ISSN: 1646-9895

risti

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Setembro 24 • September 24



©RISTI 2024 http://www.risti.xyz

Nº E73

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Edição / Edition
N.º E73, 09/2024

ISSN: 1646-9895

Indexação / Indexing
Academic Journals Database, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, Google Scholar, IndexCopernicus, Information Systems Journal, Latindex, ProQuest, QUALIS, SciELO, SCImago, Scopus, SIS, Ulrich's

Publicação / Publication
RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Pc. 9 de Abril, nº 26, 4200-422 Porto, Portugal
Web: http://www.risti.xyz

Director
Álvaro Rocha, ISEG, Universidade de Lisboa, PT

Coordenadores da Edição / Issue Coordinators
Héctor Luis Laurencio Alfonso, Universidad Técnica de Cotopaxi, EC

Conselho Editorial / Editorial Board
Abel Méndez, Instituto Tecnológico de Costa Rica, CR
Alejandro Peña, Universidad EAFIT, CO
Alma Gómez-Rodríguez, Universidade de Vigo, ES
Ana Rita Calvão, ESTGA, Universidad de Aveiro, PT
Ania Cravero, Universidad de La Frontera, CL
António Abreu Silva, ISCAP, Instituto Politécnico do Porto, PT
Antonio Garcia, Universidad de Santiago de Compostela, ES
António Godinho, ISEC, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Antonio Jiménez-Martín, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Arturo J. Méndez, Universidad de Vigo, ES
August Climent, Ramon LLull University, ES
Beatriz Rodríguez, Universidad de la Republica, UY
Borja Bordel, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Brenda L. Flores-Rios, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Bruno Miguel Ferreira Gonçalves, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Carlos Alexandre Silva, nstituto Federal de Minas Gerais, BR
Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda, PT
Carlos Morais, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Carlos Rompante Cunha, UNIAG & CeDRI &
Instituto Politécnico Bragança, PT
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Politécnico do Porto, PT
Célio Marques, Insituto Politécnico de Tomar, PT
Ciro Martins, Universidade do Algarve, PT
Cristina Caridade, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro, PT
Dante Carrizo, Universidad de Atacama,CL

Edwin Cedeño Herrera, Universidad de Panamá, PA
Fábio Marques, ESTGA, Universidade de Aveiro, PT
Felipe Vasquez, Universidad de La Frontera, CL
Fernando Moreira, REMIT, IJP, Universidade Portucalense &
IEETA, Universidade de Aveiro, PT
Fernando Paulo Belfo, Coimbra Business School – ISCAC,
Polytechnic Institute of Coimbra, PT
Fernando Ribeiro, Instituto Politécnico de Castelo Branco, PT
Fernando Bandeira, PT
Filipe Cardoso, Instituto Politécnico de Viseu, PT
Flor Gomes de María Sánchez Aguirre, Universidad César Vallejo, PE
Francisco Javier Lena-Acebo, Universidad de Cantabria, ES
Gabriel Guerrero-Contreras, Universidad de Cádiz, ES
Gerardo González Filgueira, Universidade da Coruña, ES
Gloria Valencia, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
Guilllhermo Davila, Universidad de Lima, PE
Hélder Gomes, Universidade de Aveiro, PT
Helder Zagalo, Universidade de Aveiro, PT
Hélia Guerra, Universidade dos Açores, PT
Henrique Gil, Instituto Politécnico de Castelo Branco, PT
Henrique S. Mamede, Universidade Aberta, Portugal
Inês Domingues, ISEC, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Isaias Bianchi, Universidade Federal de Santa Catarina, BR
Ismael Etxeberria-Agiriano, Universidad del País Vasco, ES
Ivan Garcia, Universidad Tecnológica de la Mixteca, MX
Jeimy Cano, Universidad de los Andes, CO
João Emílio Almeida, ISTEC - Porto, PT
João Paulo Ferreira, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Joao Roberto de Toledo Quadros, CEFET/RJ, BR
Joao Tavares, Universidade do Porto, PT
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Jorge Eduardo Ibarra Esque, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Jorge Hochstetter, Universidad de La Frontera, CL

José Álvarez-García, Universidad de Extremadura, ES
Jose Felipe Cocon Juarez, Universidad Autónoma del Carmen, MX
José Lousado, Instituto Politécnico de Viseu, PT
José Luis Pastrana Brincones, Universidad de Málaga, ES
Jose M. Molina, Universidad Carlos III de Madrid, ES
José Ribeiro, Politécnico de Leiria, PT
Jose Silvestre Silva, Academia Militar, PT
Josep Maria Marco-Simó, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Juan Angel Contreras Vas, Universidad de Extremadura, ES
Juan M. Santos-Gago, Universidad de Vigo, ES
Juan Pablo DAmato, Universidad Nacional del
Centro de la Provincia de Buenos Aires, AR
Leila Weitzel, Universidade Federal Fluminense, BR
Leonardo Bermón Angarita, Universidad Nacional de Colombia, CO
Lilia Muñoz, Universidad Tecnológica de Panamá, PA
Lucila Romero, Universidad Nacional del Litoral, AR
Luis Álvarez Sabucedo, Universidad de Vigo, ES
Luis Enrique Sánchez Crespo, Universidad de Castilla-la Mancha, ES
Luisa María Romero-Moreno, Universidad Sevilla, ES
Luz Sussy Bayona Oré, Universidad Nacional Mayor de San Carlos, PE
Marcelo Marciszack, Universidad Tecnológica Nacional, AR
Marcelo Zambrano Vizuete, Universidad Tecnica Del Norte
Marco Painho, NOVA IMS, PT
Margarita Ramirez Ramirez, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Maria Cristina Marcelino Bento, UNIFATEA, BR
María de la Cruz del Río-Rama, Universidad de Vigo, ES
Maria de los Milagros Gutierrez, Universidad Tecnológica Nacional, AR
Maria do Rosário Bernardo, Universidade Aberta, PT
Maria Hallo, Escuela Politêcnica Nacional, EC
Maria João Ferreira, Universidade Portucalense, PT
Maria João Gomes, Universidade do Minho, PT
Maria Sousa, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT

Marisol B. Correia, ESGHT - Universidade do Algarve & CiTUR, PT
Maristela Holanda, Universidade de Brasília, BR
Martin Llamas Nistal, Universidad de Vigo, ES
Miguel Casquilho, Universidade de Lisboa, PT
Miguel Ramón González Castro, Centro Tecnológico Aimen, ES
Mirna Ariadna Muñoz Mata, CIMAT, MX
Nelson Rocha, Universidade de Aveiro, PT
Nuno Melão, Instituto Politécnico de Viseu, PT
Nuno Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Patricia Dias, Universidade do Estado de Minas Gerais, BR
Paula Prata, Universidade da Beira Interior, PT
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Paulo Pinto, Universidade Nova de Lisboa, PT
Paulo Rurato, Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Pedro Araújo, Universidade da Beira Interior, PT
Pedro R. Palos- Sanchez, Universidad de Sevilla, ES
Pedro Sanz-Angulo, Universidad de Valladolid, ES
Pedro Sobral, Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Pedro Sousa, Universidade do Minho, Portugal
René Faruk Garzozi-Pincay, Universidad Estatal
Península de Santa Elena, EC
Ruben Pereira, ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, PT
Rui Pedro Marques, Universidade de Aveiro, PT
Rui Silva Moreira, Universidade Fernando Pessoa, PT
Samuel Sepúlveda, Universidad de La Frontera, CL
Santiago Raul Gonzales Sanches, Universidad Cesar Vallejo, PE
Sara Balderas-Díaz, Universidad de Cádiz, ES
Sergio Araya Guzmán, Universidad del Bío-Bío, CL
Sergio F. Lopes, Universidade do Minho, PT
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga, ES
Solange N Alves-Souza, Universidade de São Paulo, BR
Telmo Silva, DigiMedia, Universidade de Aveiro, PT
Thiago Dias, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, BR

Verónica Vasconcelos, Polytechnic Institute of Coimbra, PT
Vítor Carvalho, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Vitor Santos, Universidade Nova de Lisboa - NOVA IMS, PT
Wagner Tanaka Botelho, Universidade Federal do ABC, BR
Yamid Hernández Julio, Universidad del Sinú, CO

Índice / Index

ARTIGOS / ARTICLES

Aplicación Móvil Multiplataforma Basada en Visión Artificial para Mejorar el Servicio de Atención al Cliente: Estudio de Caso en un Car Wash de Trujillo 1
Heraldine E. Correa-Silva, Jhon A. Villa-Flores, Segundo E. Cieza-Mostacero

Uso del Sistema de Gestión Hospitalaria Hosix y el Proceso Administrativo: Un Estudio de Caso en una Clínica de Trujillo – Perú..... 16
Angel E. Peralta-Castro, Piero A. Capuñay-Davila, Claudia E. Mori-Ugarte, Segundo E. Cieza-Mostacero

Uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL y el Proceso Administrativo: Un estudio de Caso en Trujillo – Perú..... 32
Juan C. Leon-Guzman, Claudia E. Mori-Ugarte, Segundo E. Cieza-Mostacero

Aplicación Web Y Móvil para Mejorar la Gestión Académica: Un Estudio de Caso 44
Manuel A. Diaz-Sabogal, Segundo E. Cieza-Mostacero

Aplicación Web Móvil en el Control de Incidencias Delictivas 58
Biennal M. Espinoza-Marca, Segundo E. Cieza-Mostacero

Influencia de las aplicaciones móviles para impulsar el turismo: Un Estudio de Caso 75
Abner Bello-Pereda, Segundo E. Cieza-Mostacero

Tech Intel – Tutor Inteligente para la enseñanza de Matemáticas: Un Estudio de Caso en Otuzco - Perú 90
Jesús F. De Paz-Eras, Augusto S. Herrera-Vega, Segundo E. Cieza-Mostacero

Análisis de protocolos de producción del Cáñamo o cannabis no psicoactivo para la exportación caso Ecuador..... 105
Daniela Bustos, Victor Díaz, Gabriel Bedón, Steeven Cuti, Geovanna Vela

Caracterización de los biosólidos como materia prima sostenible para la industria 120
Steeven Cuti, Andres Urbina

Modelo con Minería de Texto y Diccionarios de Sentimientos en Redes Sociales: Transporte público América Latina 133
More Valencia Rubén Alexander, Rivera Calle Omar, Borrero Carrasco Gabriel Ernesto, Ramírez Ordinola Víctor Hugo

Aprendizaje autorregulado en entornos educativos virtuales universitarios: una revisión sistemática (2018-2023)..... 151
Manuel Encarnación Torres Valladares, Ana Marlene Abanto Gálvez, Patrick Michael Villamizar Morales, Mildher Ugaz Rivero

Modelo de Integración de Técnicas y Herramientas de OSINT con los Controles de Seguridad de la ISO/IEC 27001:2022 167
William-Rogelio Marchand-Niño, Einstein-Arnold Ortiz-Morales, Edwin-Jesus Vega-Ventocilla, Gardyn Olivera-Ruiz

Aprendizaje Activo y Taxonomía de Bloom en un proyecto de aplicación de la Programación Lineal: Una combinación efectiva..... 181
Norka Bedregal-Alpaca, Leticia Laura-Ochoa, Lucy Delgado-Barra, Karim Guevara

Implicaciones y complicaciones del estado nutricional de niños menores de 5 años de Napo - Ecuador..... 192
Becerra C., Policita J, Tonato D

Impulsionando a inovação pedagógica e o empreendedorismo no ensino superior: o contributo de dois projetos de cocriação no Instituto Politécnico de Viseu 202
Susana Amante, Rosina Fernandes

Sistema Integral para Determinar el Riesgo de Proliferación de Sigatoka Negra en Cultivos de Plátano 215
David Enrique Rosales-Manzo, Noel García-Díaz, Ana Claudia Ruiz-Tadeo, Juan García-Virgen, Johann Fernando Hoyos Patiño, Dewar Rico Bautista, Olimpo Lua-Madrigal

Segurança Universitária Reforçada: Uma solução de IoT para Proteção de Alunos em Campus..... 228
Anna Carolina Ferreira Rosa, Leonardo de Oliveira Almeida, Hugo Silva Vasconcelos, Mateus Romani, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, Francisco Lopes de Caldas Filho

Implementação de um Sistema de Botão de Pânico baseado em Internet das Coisas, Redes Móveis e Aprendizado de Máquina..... 243
Vinícius Salgueiro Costa, Matheus Santos Monteiro, Igor David Morais, João Lucas Araújo França, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, Francisco Lopes de Caldas Filho

Emprendimiento Social y Migración Venezolana en Norte de Santander.....257
Julio Alfonso González Mendoza, Francisco Esteban Rodríguez, Siomara Milena Botía Uribe

Diseño de un Data WareHouse: Caso de estudio Liderazgo en estudiantes de la región los Chenes 271
Luz María Hernández Cruz, Diana Concepción Mex Álvarez, Charlotte Monserrat Llanes Chiquini, Heribé Felipe Uribe Santiago y Otniel Elihu Martinez Dionicio

Simulación precipitación-escorrentía en la Cuenca Quinindé con HEC-HMS 280
Lissette Mendoza, Andy Giler, Xiomara Zambrano, Diego Mora

La difusión cultural a través del diseño de una aplicación móvil: caso de estudio la Fiesta de la Yumbada de Joseguango Alto 294
Cristian Daniel Gutiérrez-Bonilla, Jordan Andrés Gualotuña Chusín, Anderson David Hidalgo-Vinocunga

Aplicación de redes neuronales en el análisis de gases disueltos para el mantenimiento preventivo de trasformadores de potencia 312
José David Moposita, Deysi Gabriela Pujos, Secundino Marrero Ramírez, Roberto Salazar Archig

Reconocimiento facial mediante Google Colaboratory: Un enfoque de aprendizaje profundo 328
Luis Navarrete, Jefferson Porras

Proyección de la demanda eléctrica en un transformador de distribución 337
Jessica N. Castillo, Bryan Yanchatipan, Eliza Sailema, Luigi O. Freire, José E. Naranjo

Evaluación docente en escuelas de Ambato de la eficacia de la gestión y calidad de vida..... 360
Rommel Velastegui-Hernández, Marcela Garcés-Toro, Marcelo V. Garcia, Jose E. Naranjo

Revisión Sistemática De Literatura De Sistemas Deep Learning Para Navegación Autónoma.....372
Edwin Constante, Paulina Ayala, Jose E. Naranjo and Marcelo V. Garcia

Aplicación de Realidad Aumentada para
Optimizar la Usabilidad y Funcionalidad
de Sistemas SCADA en la Industria 387
Paulina Ayala, José Cruz-Cando, Marcelo V. Garcia,
Jessica N. Castillo,Edison P. Salazar, Jose E. Naranjo

Arquitectura RAMI 4.0 para Robots
Colaborativos en Entornos Industriales 401
Suárez Cadena Paúl Sebastián, Paulina Ayala,
Marcelo V. Garcia, Luigi O. Freire, Jose E. Naranjo

Sistemas domóticos como estrategia para la seguridad barrial 417
Luigi O. Freire, Jessica N. Castillo, Xiomara A. Zambrano,
Byron P. Corrales, José E. Naranjo

Evaluación Detallada de los Patrones Hidrodinámicos en
Turbinas de Vórtice con Eje Vertical para Aplicaciones Sostenibles 428
Luis Navarrete, Jefferson Porras

Realidad aumentada con Unity y Vuforia para
mejorar la experiencia educativa 442
Luis René Quisaguano Collaguazo,
Gladys Geoconda Esquivel Paula, Mirian del Rosario
Quisaguano Collaguazo, Williams Santiago Esquivel Paula

Hacia una experiencia museística inmersiva:
Realidad Aumentada y el legado cultural del
Museo Isidro Ayora 459
Mike Orlando Aguilar Orozco, Nickole Rivera Gaibor,
Marco Toapanta Mendoza, Blanca Lilia Arias Medina

Automatización en la gestión de canales
hidráulicos enfocado a entornos de laboratorio 477
Byron P. Corrales, Jessica N. Castillo, Xiomara A. Zambrano, Luigi O. Freire

Integración de Kinect en un Sistema de
Entrenamiento en Primeros Auxilios..... 494
Diego Fernando Jácome Segovia, Roberto Carlos Herrera Alabarracin

Empoderamiento Psicológico y el Comportamiento
Intraemprendedor en Empresas del Sector Público..... 517
Ibett Mariela Jácome Lara, Kevin Nicolás Panchi Guanoluisa,
Aarón Benjamín Santacruz Sánchez

Comparación de modelos de clasificación para el acceso a bonos de desarrollo humano postpandemia 532
Henry Alejandro-López, Bryan Marcelo-Barragán

Aplicación de Business Intelligence en las empresas de Cotopaxi: herramientas y metodologías 546
Luis René Quisaguano Collaguazo, Gladys Geoconda Esquivel Paula, Maira Natalia Martínez Freire, Mirian Susana Pallasco Venegas

Perspectivas de Género en Educación Superior de Ecuador: un análisis de las Mujeres Académicas 561
Vizcaíno-Cárdenas Gloria Susana, Guamán-Guevara María Dolores

Estimación de flujos mínimos en subcuencas hidrográficas que interceptan en la provincia Los Ríos 579
María J. Giler, Rudys R. Cusme, Andy M. Giler, Harrys Lozano

Evaluando Dependencia y Complejidad en el Diseño de Microservicios: Un Enfoque Integral..... 590
Verónica Tapia Cerda, Carlos Gaona Cuevas, Alison Marcalla, Edison Aimacaña

Canal hidráulico de pendiente variable para evaluar dinámicas de sedimentación. 606
Xiomara A. Zambrano, Luigi O. Freire, Byron P. Corrales, Jessica N. Castillo

Habilidades gerenciales de los directivos en los gobiernos Autónomos Descentralizados a través de la Prueba de Kaiser – Meyer- Olkin(Kmo).....616
Yadira Paola Borja Brazales, Byron Esteban Pilaguano. Autor, Lenin Steven Zagal Garcés. Autor

Apoyando las tareas de escritura de un estudiante sordo de inglés..... 630
Paulina Alexandra Arias Arroyo, Sofia Alejandra Paredes Gamboa

Analyzing Readability Indices in Scholarly and Non-Scholarly Texts: Assessing Easability and Difficulty..... 644
Tovar-Viera Rodrigo, Vélez Moreira Jonathan, Acurio Chimbo Jhon

Diseño e implementación de un dispositivo
electrónico con conexión a página web para la identificación y
cuantificación de CO2 y CH4 en cultivos a cielo abierto y cerrado 661
Freire Andrade Verónica Paulina, Masapanta Quishpe Joselyn Estefania,
Sailema Changoluisa Jhon Alexander

Aplicación IoT: Medidor Inteligente para el consumo de agua potable 678
Vitonera Arleth Damaris, Ríos Guiracocha Miguel Ángel,
Hidalgo Oñate Ángel Guillermo

"Optimización de la distribución de paquetes WLAN con tecnología
Mesh: un estudio de caso del Hospital de Latacunga, Ecuador"..... 696
Juan Carlos Chancusig Chisag, Mirian Dorila Iza Carate,
Edwin Edison Quinatoa Arequipa, Yadira Araceli Herrera Martínez

Video mapping artístico inspirado en la indumentaria
del personaje Ángel de la Estrella 725
Marcela Ximena Parra Pérez, Jorge Daniel Ocampo Díaz,
David Sebastián Vargas Enríquez

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 10/05/2024
Aceitação/Acceptance: 21/07/2024

Aplicación Móvil Multiplataforma Basada en Visión Artificial para Mejorar el Servicio de Atención al Cliente: Estudio de Caso en un Car Wash de Trujillo

Heraldine E. Correa-Silva[1], Jhon A. Villa-Flores[1], Segundo E. Cieza-Mostacero[1]

hcorreas@ucvvirtual.edu.pe; javillaf@ucvvirtual.edu.pe; scieza@ucv.edu.pe

[1] Grupo de Investigación Tendencia e Innovación en Ingeniería de Sistemas-Trujillo, Universidad César Vallejo, Trujillo, La Libertad 13001, Perú.

Pages: 1-15

Resumen: La investigación se centró en el desarrollo de una aplicación móvil multiplataforma para mejorar el servicio de atención al cliente en el car wash "Lando's" en Trujillo, Perú. La investigación fue de un enfoque experimental utilizándose una ficha de observación y una encuesta para la recolección de datos, los cuales se evaluaron en dos grupos: un grupo de control y otro experimental. Los resultados revelaron mejoras notables en el servicio, con un aumento del 23.33% en las órdenes de servicio y una reducción de 26.6 segundos en el tiempo de generación de órdenes. Además, se logró una disminución de 158 segundos en el tiempo de registro de atención y un incremento del 43.33% en la calidad del servicio. En conclusión, la implementación de la aplicación móvil multiplataforma resultó ser una mejora significativa en la atención al cliente en el car wash Lando's de Trujillo.

Palabras-clave: Servicio al cliente, Aplicación móvil multiplataforma, Mobile-D, Visión por computadora.

Multiplatform Mobile Application Based on Machine Vision to Improve Customer Service at Car Wash Lando's: Case Study in Trujillo.

Abstract: The research focused on the development of a cross-platform mobile application to improve customer service at the "Lando's" car wash in Trujillo, Peru. The research was of an experimental approach and the observation sheet and a survey were used for data collection, two groups were evaluated: a control group and an experimental group. The results revealed notable improvements in service, with a 23.33% increase in service orders and a 26.6-second reduction in order generation time. In addition, a decrease of 158 seconds was achieved in the time-of-service registration and an increase of 43.33% in the quality of service. In conclusion, the implementation of the cross-platform mobile application turned out to be a significant improvement in customer service at Lando's car wash in Trujillo.

Keywords: Customer service, Cross-platform mobile application, Mobile-D, Computer vision.

1. Introducción

En el año 2023, la innovación fue el mecanismo que impulsó el desarrollo económico y el crecimiento organizacional, a través de la adopción de nuevos productos y/o servicios, cuyo fin fue mantener la participación en el mercado y agregar un valor añadido para los clientes (Ibazeta, 2022). Por otra parte, las pequeñas y medianas empresas estuvieron obligadas a brindar un servicio de alta calidad, para competir con las grandes, de esa forma, poder obtener una ventaja competitiva y un grado de preferencia por parte de los clientes (Silva et al., 2021).

Con la llegada de la digitalización, las empresas implementaron soluciones tecnológicas, teniendo como objetivo mantener una relación firme con el cliente y lograr satisfacer sus necesidades y expectativas (Pozo, 2019). Así mismo, se utilizó la inteligencia artificial con el fin de predecir o influir en las preferencias de los clientes, mejorando el servicio de atención, aumentando las ventas y disminuyendo la cantidad de colaboradores que intervienen en un proceso o tarea específica (Garibay, 2020).

En México, en el rubro de autolavado se creó una aplicación móvil denominada “Loops”, con el propósito de ofrecer un servicio de lavado responsable sin utilizar ninguna gota de agua, este servicio brindaba el lavado de carrocería, lunas, neumáticos y un lavado integral que consistía en lavar todo el exterior del vehículo, barrer alfombras, asientos, tapizados y plásticos; para ello utilizaron un método 100% natural y biodegradable. La idea de un lavado de autos sin usar agua, no solo fue innovación y creatividad, sino también, extremadamente importante, por el simple hecho de que se ahorraba 100 litros de agua por cada servicio de lavado (Rosado, 2021).

El potencial de un autolavado depende principalmente del nivel económico de cada región, así como también de las diferentes tendencias en el cuidado de vehículos; en particular, la clase social que mostraba mayor interés por un servicio de lavado fue la clase media y alta, debido a que tenían una mayor cantidad de vehículos y un porcentaje de inversión establecido para dicho fin, por ello cuidaban sus unidades para mayor comodidad y lujo. A menudo buscaban servicios económicos de alta calidad, sobre todo productos y equipos que no dañaran su unidad de transporte (Loya, 2022).

Hasta el año 2023, Car Wash Lando’s brindó servicios de lavado de vehículos de diversa índole. Ubicado en la ciudad de Trujillo, en la Av. Juan Pablo II, frente al Ov. papal, en la zona de estacionamiento del centro comercial Metro. A diario, un gran número de clientes llegaban en sus vehículos para aprovechar el servicio de lavado mientras realizaban sus compras. Otros optaban por esperar la ejecución de sus órdenes de servicio. Incluso los clientes potenciales que no eran parte del centro comercial visitaban Car Wash. El principal desafío radicaba en la gestión vehicular y la lentitud en los tiempos de recepción. El proceso de atención iniciaba cuando un cliente llegaba por primera vez, se le solicitaban sus datos personales y los detalles de su vehículo, que luego se registraban manualmente en fichas impresas almacenadas en carpetas al final del día. No se contaba con un historial digital de clientes. Cuando un cliente regresaba después de una semana, se veía sometido al mismo proceso, lo que afectaba negativamente su experiencia y sentido de pertenencia. Por otra parte, los empleados al realizar dicha tarea repetitivamente, estaban perdiendo tiempo al momento de atender a un cliente existente. Para abordar estos problemas, se propuso la implementación de una aplicación

móvil con capacidad de escaneo de placas para optimizar las tareas y ofrecer un servicio de lavado más rápido.

Por lo descrito anteriormente se planteó la siguiente formulación del problema ¿En qué medida el uso de una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial mejora el servicio de atención al cliente en Car Wash Lando 's en el año 2023?, así mismo esta investigación se justificó con antecedentes, los cuales demostraron que la ejecución de una aplicación móvil multiplataforma, ayuda a mejorar el servicio de atención al cliente. El objetivo general del trabajo de investigación fue mejorar el servicio de atención al cliente en Car Wash Lando's, a través del uso de una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial en el año 2023 y los objetivos específicos fueron aumentar el porcentaje de órdenes de servicio, disminuir el tiempo promedio en generar órdenes de servicio, disminuir el tiempo promedio de registro de atención, aumentar la calidad del servicio de atención. Esta investigación presentó como hipótesis si se utiliza una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial, entonces mejora el servicio de atención al cliente en Car Wash Lando's de Trujillo en el año 2023.

2. Antecedentes

La investigación realizada por Preciado (2021) titulada: "Propuesta para implementar de una aplicación móvil para mejorar el proceso de atención al cliente de una Avícola en Bogotá", sirvió para obtener el grado de especialista en gestión de operaciones, en la Universidad ECCI de Bogotá, su objetivo principal fue hacer más eficiente el servicio de atención al consumidor en una avícola, mediante una aplicación móvil. Se realizó un análisis descriptivo utilizando como técnica de recolección un diagrama causa efecto, el cual sirvió para analizar los reclamos y las quejas de los clientes. Como principales resultados, se obtuvo que un 37% de los clientes se sentía insatisfecho por el servicio de atención brindado, un 59.7% no recibieron buena atención por parte de los vendedores y por medio de la propuesta planteada, las ventas aumentaron a un 46%, concluyendo que mediante la aplicación propuesta se esperaba mejorar la comunicación con clientes y aumentar el número de visitas a la empresa. Esta investigación sirvió para poder conocer el impacto de una aplicación móvil en el servicio de atención a clientes.

La investigación realizada por Vega (2019) titulada "Análisis y propuesta de mejoramiento en el proceso de atención al cliente del departamento de ventas, caso Enquality", fue presentada para optar un título de magister en administración de empresas. El objetivo principal fue mejorar las ventas mediante el desarrollo de un artefacto de mejora continua, conocida como QFD (Quality Function Deployment). Se utilizó un enfoque analítico e inductivo, con una encuesta aplicada a 49 alumnos de Enquality, Así mismo se utilizó la escala de Likert de 1 a 5 y un cronómetro para medir el tiempo de atención al cliente. En los resultados obtenidos, la valoración del cliente en cuanto a los servicios percibidos fue de un 79%, el tiempo promedio de atención disminuyó de 15 a 10 minutos, además, se identificó que los estudiantes calificaban muy bajo a sus docentes por falta de capacitación y no tenían una metodología de enseñanza definida; además, la herramienta QFD fue muy eficaz para establecer y dar seguimiento al cliente. Como conclusión general, se determinó que la estandarización de diálogos puede mejorar la satisfacción de los clientes. Esta investigación sirvió para conocer la herramienta QFD y como es su aplicación, además, para poder utilizar el cronómetro al momento de medir

dos indicadores de esta investigación los cuales fueron: tiempo promedio de atención y tiempo promedio en generar órdenes de servicio.

3. Metodología de desarrollo

La metodología Mobile-d fue desarrollada en el año 2004 como un enfoque de trabajo en un proyecto finlandés en el cual participaron compañías de tecnologías de información de ese país. Es compuesta por cinco etapas: exploración, inicialización, producción, estabilización y pruebas. Se caracteriza por ser rápida para la codificación y documentación de soluciones hechas para teléfonos móviles y está diseñada para trabajar con equipos pequeños, de 1 a 10 programadores (Llacchuas, 2019) .

3.1. Fase de exploración

Durante la fase de exploración, se llevó a cabo una planificación exhaustiva del proyecto. En esta etapa, se definieron con precisión el alcance, las limitaciones y las funcionalidades requeridas. Se identificaron las partes interesadas y se reconocieron los grupos clave responsables de diversas tareas dentro del proyecto. Además, se establecieron las características y especificaciones iniciales de la aplicación móvil. Para guiar de manera efectiva el desarrollo del proyecto, se creó un plan integral que incluyó un cronograma detallado de actividades. También se diseñó un plan de medición para identificar estrategias y tácticas necesarias que permitieran alcanzar los objetivos establecidos. Finalmente, en la tabla 1 se presentaron en detalle los requerimientos funcionales de la aplicación móvil.

Código	Requerimiento funcional	Prioridad
RF1	La aplicación móvil debe permitir iniciar sesión	Alta
RF2	La aplicación móvil debe permitir crear roles de usuario para acceso a la misma.	Alta
RF3	La aplicación móvil debe permitir registrar usuarios y asignación de roles.	Alta
RF4	La aplicación móvil debe permitir registrar clientes.	Alta
RF5	La aplicación móvil debe listar y buscar clientes.	Media
RF6	La aplicación móvil debe permitir actualizar datos del cliente y del mismo modo poder eliminar registros.	Media
RF7	La aplicación móvil debe permitir registrar y asignar vehículos a clientes.	Alta
RF8	La aplicación móvil debe listar y buscar vehículos.	Media
RF9	La aplicación móvil debe permitir actualizar datos de vehículos y del mismo modo poder eliminar registros.	Media
RF10	La aplicación móvil debe permitir crear lista de servicios con sus respectivos precios.	Alta
RF11	La aplicación móvil debe listar y buscar servicios.	Media
RF12	La aplicación móvil debe permitir actualizar datos de cada servicio y del mismo modo poder eliminar servicio.	Alta
RF13	La aplicación móvil debe escanear placas de cada auto y cargar datos del cliente automáticamente.	Alta

Código	Requerimiento funcional	Prioridad
RF14	La aplicación móvil debe permitir registrar órdenes de servicio.	Alta
RF15	La aplicación móvil debe listar y buscar información de cada orden de servicio.	Media
RF16	La aplicación móvil debe actualizar y eliminar registros de órdenes de servicio	Alta
RF17	La aplicación móvil debe permitir registrar pagos como: yape, plin, efectivo y visa.	Alta
RF18	La aplicación móvil debe permitir enviar ticket de servicio por medio de correo electrónico.	Alta
RF20	La aplicación móvil debe permitir generar reportes de caja por fecha.	Alta
RF21	La aplicación debe permitir cerrar sesión	Baja

Tabla 1 – Requerimientos Funcionales

3.2. Fase de Iniciación

En esta fase, se definieron los objetivos del proyecto, se identificaron los recursos necesarios y se estableció una estrategia inicial para el desarrollo. También se llevó a cabo una evaluación de factibilidad y se planificaron las actividades iniciales, lo que implicó la creación de prototipos para visualizar conceptos y características clave de la aplicación móvil. En la figura 1 se muestran algunas interfaces iniciales que se crearon como prototipos de la aplicación móvil.



Figura 1 – Prototipo de las pantallas principales de la aplicación móvil.

Como arquitectura de software se utilizó el patrón Bloc, este se basa en crear diferentes carpetas las cuales son: bloc, model, repository y ui; con el objetivo de tener una jerarquía

muy bien definida y poder tener una programación más ordenada. En la figura 2 se muestra la estructura de carpetas utilizando el patrón Bloc.

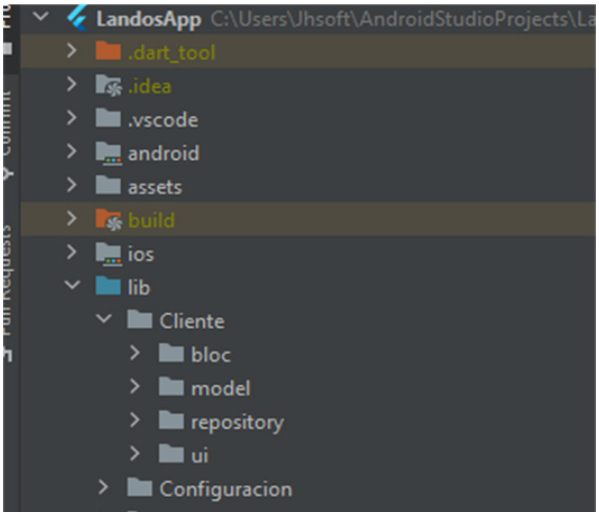


Figura 2 – Estructura del proyecto en base al patrón Bloc.

3.3. Fase de Producción

En la fase de producción, se implementaron las funcionalidades requeridas para cada módulo de la aplicación. El primer entregable consistió en la presentación de las interfaces relacionadas con los requerimientos previamente definidos. Además, se llevó a cabo una evaluación de los casos de prueba preestablecidos y se planificó el desarrollo de las actividades pendientes; en el segundo entregable implicó la realización de las historias de usuario basadas en las necesidades identificadas durante la fase de estabilización; en el tercer entregable, se documentaron las pruebas de software realizadas por cada módulo y se generó un informe con los defectos encontrados para su posterior corrección, con el objetivo de cumplir con los parámetros de seguridad y calidad. Como ultimo entregable se preparó un informe del estado del proyecto, este informe sirvió para comunicar el progreso a los interesados durante reuniones específicas. En la figura 3 se muestra las interfaces finales de la aplicación móvil.

Descripción: Cuando el usuario se encuentra en el formulario de creación de órdenes de servicio, se encuentra con un icono de cámara, este icono se utiliza para activar la función de escaneo de placas de vehículos. Una vez que el escáner detecta la placa de un vehículo, automáticamente recopila los datos asociados tanto del cliente como del vehículo en cuestión. Con estos datos capturados, el usuario puede proceder a registrar una orden de servicio de manera eficiente y precisa. La figura 4 muestra un fragmento de código que corresponde a la parte de la aplicación encargada de detectar y procesar las placas de los vehículos utilizando la cámara de un dispositivo móvil.

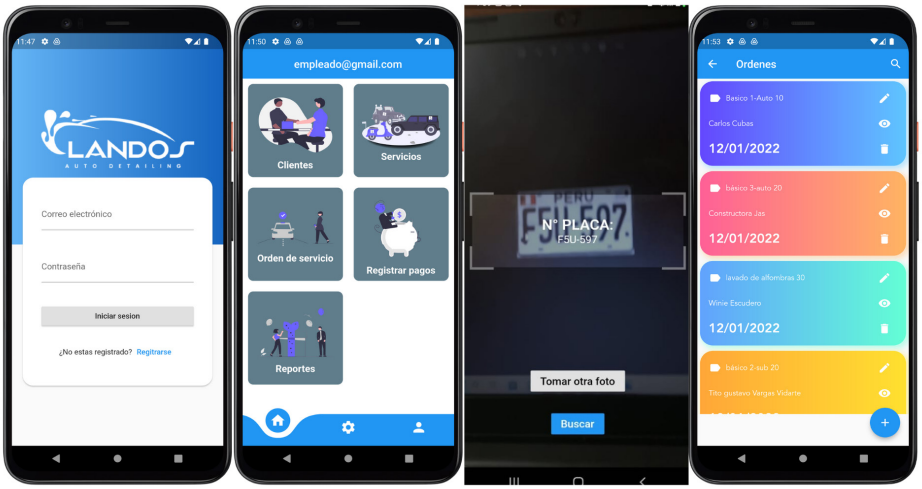


Figura 3 – Algunas Interfaces finales de inicio de sesión, menú home, escaneo de placa, listado y actualización de órdenes de servicio.

Excepciones: Si se intenta escanear una placa que no está registrada en la base de datos, esta mostrará un mensaje de error para informarte que no se ha encontrado ningún vehículo asociado a esa placa. Asimismo, si la placa del vehículo está en mal estado o deteriorada, el escáner no podrá capturar la placa de manera efectiva y mostrará un mensaje indicando que no se pudo completar el proceso debido al estado de la placa.

```
const _CARD_ASPECT_RATIO = 1 / 2;
// 横の枠線marginを決める時用のfactor
// 横幅の5%のサイズのmarginをとる
const _OFFSET_X_FACTOR = 0.05;
File? _fileImage = null;
class ExamplePage extends StatefulWidget {
  @override
  State<StatefulWidget> createState() => ExamplePageState();
}
class ExamplePageState extends State<ExamplePage> {
  CameraLensDirection _direction = CameraLensDirection.back;
  late CameraController cameraController;
  bool initialized = false;
  late String _text;
  Image? _image = null;
  @override
  void initState() {...}
  @override
```

Figura 4 - Codificación de la vista escaneo de placa.

3.4. Fase de Estabilización

En la fase de estabilización, se realizó la integración final de los módulos individuales en una sola aplicación para garantizar el correcto funcionamiento de todo el sistema; como entregables, se presentaron las interfaces completas de la aplicación ya desarrollada. Además, se redactó el documento de implementación y aceptación, los cuales fueron aprobados por el cliente. En la figura 5 se muestra la evidencia de la visita al Car Wash Lando´s y explicando detalles sobre el uso de la aplicación móvil.



Figura 5 – Visita al Car Wash Landós y capacitación con el gerente general de la empresa sobre el uso de la aplicación

Para visualizar el funcionamiento completo de la aplicación móvil, ingresar al siguiente video: https://www.youtube.com/watch?v=JaM9cLwRd24

3.5. Fase de Pruebas

En la fase de prueba, se verificó que el producto software cumpla con la funcionalidad requerida. Como primer entregable, se presentó el informe del proceso de pruebas donde se documentaron los errores encontrados con la intención de que fueran corregidos; como segundo entregable, se presentó el documento que detallaba las pruebas de aceptación realizadas.

Además, se realizaron pruebas utilizando la herramienta DartDevTool para inspeccionar y depurar widgets, con el propósito de evaluar el rendimiento del código. Además, se aplicó la técnica de equivalencia para llevar a cabo pruebas en todos los formularios y se concluyó que la aplicación satisface los requerimientos previstos.

4. Resultados

4.1. Análisis descriptivo

Durante el proceso de investigación, se recopilaron datos relativos a cuatro indicadores los cuales son: Porcentaje de órdenes de servicio, tiempo promedio en generar órdenes

de servicio, tiempo promedio de registro de atención y calidad del servicio de atención. Estos indicadores se evaluaron en dos grupos distintos, el grupo de control (Gc) y el grupo experimental (Ge). Además, se utilizó una ficha de observación para la recolección de datos y así se logró medir un antes y después del uso de la aplicación móvil. Para obtener información detallada acerca de los resultados obtenidos, se adjunta el siguiente enlace: https://bit.ly/3r4ISjc.

A continuación, en la tabla 2, se presenta los resultados específicos relacionados al primer indicador denominado: porcentaje de órdenes de servicio.

Promedio	**Posprueba del GC**	**Posprueba del GE**	**Total**
	6.93	13.76	
Meta planteada		12	
N° mayor al promedio	13	18	30
% mayor al promedio	43.33%	60%	100%

Tabla 2 – Resultado de PosPrueba del (Gc y Ge) correspondientes al Porcentaje de Órdenes de Servicio

En la PosPrueba del grupo experimental (Ge), se evidenció un incremento significativo del 43.33% en las órdenes de servicio, superando el promedio previo. Además, se alcanzó un 60.0%, superando la meta establecida, y en un caso excepcional, se logró el 100%, sobrepasando el Gc. Estos resultados destacan el impacto positivo de las intervenciones.

Seguidamente, en la tabla 3 se muestra los resultados del grupo control (Gc) y grupo experimental (Ge) del segundo indicador denominado: Tiempo promedio en generar órdenes de servicio.

Promedio	**Posprueba del GC**	**Posprueba del GE**	**Total**
	105,00	78,40	
Meta planteada		72	
N° mayor al promedio	19	5	30
% mayor al promedio	63,33%	16.66 %	100%

Tabla 3 – Resultado de PosPrueba del (Gc y Ge) correspondientes al Tiempo Promedio en Generar Órdenes de Servicio

En la PosPrueba del Ge, se observó un tiempo promedio del 63.33% en la generación de órdenes de servicio, el cual resultó ser menor que su propia media. Además, se destacó que un 16.66% de este tiempo promedio se situó por debajo de la meta establecida. En contraste, el tiempo promedio en la generación de órdenes de servicio en la PosPrueba del Ge alcanzó el 100%, pero fue inferior al promedio registrado en la PosPrueba del Gc.

Posteriormente, en la tabla 4 se muestra los resultados del grupo control (Gc) y grupo experimental (Ge) del tercer indicador denominado: Tiempo promedio en registro atención

Promedio	Posprueba del GC	Posprueba del GE	Total
	339	181	
Meta planteada		170	
N° mayor al promedio	16	8	30
% mayor al promedio	53.33%	26.67%	100%

Tabla 4 – Resultado de PosPrueba del (Gc y Ge) correspondientes al Tiempo Promedio en Registro Atención

En la PosPrueba del Ge, se identificó que el 53.33% del tiempo dedicado al registro de atención se ubicó por debajo de su propia media, con un adicional del 26.67% que también se situó por debajo de la meta establecida para este proceso. Es importante resaltar que el tiempo dedicado al registro de atención en la PosPrueba del Ge alcanzó el 100%, aunque este valor resultó ser inferior al promedio obtenido en la PosPrueba del Gc.

Por último, en la tabla 5 se muestra los resultados del grupo control (Gc) y grupo experimental (Ge) del indicador calidad del servicio de atención

Datos del grupo control del indicador calidad del servicio GC		
Rango	Cantidad	Porcentaje
Muy de acuerdo	0	0%
De acuerdo	9	30%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	19	63.34%
Desacuerdo	2	6.66%
Muy en desacuerdo	0	0%
Total	30	100%

Datos del grupo experimental del indicador calidad del servicio GE		
Rango	Cantidad	Porcentaje
Muy de acuerdo	2	6.66%
De acuerdo	20	66.66%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	8	26.66%
Desacuerdo	0	0%
Muy en desacuerdo	0	0%
Total	30	100%

Tabla 5 – Resultado de PosPrueba del (Gc y Ge) correspondientes a la Calidad del Servicio de Atención

En el indicador 4 sobre la calidad del servicio en Car Wash Lando's, los clientes del grupo experimental (Ge) mostraron una mejora significativa en comparación con el grupo control (Gc). En Gc, solo el 30% estuvo de acuerdo, mientras que, en Ge, el 73.33%

consideró la calidad “Buena”. El 66.66% en Ge estuvo de acuerdo, frente al 6.66% en Gc. Estos resultados señalan una clara mejora en la percepción de la calidad del servicio en Ge tras las intervenciones implementadas.

4.2. Análisis inferencial

Este análisis se dividió en 2 partes: la prueba de normalidad y la prueba de hipótesis. Para la normalidad se plantearon 2 hipótesis: H0: Los datos siguen una distribución normal ($p < 0.05$) y H1: Los datos no siguen una distribución normal ($p \geq 0.05$), además, 2 criterios de decisión: 1) Si $p < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1) y 2) Si $p \geq 0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alterna (H1). Por lo tanto, en la tabla 21, se pudo concluir que como (Sig) es menor a 0.05 en nuestros 5 indicadores, cumplen con el primer criterio de decisión, que indica que los datos no siguen una distribución normal para lo cual se aplicó la prueba de U de Mann-Whitney. En tabla 6 se muestran los resultados de la prueba de normalidad para el grupo control (Gc) y grupo de experimental (Ge) de los 4 indicadores de la investigación, en la cual se aplico la prueba de Shapiro – Wilk.

N°	Indicador		gl	Prueba de normalidad	Estad.	Sig.
1	Porcentaje de órdenes de servicio	Gc	30	Shapiro - Wilk	0.953	0.203
		Ge	30		0.887	0.004
2	Tiempo promedio en generar órdenes de servicio	Gc	30	Shapiro - Wilk	0.955	0.235
		Ge	30		0.964	0.400
3	Tiempo promedio en el registro de atención	Gc	30	Shapiro - Wilk	0.200	0.354
		Ge	30		0.097	0.026
4	Calidad del servicio de atención	Gc	30	Shapiro - Wilk	0.970	0.577
		Ge	30		0.935	0.067

Tabla 6 – Resultados de la prueba de normalidad por cada indicador de la investigación

N°	Indicador	Hipótesis	Sig.	Decisión
1	Porcentaje de órdenes de servicio	Ho: El uso de una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial disminuye el porcentaje de órdenes de servicio en el Car Wash Lando’s de Trujillo. (Posprueba Ge) en comparación de la muestra (Posprueba Gc). H1: El uso de una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial aumenta el porcentaje de órdenes de servicio en el Car Wash Lando’s de Trujillo. (Posprueba Ge) en comparación de la muestra (Posprueba Gc).	0.000	Rechazar H_o

N°	Indicador	Hipótesis	Sig.	Decisión
2	Tiempo promedio en generar órdenes de servicio	Ho: El uso de una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial aumenta el tiempo promedio en generar órdenes de servicio en el Car Wash Lando's de Trujillo. (Posprueba Ge) en comparación de la muestra (Posprueba Gc). H1: El uso de una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial disminuye el tiempo promedio en generar órdenes de servicio en el Car Wash Lando's de Trujillo. (Posprueba Ge) en comparación de la muestra (Posprueba Gc).	0.001	Rechazar H_o
3	Tiempo promedio en registro de atención.	Ho: El uso de una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial aumenta el tiempo promedio en el registro de atención en el Car Wash Lando's de Trujillo. (Posprueba Ge) en comparación de la muestra (Posprueba Gc). H1: El uso de una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial disminuye el tiempo promedio en el registro de atención en el Car Wash Lando's de Trujillo. (Posprueba Ge) en comparación de la muestra (Posprueba Gc).	0.000	Rechazar H_o
4	Calidad del servicio de atención	Ho: El uso de una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial disminuye la calidad del servicio de atención en el Car Wash Lando's de Trujillo. (Posprueba Ge) en comparación de la muestra (Posprueba Gc). H1: El uso de una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial aumenta la calidad del servicio de atención en el Car Wash Lando's de Trujillo. (Posprueba Ge) en comparación de la muestra (Posprueba Gc).	0.000	Rechazar H_o

Tabla 7 – Resultados de la Prueba U de Mann-Whitney, y la decisión refleja la hipótesis que se determinó como resultado de esta prueba.

5. Discusión

Partiendo de los resultados obtenidos en esta investigación, se pudo determinar que una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial, aumentó el porcentaje de órdenes de servicio, disminuyó el tiempo promedio en generar órdenes de servicio, disminuyó el tiempo promedio en registro de atención y por último se aumentó la calidad del servicio de atención; en síntesis, se demostró que una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial mejora notablemente el servicio de atención al cliente en el Car Wash Lando's.

En cuanto al objetivo general, el cual es: Mejorar el servicio de atención al cliente en Car Wash Lando's, a través de una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial en el año 2023, este tuvo una similitud con el de Preciado (2021), el cual evidenció una mejora significativa en el servicio de atención al consumidor en una avícola, mediante el uso de una aplicación móvil (Milenium, 2022). Las apps o aplicaciones móviles se

encargan de realizar tareas específicas y son utilizadas en dispositivos móviles y pueden ser descargadas de las tiendas de aplicaciones móviles.

En lo referente al indicador porcentaje de órdenes de servicio, se obtuvo un promedio total de 6.93 órdenes antes de utilizar la aplicación móvil multiplataforma y con la utilización se obtuvo un promedio total de 13.93 órdenes ,en el cual se evidenció un significante incremento de 7 órdenes, mediante el uso de la fórmula, se logró un resultado de 23.1% de órdenes de servicio antes de utilizar la aplicación móvil y con el uso de la aplicación móvil se logró un 46.43% de órdenes de servicio, esto experimentó un significativo aumentó del 23.33% en el porcentaje de órdenes de servicio mediante el uso de la aplicación móvil. Los presentes resultados son semejantes a la investigación de Preciado (2021), donde implementó una aplicación móvil, para maximizar el servicio de atención, el cual, logró aumentar las ventas a un 46%. Eso determina que el uso de aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial aumenta el porcentaje de órdenes de servicio en el Car Wash Lando´s. Según (Etecé, 2021), los servicios son conjuntos de actividades intangibles que una entidad pública o privada pueden ofrecer para poder satisfacer las necesidades de personas.

En lo que respecta al indicador del tiempo promedio en generar órdenes de servicio, se registró un promedio de 105 segundos antes de la utilización de la aplicación móvil. Sin embargo, con la implementación de la aplicación móvil, el tiempo promedio disminuyó notoriamente a 78.40 segundos, lo que se tradujo en una reducción significativa de 26.6 segundos. Estos resultados se asemejan a un estudio realizado por (Lavalle , 2021), en el que se implementó un agente virtual para optimizar el servicio de atención en una organización. En resumen, se logró reducir el tiempo de generación de órdenes en un 25.33%, lo que demuestra que la aplicación móvil multiplataforma respaldada por visión artificial tiene un impacto positivo en la disminución del tiempo promedio de generación de órdenes de servicio en el Car Wash Lando's.

En cuanto al indicador de tiempo promedio en registro de atención, se obtuvo un tiempo promedio de 339 segundos antes de utilizar la aplicación móvil multiplataforma y con el uso de la aplicación se obtuvo un tiempo promedio de 181 segundos, donde se pudo demostrar una reducción de tiempo de 158 segundos. Los hallazgos obtenidos son parecidos a la investigación de Vega (2019), mediante su propuesta de mejora continua logró reducir el tiempo de atención de 15 a 10 minutos, eso determina que la aplicación móvil multiplataforma basada visión artificial, reduce el tiempo promedio en el registro de atención al cliente en el Car Wash.

En lo que respecta a la calidad del servicio de atención, se observó que, sin el uso de la aplicación móvil, se obtuvo una calificación positiva del 30%. Sin embargo, al emplear la aplicación móvil, la calificación de calidad del servicio aumentó significativamente a un 73.33%, reflejando un incremento del 43.33% en comparación con la situación anterior. Estos resultados finales son consistentes con la investigación realizada por Vega (2021), que reveló un aumento del 79% en la valoración de los clientes con respecto a los servicios percibidos. En resumen, se determinó que la aplicación móvil multiplataforma respaldada por la visión artificial tuvo un impacto significativo en la mejora de la calidad del servicio de atención.

6. Conclusiones

Como conclusión general, se aumentó el porcentaje de órdenes de servicio, así mismo, se consiguió disminuir el tiempo promedio en generar órdenes de servicio, del mismo modo, se disminuyó el tiempo promedio en registro de atención y, por último, se logró aumentar la calidad del servicio de atención mediante el uso de una aplicación móvil multiplataforma basada en visión artificial, por consiguiente, se mejoró significativamente el servicio de atención al cliente en Car Wash Lando's de Trujillo.

Se comprobó, que hubo un incremento considerable en el porcentaje de órdenes de servicio en el Car Wash Lando's de Trujillo, antes del uso de la aplicación móvil se evidenció un 23.1% de órdenes de servicio, mientras que, con el uso se obtuvo un 46.43% de órdenes de servicio, de manera que, existe una diferencia de aumento de 23.33%.Fue demostrado con la prueba estadística no paramétrica U de Mann-Whitney, obteniendo un valor p= 0.000 y este fue menor al margen de significancia de 0.05, por lo tanto, se determinó que existe una influencia positiva, de manera que se aceptó lo hipótesis alterna (H1)

Se comprobó, que utilizando la aplicación móvil en el Car Wash Lando's de Trujillo, se tuvo un impacto significativo en la reducción del tiempo promedio en generar órdenes de servicio. Antes de su uso, se registró un tiempo promedio de 105 segundos, mientras que después, se redujo a 78.40 segundos, lo que representa una disminución de 26.6 segundos. Esto fue comprobado mediante una prueba paramétrica T-Student con un margen de error del 5%, obteniendo un valor p = 0.001, que es menor al nivel de significancia definido (0.05). Por lo tanto, se aprueba la hipótesis alterna (H1) de que la aplicación ejerce un resultado favorable en el tiempo promedio en generar ordenes de servicio.

Se determinó que, al utilizar la aplicación móvil multiplataforma, los tiempos de registro de atención en el Car Wash Lando's de Trujillo experimentaron una disminución significativa. Antes de la implementación de la aplicación, se registró un tiempo promedio de 339 segundos; sin embargo, con la utilización de la aplicación, este tiempo se redujo a 181 segundos, lo que equivale a una reducción de 158 segundos. Este resultado fue confirmado mediante el uso de la prueba T de Student, que arrojó un valor p de 0.000, claramente inferior al nivel estadístico de 0.05. En consecuencia, se respaldó la hipótesis alternativa (H1) que sostiene la existencia de una influencia positiva del uso de la aplicación en la disminución del tiempo promedio en el registro de atención.

Finalmente, el uso de la aplicación móvil en el Car Wash Lando's de Trujillo evidenció un incremento significativo en la calidad del servicio de atención. Se observó un notable aumento en la calificación del servicio, que se tradujo en un incremento del 50%. Este hallazgo se respaldó mediante la aplicación de la prueba T de Student, que arrojó un valor de p=0.000, claramente inferior al nivel de significancia establecido (0.05). En consecuencia, se validó la hipótesis alternativa (H1), la cual reconoce que el uso de la aplicación tiene un impacto positivo en la calidad del servicio de atención.

Referencias

Etecé, E. (2021). Servicio—Concepto, tipos y características. *Concepto*. https://concepto.de/servicio/

Garibay, F. A. (2020). *Diseño e implementación de un asistente virtual (chatbot) para ofrecer atención a los clientes de una aerolínea mexicana por medio de sus canales conversacionales*. http://infotec.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1027/402

Ibazeta, L. (2022). *Innovación empresarial: Panorama en el Perú y herramientas que la potenciarán en el 2022 - Centro de Innovación y Desarrollo Emprendedor*. https://cide.pucp.edu.pe/innovacion-empresarial-panorama-en-el-peru-y-herramientas-que-la-potenciaran-en-el-2022/

Lavalle , J. L. (2021). Chatbot en base a la metodología LK-XPerience para la atención de clientes en la empresa Ecoenergyperu S.A.C. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59972

Llacchuas, M. (2019). *Desarrollo de un aplicativo móvil para identificar zonas inseguras en la ciudad de Andahuaylas*. 106.

Loya, F. (2022). *Servicio especializado de car wash*. 117.

Milenium, informatica. (2022). *Definiciones de Principales Términos más Usados en Internet*. https://www.informaticamilenium.com.mx/es/temas/app.html

Pozo, F. M. (2019). *Incidencia de las tecnologías de la información y la comunicación TIC´S, en las empresas de servicio de lavado de autos, en el cantón La Libertad de la provincia de Santa Elena, año 2018*. https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4894

Preciado, D. M. (2021). *Propuesta para la implementación de una aplicación móvil que permita mejorar el proceso de atención al cliente de una empresa Avícola en Bogotá*. https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2193

Rosado, A. (2021, abril 27). *Esta app ofrece lavar tu auto sin agua*. El Universal. https://www.eluniversal.com.mx/autopistas/esta-app-ofrece-lavar-tu-auto-sin-agua

Silva, J. G., Macías, B. A., Tello, E., Delgado, J. G., Silva, J. G., Macías-Hernández, B. A., Tello-Leal, E., & Delgado-Rivas, J. G. (2021). La relación entre la calidad en el servicio, satisfacción del cliente y lealtad del cliente: Un estudio de caso de una empresa comercial en México. *CienciaUAT*, *15*(2), 85-101. https://doi.org/10.29059/cienciauat.v15i2.1369

Vega, K. L. (2019). *Análisis y propuesta de mejoramiento en el proceso de atención al cliente del departamento de ventas, Caso Enquality*. http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/17250

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 24/03/2024
Aceitação/Acceptance: 30/06/2024

Uso del Sistema de Gestión Hospitalaria Hosix y el Proceso Administrativo: Un Estudio de Caso en una Clínica de Trujillo – Perú

Angel E. Peralta-Castro[1], Piero A. Capuñay-Davila[1], Claudia E. Mori-Ugarte[1], Segundo E. Cieza-Mostacero[1]

aperaltac2@upao.edu.pe; pcapunayd1@upao.edu.pe; cmoriu1@upao.edu.pe; sciezam1@upao.edu.pe

[1] Universidad Privada Antenor Orrego, 13008, Trujillo, Perú.

Pages: 16-31

Resumen: La investigación tuvo como objetivo determinar la relación entre el sistema de gestión hospitalaria Hosix y el proceso administrativo de una clínica de Trujillo en el año 2023. Se utilizó el enfoque cuantitativo y diseño no experimental de corte transversal correlacional simple; se tuvo una muestra de 5190 datos que fueron analizados durante los meses de mayo a diciembre del 2022. Los resultados mostraron que el uso del sistema Hosix se mantuvo en un nivel aceptable, teniendo en sus indicadores transacciones efectuadas y personas atendidas un 50% por encima del promedio, a diferencia del proceso administrativo que tenía algunas áreas de mejora que se evidenciaba en el indicador registros mal llenados, con un 59% por encima del promedio. Con la ayuda de la prueba no paramétrica de Spearman, se concluyó que no llegó a existir una relación entre las variables uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix y el proceso administrativo.

Palabras-clave: Proceso; organización; administrativo; sistemas; gestión.

Use of the Hosix Hospital Management System and the Administrative Process: A Case Study in a Clinic in Trujillo – Peru

Abstract: The objective of the research was to determine the relationship between the Hosix hospital management system and the administrative process of a clinic in Trujillo in the year 2023. The quantitative approach and simple correlational cross-sectional non-experimental design were used; There was a sample of 5,190 data that was analyzed during the months of May to December 2022. The results showed that the use of the Hosix system remained at an acceptable level, with transactions carried out and people served being 50% higher in its indicators. of the average, unlike the administrative process that had some areas of improvement that were evident in the incorrectly filled out records indicator, with 59% above the average. With the help of Spearman's non-parametric test, it was concluded that there was no relationship between the variables use of the Hosix hospital management system and the administrative process.

Keywords: Process; organization; administrative; systems; management.

1. Introducción

En el año 2020, se desató la pandemia ocasionada por el SARS-CoV-2, un virus altamente contagioso que provocó en las personas a las que afectó, la enfermedad por coronavirus, debido a su naturaleza, la Organización Mundial de la Salud (OMS), declaró un estado de emergencia sanitaria a nivel mundial, el cual vino seguido de la acción en conjunto de diversos países como China, Taiwán, Singapur y Hong Kong, para combatir esta oleada de contagios (OPS, 2022). Así, potencias mundiales como Estados Unidos (EE.UU), América Latina y la Unión Europea, plantearon estrategias para combatir la propagación de este virus, con la finalidad de detener los focos de infección que se habían presentado para aquel entonces, por ejemplo, dentro del paquete de medidas tomadas internacionalmente, algunas drásticas como el distanciamiento social o la cuarentena, impusieron un nuevo estilo de vida para todos, en cuanto al sector salud, supuso un cambio radical en su presencialidad, ya sea del personal, los pacientes, los documentos virtuales y la clase de atención brindada; estos cambios causaron dificultades al momento de tomar decisiones en el proceso administrativo (Campos et al., 2020). Uno de los primeros problemas presentados fue el de las fallas burocráticas desde la dirección de los hospitales, debido a que no se contaba con empleados adecuadamente capacitados en el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) ni espacios virtuales, tampoco con la infraestructura como para soportar esa nueva manera de realizar los procedimientos, además de ello, la gestión hospitalaria se vio como la responsable directa de cubrir el 90% de la demanda generada (Suárez et al., 2021). Por ejemplo, en México el nivel de camas disponibles disminuyó hasta un 58.4% rápidamente (Campos et al., 2020); luego del primer impacto, la gestión hospitalaria pudo establecer mejor sus directivas y estrategias, formulando de esta forma tres ejes principales en su accionar: gestión epidemiológica, la gestión en la atención preventiva y la vigilancia de los pacientes (Estalella et al., 2021).

Para entonces, si bien en Latinoamérica el virus todavía tardó en llegar, ya se registraban casos menores, la mejor respuesta para esta situación fue dada por Cuba, cuando la pandemia arribó a dicho país, ya se contaba con un consenso de medidas sanitarias políticas, un plan de prevención y de organización concreto para hacerle frente, también contó con la particularidad que fue realizada en conjunto por el gobierno, la dirección de los principales hospitales y clínicas del país, principalmente reforzando la gestión de equipos especializados desde el día uno (Martínez y Morilla, 2020). De manera similar, España propició como una medida crítica dentro de este contexto un plan sólido para la gestión hospitalaria, que además tomará en cuenta el factor emocional de todo el personal. Esto debido a la predisposición de los mismos por generar con mayor facilidad cuadros de estrés graves y depresión (Álvarez et al., 2020).

Debido a la obligatoriedad internacional para evitar el contacto físico, los espacios virtuales ganaron popularidad inmediatamente como solución consecuente a este nuevo problema, así mismo, las tele-consultas y las prescripciones virtuales, como todo el sistema hospitalario en sí para consultas ambulatorias, adquirieron una mayor importancia dentro de la dirección de los centros de salud (Pariente et al., 2021). La

principal dificultad que se encontró fue la necesidad de tener la Historia de Salud del paciente actualizada e integrada en un solo documento, o Historia de Salud Digital (HSD). Se reconoció a Latinoamérica como un lugar con serios déficits en este punto específico, por lo que la implementación del mismo se ha visto dificultada por el incipiente sistema hospitalario virtual que posee (Caballos et al., 2022).

En el contexto de Perú, Ministerio de Salud (MINSA) ha venido aplicando de manera progresiva el Sistema de Información de Historia Clínica Electrónica (SIHCE), tanto como para el sector público y privado, a través del Programa Creación de Redes Integradas de Salud (PCRIS), con el cual buscó fortalecer la comunicación entre hospitales y clínicas para propiciar un historial centralizado en una sola base de datos digital (MINSA, 2020). En el Hospital Hermilio Valdizán en Lima, dentro de la prueba piloto para evaluar la eficacia de este nuevo sistema, se comprobó el impacto real que tiene sobre la mejora en la atención médica, la disponibilidad y la reducción en el nivel de espera promedio en un nivel significativo alto (r=0.85). Aunque la implementación real no se pudo llevar a cabo por el mismo contexto de la pandemia (Gutiérrez, 2021).

De forma general, el estado del SIHCE se encontró en etapa de planificación y se estimó que no existía algún proyecto de peso en varios años a futuro, a pesar de la capacidad del MINSA para dirigir este nuevo sistema, todavía se encontraba detenida por la situación de la pandemia, la cual obligó a colocar más recursos en proyectos relacionados con evitar la propagación del COVID-19 en territorio peruano, sin embargo, posee un marco legal sólido sobre el cual empezar a desarrollarlo, la Ley N°30024: Creación del registro Nacional de Historias Clínicas (Alarcón et al., 2019).

La Clínica San Pablo de Trujillo ofrece el servicio atención médica privada, se encuentra ubicada en la Av. Húsares de Junín 690, Urb. La Merced, la clínica pertenece la red privada de salud San Pablo y consta de una instalación construida en 10 pisos, 3 sótanos y con 72 consultorios, para un aproximado de 250 personas entre médicos y personal administrativo. Fue inaugurada en el 2014 y hasta el 2023, tiene como gerente general a la doctora Cory Pérez Zára. En la problemática están involucradas dos partes: la administración de la clínica liderada por la gerente general quien supervisó y aprobó el nuevo proyecto de integración de Historias Clínicas Digitales (HCD) para el seguimiento de sus pacientes; y, por otro lado, el equipo ad hoc designado para la implementación del mencionado sistema, encargado principalmente de ejecutar las directivas del proyecto y crear la arquitectura para la base de datos.

Se llevaron a cabo conversaciones con los encargados del equipo ad hoc y se realizaron observaciones in situ con el fin de determinar los efectos producidos por este nuevo sistema; gracias a ello se pudo constatar que si bien se había implementado correctamente a nivel informático o tecnológico el proyecto, existía mucha desconfianza en el personal para con su uso, específicamente con los médicos, los cuales debieron pasar del sistema temporal previamente implementado por la clínica para el registro de historiales durante la pandemia, a pesar de que les resultaba complicado a varios manejarlo como se tenía previsto por la gerencia, algunos doctores ya se habían acostumbrado a utilizarlo. Con el nuevo cambio de sistema, muchos mostraron disconformidad en tener que aprender una nueva manera de ingresar los datos de los pacientes o de consultarlos cuando sea necesario.

De manera similar, los técnicos encargados, a pesar de haber observado un cambio palpable entre el antiguo sistema temporal y el nuevo (según comentaron), no han sido capaces durante el mes de uso que tuvo la prueba piloto en la clínica, de demostrar la existencia de un cambio significativo en el nivel de eficiencia, tanto en el tiempo de triaje como en las consultas. El técnico al mando del equipo menciona que, ha significado un salto cualitativo pasar del sistema temporal por emergencia sanitaria, en el cual se tenía que llevar cierta información en papel y otra parte en digital; a este nuevo, ya que ha sido diseñado especialmente para funcionar de manera digital para las consultas y el seguimiento de las prescripciones médicas en las Historias Clínicas.

Así, el principal problema radicó en el equipo ad hoc, para la creación del sistema de HCD, debido a que no fueron capaces de ofrecer a la gerencia de la clínica, un reporte conciso sobre cómo ha mejorado la eficiencia en los médicos, para con la atención hacia los pacientes, con respecto al sistema antiguo híbrido entre digital y el uso del papel. En consecuencia, la gerencia tiene problemas en tomar una decisión para proseguir con el nuevo sistema o remodelarlo si, según los doctores, el personal se continúa quejando al respecto.

Con el objetivo de resolver la problemática descrito en líneas anteriores, se ha planteado determinar la relación entre el uso de sistema de gestión hospitalario Hosix y el proceso administrativo de la Clínica San Pablo de Trujillo.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general.

Determinar la relación que existe entre el uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix y el proceso administrativo de la Clínica San Pablo de Trujillo en el año 2023.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar el nivel de uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix.
- Identificar la eficacia del proceso administrativo.
- Determinar la relación que existe entre el uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix y cada indicador del proceso administrativo.

3. Aspectos teóricos

3.1. Sistema de gestión Hospitalario

Un Sistema de Gestión Hospitalario (SGH), también conocido como Sistema de Información Hospitalaria (HIS), consiste en un programa informático que integra todas las funciones y características necesarias, para llevar a cabo la administración de un hospital (Vergara y Lugo, 2020).

- **Número de transacciones efectuadas:** De acuerdo a Arévalo y Mozo (2021), este indicador se mide de manera unidimensional, a través de la cantidad de atenciones registradas dentro del sistema hospitalario. Como tal,

tiene el objetivo de identificar qué tanto es utilizado la interfaz, para registrar las citas médicas en general por el personal administrativo. Para este indicador se utilizó la siguiente formula:

$$NTE = NAR$$

Donde:

NTE: Número de transacciones efectuadas.

NAR: Número de atenciones registradas.

- **Número de personas atendidas con éxito**: Según Rojas (2020), este indicador mide la cantidad de personas atendidas, teniendo como base el número de registros de todo un mes. Es importante mantener un control sobre el uso del sistema, para no solo de determinar su éxito en el personal; sino también, ampliar recursos tecnológicos de ser necesario. Para este indicador se utilizó la siguiente formula:

$$NPAE = NTE - NRMLL$$

Donde:

NPAE: Número de personas atendidas con éxito.

NTE: Número de transacciones efectuadas.

NRMLL: Número de registros mal llenados.

- **Número de registros fallidos:** De acuerdo a Ortiz (2021), este indicador mide la representación que poseen los errores en los registros sobre el total de registros, estima precisamente el llenado incorrecto de datos por parte del personal administrativo, con el fin de estimar si se necesitan más capacitaciones relacionadas al uso del sistema. Para este indicador se utilizó la siguiente formula:

$$NRF= NE / TR$$

Donde:

NRF: Número de registros fallidos.

NE: Número de errores.

TR: Total de registros.

3.2. Proceso administrativo

La administración de hospitales es una subárea de la administración como teoría general, centrada en el estudio de las organizaciones hospitalarias y cómo estas desarrollan sus operaciones para garantizar la salud de sus pacientes a lo largo de todo el proceso. De esta manera, el proceso administrativo, si bien sigue la misma estructura de planificar, organizar, dirigir y controlar; lo hace teniendo en consideración especial este objetivo. Lo cual le permite a la organización ser capaz de estructurar y coordinar las diferentes tareas de manera óptima, así como de crear los sistemas necesarios de soporte. Está influido grandemente por la epidemiología (Vélez, 2020).

- **Tiempo de acceso a la información:** De acuerdo a Pautassi (2021), este indicador mide la diferencia entre el tiempo de término de atención y el tiempo de inicio de atención. El tiempo de acceso a la información es un indicador muy importante para evaluar el uso de los recursos, siendo para el caso el tiempo lo que se analizará para precisar si existió una utilización adecuada de los mismos. Para este indicador se utilizó la siguiente formula:

$$TAI = TT - TI$$

Donde:

TAI: Tiempo de acceso a la información.

TT: Tiempo de termino.

TI: Tiempo de inicio.

- **Porcentaje de atenciones:** Según Perea y Rojas (2020), este indicador mide la cantidad usuarios atendidos realmente. El porcentaje de atenciones como tal es un indicador del proceso administrativo centrado en precisar si se han logrado los objetivos propuestos por la gerencia, siendo este el caso de mejora la atención entre los pacientes del hospital. Para este indicador se utilizó la siguiente formula:

$$\%A = NUA / TP$$

Donde:

%A: Porcentaje de atenciones.

NUA: Número de usuarios atendidos.

TP: Total de pacientes.

- **Número de registros mal llenados:** Según Boada (2019), este indicador mide el número total de registros mal llenados que presentan los usuarios o pacientes del servicio hacia el hospital. La medición de esta clase de indicadores se vuelve importante para asegurar que el sistema implementado posee un desempeño adecuado y que la gerencia esté trabajando según los objetivos planteados. Para este indicador se utilizó la siguiente formula:

$$NRMLL = NRNP$$

Donde:

NRMLL: Número de registros mal llenados.

NRNP: Número de registros no procesados.

4. Materiales y métodos

4.1. La población

Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) mencionan que la población de un estudio compone el universo observable que resulta de interés para el investigador. La investigación estuvo conformada por cada registro que ayudó al cálculo numérico de las

variables: sistema de gestión hospitalaria y el proceso administrativo, trabajando con el reporte de 32 semanas del 1 de mayo al 31 de diciembre del 2022. Además, se tuvo en cuenta los reportes para los indicadores de las dos variables; para el sistema de gestión hospitalaria: número de transacciones efectuadas, número de personas atendidas con éxito y porcentaje de registros fallidos, y con respecto al proceso administrativo: Tiempo de acceso a la información, número de registros mal llenados, porcentaje de atenciones. La información obtenida se puede consultar en el siguiente enlace: https://n9.cl/8v8f9j.

4.2. La muestra

La muestra es censal, por lo que se trabajó con la totalidad de la población, descartando así algún tipo de muestreo, la muestra censal es aquella donde todas las unidades de investigación son consideradas como muestra (Nieto, 2018). En el caso de esta investigación, la muestra estuvo representada por 5190 registros, trabajadas en 32 semanas durante los meses de mayo a diciembre del 2022.

4.3. Métodos

El diseño de contrastación utilizado para esta investigación es de correlacional simple. Para Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) esta prueba relaciona dos variables de manera bilateral para definir un nivel de significación, que permite determinar si existe una relación importante entre ambas. Para ello se midieron las variables de sistema de gestión hospitalaria y de proceso administrativo. Con un diseño de investigación no experimental, por lo que se realizó sin estudiar deliberadamente variables, es decir, las variables independientes, no fueron modificadas de manera intencional, así como la investigación.

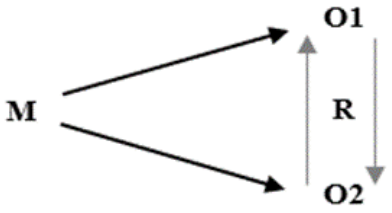


Figura 1 – Diseño no experimental de corte transversal simple de tipo correlacional.

Donde:

M: Muestra de 5190 registros relacionados al uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix y el proceso administrativo de la Clínica San Pablo de Trujillo, 2023.

O1: Observación de la variable uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix.

O2: Observación de la variable proceso administrativo.

R: Correlación entre las variables uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix y el proceso administrativo de la clínica.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada fue la observación que consiste en la captación mediante la vista de situaciones o hechos que suceden en un entorno, en el que se lleva a cabo una determinada investigación. En relación con esto, el instrumento utilizado fueron las fichas de observación, permitiendo registrar información para medir las variables de investigación.

En la medición de la variable uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix, se utilizaron 3 fichas de observación, para los indicadores: número de transacciones efectuadas, número de personas atendidas con éxito y número de registros fallidos. En la medición de la variable proceso administrativo también se utilizaron 3 fichas de observación, para los indicadores: tiempo de acceso a la información, porcentaje de atenciones y número de registros mal llenados. A continuación, se puede visualizar las fichas de observación utilizadas para medir estos indicadores en el siguiente link https://n9.cl/6uqsd.

Los indicadores de ambas variables fueron medidos a través de fórmulas matemáticas y datos numéricos, recolectados por el equipo investigador y proporcionados por la clínica. Entonces, para una adecuada identificación de las cantidades obtenidas, se tuvo en cuenta los registros estructurados en las fichas de observación, en base a 32 semanas desde el 01 de mayo del 2022 hasta el 31 de diciembre del mismo año, para su posterior análisis. Con respecto a la validez y confiabilidad las fichas de observación, no se validaron debido a que los resultados que se obtuvieron se pueden contrastar con cada información de los ítems registrados en el instrumento.

4.5. Procesamiento y análisis de datos

En esta investigación se recolectó información del uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix y el proceso administrativo de la Clínica San Pablo de Trujillo, se utilizaron seis fichas de observación en base a 32 semanas durante ocho meses, las cuales fueron: número de transacciones efectuadas, número de personas atendidas con éxito, número de registros fallidos, tiempo de acceso a la información, porcentaje de atenciones y registros mal llenados, en donde los datos obtenidos se procesaron y analizaron de la siguiente manera: Para el análisis descriptivo mediante Microsoft Excel 2016, porque los datos que se descargaron del software Hosix únicamente se pudieron visualizar en el programa mencionado, debido a que la información estaba por día y como la empresa brinda servicios en tres turnos mañana, tarde y noche los datos eran en grandes cantidades, posteriormente se realizó un consolidado para cada variable, teniendo en cuenta tres indicadores para la variable uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix y tres indicadores para el proceso administrativo, usando la función CONTAR.SI, que ayudó de manera rápida a contar el número de celdas por cada semana durante ocho meses, además se calculó el promedio de cada indicador para ser presentadas en tablas por semana y mes, para calcular el número menor y mayor al promedio, puesto que sirvió para dar respuesta al primer y segundo objetivo específico. Y para el análisis inferencial mediante el software Jamovi, se realizó una prueba de normalidad para determinar si los datos siguen o no una distribución normal, considerando que el valor alfa es igual a 0.05 y que el criterio de decisión es el siguiente: $p < 0.05$ no siguen una distribución normal y si $p > 0.05$ siguen una distribución normal lo cual permitió comprobar si se

utilizaría una prueba paramétrica o no paramétrica; con el fin de comprobar la relación que existe entre el uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix con cada indicador del proceso administrativo de la Clínica San Pablo de Trujillo, se consideró las medidas simétricas, que proporcionan información sobre cómo se distribuyen los datos, por lo tanto, estas medidas fueron útiles en la investigación para comprender la dispersión de estos y en base a esto tomar decisiones fundamentadas en el análisis de la investigación.

5. Resultados

5.1. Análisis descriptivo

N°	Indicadores	Promedio	Menor al promedio	Mayor al promedio
1	*Número de transacciones efectuadas (NTE)*	16	50%	50%
2	*Número de personas atendidas con éxito (NPAE)*	14	50%	50%
3	*Porcentaje de registros fallidos (PRF)*	11%	38%	62%

Tabla 1 – Promedio de los indicadores de la variable uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix por semana.

En la tabla 1, se puede apreciar que, el indicador número de transacciones efectuadas presentó que el 50% fue menor al promedio y el 50% mayor al promedio, el indicador número de personas atendidas con éxito presentó que el 50% fue menor al promedio y 50% mayor al promedio, el indicador porcentaje de registros fallidos presentó que el 38% fue menor al promedio y solo el 62% mayor al promedio. Se concluyó que se mantuvo el número de transacciones efectuadas, a su vez el de personas atendidas con éxito y por último existió una disminución de registros fallidos.

N°	Indicadores	Promedio	% Mayor al promedio	% Menor al promedio
1	*Tiempo de acceso a la información (TAI)*	25	50%	50%
2	*Número de registros mal llenados (NRMLL)*	2	41%	59%
3	*Porcentaje de atenciones (PA)*	89%	59%	41%

Tabla 2 – Promedio de los indicadores variable proceso administrativo por semana.

En la tabla 2, se puede apreciar que el indicador tiempo de acceso a la información, presentó que el 50% fue menor al promedio y el 50% mayor al promedio, el indicador número de registros mal llenados presentó que el 41% fue menor al promedio y el 59% mayor al promedio y el indicador porcentaje de atenciones, presentó que el 59% fue menor al promedio y el 41% mayor al promedio. Se concluyó que, si hubo efectividad en el tiempo de acceso a la información, existiendo pocos registros mal llenados, pero las atenciones siguen siendo buenas.

5.2. Análisis inferencial

Este análisis se dividió en dos partes, la primera fue la prueba de normalidad y la segunda la prueba de hipótesis. Para la primera parte se trabajó con la prueba de Shapiro-Wilk, dado que los datos fueron correspondientes a 32 semanas dentro de los ocho meses desde mayo a diciembre y se plantearon las siguientes hipótesis: H0: los datos siguen una distribución normal ($p < \propto$) y H1: los datos no siguen una distribución normal ($p \geq \propto$); con dos criterios de decisión donde: a) $p < 0.05$, entonces se rechaza H0 y se acepta H1 y b) $p > 0.05$, entonces se acepta H0 y se rechaza H1.

Nº	Indicador	Estadístico	Sig.	gl.
1	*NTE*	0.97	0.60	32
2	*TPT*	0.97	0.48	32
3	*NRF*	0.85	0	32
4	*TAI*	0.93	0.039	32
5	*NRMLL*	0.87	0.001	32
6	*PA*	0.85	0	32

Tabla 3 – Prueba de normalidad Shapiro-Wilk.

En la tabla 3, se muestra la significancia, para la variable sistema de gestión hospitalaria, se tuvo tres indicadores: número de transacciones efectuadas con un nivel de significancia de p= 0,603 donde es mayor a 0.05, número de personas atendidas con éxito p = 0,480 mayor a 0.05, porcentaje de registros fallidos p = 0,000 menor a 0.05 y en la segunda variable, proceso administrativo tres indicadores: tiempo de acceso a la información p=0,039 menor a 0.05, número de registros mal llenados 0,001 donde es menor a 0.05 y porcentaje de atenciones 0,000 menor a 0.05.

Nº	Indicador	Sig.	Conclusión
1	*NTE*	0.603	Siguen una distribución normal
2	*TPT*	0.48	Siguen una distribución normal
3	*NRF*	0.00	No siguen distribución normal
4	*TAI*	0.039	No siguen distribución normal
5	*NRMLL*	0.001	No siguen distribución normal
6	*PA*	0.00	No siguen distribución normal

Tabla 4 – Distribución de cada indicador.

Entonces, como $p < 0.05$ en los indicadores número de registros fallidos (0.00), tiempo de acceso a la información (0.039), número de registros mal llenados (0.001) y porcentaje de atenciones (0.00), se rechaza H0 y se acepta H1, se concluye que no hay una distribución normal y con respecto a los indicadores uno (NTE) y dos (TPT) siguen

una distribución normal. Por lo tanto, se aplicó la prueba estadística no paramétrica de Rho de Spearman.

En el caso del objetivo específico tres, que fue determinar la relación que existe entre el uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix y cada indicador del proceso administrativo de la Clínica San Pablo de Trujillo en el año 2023. Se determino la relación del indicador número de transacciones efectuadas, número de personas atendidas con éxito y el porcentaje de registros fallidos, de las variables sistema de gestión hospitalaria Hosix, junto a los tres indicadores de la segunda variable, proceso administrativo, las cuales fueron: tiempo de acceso a la información, número de registros mal llenados y porcentaje de atenciones.

Indicadores del SGHH	**Indicadores PA**	**Sig.**	**Decisión**
NTE	*TAI*	0.072	No existe relación
	NRMLL	0.067	No existe relación
	PA	0.58	No existe relación
NPAE	*TAI*	0.05	No existe relación
	NRMLL	0.481	No existe relación
	PA	0.107	No existe relación
PRF	*TAI*	0.242	No existe relación
	NRMLL	0	Existe relación
	PA	0	Existe relación

Tabla 5 – Correlación entre los indicadores del uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix (SGHH) y el proceso administrativo (PA).

En la correlación del primer indicador NTE, no se relaciona con los indicadores de la segunda variable: tiempo de acceso a la información, número de registros mal llenados y porcentaje de atenciones. En la segunda correlación del segundo indicador número de personas atendidas con éxitos de la primera variable, no está relacionada con los indicadores de la segunda variable: tiempo de acceso a la información, número de registros mal llenados, porcentaje de atenciones, como ultima correlación entre el porcentaje de registros fallidos, no se relaciona con el tiempo de acceso a la información, pero llega a existir una relación con el número de registros mal llenados y el porcentaje de atenciones.

6. Discusión

En la investigación, se presentó como objetivo general determinar la relación que existe entre el uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix y el proceso administrativo de la Clínica San Pablo de Trujillo en el año 2023, se recolectaron 5 registros en el periodo de 32 semanas, luego se aplicó la prueba de Spearman, obteniendo dentro del primer análisis entre las variables uso de sistema de gestión hospitalario Hosix y el proceso administrativo de la correlación de obteniendo los datos a través del Jamovi, que no llega a existir una correlación entre las variables, obteniendo seis hipótesis nulas y

dos alternativas, por lo que el indicador sistema de gestión hospitalaria: número de transacciones efectuadas, número de personas atendidas y porcentajes de registros fallidos, solo se relaciona con el número de registros mal llenados y el porcentaje de atenciones. Por lo que, en algunos aspectos, los procesos administrativos para los registros se dan de manera correcta, pero los pacientes, son lo que no llegan a su evaluación, Asimismo, estos resultados no guardan relación con el estudio hecho por Gonzales et al. (2022) divulgado en la CISCI 2022, donde llega a existir una alta correlación positiva entre el uso de la plataforma Canvas por parte de los docentes y el aprendizaje de los estudiantes. David (2021), considera que este reside en un grupo de procesos, los cuales los miembros de la organización tuvieron que cumplir para que esta logre los objetivos establecidos. Los datos mostrados para el análisis de las correlaciones fueron calculados personalmente, por lo que la empresa no contaba con la base de datos de los indicadores que se tomaron en cuenta, tan solo se nos brindó los datos de manera general. Además, la variación de los datos tuvo que ver mucho con las condiciones de emergencias, días de mayor concurrencia y seguros.

Con respecto al primer objetivo específico de la investigación, que busca identificar el nivel de uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix de la Clínica San Pablo de Trujillo, este fue analizado a través del análisis descriptivo, con una valoración dada en base al número mayor y menor al promedio. Obteniendo como resultados en el primer indicador, número de transacciones efectuadas, un promedio de 16 registros, donde el 50% de ellos (16) eran mayores al promedio y el otro 50% (16) menores al promedio, el indicador personas atendidas con se tuvo un promedio de 14 personas atendidas con éxito, donde el 50% (16) mayor al promedio y el otro 50% (16) menor al promedio, y respecto al último indicador, se tuvo al porcentaje de registros fallidos, teniendo como promedio 11%, por lo que el porcentaje de mayor promedio es de un 38% (12) y el porcentaje de mejor promedio 63% (20). Se está cumpliendo con la cantidad de transacciones y además de un adecuado número de personas atendidas con éxito, existiendo un bajo registro de fallas. Lo cual hace llegar a una conclusión igual a lo visto por Díaz et al. (2022) en su estudio divulgado en la CISCI 2022, donde se propuso en establecer la relación entre las TIC y el desempeño situacional de los docentes, donde llego a existir un nivel ineficaz de usabilidad de las TIC valorado en un 59,5% y un nivel moderado de desempeño contextual valorado en un 67,6% por los docentes de la institución. Además, se corrobora lo que Serrano (2021) nos quiere decir sobre el sistema, que este explica la forma de organización que emplean las empresas hacia su estructura y procesos, con el fin de actuar de forma sistemática, garantizando así, que estos mantengan un funcionamiento sin fallas y logrando los resultados establecidos previamente por la empresa; con este concepto se puede tener claro que los resultados que arrojan las cantidades porcentuales de los indicadores, dan la razón de lo que se obtuvo y que la empresa si llega a cumplir con los objetivos.

Con respecto al segundo objetivo específico de la investigación, que busca identificar la eficacia del proceso administrativo de la Clínica San Pablo de Trujillo en el año 2023. Con respecto al primer análisis del indicador tiempo de acceso a la información, resultó un promedio de 0.41 (tiempo convertido a número) en total donde, en el conteo porcentual se tuvo que el 50% (16) tiende a ser mayor al promedio y lo restante al 50% (16) tiende hacer menor al promedio, en el segundo indicador, se tuvo el número de registros mal

llenados con un promedio de 2, donde el 41% (13) son mayor al promedio y el 59% (19) están por debajo del promedio, en el último indicador, se tuvo un promedio de 89% de porcentaje de atenciones, donde el 59% de ellos está por encima del promedio general y el 41% son menores al promedio. Concluyendo que, si existió un buen proceso administrativo dentro de esta clínica, por lo que se tuvo una mínima cantidad de errores y posee un porcentaje aceptable de las cantidades adecuadas de atenciones, por lo que hace llegar a una conclusión similar a la del autor Núñez (2022) donde, su estudio divulgado en la Revista de la Universidad César Vallejo, tuvo como objetivo establecer la relación entre la Gestión estratégica hospitalaria y el Desempeño durante la pandemia COVID-19. Obteniendo que el nivel de gestión estratégica del hospital y el nivel de desempeño organizacional son 49.7% y 19.5% respectivamente, y el nivel de gestión estratégica y desempeño organizacional del hospital son de 15.9 % y 15.9 %. Por ello si presenta una mejora de la gestión estratégica del hospital. Corroborando lo mencionado tenemos a (Malagón et al., 2016), donde indica que, dentro del objetivo de mantener adecuadamente la salud de los pacientes, los hospitales u otras organizaciones dirigidas hacia el área de la salud dividen sus obligaciones en diversas metas que deben tener en consideración en sus operaciones. Estas metas son aplicadas por el personal médico y el personal administrativo y se constituyen en base a una atención oportuna, el monitoreo constante y la dispensa oportuna de recetas médicas.

Como tercer objetivo específico se estableció determinar la relación que existe entre el uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix y cada indicador del proceso administrativo de la Clínica San Pablo de Trujillo en el año 2023. En la primera correlación del número de transacciones efectuadas, se utiliza el coeficiente de Spearman con un puntaje en los indicadores: tiempo de acceso a la información (0,0072), número de registros mal llenados (0,067) y porcentaje de atenciones (0,580). En la segunda correlación del número de personas atendidas con éxitos, relacionadas con los otros indicadores de la segunda variable, se tuvo: tiempo de acceso a la información (0,050), número de registros mal llenados (0,481), porcentaje de atenciones (0,107), como ultima correlación entre el porcentaje de registros, se tuvo que; el tiempo de acceso a la información (0,242), número de registros mal llenados (0,000), porcentaje de atenciones (0,000), existiendo dentro de las seis primeras correlaciones de los indicadores una no relación y en las dos últimas estas si llegan a relacionarse, en base a esto, se infiere que el uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix tiene cierta influencia en los indicadores del proceso administrativo, debido a que es un software que ayuda a automatizar tareas repetitivas lo que reduce la carga de trabajo y minimiza los errores. Sin embargo, es necesario que los trabajadores comprendan adecuadamente su uso, para que, de esta manera ayude en el aprovechamiento máximo de todas las funciones y características que ofrece el software; en donde se considera que para la optimización del proceso de administrativo es fundamental el uso de softwares o sistemas que ayuden en la gestión, obtención y conocimiento inmediato de información. Núñez (2022) mencionó en su estudio, que tuvo como objetivo establecer la relación entre la Gestión estratégica hospitalaria y el desempeño durante la pandemia COVID-19.

Los resultados obtenidos muestran que el nivel de gestión estratégica y desempeño organizacional del hospital es relativamente alto, el nivel de gestión estratégica del hospital y el nivel de desempeño organizacional son 49.7% y 19.5% respectivamente, y el

nivel de gestión estratégica y desempeño organizacional del hospital son de 15.9 % y 15.9 %. Su principal conclusión es que, si mejora la gestión estratégica del hospital, también mejora el desempeño organizacional del personal de HACVP.

7. Conclusiones

Se determinó que no existe una correlación entre el uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix y el proceso administrativo, teniendo seis hipótesis nulas y dos hipótesis alternas, demostrando que el indicador número de transacciones efectuadas de la variable uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix, no se relaciona con el indicador tiempo de acceso a la información, número de registros mal llenados y porcentaje de atenciones de la variable proceso administrativo. Por otro lado, el indicador porcentaje de registros fallidos de la variable uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix, no se relaciona con el tiempo de acceso a la información, pero si se relaciona con el número de registros mal llenados y el porcentaje de atenciones.

Se identificó el nivel de uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix, donde se analizó un total de 32 semanas de los meses comprendidos entre mayo a diciembre, obteniendo promedios semanales para los tres indicadores, número de transacciones efectuadas (16), número de personas atendidas con éxito (14) y porcentaje de errores (11%), donde en su mayoría las cantidades superan al promedio en un 50%. Significando que dichos indicadores alcanzan porcentajes bajos de fallas dentro del sistema y que la clínica posee márgenes mínimos de errores en sus registros, lo cual hace que cumpla con los pacientes que van a atenderse y que estos son registrados de manera normal dentro del sistema Hosix.

Se identificó que la eficacia del proceso administrativo se evaluó los indicadores de este, obteniendo resultados promedios de manera semanal, donde el primer indicador tiempo de acceso a la información obtuvo un promedio de 0.41, el segundo indicador número de registros mal llenados un promedio de 2 y por último el indicador porcentaje de atenciones con un promedio de 89. Significando que dichos indicadores alcanzan números y porcentajes altos de operatividad dentro de la clínica, cumpliendo con cada proceso administrativo que conlleva cada evaluación.

Se determinó la relación que existe entre el uso del sistema de gestión hospitalaria Hosix y cada indicador del proceso administrativo de la Clínica San Pablo de Trujillo en el año 2023. Utilizando el coeficiente de correlación de Spearman se tuvo una significancia de 0,072 – 0,067 – 0,580 – 0, 050 – 0,481 – 0,107 – 0,242 – 0,000 – 0,000, demostrando que no existió una relación entre los 6 primeros indicadores y las variables, por otro lado, en los 2 últimos indicadores al tener un p menor a 0.05 este hace que, si exista relación, pero en promedio se tuvo que no existió una relación.

Referencias

Alarcón, L., Rubio, C. y Chumán, M. (2019). Interoperabilidad de Historias Clínicas Electrónicas en el Perú. Revista peruana de computación y sistemas, 2(1).

Álvarez, A. K. G., Almaguer, A. Y. C. y Santos, E. D. Z. (2020). Gestión de seguridad psicológica del personal sanitario en situaciones de emergencia por COVID-19 en el contexto hospitalario o de aislamiento. Revista Cubana de Enfermería, 36(2), 1-19.

Arévalo, J. F. y Mozo, H. P. B. (2021). Gestión Hospitalaria: una mirada al desarrollo de sus procesos. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 5(2), 1527-1545.

Caballos, M. G., Bravo, I. R. y Rodríguez, C. C. (2022). Historia clínica digital. Aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación en la gestión clínica y los procesos de citación. FMC-Formación Médica Continuada en Atención Primaria, 29(3), 3-9.

Cáceres-Díaz, W., Cieza-Mostacero, S. y Castañeda-Nassi, J. A. (2022). Tecnologías de Información y Comunicación y el Desempeño Contextual de un Centro Educativo de Aplicación en Trujillo. Memorias de la Vigésima Primera Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática: CISCI 2022, 245-250. https://doi.org/10.54808/CISCI2022.01.245

Campos, S. A., Castro, S. V., Meza, O. y Pérez-Chiqués, E. (2020). Gestión hospitalaria de la pandemia en la Ciudad de México. Un análisis desde el enfoque de burocracia a nivel de calle. Revista Mexicana de Análisis Político y Administración Pública, 9(18), 4-21.

Chá Ghiglia, M. M. (2019). Historia clínica electrónica: herramienta para la continuidad de asistencia. Revista Médica del Uruguay, 35(3), 107-123.

David, F. R. (2021). Conceptos de administración estratégica. Pearson educación.

Díaz, S. A. (2022). Análisis de la gestión administrativa y la calidad del servicio en la atención de los partos humanizados en un hospital nacional de Lima. INNOVA Research Journal, 6(1), 18-30.

Estalella, G. M., Zabalegui, A. y Guerra, S. S. (2021). Gestión y liderazgo de los servicios de Enfermería en el plan de emergencia de la pandemia COVID-19: la experiencia del Hospital Clínic de Barcelona. Enfermería Clínica, 31, S12-S17.

Gutiérrez, U. M. (2021). Implementación de historia clínica electrónica en la mejora de la calidad de atención del servicio de odontología del Hospital Hermilio Valdizán Lima–Perú.

Hasöksüz, M., Kilic, S. y Saraç, F. (2020). Coronaviruses and sars-cov-2. Turkish journal of medical sciences, 50(9), 549-556.

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw Hill México.

Malagón, G., Pontón, G. y Reynales, J. (2016). Gerencia Hospitalaria. Para una administración efectiva. Panamericana.

MINSA. (2020). Minsa implementará Sistema de Historias Clínicas Electrónicas para una atención más eficiente a nivel nacional. https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/569260-minsa-implementara-sistema-de-historias-clinicas-electronicas-para-una-atencion-mas-eficiente-a-nivel-nacional

Nieto, N. E. (2018). Tipos de investigación. SDM.

Núñez, M. M. (2022). Gestión estratégica hospitalaria y desempeño organizacional en el marco de la pandemia COVID-19 en el Hospital de alta complejidad–Trujillo.

Ortiz, G. F. (2021). Gerencia y Administración Estratégica de la Atención Médica. Panamericana.

Pariente, J. M. M., Jaldon, A. M. N., Gomez, M. D. A. y Monreal, C. B. (2021). Soporte a la toma de decisiones en la gestión de pacientes COVID en un servicio de urgencia hospitalaria. Ecosistema de una pandemia: COVID 19, la transformación mundial, 27-51.

Perea, L. E. y Rojas, I. L. (2020). Modelos de gestión en instituciones hospitalarias. Revista Gerencia y Políticas de salud, 18(36).

Serrano, A. T. I. (2021). Control interno y sistema de gestión de calidad: Guía para su implantación en empresas públicas y privadas. Ediciones de la U.

Suárez, Y. S., García, L. T., León, M. M. y Pérez, O. S. (2021). Los indicadores de gestión hospitalaria en tiempos de Covid 19. Visionario Digital, 5(4), 58-77.

Vasquez, J. N. V. (2020). Gestión Administrativa en la calidad de atención en los servicios del Hospital Amazónico de Yarinacocha, 2020. In Crescendo, 11(1), 67-80.

Vergara, D. y Lugo, M. F. (2020). Administración hospitalaria en la Gestión del riesgo.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/03/2024
Aceitação/Acceptance: 20/06/2024

Uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL y el Proceso Administrativo: Un estudio de Caso en Trujillo – Perú

Juan C. Leon-Guzman[1], Claudia E. Mori-Ugarte[1], Segundo E. Cieza-Mostacero[1]

jleong7@upao.edu.pe; cmoriu1@upao.edu.pe; sciezam1@upao.edu.pe

[1] Universidad Privada Antenor Orrego, 13008, Trujillo, Perú.

Pages: 32-43

Resumen: El objetivo fue determinar la relación entre el uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL y el proceso administrativo del colegio Abraham Lincoln de Trujillo en el año 2023. El tipo de investigación fue no experimental de corte transversal correlacional simple y se utilizó como instrumentos fichas de observación. En la variable uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL por medio de los accesos, dio los siguientes resultados, en inicial fueron 352 accesos, en primaria fueron 4,108 accesos y en secundaria fueron 6,033 accesos, en total fueron 10,499 accesos. En la variable proceso administrativo, las clases subidas al sistema virtual de gestión educativa semanalmente dio el siguiente resultado, en inicial fueron 539 clases subidas, en primaria fueron 901 clases y en secundaria fueron 532 clases subidas. En conclusión, si existió relación entre el uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL y el proceso administrativo.

Palabras-clave: CUBICOL; proceso; administrativo; accesos.

Use of the virtual educational management system CUBICOL and the Administrative Process: A Case Study in Trujillo - Peru

Abstract: The objective was to determine the relationship between the use of the virtual educational management system CUBICOL and the administrative process of the Abraham Lincoln school in Trujillo in the year 2023. The type of research was non-experimental, simple correlational cross-sectional and observation cards were used as instruments. In the variable use of the virtual system of educational management CUBICOL by means of accesses, the following results were obtained: 352 accesses in kindergarten, 4,108 accesses in primary school and 6,033 accesses in secondary school, a total of 10,499 accesses. In the administrative process variable, the number of classes uploaded weekly to the virtual educational management system gave the following results: 539 classes were uploaded in kindergarten, 901 classes in elementary school and 532 classes in high school. In conclusion, there was a relationship between the use of the virtual educational management system CUBICOL and the administrative process.

Keywords: CUBICOL; process; administrative; access.

1. Introducción

Terminando el año 2019, una enfermedad infecciosa provocada por un virus de la familia del coronavirus denominado COVID-19 sumió al mundo en una crisis sin precedentes. Rico y Aguayo (2022)afirman que tras la rápida propagación del virus se realizaron muchos cambios en todo el mundo para lograr su contención, principalmente medidas de confinamiento en el hogar y suspensión de actividades consideradas no esenciales, esto afectó el estilo de vida de las personas desde el punto de vista social, económico y político, pero también ha tenido un impacto positivo en el medio ambiente, estos incluyen una reducción significativa de la contaminación del aire en las ciudades y otros espacios, y la restauración de la calidad ambiental, como playas, ríos y canales considerando también la presencia de animales no domesticados en espacios que han sido ocupados predominantemente por humanos durante muchos años.

Según Sedano Chiroque et al. (2020) la crisis mundial ha proporcionado muchas estrategias para frenar la propagación de COVID-19, si bien la mayoría de las personas en el mundo hoy en día practican el aislamiento social, anteriormente estas estrategias se centraban en los aeropuertos, los cuales tenían que capacitar continuamente al personal en higiene de manos y prevención de infecciones respiratorias, proporcionarles a ellos y a los viajeros las herramientas de protección adecuadas, los viajeros debían pasar por tres etapas: autoinforme de síntomas, observación visual de signos clínicos y toma de temperatura evitando el uso de termómetros de mano. Sin embargo, estas medidas solo se aplicaron aleatoriamente a todos los viajeros y no fueron exhaustivas.

Para Huertas (2021) aún no existen publicaciones sobre temas de salud mental en el Perú, por lo tanto, es importante capacitar a los equipos de salud mental en la intervención en crisis, comprender el uso de las plataformas digitales, comunicarse en línea, realizar entrevistas de telesalud y utilizar herramientas breves para detectar y confirmar problemas de salud mental, el propósito de nuestros ciudadanos es ser utilizados para los desafíos que pueden crear la salud pública del país, las herramientas de tamizaje de salud mental están disponibles en la comunidad, por ello, dos de las más utilizadas las versiones cortas de las Escalas Psicométricas para la Depresión (EPD- y EPD6) y la Escala de Ansiedad de Lima de 20 elementos, en esta pandemia de COVID-19, todos los procedimientos de bioseguridad, el lavado de manos con agua y jabón, el uso de mascarillas, el consumo de alcohol y el distanciamiento social son críticos y se necesitan intervenciones para desarrollar estrategias para evitar el estrés y la ansiedad frente a los trabajadores de la salud.

En el 2019, el colegio Abraham Lincoln, llegó a tener 480 alumnos, pronosticando así, un año escolar 2020 de abundantes alumnos y mejora institucional, sin embargo, llegada la pandemia tuvieron que cerrar sus puertas por decreto del estado, no teniendo así un sistema virtual de gestión educativa digital donde subir el material o tener un contacto con el alumnos de forma virtual, se empezó usando solo WhatsApp, dejando una gran duda dentro de los padres, porque no veían un avance significativo en la educación de sus hijos. En cuanto a lo relacionado al Centro de Aplicación Abraham Lincoln, en la ciudad de Trujillo.

En el colegio no se tenía una gestión automatizada, puesto que todo era manual, demorando así, la toma de decisiones, el proceso administrativo del colegio, se regía al

uso de Excel, en un server local, no se hacía uso de un almacenamiento virtual, poniendo en riesgo su propia información, se tenía una gran dificultad al momento de organizar la información, puesto que todo se administraba de forma no automatizada y lenta, por lo que con dicha observación, se puso a disposición el sistema virtual de gestión educativa CUBICOL, en busca de solucionar los problemas administrativos del centro de aplicación.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Determinar la relación que existe entre el uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL y el proceso administrativo del Centro de Aplicación Abraham Lincoln de Trujillo en el año 2023.

2.2. Objetivos específicos

1. Identificar el grado del uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL del colegio Abraham Lincoln de Trujillo en el año 2023.
2. Identificar la eficacia del proceso administrativo del Centro de Aplicación Abraham Lincoln de Trujillo en el año 2023.
3. Determinar la relación que existe el uso del sistema virtual de gestión educativa y cada indicador del proceso administrativo de Centro de Aplicación Abraham Lincoln de Trujillo en el año 2023.

3. Aspectos teóricos

3.1. Sistema Virtual de Gestión Educativa CUBICOL

El sistema virtual de gestión educativo CUBICOL es ideal para que los padres de familia, estudiantes, docentes y directivos, puedan interactuar con la más alta tecnología comprenden E-commerce, desarrolla soluciones web que permite implementar una tienda online, con catálogo, pasarela de pago 100% segura, conectado a las redes sociales que requieras, también E-learning, desarrollo de interfase de cursos online, enseñanza virtual y formación online, vinculados con Zoom, Meet, Teams o YouTube, incluye pasarela de pago, para finalizar comprenden con un sistema logístico integral para la administración de tus activos, a través de este sistema podrás tener un completo registro y clasificación de herramientas e insumos.

3.2. Proceso administrativo

Para Rodríguez (2021) el concepto de gestión o indicadores de proceso, derivado del desarrollo de la filosofía de la calidad total fundada en los Estados Unidos, es utilizado por casi todas las organizaciones del mundo. Inicialmente, se utilizaron más como una herramienta de gestión del flujo de trabajo que como una herramienta de gestión de apoyo a la toma de decisiones, de hecho, la creación de un sistema de indicadores

debe abarcar las operaciones y procesos de gestión de la organización, además, debe construirse sobre la base de un contrato de desempeño basado en la misión y metas estratégicas.

Según Portillo y Cárdenas (2008) el proceso de gestión incluye actividades interrelacionadas tales como: planificar, organizar, controlar y dirigir todas las actividades que requieren interrelaciones y tiempos, la planificación es fundamental antes de iniciar las actividades de gestión, es importante determinar los resultados que el grupo social quiere alcanzar, contexto futuro y factores, que son necesarios para su eficaz funcionamiento, esto sólo se puede lograr a través de la planificación, es un grupo de personas relativamente estable en un sistema estructurado y en evolución, que trabajan juntos para lograr objetivos en un entorno dinámico.

4. Materiales y Métodos

4.1. Población y muestra

La población que se estudió estuvo conformada por 10,499 accesos y 1,972 clases subidas, relacionados al uso de CUBICOL y el proceso administrativo que se generó en el colegio Abraham Lincoln de la ciudad de Trujillo, usando información correspondiente entre los meses de marzo y diciembre del 2022. Para Castro (2019) a la población también se le considera como el universo de estudio, en él se abarcan conjuntos totales de individuos o cosas que tuvieran similitud de características, por ello, la población estudiada estuvo conformada por 930 registros relacionadas al uso de CUBICOL y el proceso administrativo que se generó en el colegio Abraham Lincoln de la ciudad de Trujillo, entre los meses de marzo a diciembre del 2022. La cual se puede consultar en el siguiente enlace https://acortar.link/RPfslv.

Además, Ojeda (2020) mencionó que la muestra viene a hacer una parte específica del universo que será estudiada o investigada, por ello, es necesario que tengan iguales características que la población. En el caso de la investigación se trabajó con la misma cantidad de la población, es decir, con todos los registros que se generó en el colegio Abraham Lincoln de la ciudad de Trujillo.

4.2. Tipo y diseño de la investigación

La investigación fue tipo correlacional simple y de diseño de investigación no experimental, según Ortiz et al. (2019) mencionaron que dichas investigaciones poseen como objetivo, conocer la proporción o nivel de agrupación que existen entre dos o más variables y categorías en un argumento particular, que en este caso fue uso del sistema de gestión educativo CUBICOL y el proceso administrativo.

4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó fue la observación, según Retegui (2020) radica en recopilar información sobre un fenómeno real, el mismo que permite conocer cómo se desarrolla el objeto de estudio. Por ello, el instrumento que se empleó han sido fichas de observación, para Verástegui et al. (2022) mencionaron que fueron herramientas de

recopilación de datos, lo que permitió un análisis detallado de situaciones específicas con comportamientos y características individuales. Teniendo en cuenta la medición para para la variable uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL, se consideró las fichas de observación adaptado de Berretta et al. (2019) para los 2 indicadores: Accesos semanales a al sistema virtual de gestión educativa por cada nivel y la cantidad de clases subidas semanalmente, con eso, se obtuvieron 6 variables, las cuales son accesos del nivel inicial, nivel primario, nivel secundario y trabajos subidos del nivel inicial, primario y secundario semanalmente.

4.4. Procesamiento y análisis de datos

Se usaron 6 fichas de observación, las cuales han sido los accesos semanales de inicial, primaria y secundaria, así mismo, se hizo la observación de la cantidad de clases subidas en los ya mencionados niveles. Los datos se analizaron de 2 maneras: Para el análisis descriptivo se registró mediante Microsoft Excel 2019, después de ello, se realizó la suma de los accesos al sistema virtual de gestión educativa las clases subidas por cada nivel y sección. Para el análisis inferencial, se usó la plataforma estadística abierta jamovi, en ella, se llevó a cabo la prueba de normalidad para determinar si los datos siguen o no con una distribución normal, considerando que el valor alfa es igual a 0.05 y que los criterios de decisión son los siguiente: $p < 0.05$ no siguen una distribución normal y si $p > 0.05$ siguen una distribución normal.

5. Resultados

5.1. Análisis descriptivo

El primer objetivo específico buscó buscó identificar el uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL, para ello, usamos la cantidad de accesos semanales del colegio Abraham Lincoln de Trujillo en el año 2023.

	Nivel Inicial	Accesos Semanales	Accesos Totales
1	3 años	3	120
2	4 años	3	123
3	5 años	3	115
	Promedios	3	119

Tabla 1 – Resultados de los indicadores de la variable Acceso Inicial

En la tabla 1, se muestran el resultado de los accesos semanales y totales del nivel inicial, los resultados fueron que en 3 años tienen un promedio de 4 accesos semanales, 4 años tiene 5 accesos semanales y 5 años tiene 6 accesos semanales, dando como promedio general, 5 accesos semanales en el nivel inicial, también se calcularon los accesos totales, teniendo debajo del promedio a 5 años con 119 accesos, se pudo deducir que no se accedía adecuadamente, mientras que 3 y 4 años, superaban el promedio, asumiendo el activo uso.

	Nivel Primaria	Accesos Semanales	Accesos Totales
1	1er Grado A	10	399
2	1er Grado B	10	382
3	2do Grado A	9	379
4	2do Grado B	9	341
5	3er Grado A	9	365
6	3er Grado B	10	392
7	4to Grado A	9	358
8	4to Grado B	10	409
9	5to Grado A	9	363
10	5to Grado B	8	324
11	6to Grado A	10	396
	Promedios	9	373

Tabla 2 – Resultados de los indicadores de la variable accesos primaria

En la tabla 2, se muestra el resultado de los accesos semanales y totales del nivel inicial, los resultados fueron en 1er Grado A tienen un promedio de 10 accesos semanales, 1er Grado B tienen un promedio de 10 accesos semanales, en 2do Grado A tienen en promedio 9 accesos semanales, en 2do Grado B tienen 9 accesos semanales, 3er Grado A tienen 9 accesos semanales, en 3er Grado B tienen 10 accesos semanales, 4to Grado A tienen 9 accesos semanales, en 4to Grado B tienen 10 accesos semanales, 5to Grado A tienen 9 accesos semanales, en 5to Grado B tienen 8 accesos semanales y en 6to Grado A tienen 10 accesos semanales, como promedio general, el nivel primario tiene 9 accesos semanales, en los accesos totales se muestra que las aulas que están por debajo del promedio son 2do grado B, 3er Grado A, 4to Grado A, 4to Grado B, 5to Grado A y 5to Grado B, por encima del promedio son 1er Grado B, 2do Grado, 3er Grado B y 6to Grado A.

	Nivel Secundaria	Accesos Semanales	Accesos Totales
1	1er año A	26	1.024
2	1er año B	25	998
3	2do año A	25	1.005
4	3ro año A	25	988
5	4to año A	25	997
6	5to año A	26	1021
	Promedios	25	1.006

Tabla 3 – Resultados de los indicadores de la variable accesos secundaria

En la tabla 3, se muestra el resultado de los accesos semanales y totales del nivel inicial, los resultados fueron en 1er año A tienen un promedio de 26 accesos semanales, 1er Año B tienen un promedio de 25 accesos semanales, en 2do año A tienen en promedio 25 accesos semanales, 3er Año A tienen 25 accesos semanales, 4to año A tienen 25 accesos semanales, 5to año A tienen 26 accesos semanales, en resumen, el nivel secundario tiene un promedio de 25 accesos semanales, los accesos totales muestran 1er Año A, 2do Año A y 5to Año A están por encima del promedio, 1er Año B, 3ro Año A y 5to año A.

El segundo objetivo específico buscó identificar los trabajos subidos por parte de los docentes del colegio Abraham Lincoln de Trujillo en el año 2023.

	Nivel Inicial	Trabajos Subidos Semanal	Trabajos Subidos Totales
1	3 años	4	179
2	4 años	5	180
3	5 años	5	180
	Promedios	4	180

Tabla 4 – Resultados de los indicadores de la variable proceso administrativo nivel inicial

En la tabla 4, se muestran el resultado de los accesos semanales y totales del nivel inicial, los resultados fueron que en 3 años tienen un promedio de 4 trabajos subidos semanales, 4 años tiene 5 trabajos subidos semanales y 5 años tiene en promedio 5 trabajo subido semanales, dando como promedio general, 2 trabajos subidos semanales en el nivel inicial, los accesos totales muestran que 4 y 5 años están dentro del promedio, 3 años está fuera del promedio.

	Nivel Primaria	Trabajos Subidos Semanal	Trabajos Subidos Totales
1	1er Grado A	2	83
2	1er Grado B	2	72
3	2do Grado A	2	69
4	2do Grado B	2	97
5	3er Grado A	2	77
6	3er Grado B	2	80
7	4to Grado A	2	87
8	4to Grado B	2	78
9	5to Grado A	2	90
10	5to Grado B	2	81
11	6to Grado A	2	87
	Promedios	2	82

Tabla 5 – Resultados de los indicadores de la variable proceso administrativo nivel primaria

En la tabla 5, se muestra el resultado de los accesos semanales y totales del nivel inicial, los resultados fueron en 1er Grado A tienen un promedio de 02 trabajos subidos semanales, 1er Grado B tienen un promedio de 02 trabajos subidos semanales, en 2do Grado A tienen en promedio 02 trabajos subidos semanales, en 2do Grado B tienen 02 trabajos subidos semanales, 3er Grado A tienen 02 trabajos subidos semanales, en 3er Grado B tienen 02 trabajos subidos semanales, 4to Grado A tienen 02 trabajos subidos semanales, en 4to Grado B tienen 02 trabajos subidos semanales, 5to Grado A tienen 02 trabajos subidos semanales, en 5to Grado B tienen 02 trabajos subidos semanales y en 6to Grado A 02 trabajos subidos semanales, como promedio general, el nivel primario tiene 02 trabajos subidos semanalmente, están dentro del promedio 1er Grado A, 2do Grado B, 4to Grado A, 5to Grado A y 6to Grado A, 1er Grado B, 2do Grado A, 3er Grado A, 3er Grado B, 4to Grado B y 5to Grado B están dentro del promedio.

	Nivel Secundaria	Trabajos Subidos Semanal	Trabajos Subidos Totales
1	1er año A	2	79
2	1er año B	2	97
3	2do año A	2	83
4	3ro año A	3	100
5	4to año A	3	100
6	5to año A	2	73
	Promedios	2	89

Tabla 6 – Resultados de los indicadores de la variable proceso administrativo nivel secundaria

En la tabla 6, se muestra el resultado de los accesos semanales y totales del nivel inicial, los resultados fueron en 1er año A tienen un promedio de 2 trabajos subidos semanales, 1er Año B tienen un promedio de 2 trabajos subidos semanales, en 2do año A tienen en promedio 2 trabajos subidos semanales, 3er Año A tienen 3 trabajos subidos semanales, 4to año A tienen 3 trabajos subidos semanales, 5to año A tienen 2 trabajos subidos semanales, en resumen, el nivel secundario tiene un promedio de 04 trabajos subidos semanales, los grados que están por encima del promedio son 1er año B, 3er año A y 4to año A, 1er año A, 2do año A y 5to año están por debajo del promedio.

5.2. Análisis inferencial

Este análisis se dividió en 2 partes: la prueba de normalidad y la prueba de hipótesis. Para la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Kolmogórov-Smimov y se llegó a plantear 2 hipótesis; H0: Los datos se distribuyen de manera normal ($p < 0.05$) y H1: Los datos no se distribuyen de manera normal ($p \geq 0.05$), además, existió 2 criterios de decisión: 1) Si $p < 0.05$, se rechazaba la hipótesis nula (H0) y se aceptaba la hipótesis alterna (H1) y 2) Si $p \geq 0.05$, se aceptaba la hipótesis nula (H1) y se rechazaba la hipótesis alterna (H0).

N°	Prueba	Coeficiente	gl	p-valor
1	Rho de Spearman	0.042	118	0.645
Nota. * p < .05 (significativo), ** p < .01(muy significativo), *** p < .001(altamente significativo)				

Tabla 7 – Relación entre las variables acceso inicial y trabajos subidos inicial

La tabla 7, muestra que, para el indicador de accesos del nivel inicial y los trabajos subidos, la prueba de significación fue de 0.645, lo cual es mayor a 0.05, quiere decir, que no tiene relación, por lo que el número de accesos al sistema de gestión educativa, no tiene relación significativa contra los trabajos subidos. En tanto, para la prueba de hipótesis, se utilizó la prueba estadística no paramétrica de Spearman.

N°	Prueba	Coeficiente	gl	p-valor
1	Rho de Spearman	0.341***	598	< .001
Nota. * p < .05 (significativo), ** p < .01(muy significativo), *** p < .001(altamente significativo)				

Tabla 8 – Relación entre las variables acceso primaria y trabajos subidos primaria

La tabla 8, muestra que, para el indicador de accesos del nivel inicial y los trabajos subidos, la prueba de significación fue de 0.000, lo cual es menor a 0.05, quiere decir, que tiene relación, por lo que el número de accesos al sistema de gestión educativa, si tiene relación significativa contra los trabajos subidos, ello muestra el uso adecuado por medio del nivel primario.

N°	Prueba	Coeficiente	gl	p-valor
1	Rho de Spearman	0.212	238	< .001
Nota. * p < .05 (significativo), ** p < .01(muy significativo), *** p < .001(altamente significativo)				

Tabla 9 – Relación entre las variables acceso secundaria y trabajos subidos secundaria

La tabla 8, muestra que, para el indicador de accesos del nivel inicial y los trabajos subidos, la prueba de significación fue de 0.000, lo cual es menor a 0.05, quiere decir, que tiene relación, por lo que el número de accesos al sistema de gestión educativa, si tiene relación significativa contra los trabajos subidos, ello muestra el uso adecuado por medio del nivel primario.

El objetivo general buscó determinar la relación que existe entre el uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL y el proceso administrativo, por ello se diseñaron 2 hipótesis: H0: No existe relación entre el sistema virtual educativo CUBICOL y el proceso administrativo ($p < 0.05$) y H1: sí existe relación entre el sistema virtual educativo CUBICOL y el proceso administrativo ($p \geq 0.05$), además, existió 2 criterios de decisión: 1) Si $p < 0.05$, se rechazaba la hipótesis nula (H0) y se aceptaba la hipótesis alterna (H1) y 2) Si $p \geq 0.05$, se aceptaba la hipótesis nula (H1) y se rechazaba la hipótesis alterna (H0).

6. Discusión

Teniendo en cuenta al objetivo general, que buscó determinar la relación entre el uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL y el proceso administrativo del colegio Abraham Lincoln de Trujillo en el año 2023, se recolectaron datos otorgados por dicha institución para el procedimiento de los resultados, luego de ello, se empleó como prueba estadística Spearman, en la cual, arrojó que sí existió una correlación en el nivel primario y secundario con el sistema virtual de gestión educativa CUBICOL y el proceso administrativo del colegio Abraham Lincoln, con un valor de 0.000.

El primer objetivo específico buscó identificar el grado del uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL, para ello, Quispe y Lourdes (2018) propusieron que dicho uso, se base organizacionalmente, dado que el acceso lo tienen los padres, alumnos y personal educativo; en este caso, se usó los accesos de los alumnos los cuales fueron en el nivel inicial, el promedio de accesos por aula fueron 3 accesos semanales, teniendo así los tres grados, el mismo promedio de accesos. En primaria, el promedio de accesos semanales fue 9 accesos, aquellos salones que estuvieron por encima del promedio fueron 1er Grado A, 3er Grado B, 4to Grado B, 5to Grado B y 6to Grado A, finalmente, en secundaria, el promedio de accesos por aula fue de 25 accesos semanales, las aulas de 1er Año A y 5to Año A, estuvieron por encima del promedio.

El segundo objetivo específico, buscó identificar la eficacia del proceso administrativo, se tuvo en cuenta a González Sánchez (2023) mencionando en el parámetro de la planificación, los perímetros más usados son para la subida del material educativo, con ello, los valores obtenidos por medio de los trabajos subidos para los 3 niveles fueron: en inicial, el promedio de trabajos subidos fue 5 por semana, el aula que estuvo por debajo de dicho promedio fue 3 años; en primaria el promedio de trabajos subidos fue de 2 semanal, todos los salones del nivel primario, cumplieron con el promedio. Por último, en secundaria el promedio de trabajos subidos fue 2 semanalmente, las aulas de 3er Año A y 4to Año A, estuvieron por encima del promedio.

El tercer objetivo específico de la investigación, buscó determinar la relación que existió entre los indicadores del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL e indicadores del proceso administrativo, por lo cual, se realizó la prueba estadística de tipo no paramétrica Spearman, en ella, se logró obtener que si existió una correlación entre los indicadores.

En resumen, con la ayuda del programa Jamovi se identificó que ambas variables tuvieron una relación de forma positiva en los niveles primaria y secundaria, por lo cual, la hipótesis planteada en la investigación brindó que si existió relación de manera directa y significativa entre el uso del sistema virtual de gestión educativa CUBICOL y el proceso administrativo del colegio Abraham Lincoln de Trujillo en el año 2023, en general no hubo obstáculos, puesto que la información fue adquirida rápidamente, así mismo la institución mostro total cordialidad y resultado de ello, se dio paso a toda la investigación.

7. Conclusiones

Se determinó que existe relación para el nivel primario y secundario entre las variables uso sistema virtual de gestión educativa CUBICOL y el proceso administrativo del colegio Abraham Lincoln de Trujillo en el año 2023, demostrada por la prueba estadística Spearman, en donde los resultados fueron de 0.000.

Se identificó que la población estudiantil accedía al sistema educativo virtual de forma semanal, teniendo un promedio de 3 accesos semanales en el nivel inicial, 9 en el nivel primario y 25 en el nivel secundario; por lo que en resultado total fueron 385 accesos en el nivel inicial, 4,108 accesos en el nivel primario y 6,033 accesos en el nivel secundario dentro del sistema educativo virtual CUBICOL.

Se identificó el total de trabajos subidos por parte de los docentes del colegio Abraham Lincoln de Trujillo en el año 2023, los valores obtenidos para los 3 niveles fueron: en inicial se obtuvo un total de 539 trabajos subidos, en primaria, el total fue de 901 trabajos subidos y en secundaria el total de accesos fueron 532 trabajo subidos al sistema educativo virtual.

Se identificó la relación que existe entre cada uno de los indicadores del proceso administrativos del colegio Abraham Lincoln de Trujillo en el año 2023, los cuales fueron: accesos del nivel inicial, primario y secundario, así como, los trabajos subidos de cada nivel en la institución, para ello, se realizó la prueba estadística de tipo no paramétrica Spearman, en el cual, se logró obtener que si existió una correlación entre ambas variables.

Referencias

Berretta, G., Pérez, S., & Giuliano, M. (2019). Análisis y comparación de indicadores de uso de una plataforma de e-learning: E-status. *Revista de Investigación del Departamento de Humanidades y Ciencias Sociales*, *15*. https://www.redalyc.org/journal/5819/581961489016/

Castro, M. (2019). Bioestadística aplicada en investigación clínica: Conceptos básicos. *Revista Médica Clínica Las Condes*, *30*(1), 50–65. https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2018.12.002

González Sánchez, M. G. (2023, iunius). *Uso del sistema de información Educa y su aporte en la gestión administrativa y académica a las instituciones educativas venezolanas*. *25*(38), 16.

Huertas, E. (2021). Problemas de salud mental relacionados con la COVID - 19 en el personal de salud y la población general del Perú. *Revista de Neuro-Psiquiatría*, *84*(2), 151–152. https://doi.org/10.20453/rnp.v84i2.4004

Ojeda, P. (2020). *Universo, población y muestra*. 16.

Ortiz, L., Ortiz, L., Coronell, R., Hamburger, K., & Orozco, E. (2019). Incidencia del clima organizacional en la productividad laboral en instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS): Un estudio correlacional. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*, *14*(2), 187–193.

Portillo, K. M., & Cárdenas, E. A. (2008). Proceso Académico-Administrativo de la Revista Científica y Ética del Investigador: Estudio de un caso. *Omnia*, *14*(3), 160–183.

Quispe, A., & Lourdes, Y. (s.d.). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA WEB PARA LA MEJORA DEL PROCESO ADMINISTRATIVO ACADÉMICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA "WARI- VILCA"- HUAYUCACHI, 2018*.

Retegui, L. M. (2020). La observación participante en una redacción. Un caso de estudio. *La Trama de la Comunicación*, *24*(2), 103–119.

Rico, M. C. V., & Aguayo, J. M. B. (2022). Percepción del entorno y del comportamiento ambiental en la pandemia por COVID-19. *Psicumex*, *12*, 1–29. https://doi.org/10.36793/psicumex.v12i1.438

Rodrigues, N. (2021). *Los 5 indicadores de procesos más relevantes para las empresas*. https://blog.hubspot.es/sales/que-son-indicadores-de-procesos

Sedano Chiroque, F. L., Rojas Miliano, C., & Vela Ruiz, J. M. (2020). COVID-19 desde la perspectiva de la prevención primaria. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, *20*(3), 494–501. https://doi.org/10.25176/rfmh.v20i3.3031

Verástegui, M., Úbeda, J., & Manso, J. (2022). Una revisión sobre programas de observación de la práctica educativa. *Cuadernos de Investigación Educativa*, *13*(2), 22–42.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/03/2024
Aceitação/Acceptance: 20/06/2024

Aplicación Web Y Móvil para Mejorar la Gestión Académica: Un Estudio de Caso

Manuel A. Diaz-Sabogal[1], Segundo E. Cieza-Mostacero[1]

hcorreas@ucvvirtual.edu.pe; javillaf@ucvvirtual.edu.pe; scieza@ucv.edu.pe

[1] Grupo de Investigación Tendencia e Innovación en Ingeniería de Sistemas-Trujillo, Universidad César Vallejo, Trujillo, La Libertad 13001, Perú.

Pages: 44-57

Resumen: Esta investigación busca mejorar la gestión académica mediante una aplicación web y móvil, los objetivos: reducir el tiempo en el registro de matrículas, control de asistencias y registro de notas. Con un diseño experimental puro y 30 registros en cada grupo, se utiliza una ficha de registro como instrumento. Los resultados muestran una reducción del 20% en el tiempo de registro de matrículas, 88% en el control de asistencias, y 75% en el registro de notas gracias a la implementación de la aplicación, estos hallazgos indican mejoras sustanciales en la gestión académica.

Palabras-clave: Aplicación web; Gestión Académica; Educativa; Registro de Matricula; Alumnos.

Web and Mobile Application to Improve Academic Management: A Case Study

Abstract: This research aimed to enhance academic management through a web and mobile application, targeting three key objectives: reducing time in enrollment registration, attendance control, and recording of grades. Utilizing a pure experimental design with 30 registrations in each group, the study employed a registration form as the data collection instrument. The results were notable: enrollment registration time was reduced by 20%, attendance control by 88%, and grade recording by 75%. These findings indicate significant improvements in academic management efficiency due to the application's implementation.

Keywords: Web application; Academic Management; Educational; Enrollment Registration; Students.

1. Introducción

Cuando se aborda la noción de gestión en un sentido amplio, se refiere a una serie de tareas cruciales que deben llevarse a cabo en una empresa o compañía para anticiparse eficientemente a los objetivos establecidos o metas a seguir, la gestión se asocia con el ámbito corporativo y sus diversas ramificaciones, destacando su importancia fundamental

para alcanzar los objetivos propuestos, para alcanzarlo es esencial implementar diversas acciones con el objetivo de optimizar el tiempo empleado, garantizando al mismo tiempo la calidad de los resultados, no obstante, el término "gestión" no se limita exclusivamente a sociedades, planes o capitales mercantiles, también abarca la organización de recursos a nivel individual, como el caso de una persona que planifica y administra su tiempo para cumplir con sus responsabilidades de manera eficaz (Westreicher, 2020).

Debido a esto, la gestión es de vital importancia para el funcionamiento de las instituciones educativas, orientando las acciones hacia el apoyo en diversos logros establecidos para los estudiantes, su enfoque se centra en facilitar el seguimiento y la culminación de metas académicas, promoviendo un aprendizaje integral y el desarrollo de competencias se establece como el objetivo principal, extendiéndose más allá del ámbito escolar para influir en el crecimiento personal del estudiante, su interacción en el entorno social y su desempeño en el ámbito laboral junto a profesionales, es crucial destacar que al hablar de gestión académica o educativa, es imperativo considerar tanto el entorno de los estudiantes como la contribución esencial de los docentes, quienes desempeñan un papel fundamental en este proceso (Herrera, 2020).

Además, la gestión académica engloba la administración de la docencia, la investigación, la vinculación con la sociedad y todos los aspectos relacionados con las condiciones institucionales, este componente resulta fundamental para garantizar la calidad en el desempeño y la mejora continua de cualquier institución educativa, su enfoque se orienta hacia la transformación de la educación, incidiendo directamente en la formación tanto de estudiantes como de docentes y la necesidad de los trabajadores de la institución señala claramente los problemas prioritarios a abordar, que incluyen: el personal del departamento de matrículas señala la falta de un control eficiente para gestionar las matrículas, que se lleva a cabo de manera manual, generando pérdida de información y resultando en datos no precisos, las personas encargadas de procesar las calificaciones indican que no existe un proceso definido para el llenado de notas, realizando las mismas en un Excel, debido a que no cuentan con un control que se encargue de dichos procesos, ocasionado pérdida de tiempo cuando se tiene que verificar las evaluaciones de los alumnos o solicitar notas de los desaprobados, generando una deficiencia en el control de las notas y pérdida de tiempo en los procesos inmersos en las calificaciones (Loyaga, 2022).

2. Trabajos relacionados

La investigación elaborada por Pilay (2021) titulada "Implementación de un sistema web para fortalecer la gestión académica del colegio fiscal mixto. Dr. Carlos Monteverde Romero", el objetivo general es desarrollar un sistema web mediante un diseño de investigación que cuenta con métodos tanto cualitativos como cuantitativos, de acuerdo a los datos de la encuesta, la población será mixta entre el equipo administrativo y profesores de la institución educativa (I.E) que será un total de 15 docentes y 5 personas encargadas de administrar lo relacionado a la gestión académica, como resultados se pudo reducir el tiempo que se utilizaba para registrar las notas de los alumnos en un 25% en comparación con el sistema manual que antes usaban, también se alcanzó reducir el tiempo en controlar las asistencias de los docentes en un 38% debido a que los datos de los docentes ya están en el conjunto de datos, sin necesidad de que se inscriban

manualmente todos los días su entrada y salida de la I.E, por lo cual se concluye que el sistema web logró fortalecer la gestión académica en dicha institución educativa, al cumplir con todos los requisitos solicitados, dado un resultado satisfactorio.

Además, Apolaya (2018) en su estudio titulada "Aplicación web para la mejora de la gestión académica del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Chincha", tiene como propósito el evaluar el impacto de la aplicación web en el mejoramiento de la gestión académica, por lo cual se desarrolló con un enfoque exploratorio – descriptivo; para la población se tuvo en cuenta los docentes y personal administrativo que son 33 personas, las que han sido empleadas como técnica e instrumentos de recopilación de datos las encuestas con su respectivo cuestionario, las entrevistas y la observación, como resultado de la implementación se pudo reducir el tiempo en un 68% en los reportes de asistencia de los estudiantes, también se consiguió disminuir el tiempo en el registro de notas de los estudiantes en un 48% lo cual se logró gracias a que cada docente sube sus calificaciones al aplicativo web en donde se puede obtener reportes con información verificada de cada alumno.

Según el autor Conde (2017) en su investigación titulada "Aplicación web para la gestión académica del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Churcampa, Región Huancavelica", tiene como propósito el desarrollar una aplicación web para la gestión académica mediante el diseño de investigación no experimental, que cuenta con un total de 16 docentes y 04 personal administrativo los mismos que utilizaron como población, en la encuesta se utilizó técnicas de recolección de datos y sus respectivos cuestionarios; la investigación a su vez tuvo como diseño de investigación fue experimental y con enfoque aplicado. Se concluye que mejoró el tiempo necesario para generar informes de calificaciones por estudiantes en donde con el sistema anterior ser realizaba dicha tarea en un promedio de 180 segundos y ahora con el sistema actual que se implementó se realiza dicha tarea en un promedio de 23 segundos.

3. Metodología de Investigación

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Este estudio es de naturaleza aplicada debido a su enfoque que busca abordar problemas prácticos y generar soluciones específicas para situaciones del mundo real. Según Castillo (2022) define que la investigación aplicada se distingue por su orientación particular orientado a solucionar problemas prácticos y específicos que emergen en la sociedad, donde su principal meta consiste en aplicar los conocimientos adquiridos con el propósito de abordar desafíos concretos, contribuyendo así al enriquecimiento del desarrollo científico y cultural.

Asi mismo se utilizó para el Diseño de investigación: Experimental pura, que se caracteriza por su perspectiva riguroso y controlado para evaluar la relación causal entre variables, según Arias et al. (2016) definieron que este método de diseño destaca por su propósito de mantener un control minucioso sobre las variables que podrían incidir en el progreso, de este modo posibilita el fortalecimiento de la credibilidad y la mejora de la investigación, tal como se evidenciada en la figura 1, donde RGe se asigna al Grupo Experimental y RGc al Grupo de Control.

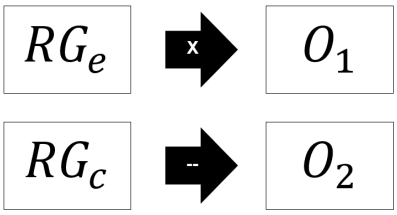


Figura 1 – Diseño de investigación

3.3. Población y muestra

Este estudio utilizó como universo a todos los procesos gestión académica en las instituciones académicas del Perú, según López (2020) mencionó que la población se refiere al conjunto de personas, elementos, objetos y entre otros, que constituye el universo de estudio, destacando la importancia de comprender y delimitar el alcance de la población, debido a que influye en la autenticidad y aplicabilidad general de los resultados adquiridos durante el estudio.

Al ser una cantidad infinita de procesos, se seleccionó el proceso de gestión académica específicamente de una institución educativa, de acuerdo al tamaño de la muestra que es n = 30 son los registros de matrícula.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Este estudio empleó la técnica de observación directa, utilizando la ficha de observación como instrumento para recopilar datos correspondientes a cada indicador de esta investigación los cuales son: Tiempo en el registro de matrículas, Tiempo en el control de asistencias de los alumnos y el Tiempo en el registro de las notas de los alumnos, de acuerdo a la Tabla 1.

Según Ortega y Rodriguez (2021) definieron que la observación directa constituye un método de recopilación de datos utilizada en el estudio y en la información, lo cual se refiere al acto de observar y registrar eventos, comportamientos, fenómenos o cualquier otra información relevante directamente, sin la intervención de instrumentos u otros medios de medición indirecta.

#	Indicador	Unidad de Medida	Instrumento
1	Tiempo en el Registro de Matrículas	Segundos	Observación directa
2	Tiempo en el control de asistencias de los alumnos	Segundos	Observación directa
3	Tiempo en el registro de las notas de los alumnos	Segundos	Observación directa

Tabla 1 – Operacionalización de la variable dependiente

4. Metodologia de desarrollo de software

Se llevaron a cabo las cuatro etapas de la metodología XP durante la creación de la aplicación web y móvil para mejorar la Gestión Académica.

4.1. Planificación

4.1.1. Historias de Usuario

De acuerdo a la Historia de Usuario Nº1 describe una función desde la perspectiva del usuario final, utilizado para comunicar los requisitos de acuerdo al indicador Tiempo en el Registro de Matrículas, de acuerdo a la Tabla 2.

HISTORIA DE USUARIO	
Número: 1	Usuario: Administrador
Nombre de Historia: Tiempo en el Registro de Matrículas	
Prioridad en Negocio: ALTA	Riesgo en Desarrollo: ALTA
Puntos Estimados: 4	Iteración Asignada: 1
Programador Responsable: Manuel Diaz Sabogal	
Descripción: El sistema debe reducir significativamente el tiempo dedicado al registro de matrículas, para mejorar læficiencia del proceso, minimizar la pérdida de información y garantizar la precisión de los datos.	
Observaciones: El sistema permitirá un ingreso rápido y preciso de la información de matrículas, con una funcionalidad automatizada que agilice el registro, eliminando la necesidad de entrada manual.	

Tabla 2 – Historia de usuario de acuerdo al Tiempo en el Registro de Matrículas

De acuerdo a la Historia de Usuario Nº2 detalla una característica desde la perspectiva del usuario, utilizado para comunicar los requisitos de acuerdo al indicador Tiempo en el control de asistencias de los alumnos, de acuerdo a la Tabla 3.

HISTORIA DE USUARIO	
Número: 2	Usuario: Administrador
Nombre de Historia: Tiempo en el control de asistencias de los alumnos	
Prioridad en Negocio: ALTA	Riesgo en Desarrollo: ALTA
Puntos Estimados: 4	Iteración Asignada: 1
Programador Responsable: Manuel Diaz Sabogal	
Descripción: El sistema debe optimizar el tiempo dedicado al control de asistencias de los alumnos para poder mejorar la eficacia del proceso, minimizar la pérdida de tiempo y facilitar la verificación de las asistencias de los alumnos.	
Observaciones: El sistema proporcionará un registro en tiempo real de las asistencias, facilitando la verificación instantánea.	

Tabla 3 – Historia de usuario de acuerdo al Tiempo en el control de asistencias de los alumnos

4.2. Diseño

4.2.1. Tarjetas CRC

Según la Tarjeta CRC de acuerdo al indicador Tiempo en el Registro de Matrículas, es esencial considerar los requisitos específicos del sistema y su interfaz para asegurar un registro eficiente y preciso de las matrículas, como se ve en la Tabla 4.

Tiempo en el Registro de Matrículas	
Seguridad y Autenticación Registro en Tiempo Real Gestión de Documentos Reportes y Estadísticas	Interfaz del Tiempo en el Registro de Matrículas Base de datos

Tabla 4 – Tarjeta CRC "Tiempo en el Registro de Matrículas"

De acuerdo a la Tarjeta CRC de acuerdo al indicador Tiempo en el control de asistencias de los alumnos, se determinaron los requisitos del sistema junto con su interfaz correspondiente para garantizar la eficiencia y precisión en el registro de asistencias, como se visualiza en la Tabla 5.

Tiempo en el control de asistencias de los alumnos	
- Registro de Asistencia - Geolocalización - Acceso a Datos del Alumno	- Interfaz del Tiempo en el control de asistencias de los alumnos - Base de datos

Tabla 5 – Tarjeta CRC "Tiempo en el control de asistencias de los alumnos"

Así mismo la Tarjeta CRC de acuerdo al indicador Tiempo en el registro de las notas de los alumnos, ha determinado especificaciones particulares para los requisitos del sistema y su interfaz correspondiente, con el fin de aumentar la eficiencia en el proceso de registro de calificaciones, de acuerdo a la Tabla 6.

Tiempo en el registro de las notas de los alumnos	
- Registro de Notas - Consulta de Notas - Seguimiento de Desempeño - Generación de Reportes	- Interfaz del Tiempo en el registro de las notas de los alumnos - Base de datos

Tabla 6 – Tarjeta CRC "Tiempo en el registro de las notas de los alumnos"

4.3. Codificación

Según la Figura 2, la función guardar matricula recoge los datos de un formulario, que verifica los campos obligatorios no estén vacíos y, en caso de estarlo, alerta al usuario y solicita corrección, una vez completados todos los campos, pide confirmación al usuario para proceder. Si se confirma, la función envía los datos al servidor mediante una

petición POST. Finalmente, muestra una respuesta en la pantalla del usuario basada en la respuesta del servidor, indicando si la matrícula se guardó con éxito o si hubo algún error.

```
function guardarmatricula() {
    var codigopersona = $("#codigopersona").val();
    var txtfecha = $("#txtfecha").val();
    var cboestado = $("#cboestado").val();
    var cboperiodo = $("#cboperiodo").val();
    var cbocondicion = $("#cbocondicion").val();
    var idalumno = $("#idalumno").val();
    var idhorario = $("#idhorario").val();
    var observacion = $("#observacion").val();
    if (cboestado.length == '0') {
        alert('Seleccionar Estado');
        $("#cboestado").focus();
    } else {
        if (cboperiodo.length == '0') {
            alert('Seleccionar Periodo');
            $("#cboperiodo").focus();
        } else {
            if (cbocondicion.length == '0') {
                alert('Seleccionar Condición');
                $("#cbocondicion").focus();
            } else {
                if (confirm("¿GUARDAR MATRICULA?")) {

                    document.getElementById("mensajefrm").innerHTML = "<span class='loading' ></span> Datos Guardados Correctamente...";
                    $.post("../modelo/guardar/guardarmatricula.php", {
                        codigopersona: codigopersona,
                        txtfecha: txtfecha,
                        cboperiodo: cboperiodo,
                        cbocondicion: cbocondicion,
                        idalumno: idalumno,
                        idhorario: idhorario,
                        observacion: observacion,
                        cboestado: cboestado
                    },
                        function (data) {
                            $("#mensajefrm").html(data);
                        });
                } else {
```

Figura 2 – Código de Guardar Matricula

De acuerdo a la Figura 3, realiza una serie de acciones relacionadas con el proceso de matrículas. Primero, verifica si el usuario ha iniciado sesión y, en caso contrario, redirige a la página de inicio de sesión, luego, recoge los datos de matrícula enviados desde un formulario. Después, realiza una consulta en la base de datos. (BD) para comprobar si ya existe una matrícula con los mismos parámetros de estudiante, período y horario. Si no hay una entrada existente, inserta los nuevos datos de matrícula en la BD. Finalmente,

ejecuta un script para actualizar un campo en la página web con el valor obtenido de una consulta SQL, y si la matrícula ya estaba registrada, muestra un mensaje indicándolo.

```php
<?php
include_once('../../conexion/conexion.php');
session_start();
$cn = conectarse();
if (empty($_SESSION['vusuariof'])) {
    header('location: ../login.php');
} else {
    $codigopersona = strtoupper($_POST['codigopersona']);
    $txtfecha = strtoupper($_POST['txtfecha']);
    $cboperiodo = strtoupper($_POST['cboperiodo']);
    $cbocondicion = strtoupper($_POST['cbocondicion']);
    $idalumno = strtoupper($_POST['idalumno']);
    $idhorario= strtoupper($_POST['idhorario']);
    $observacion = strtoupper($_POST['observacion']);
    $cboestado = strtoupper($_POST['cboestado']);
      $rsdatos = "select count(*) total FROM matricula where idestudiante = '$idalumno'
            and idperiodoacademico like '%$cboperiodo%' and idhorario = '$idhorario'";
    $datos = mysql_query($rsdatos);
    $rsdatos = mysql_fetch_array($datos);
    $total = $rsdatos['total'];
    if ($total == '0') {
        $rsinsertar = "INSERT INTO matricula (fechamatricula,condicionmatricula,estadomatricula,
           idestudiante,observacion,idperiodoacademico,idpersona,idhorario) VALUES
      ('$txtfecha','$cbocondicion','$cboestado','$idalumno','$observacion','$cboperiodo',
          '$codigopersona','$idhorario')";
        $insertar = mysql_query($rsinsertar);
        $rscantidad = "select count(*)+1 as total from matricula";
        $cantidad = mysql_query($rscantidad);
        $rscantidad = mysql_fetch_array($cantidad);
        $Cogg = $rscantidad["total"];
        ?>
        <script type="text/javascript">
            document.getElementById("txtcodigo").value = "<?php echo $Cogg ?>";
            limpiarmatricula();
        </script>
        <?php
    } else {
        echo "La Matricula Ya fue Registrada";
        ?>
```

Figura 3 – Código del Registro de Matrícula

4.4. Pantallas del sistema

Se mostró el proceso del registro de horarios en el cual se realizó en software libre (PHP y MySQL), el cual ayudó a reducir en el registro de horarios (Figura 4).

De acuerdo a la Figura 4 se diseñó la interfaz para registrar horarios de clases, el cual se encarga de facilitar la creación y manejo de horarios académicos, donde el administrador se encarga de ingresar un código para buscar cursos y asignarlos a un horario específico, eligiendo detalles como el turno, el ambiente y la sección. También hay funcionalidades para asociar docentes a los cursos seleccionados y botones que permiten agregar nuevos

cursos o eliminarlos del horario, una vez que los horarios están organizados, pueden ser guardados en el sistema.

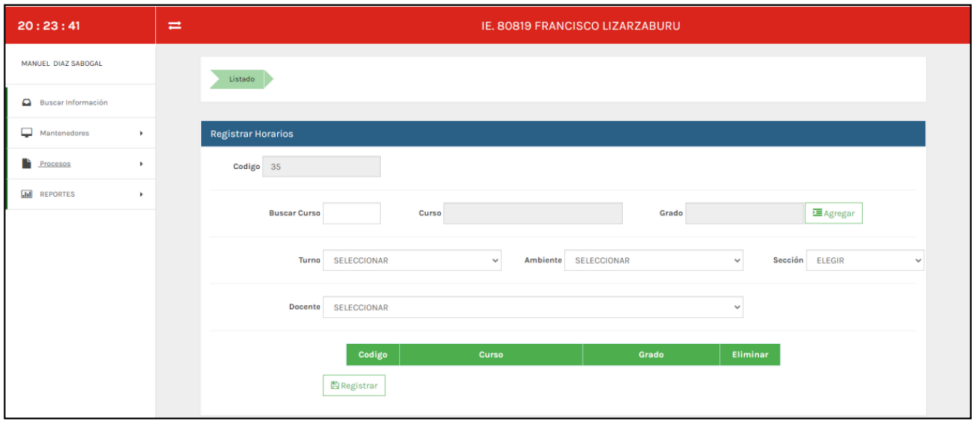


Figura 4 – Registro de horarios

Por ende, el proceso de registro de matrículas, posibilita una gestión integrada y automatizada, permitiendo ingresar y almacenar información relativa a cursos, docentes y aulas de una manera estructurada y accesible, como en la Figura 5.

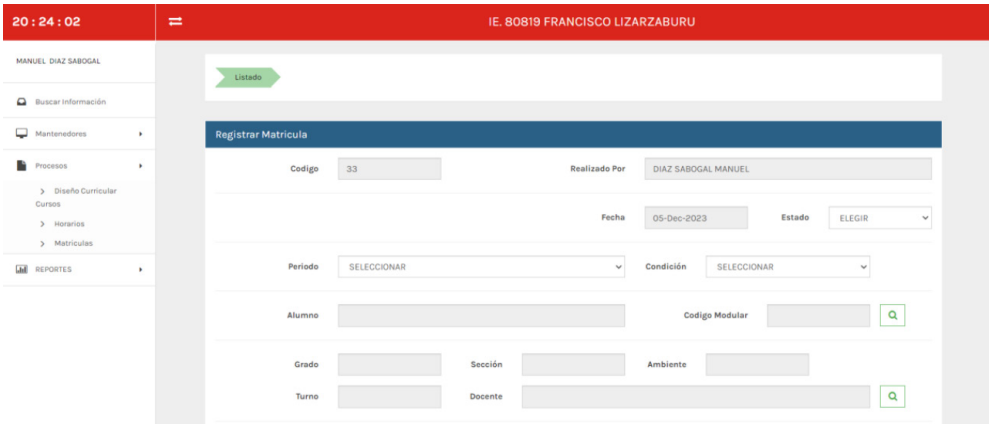


Figura 5 – Registrar matricula

De acuerdo a la Figura 5 se diseñó la interfaz para registrar matriculas, que se encarga de registrar a los estudiantes ingresando un código de identificación y completando la información requerida, como el nombre del alumno, la fecha de matrícula, el estado de la matrícula y otros detalles académicos como el período, la condición (posiblemente indicando si es regular, repetidor), el grado, la sección y el ambiente. Además, se puede

buscar el "Código Modular", que podría estar relacionado con la identificación del curso o del plan de estudios, una vez que toda la información necesaria es ingresada, se presume que el registro puede ser guardado y procesado dentro del sistema.

5. Resultados

Se consideró un análisis descriptivo e inferencial para cada indicador, con el propósito de determinar si se rechaza o se acepta la hipótesis correspondiente a cada uno de ellos, de acuerdo a ambos grupos: Grupo de Control (GC) y el Grupo Experimental (GE) que fueron objeto de un procedimiento de muestreo con el fin de evaluar los indicadores vinculados a la gestión académica Para acceder a la información adicional sobre los valores obtenidos en ambos grupos, se invita a ingresar al siguiente enlace: https://osf.io/3xgct, por lo cual estos resultados ofrecen una perspectiva más completa del GC y GE.

5.1. Análisis Descriptivo

En la Tabla 7 se presentan los datos estadísticos para los indicadores cuantitativos de la investigación: Tiempo en el registro de matrículas (TRM).

		Promedio del GC	**Promedio del GE**		
TRM	Promedio	777	163		
	Meta Planteada		180		
	Nº menor al Promedio	16	19	30	
	% Menor al Promedio	53	63	100	

Tabla 7 – Estadísticos descriptivos para el indicador TRM.

Se pudo determinar que el 53% del Tiempo en el registro de matrículas (TRM) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue menor a su media; además, el 63% del Tiempo en el registro de matrículas (TRM) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue menor a la meta establecida; finalmente, se determinó que el 100% del Tiempo en el registro de matrículas (TRM) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue menor a la media de la posprueba del Grupo de control (GC).

En la Tabla 8 se presentan los datos estadísticos para los indicadores cuantitativos de la investigación: Tiempo en el control de asistencias de los alumnos (TCAA).

		Promedio del GC	**Promedio del GE**		
TCAA	Promedio	573	70		
	Meta Planteada		80		
	Nº menor al Promedio		17	26	30
	% Menor al Promedio		57	87	100

Tabla 8 – Estadísticos descriptivos para el indicador TCAA

Se pudo determinar que el 57% del Tiempo en el control de asistencias de los alumnos (TCAA) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue menor a su media; además, el 87% del Tiempo en el control de asistencias de los alumnos (TCAA) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue menor a la meta establecida; finalmente, se determinó que el 100% del Tiempo en el control de asistencias de los alumnos (TCAA) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue menor a la media de la posprueba del Grupo de control (GC).

En la Tabla 9 se exhiben los datos estadísticos para los indicadores cuantitativos de la investigación: Tiempo el registro de las notas de los alumnos (TRNA).

		Promedio del GC	**Promedio del GE**	
TRNA	Promedio	1025	251	
	Meta Planteada		280	
	Nº menor al Promedio	15	21	30
	% Menor al Promedio	50	70	100

Tabla 9 – Estadísticos descriptivos para el indicador TRNA

Se pudo determinar que el 50% del Tiempo el registro de las notas de los alumnos (TRNA) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue menor a su media; además, el 70% del Tiempo el registro de las notas de los alumnos (TRNA) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue menor a la meta establecida; finalmente, se determinó que el 100% del Tiempo promedio en reportar las notificaciones de eventos naturales o antrópicos (TRNA) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue menor a la media de la posprueba del Grupo de control (GC).

5.2. Análisis Inferencial

En la Tabla 10 se exhiben los resultados de la prueba de normalidad correspondientes a todos los indicadores.

Indicador	**Resultado de Prueba de Normalidad para Grupo de Control (GC)**	**Resultado de Prueba de Normalidad para Grupo Experimental (GE)**
TRM	0.104	0.037
TCAA	0.107	0.027
TRNA	0.266	0.034

Tabla 10 – Resultados de Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk de cada indicador

Se puede visualizar que el p valor de la Prueba de Normalidad, en el indicador Tiempo en el registro de matrículas (TRM), para el Grupo de Control (GC) fue 0.104, es decir,

se distribuye normalmente y el p valor de la Prueba de Normalidad para el Grupo Experimental (GE) fue 0.037, es decir, no se distribuyen normalmente.

Se puede visualizar que el p valor de la Prueba de Normalidad, en el indicador Tiempo en el control de asistencias de los alumnos (TCAA), para el Grupo de Control (GC) fue 0.107, es decir, se distribuye normalmente y el p valor de la Prueba de Normalidad para el Grupo Experimental (GE) fue 0.027, es decir, no se distribuyen normalmente.

Se puede visualizar que el p valor de la Prueba de Normalidad, en el indicador Tiempo en el registro de las notas de los alumnos (TRNA), para el Grupo de Control (GC) fue 0.266, es decir, se distribuye normalmente y el p valor de la Prueba de Normalidad para el Grupo Experimental (GE) fue 0.034, es decir, no se distribuyen normalmente.

En la Tabla 11 se presenta los resultados de la contrastación de hipótesis para todos los indicadores.

Indicador	Prueba Estadistica	Resultado de Prueba Estadistica (p)
TRM	U de Mann-Whitney	<0.001
TCAA	U de Mann-Whitney	<0.001
TRNA	U de Mann-Whitney	<0.001

Tabla 11 – Resultados de prueba de contrastación de hipótesis para cada indicador

Por lo tanto, en el indicador tiempo en el registro de matrículas (TRM), el valor de p es <0.001 siendo este menor a 0.05, en consecuencia, los resultados ofrecen suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H0) y respaldar la hipótesis alternativa (Ha).

Por lo tanto, en el indicador tiempo en el control de asistencias de los alumnos (TCAA), el valor de p es <0.001 siendo menor a 0.05, en consecuencia, los resultados ofrecen suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H0) y respaldar la hipótesis alternativa (Ha).

Por lo tanto, en el indicador tiempo en el registro de las notas de los alumnos (TRNA), el valor de p es <0.001 siendo menor a 0.05, en consecuencia, los resultados ofrecen suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H0) y respaldar la hipótesis alternativa (Ha).

6. Discusión

Con respecto al primer indicador, que es tiempo en el registro de matrículas, en el grupo de control se obtuvo un total de 1262 segundos del tiempo en el registro de matrículas, y en el grupo experimental se tiene un total de 199 segundos del tiempo en el registro de matrículas, el cual demostró una reducción de 1063 segundos del tiempo en el registro de matrículas, además con el cálculo de la fórmula, se obtuvo un 100% sobre el tiempo en el registro de matrículas en el grupo de control y un 16% sobre el tiempo en el registro

de matrículas en el grupo experimental, esto probó una reducción del 84% del tiempo en el registro de matrículas tras la implementación.

Con respecto al segundo indicador, que es tiempo en el control de asistencias de los alumnos, en el grupo de control se obtuvo un total de 1049 segundos sobre el tiempo en el control de asistencias de los alumnos, y en el grupo experimental se tiene un total de 458 segundos del tiempo en el control de asistencias de los alumnos, el cual demostró una reducción de 591 segundos del tiempo en el control de asistencias de los alumnos, además con el cálculo de la fórmula, se obtuvo un 100% sobre el tiempo en el control de asistencias de los alumnos en el grupo de control y un 44% sobre el tiempo en el control de asistencias de los alumnos en el grupo experimental, esto probó una reducción del 56% del tiempo en el control de asistencias de los alumnos tras la implementación.

Con respecto al tercer indicador, que es tiempo el registro de las notas de los alumnos, en el grupo de control se obtuvo un total de 981 segundos sobre el tiempo el registro de las notas de los alumnos, y en el grupo experimental se tiene un total de 394 segundos del tiempo el registro de las notas de los alumnos, el cual demostró una reducción de 587 segundos del tiempo el registro de las notas de los alumnos, además con el cálculo de la fórmula, se obtuvo un 100% sobre el tiempo el registro de las notas de los alumnos en el grupo de control y un 40% sobre el tiempo el registro de las notas de los alumnos en el grupo experimental, esto probó una reducción del 60% del tiempo el registro de las notas de los alumnos tras la implementación.

7. Conclusiones

Se concluyó que está presenta una reducción significativa en tiempo en el registro de matrículas, con el cálculo de la fórmula se evidencio un 100% en promedio en el tiempo en el registro de matrículas del GC, mientras que, el GE se obtuvo un 20% tiempo promedio tiempo en el registro de matrículas como se observa existe una diferencia del 80%, demostrando que el valor Sig. asintótico (bilateral) de la prueba u de Mann-Whitney es 0.000 menor que el nivel de significancia con un 95% de confianza, con base en este resultado se puede concluir que se acepta la hipótesis alternativa.

Se concluyó que está presenta una reducción significativa en tiempo en el control de asistencias de los alumnos, con el cálculo de la fórmula se evidencio un 100% en promedio en el tiempo en el control de asistencias de los alumnos del GC, mientras que, el GE se obtuvo un 12% tiempo promedio en el tiempo en el control de asistencias de los alumnos como se observa existe una diferencia del 88%, demostrando que el valor Sig. asintótico (bilateral) de la prueba u de Mann-Whitney es 0.000 menor que el nivel de significancia con un 95% de confianza, con base en este resultado se puede concluir que se acepta la hipótesis alternativa.

Se concluyó que está presenta una reducción significativa en el tiempo el registro de las notas de los alumnos, con el cálculo de la fórmula se evidencio un 100% en promedio en el tiempo el registro de las notas de los alumnos del GC, mientras que, el GE se obtuvo un 25% tiempo promedio en el tiempo el registro de las notas de los alumnos como se observa existe una diferencia del 75%, demostrando que el valor Sig. asintótico

(bilateral) de la prueba u de Mann-Whitney es 0.000 menor que el nivel de significancia con un 95% de confianza, con base en este resultado se puede concluir que se acepta la hipótesis alternativa.

Referencias

Apolaya Ñaupa, l. E. (2018). Aplicación web para la mejora de la gestión académica del instituto de educación superior tecnológico público “chincha”.

Arias Gómez, j., Villasís Keever, m. Á., & Miranda Novales, m. G. (2016). El protocolo de investigación iii: la población de estudio. Revista alergia Néxico, 63(2), 201-206. Https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181

Castillo, s. (2022). Biblioteca: investigación aplicada: definición y propósito de la investigación aplicada. Recuperado 10 de diciembre de 2023, de https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/definicion-proposito-investigacion-aplicada

Conde Jaules, n. (2017). “aplicación web para la gestión académica del instituto de educación superior tecnológico público churcampa, región huancavelica, 2016”. Universidad nacional de san cristóbal de huamanga. Http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/unsch/1753

Gestión Académica. (2018). Calidad san cristobal. Recuperado 9 de diciembre de 2023, de https://beatrizhele.wixsite.com/calidadsancristobal/gestion-academica

Márquez Cervantes, m. (2022, noviembre 16). Lenguajes de programación: qué son y cómo funcionan |. El blog de pixartprinting. Https://www.pixartprinting.es/blog/lenguajes-de-programacion/

Moran Pilay, d. J. (2021). Implementación de un sistema web para fortalecer la gestión académica del colegio fiscal mixto “dr. Carlos monteverde romero”. [bachelorthesis, jipijapa.unesum]. Http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3397

Ortega, f. J., ruiz, & rodriguez, j. M. R. (2021). Argumentación y aprendizaje en el aula de ciencias. Implementación de unidades didacticas en educación basica y secundaria. Editorial universidad de caldas.

Población muestra y muestreo. (2022). Recuperado 9 de diciembre de 2023, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1815-02762004000100012

¿qué significa la gestión académica? – tribuna internacional. (2022, abril 14). Https://www.laclavecuenca.com/2022/04/14/que-significa-la-gestion-academica/

Westreicher, g. (2020). Gestión. Economipedia. Recuperado 9 de diciembre de 2023, de https://economipedia.com/definiciones/gestion.html

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 20/03/2024
Aceitação/Acceptance: 22/06/2024

Aplicación Web Móvil en el Control de Incidencias Delictivas

Biennal M. Espinoza-Marca[1], Segundo E. Cieza-Mostacero[1]

bespinozam@ucvvirtual.edu.pe; scieza@ucv.edu.pe

[1]Grupo de Investigación Tendencia e Innovación en Ingeniería de Sistemas-Trujillo, Universidad César Vallejo, Trujillo, La Libertad, 13001, Perú.

Pages: 58-74

Resumen: La investigación busco mejorar el control de incidencias delictivas en el distrito de Huanchaco mediante el desarrollo de una aplicación web móvil, buscando reducir el tiempo en el registro de incidencias delictivas (TPRI), disminuir el tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas de mayor rango delictivo(TPERZ) y reducir el tiempo promedio de comunicación a las autoridades del orden público (TPC), los resultados demostraron la reducción del 87% en el tiempo de registro de incidencias delictivas posterior a la implementación aplicación web móvil, en el promedio de la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo se demostró una reducción del 92%, y por último el indicador tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público se evidencio un 74% después de implementar la aplicación, concluyendo que hay suficiente evidencia estadística para determinar que si existe un efecto entre la aplicación y el control de incidencias delictivas.

Palabras Claves: Aplicación web; control de incidencias; PHP; MySQL.

Development of Web and Mobile Application to Improve the Control of Crime Incidents

Abstract: The research sought to improve the control of criminal incidents in the district of Huanchaco through the development of a mobile web application, seeking to reduce the time in registering criminal incidents (TPRI), reduce the average time in preparing reports for high-risk areas. criminal range (TPERZ) and reduce the average communication time to law enforcement authorities (TPC), the results demonstrated an 87% reduction in the registration time of criminal incidents after the implementation of the mobile web application, in the average of The preparation of reports from areas with the highest crime rate showed a reduction of 92%, and finally the average time indicator in communication with law enforcement authorities was shown to be 74% after implementing the application, concluding that there is sufficient statistical evidence. to determine if there is an effect between the application and the control of criminal incidents.

***Keywords*:** Web application; incident control; PHP; MySQL.

1. Introducción

La delincuencia en todo el mundo es una amenaza constante para la seguridad y la estabilidad de la sociedad. Estos eventos trascienden las fronteras geográficas y afectan a comunidades en todas las latitudes, causando preocupación global. Además, las causas profundas de la delincuencia varían ampliamente, desde la desigualdad socioeconómica hasta la falta de acceso a la educación. Responder eficazmente a estos incidentes requiere una estrecha cooperación internacional y estrategias intersectoriales que incluyan la prevención, la aplicación de la ley y la recuperación(Rodríguez et al., 2020).

En las últimas décadas, el mundo ha sido testigo de diferentes tasas de criminalidad en diferentes países. Si bien algunos países son conocidos por tener altas tasas de criminalidad, en otros las estadísticas son relativamente bajas. Estas diferencias en las tasas de criminalidad ilustran la diversidad de desafíos que enfrenta el mundo(Gómez-Díaz & Figueroa-Ortiz, 2021) la investigación profundiza en el análisis de estos temas con el objetivo de promover el entendimiento y las soluciones a nivel global.

En América Latina, la justicia penal es un problema persistente que afecta en gran medida la seguridad y la calidad de vida de los habitantes de la región. Durante décadas, estas cuestiones han abarcado una amplia gama de delitos, desde la delincuencia ordinaria (narcotráfico y la violencia relacionada, mientras que la delincuencia callejera y la inseguridad ciudadana) en las ciudades hasta el crimen organizado que permea las esferas política y económica. A pesar de estos desafíos, la región ha realizado importantes esfuerzos para combatir el crimen a través de reformas legales, medidas preventivas y cooperación internacional. La complejidad del crimen en América Latina apunta a la necesidad de un enfoque integral y colaborativo para garantizar la seguridad y el bienestar de los ciudadanos (Norza Cespedes & González Rojas, 2022).

Toda la región enfrenta problemas relacionados con la corrupción, la impunidad y la falta de acceso a oportunidades económicas, factores que influyen en las tasas de criminalidad. Abordar eficazmente estos problemas sigue siendo un desafío constante para los gobiernos y las comunidades de América Latina(Barrios Gómez, 2018).

Perú, lucha contra una serie de problemas relacionados con el nivel de criminalidad. A lo largo de su historia, el país ha experimentado tasas de criminalidad fluctuantes, y en áreas urbanas como Lima se registran altos niveles de delitos como robos y

asaltos. El crimen organizado es una fuente constante de preocupación en el país. Aunque el país ha logrado avances en la estabilidad política y económica en los últimos años, persisten muchos problemas en la lucha contra el crimen, incluidas la corrupción y la impunidad. Para resolver estos problemas y garantizar la seguridad en el país, son necesarios esfuerzos gubernamentales y cooperación con organizaciones internacionales (Lizarzaburu Bolaños, 2019).

El distrito de Huanchaco ubicado en la costa norte del Perú históricamente ha tenido muchos desafíos relacionados con la criminalidad. A pesar de su cautivadora costa y su rico patrimonio cultural que atrae a turistas de todo el mundo. Los delitos comunes, como el robo y el hurto, son un problema constante para la comunidad local, especialmente en las zonas urbanas. Sin embargo, es importante señalar que Huanchaco también ha realizado importantes esfuerzos para mejorar la seguridad y prevenir la delincuencia.

Autoridades locales, policías y organizaciones comunitarias han trabajado juntos para implementar programas de prevención del delito y promover la participación ciudadana en seguridad. Además, el distrito ha utilizado tecnología y vigilancia para mejorar la seguridad en áreas clave(Tejada Ruiz, 2022).

Los incidentes criminales y la tecnología pueden ser de gran ayuda para resolver los problemas de seguridad en el mundo moderno. Las aplicaciones móviles, web y las plataformas en línea permiten a la comunidad informar actividades sospechosas y recibir notificaciones en tiempo real. La inteligencia artificial y el aprendizaje automático se están utilizando para analizar big data y predecir patrones delictivos, lo que ayuda a asignar recursos policiales de manera más efectiva. Sin embargo, es importante considerar cuestiones éticas y de privacidad al utilizar la tecnología para combatir el crimen. Combinar la innovación tecnológica con estrategias de seguridad tradicionales puede ayudar a crear comunidades más seguras y resilientes (Alvarado, 2018).

Por lo tanto, la presente investigación surge por la gran necesidad en la que se vive actualmente referente a la inseguridad ciudadana por lo cual al realizar una entrevista a las personas que viven, visitantes y personal de serenazgo pertenecientes al Distrito de Huanchaco se pudo recabar los siguientes problemas que se tiene que dar solución. Los ciudadanos manifiestan que existe demoran en la atención de su denuncia ya que les preguntan por la dirección exacta y otros datos personales; debido a que es necesario contar con la información adecuada de la denuncia de la incidencia delictiva y no se cuenta con una base de datos de los ciudadanos acorde a lo que se necesita; ocasionando demora en el registro de la incidencia delictiva y los ciudadanos se sienten inseguros.

Integrantes de seguridad ciudadana indican que no existe un sistema adecuado para poder obtener información real sobre las zonas rojas o con mayor rango delictivo; debido a que toda denuncia de los ciudadanos es redactada en hojas en físico por lo cual cuando se necesita la información real se pierde demasiado tiempo en la búsqueda de los datos y sobre todo que la información que se obtiene no sea fiable. Además, existe una demora en comunicar a autoridades del orden público; ocasionando que cuando se comunica la incidencia delictiva ya sea demasiado tarde para que puedan accionar; ocasionando malestar en los ciudadanos, sentimiento de inseguridad.

Con todo lo expuesto se propone la implementación de un aplicativo web y móvil para mejorar el control de incidencias delictivas en el distrito de Huanchaco, para lo cual surge la interrogante ¿De qué manera un aplicativo web y móvil influye en el control de incidencias delictivas en el distrito de Huanchaco? También se procede a mencionar la formulación específica del problema ¿De qué manera un aplicativo web y móvil reduce el tiempo en el registro de incidencias delictivas?, ¿De qué un aplicativo web y móvil disminuye el tiempo en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo?, ¿De qué manera un aplicativo web y móvil reduce el tiempo en comunicación a las autoridades del orden público?

La presente investigación se justifica debido a que en la actualidad es indispensable tener a la tecnología de la mano para lo concerniente con la seguridad ciudadana en donde gracias a la tecnología podemos agilizar las notificaciones, se puede fomentar una colaboración eficaz tanto entre los ciudadanos como con sus autoridades proporcionando información en tiempo real y se pueda identificar patrones criminales. También se

justifica por relevancia social por que cuenta con la capacidad de poder empoderar al distrito brindándoles una herramienta que es eficaz al momento de poder denunciar incidencias delictivas en donde están cooperando con las autoridades aumentando la seguridad y bienestar de todos los pobladores. Se justifica por valor teórico por que se aplica distintos conceptos de la tecnología, se recopila datos y sobre todo análisis que van ayudar en la prevención y combate de la delincuencia.

Entonces el objetivo general de esta investigación es mejorar el control de incidencias delictivas en el distrito de Huanchaco, a través de la implementación de un aplicativo web y móvil. Y se tiene como objetivos específicos: reducir el Tiempo en el registro de incidencias delictivas, disminuir el tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo y reducir el tiempo promedio de comunicación a las autoridades del orden público.

Finalmente, la hipótesis general es que si se usa un aplicativo web y móvil mejora significativamente el control de incidencias delictivas en el distrito de Huanchaco.

2. Antecedentes

Como antecedente se tuvo a (Vallejos Barboza, 2023) determinaron como un aplicativo móvil influye en la gestión de actos delictivos en el AA. HH. Raúl Porras Barrenechea – Carabayllo, considero a 21000 habitantes como población y la muestra seleccionada fue de 60 habitantes, se concluyó que con el aplicativo móvil se mejoró en el registro de actos delictivos en un 49%, se concluye además el aplicativo móvil influenció en la cantidad de actos delictivos sufriendo este una disminución del 46%.

De igual modo la investigación realizada por (Lopez Yauri, 2021) determino la influencia de implementar un aplicativo móvil para la gestión de seguridad ciudadana en los pobladores de la Av. Circunvalación del sector la Pampa del Carmen, se investigó a una población con índices altos de inseguridad ciudadana, se concluye que ahora la comunicación con las autoridades pertinentes mejoro en un 55.68% ya que ahora la comunicación se hace efectiva con todos los datos necesarios como la ubicación que es tomada por el GPS del aplicativo, se mejoró el reporte de incidencias delictivas en un 75.84% por que se tiene en una base de datos de donde se pueden filtrar distintos datos según sea la necesidad.

Otro estudio fue el de (Fernadez Ruben & Fernandez Quispe, 2019) crearon un aplicativo móvil “sisauxilio” para determinar de qué manera el influye en la seguridad ciudadana, se tuvo en cuenta la población de 86 serenazgo que por el uso del aplicativo móvil se pudo mejorar en un 45.85% el tiempo promedio de los reportes de las incidencias delictivas, también mejoro la satisfacción de los pobladores en un 74.14% gracias a que se sienten más seguros a la hora de realzar sus denuncias de actos delictivos, la comunicación con la Policía Nacional del Perú y serenazgo mejoró en un 87.32% por que ahora se tiene toda la información requerida y así puedan acercarse a la intervención más rápido y efectivo.

Ademas (Cruz Neciosup, 2023) desarrollo una aplicación móvil con businnes intelligence cuyo objetivo general es mejorar el proceso para la toma de decisiones en relación a las denuncias de los actos delictivo de la zona a cargo; con una población de 6 personas conformadas por el gerente de seguridad ciudadana, gerente de TI y 4 operadores, se concluye que gracias a la aplicación móvil ahora se puede identificar las zonas rojas del distrito mejorando el tiempo

de identificación en un 85.69% por que se tiene la información detallada, también se pudo mejorar el tiempo de registro de los actos delictivos en un 42.69%.

Finalmente Pachas (2022) desarrollo e implemento una aplicación móvil basada en la metodología ágil Mobile – D, con una población de 440 ocurrencias mensuales promedio con una muestra de 79 incidencias, se concluye que el tiempo en el registro de incidencias delictivas mejoro en un 84.81%, también se logró mejorar la comunicación de la denuncia al personal de serenazgo en un 85.22% y sobre todo se pudo mejorar significativamente el tiempo de respuesta en un 87.29%.

3. Marco Teórico

3.1. Aplicación web

Es una aplicación informática que se ejecuta en un navegador web accesible a través de Internet. Las aplicaciones web no requieren descargas ni instalación. Pueden ejecutarse en dispositivo con un navegador y conexión a Internet, lo que los hace muy accesibles y flexibles. Estas aplicaciones tienen una amplia gama de usos, desde aplicaciones de productividad como procesadores de texto en línea y herramientas de gestión de proyectos hasta aplicaciones de redes sociales, compras en línea y servicios de correo electrónico. Su principal ventaja es la capacidad de ejecutarse en múltiples plataformas y sistemas operativos, lo que facilita la distribución y el acceso a las aplicaciones (Espinosa Hurtado, 2021).

3.2. Aplicación móvil o app móvil

Es un programa diseñado para ejecutarse en dispositivos móviles como teléfonos inteligentes y tabletas. Estas aplicaciones son especialmente populares por su capacidad de brindar a los usuarios una experiencia personalizada y fluida mientras viajan. La aplicación móvil incluye una variedad de funciones, desde redes sociales y juegos hasta aplicaciones de productividad y herramientas de navegación. Su principal ventaja es la capacidad de adaptarse a funciones específicas del dispositivo móvil, como GPS, cámara y pantalla táctil, proporcionando un funcionamiento intuitivo en tiempo real. Se pueden descargar e instalar directamente desde las tiendas de aplicaciones, facilitando su acceso y actualización(Molina Ríos & Honores Tapia, 2021).

3.3. Incidentes criminales

Se refieren a eventos o actividades relacionadas con la actividad criminal como robo, asalto, vandalismo, fraude, violencia y otras actividades ilegales que violan las leyes y reglas establecidas por la sociedad. Estos incidentes pueden variar en gravedad, desde delitos menores como el robo hasta delitos graves como el asesinato. Tienen un impacto negativo en la seguridad, el bienestar de las personas y las comunidades, a menudo requieren la intervención de las fuerzas del orden para prevenir, investigar y resolver incidentes. La prevención del delito es un importante para seguridad pública. Se están utilizando diversas estrategias, programas y tecnologías, como aplicaciones de denuncia de delitos, para abordar este problema y reducir su prevalencia. Investigar y analizar incidentes delictivos es esencial para comprender las tendencias delictivas y desarrollar estrategias eficaces de prevención y respuesta(Osorto, 2022).

3.4. Control del crimen

Se refiere a las medidas y estrategias implementadas para prevenir, gestionar y reducir la actividad criminal en una comunidad o área en particular. Esto incluye vigilancia, recopilación de datos, respuesta efectiva e implementación de políticas para mantener la seguridad pública y proteger a los ciudadanos. La lucha contra el crimen a menudo requiere la cooperación entre las fuerzas del orden, las agencias gubernamentales, las organizaciones comunitarias y la sociedad en general. Se basa en el análisis de datos para identificar patrones delictivos, lo que permite una asignación eficiente de recursos y una respuesta más rápida a las crisis. Las tecnologías modernas, como las aplicaciones web y móviles, están desempeñando un papel cada vez más importante en el apoyo a la denuncia de delitos, la vigilancia en tiempo real y la comunicación con las autoridades.(Arellano Casas, 2022).

3.5. Administradores de base de datos (DBMS)

Son componentes esenciales para administrar y organizar grandes conjuntos de datos en muchas aplicaciones y entornos. Su función principal es crear, mantener y acceder a bases de datos de manera eficiente, permitiendo a los usuarios almacenar, recuperar y administrar información de manera organizada y segura. Un administrador de bases de datos proporciona una interfaz que permite a los desarrolladores y usuarios interactuar con los datos sin tener que preocuparse por detalles complejos de almacenamiento. También garantizan la integridad y coherencia de los datos, lo cual es importante en aplicaciones de misión crítica, como los sistemas de información empresarial y los sistemas de registros médicos. También proporcionan capacidades avanzadas de consulta y análisis de datos, que son importantes para tomar decisiones basadas en datos. Existen diferentes tipos de administradores de bases de datos como SQL (Lenguaje de consulta estructurado) para bases de datos relacionales, NoSQL para bases de datos no relacionales y NewSQL para bases de datos que combinan características de ambos. Estas herramientas desempeñan un papel importante en la era de la información y admiten una amplia gama de aplicaciones: desde sitios web y aplicaciones móviles hasta sistemas de gestión empresarial y análisis de datos(Loayza & Lala, 2023).

3.6. Lenguajes de programación web y movil

Son esenciales para crear aplicaciones y sitios web en un mundo cada vez más digital. En el dominio web se necesitan lenguajes como HTML, CSS y JavaScript; HTML proporciona la estructura de una página web, CSS controla su disposición y diseño y JavaScript proporciona interactividad y funcionalidad dinámica. En el mundo móvil, lenguajes como Java y Kotlin para Android, Swift y Objective-C para iOS son importantes para crear aplicaciones que se ejecutan en dispositivos móviles. La elección del lenguaje de programación adecuado depende de la plataforma y los objetivos del proyecto. Estos lenguajes permiten a los desarrolladores crear experiencias interactivas, ricas y funcionales tanto en navegadores web como en dispositivos móviles, desempeñando un papel clave en la satisfacción del usuario y el éxito de las aplicaciones en la actualidad. Además, la continua evolución de estos lenguajes y la aparición de entornos de desarrollo están facilitando la creación de aplicaciones web y móviles, lo cual es importante en un mundo cada vez más impulsado por la tecnología(Valero Avilés, 2022).

3.7. Método de desarrollo de software web y móvil

Es un enfoque estructurado y organizado para crear aplicaciones web y móviles de forma eficaz y eficiente. Integrar procesos, técnicas y mejores prácticas para asegurar que el proyecto de desarrollo cumpla con las metas, cronogramas y requisitos establecidos. Estos incluyen enfoques ágiles como Scrum y Kanban, que priorizan la flexibilidad y la colaboración, así como enfoques más tradicionales como el modelo en cascada. Los desarrolladores pueden elegir el método más adecuado según el proyecto y las necesidades del cliente. Este método le ayuda a planificar, diseñar, codificar, probar e implementar aplicaciones de forma ordenada, garantizando la calidad y la entrega a tiempo. También fomenta la comunicación continua con las partes interesadas y le permite adaptarse a los requisitos cambiantes a medida que crece su negocio. En última instancia, elegir e implementar la metodología adecuada es fundamental para garantizar el éxito en el desarrollo de software web y móvil y, al mismo tiempo, satisfacer las demandas cambiantes del mercado (Quezada, 2020).

4. Desarrollo de la metodología

La investigación que se manejo es XP (Programación Extrema), se trata de una metodología ágil para el desarrollo de software que pone un fuerte énfasis en la flexibilidad, la capacidad de adaptación rápida a los cambios y una colaboración efectiva entre los integrantes del equipo y está específicamente diseñada para el desarrollo de software, varios de sus principios y prácticas pueden ser extrapolados a otros entornos, como la optimización de la gestión de servicios gráficos.

4.1. Fase de planificación

Es la fase inicial donde se realizó la recopilación de datos e información, la situación actual y la identificación de las historias de usuario. Como ejemplo tenemos en la tabla 1 que describe la historia de usuario para el tiempo promedio en la elaboración de reportes de las zonas con mayor rango delictivo

Historia de usuario	
Número: 1	**Usuario: Agregar**
Nombre Historia: Tiempo Promedio en la Elaboración de Reportes de Zonas con Mayor Rango Delictivo	
Prioridad en Negocio: ALTA	Riesgo en Desarrollo: ALTA
Puntos Estimados: 2	Iteración Asignada: 1
Programador Responsable: Agregar	
Descripción: El sistema debe elaborar informes de las zonas con mayor rango delictivo de manera eficiente, para poder tomar medidas preventivas adecuadas.	
Observaciones: El tiempo promedio para la elaboración de un informe no debe exceder un límite predefinido.	

Tabla 1 – Historias de usuario

4.2. Fase de diseño

En esta fase se realizó la programación, buscando trabajar un código sencillo, con el flujo indispensable para hacer funcionar la historia del usuario y se crearon tarjetas CRC, los datos requeridos sobre las incidencias se muestran en la tabla 2

Clase: incidencia	
Responsabilidad	*Colaboración*
• Registrar incidencia • Buscar incidencia • Listar incidencia	• Tipo de incidencia

Tabla 2 – Tarjeta CRC incidencias

En la figura 1 se observa dos pantallas de la aplicación web, la primera muestra el proceso que controla el acceso individual al sistema con el uso de credenciales dados por

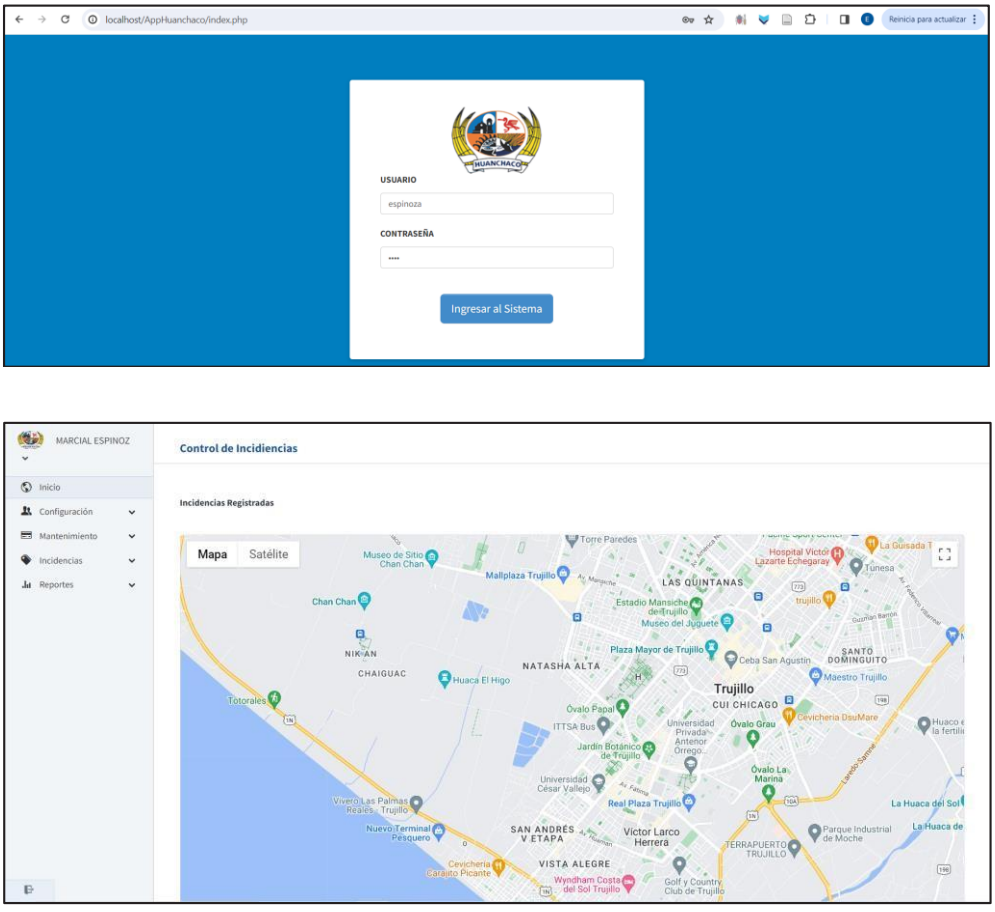


Figura 1 – Pantallas de la aplicación web

el administrador, cuenta con los campos de usuario y contraseña y el botón de ingresar al sistema, en la segunda pantalla se visualiza el menú con las funciones principales y la geolocalización de los usuarios con la que cuenta la aplicación web.

4.3. Fase de codificación

En esta sección, tenemos la funcionalidad de la aplicación, el código fuente, observamos la programación del módulo de registro de incidencias donde captura en ingreso de los diferentes campos requeridos por la aplicación. figura 2

4.4. Fase de pruebas

En esta fase se utilizó la aplicación web para realizar pruebas de funcionalidad, ingresando los datos del nuevo usuario y guardando la información, tenemos la interfaz para Gestionar nueva persona en la figura 3.

```
function incidencia() {
    if (verificarincidencia() == true)
    {
        var txtfecha = $("#txtfecha").val();
        var sin = $("#sin").val();
        var txthora = $("#txthora").val();
        var codigopersona = $("#codigopersona").val();
        var txtalias = $("#txtalias").val();
        var cboti = $("#cboti").val();
        var latlong = $("#latlong").val();
        var txtdescripcion = $("#txtdescripcion").val();
        var idciudadabo = $("#idciudadabo").val();
        document.getElementById("mensajefrm").innerHTML = "<span class='loading' title='Datos Guardados'></span> Datos Guardados...";
        $.post("../Controller/controller_incidencia.php", {
            txtfecha: txtfecha,
            txthora: txthora,
            codigopersona: codigopersona,
            txtalias: txtalias,
            cboti: cboti,
            latlong: latlong,
            txtdescripcion: txtdescripcion,
            sin:sin,
            idciudadabo:idciudadabo
        }, function (data) {
            $("#mensajefrm").html(data)
        });
    }
    else {
        document.getElementById("mensajefrm").innerHTML = "Llenar todos los campos obligatorios";
        setTimeout($.mensajefrm.close, 10);
    }
}
```

Figura 2 – Funciones del registro de incidencias



Figura 3 – Ingresar nuevo personal

5. Metodología

5.1. Variables de operacionalización

Dimensión	Indicador	Índice	Unidad de Medida	Fórmula	*Unidad de observación*
Tiempo	Tiempo en el registro de incidencias delictivas.	[12 – 15]	Minutos	$TPRI = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n}$	*Manual*
	Tiempo promedio de elaboración de los reportes de zonas con mayor rango delictivo.	[15 – 20]		$TPER = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n}$	
	Tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público.	[5 – 8]		$TPCA = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n}$	

Tabla 3 – Operacionalización de la variable dependiente

6. Resultados

N°	Tiempo en el registro de incidencias delictivas		Tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo		Tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público	
	Grupo de control	Grupo experimental	Grupo de control	Grupo experimental	Grupo de control	Grupo experimental
1	817	91	1045	62	137	85
2	892	108	1195	85	57	65
3	814	103	1071	60	117	75
4	853	95	932	72	335	55
5	822	95	925	94	111	84
6	894	114	1146	86	89	52
7	858	91	1162	90	374	49
8	820	137	1166	74	339	67
9	877	93	1118	82	281	84
10	796	155	966	99	338	87
11	807	176	1137	75	46	66
12	867	140	1086	82	301	88
13	831	147	1168	88	67	51
14	870	90	976	107	345	53

N°	Tiempo en el registro de incidencias delictivas		Tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo		Tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público	
	Grupo de control	Grupo experimental	Grupo de control	Grupo experimental	Grupo de control	Grupo experimental
15	864	100	945	108	37	58
16	754	91	1076	82	325	86
17	807	121	1051	71	259	70
18	773	98	1118	107	443	57
19	873	158	1042	117	258	86
20	825	177	967	119	54	77
21	860	92	952	63	60	90
22	842	161	969	92	65	75
23	739	159	1084	82	408	85
24	760	166	980	104	436	48
25	746	120	1119	75	327	71
26	737	148	1175	65	85	82
27	740	114	1023	79	308	88
28	864	167	954	88	301	79
29	893	154	959	112	288	89
30	861	102	1042	63	359	65

Tabla 4 – Resultados de los indicadores

6.1. Análisis descriptivo

	POSTPRUEBA DEL GC (SRIDGC)	POSTPRUEBA DEL GE (SRIDGE)		
Promedio	**829**	**121**		
Meta planteada		**140**		
N mayor al promedio		18	20	30
% mayor al promedio		60	67	100

Tabla 5 – Estadísticos descriptivos para el indicador Tiempo en el registro de incidencias delictivas (SRID)

Con los datos obtenidos en la tabla 5 se determinó que el 60% del tiempo de SRID en la posprueba del GE fueron menores que su promedio, el 67% del tiempo en el registro fueron menores a la meta planteada, finalmente se determinó que el 100% del tiempo en el registro de incidencias del GE fue menor al promedio de la posprueba del GC

	POSTPRUEBA DEL GC (TPRMDGC)	POSTPRUEBA DEL GE (TPRMD)		
Promedio	**1052**		**86**	
Meta planteada			**100**	
N mayor al promedio		16	23	30
% mayor al promedio		53	77	100

Tabla 6 – Estadísticos descriptivos para el indicador Tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público (TPCAOP)

Conforme a la información extraída de la tabla 6 Se pudo determinar que el 53% del TPRMD en la posprueba del GE fueron menores que su promedio, y el 77% del tiempo promedio del GE fueron menores a la meta planteada, finalmente se determinó que el 100% del tiempo en la elaboración de reportes fueron menores al promedio de la posprueba del GC.

	POSTPRUEBA DEL GC (TPCAOPGC)	POSTPRUEBA DEL GE (TPCAOPGE)		
Promedio	**232**		**72**	
Meta planteada			**80**	
N mayor al promedio		14	18	30
% mayor al promedio		47	60	100

Tabla 7 – Estadísticos descriptivos para el indicador Tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público (TPCAOP)

De acuerdo a los datos conseguidos de la tabla 7, Se pudo determinar que el 47% del TPCAOP en la posprueba GE fueron menores que su promedio, además el 60% del Tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público del GE fueron menores a la meta planteada, finalmente, se determinó que el 100% del Tiempo promedio del GE fueron menores al promedio posprueba del GC.

6.2. Análisis inferencial

Se realizó el test de normalidad y la contrastación de la hipótesis con los siguientes criterios de decisión de la posprueba del GC y del GE de los indicadores, tiempo en el registro de incidencias delictivas (SRID), tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo (TPRMD), tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público (TPCAOP); *si $p < 0,05$, entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1); si $p \geq 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_1).*

N°	Indicador	*Grupo Control (GC) p-valor*	*Grupo Experimental (GE) p-valor*
1	*Tiempo en el registro de incidencias delictivas (SRID)*	0.085	<.001
2	*Tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo (TPRMD)*	0.040	0.245
3	*Tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público (TPCAOP)*	0.002	0.008

Tabla 8 – Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk de los Indicadores

A partir de los valores mostrados en la tabla 8 respecto al tiempo en el registro de incidencias delictivas (SRID), se concluyó que los datos del GC se distribuyen normalmente y los datos del GE no se distribuyen normalmente, además el tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo (TPRMD), se concluyó que los datos del GC, no se distribuyen normalmente y los datos del GE, se distribuyen normalmente, por consiguiente al encontrarse que unos grupos no se distribuyen de forma normal, se utilizó la prueba estadística U de Mann-Whitney.

N°	Indicador	p	Hipótesis de investigación
1	*Tiempo en el registro de incidencias delictivas (SRID)*	< .001	H_a: μ1 > μ2
2	*Tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo (TPRMD)*	< .001	H_a: μ1 > μ2
3	*Tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público (TPCAOP)*	< .001	H_a: μ1 > μ2

Tabla 9 – Estadístico de U de Mann-Whitney de los indicadores

Al realizar la prueba de U de Mann-Whitney en el indicador SRID, el valor de p es <.001, por lo que el resultado proporciona suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H0) y aceptar la hipótesis alterna (Ha), se determinó que: El uso de una aplicación web y móvil disminuye el tiempo en el registro de incidencias delictivas de la posprueba del grupo experimental (SRIDGE) con respecto a la muestra de la posprueba del grupo de control (SRIDGC).

Al realizar la prueba U de Mann-Whitney en el indicador TPRMD, el valor de p es <0.001 y este es menor a 0.05, por lo tanto, los resultados proporcionan suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H0) y aceptar la hipótesis alterna (Ha), de este modo se concluyó que: El uso de una aplicación web y móvil disminuye el tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo de la posprueba del grupo experimental (TRPMDGE) con respecto a la muestra de la posprueba del grupo de control (TRPMDGC).

Al realizar la prueba U de Mann-Whitney en el indicador TPCAOP, el valor de p es <0.001 y este es menor a 0.05, por lo tanto, los resultados proporcionan suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H0) y aceptar la hipótesis alterna (Ha), de esta manera se determinó que: El uso de una aplicación web y móvil disminuye el tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público de la posprueba del grupo experimental (TPCAOPGE) con respecto a la muestra de la posprueba del grupo de control (TPCAOPGC).

7. Discusión

Los resultados alcanzados con la implementación de la aplicación web y móvil, consiguió la reducción del tiempo en el registro de incidencias delictivas, además en el tiempo promedio durante la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo y tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público.

En relación al primer indicador, nivel de tiempo en el registro de incidencias delictivas, se obtuvo como resultado 828 segundos antes de la implementación, y posterior a la implementación se obtuvo un promedio de 111 segundos, lo que demuestra una reducción de 717 segundos, así mismo se obtuvo un 100% antes de la implementación y un 13% sobre el tiempo en el registro de incidencias delictivas después de la implementación, probando la reducción del 87% en el tiempo en el registro de incidencias delictivas posterior a la implementación de la aplicación web y móvil; se puede observar que los resultados es similar a la investigación de vallejos en el año 2023, por lo tanto se puede determinar que la implementación de una aplicación mejoró el registro de actos delictivos, logrando una disminución del 46%.

Con respecto al segundo indicador de nivel de tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo, se obtuvo un total de 1048 segundos antes de la implementación, y posterior a la implementación un promedio de 83,5 segundos, demostrando una reducción de 964,5 segundos, además se obtuvo un 100% de tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo antes de la implementación, y un 8% después de ser implementado.

El tercer indicador demostró una reducción del 92% en el tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo posterior a la aplicación web y móvil; los resultados son similares a la investigación realizada por López en el año 2021, se mejoró el reporte de incidencias delictivas en un 75.84% gracias a la implementación la aplicación móvil.

Con respecto al tercer indicador, que es el tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público, se obtuvo 284,5 segundos antes de la implementación, y después de la implementación un promedio de 75 segundos

8. Conclusiones

Se determinó que existe una reducción significativa en el tiempo en el registro de incidencias delictivas después de la implementación de la aplicación web y móvil, donde se evidencia un 100% del tiempo en el registro de incidencias delictivas antes de la

implementación, mientras que, después se obtuvo un 13%, como se observa que existe una diferencia del 87% después de implementar la aplicación web y móvil , demostrando que con la prueba u de Mann Whitney con un valor Sig. Asintótica (bilateral) es 0.000 menor al nivel de significancia y un nivel de confianza del 95%, con este resultado aseveró que se admitió la hipótesis alterna.

Se determinó que existe una reducción significativa en el tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo después de la implementación de la aplicación web y móvil, donde se evidencio un 100% del tiempo promedio en la elaboración de reportes de zonas con mayor rango delictivo antes de la implementación, mientras que, después se obtuvo un 8%, como se observa que existe una diferencia del 92% después de implementar la aplicación web y móvil , demostrando que con la prueba u de Mann Whitney con un valor Sig. Asintótica (bilateral) es 0.000 menor al nivel de significancia y un nivel de confianza del 95%, con este resultado aseveró que se admitió la hipótesis alterna.

Se determinó que existe una reducción significativa en el tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público después de la implementación de la implementación de la aplicación web y móvil, donde se evidencio un 100% del tiempo promedio en comunicación a las autoridades del orden público antes de la implementación, mientras que, después se obtuvo un 26%, como se observa que existe una diferencia del 74% después implementación la aplicación web y móvil , demostrando que con la prueba u de Mann Whitney con un valor Sig. Asintótica (bilateral) es 0.000 menor al nivel de significancia y un nivel de confianza del 95%, con este resultado aseveró que se admitió la hipótesis alterna**.**

Referencias

Alvarado, N. (2018, noviembre 28). Tecnología contra el crimen: Entusiasmo con cautela y criterio. *Seguridad Ciudadana*. https://blogs.iadb.org/seguridad- ciudadana/es/tecnologia-contra-el-crimen-entusiasmo-con-criterio/

Arellano Casas, P. (2022, diciembre 12). *Incidencia delictiva*. https://www.inegi.org.mx/temas/incidencia/

Barrios Gómez, P. (2018). *PREVALENCIAS DELICTIVAS EN LATINOAMERICA*.

seguridadciudadana.org.ar. https://www.seguridadciudadana.org.ar/recursos/articulos/prevalencias- delictivas-en-argentina

Cruz Neciosup, D. J. (2023). *SOLUCIÓN BUSINESS INTELLIGENCE PARA MEJORAR EL PROCESO DE LA TOMA DE DECISIONES EN UNA BASE*

CENTRAL DE SERENAZGO [Tesis, UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO]. https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5802/1/TL_CruzNecios upDiego.pdf

Espinosa Hurtado, R. (2021). Análisis comparativo para la evaluación de frameworks usados en el desarrollo de aplicaciones web. *CEDAMAZ*, *11*(2), Article 2. https://doi.org/10.54753/cedamaz.v11i2.1182

Fernadez Ruben, R., & Fernandez Quispe, Y. (2019). *INFLUENCIA DEL APLICATIVO MÓVIL SISAUXILIO EN LA SEGURIDAD CIUDADANA*

DEL DISTRITO DE HUANCAYO [Tesis, Universidad Nacional de Huancavelica]. https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/44fc6d78- b55c-413e-a859-06b333d0458c/content

Gómez-Díaz, R. V., & Figueroa-Ortiz, C. O. (2021). El impacto de la pandemia por COVID-19 sobre la incidencia delictiva: Evidencia para México y zonas metropolitanas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, *84*, Article 84. https://doi.org/10.33064/iycuaa2021843258

Lizarzaburu Bolaños, E. (2019, abril). *Visión empresarial como nuevo aporte a la teoría beckeriana del crimen en el Perú*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-31082019000100029&script=sci_arttext

Loayza, M. C. L., & Lala, N. E. B. (2023). Comparación de dos gestores de base de datos Oracle 10g Express Edición y DB2 Express-C. *Polo del Conocimiento*, *8*(9), Article 9. https://doi.org/10.23857/pc.v8i9.6000

Lopez Yauri, E. P. (2021). *IMPLEMENTACIÓN DE UN APLICATIVO MÓVIL PARA LA GESTIÓN DE SEGURIDAD CIUDADANA EN LA MERCED -*

CHANCHAMAYO [Tesis, Universidad Peruana de los Andes]. https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/2932/To 37_47760694_T.pdf?seq

Lucio Quezada, M. (2020, octubre 15). *Principales metodologías para el desarrollo de aplicaciones*. https://go.insitech.com.mx/principales-metodologias- para-el-desarrollo-de-aplicaciones/

Molina Ríos, J. R., & Honores Tapia, J. A. (2021). *Estado del arte: Metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles*. https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/28449

Norza Cespedes, E., & González Rojas, A. (2022, junio). *Descripción de la criminalidad femenina en Colombia: Factores de riesgo y motivación criminal* [06/2022]. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794- 31082012000100007&script=sci_arttext

Osorto, H. (2022). Incidencias delictivas y de acción policial en Honduras del 2013 a 2020. *Innovare: Revista de ciencia y tecnología*, *11*(1), Article 1. https://doi.org/10.5377/innovare.v11i1.14073

Pachas Hernández, J. M. (2022). *Aplicación móvil basada en la metodología Mobile-D para mejorar el Control de las Incidencias Delictivas en la Municipalidad Provincial de Chincha* [Tesis, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/91145/Pa chas_HJM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez, A. F. U., Sanabria, A. M., Orcasita, L. T., & Barreto, J. C. (2020).

Conducta antisocial y delictiva en adolescentes y jóvenes colombianos. *Informes Psicológicos*, *16*(2), Article 2. https://doi.org/10.18566/infpsicv16n2a07

Tejada Ruiz, J. L. (2022, agosto). *Propuesta del plan de accion regional de seguridad ciudadana 2023—La Libertad*. https://www.regionlalibertad.gob.pe/servicios-en- linea/descargas/seguridad-ciudadana/16229-plan-de-accion-regional-de-seguridad-ciudadana-del-coresec-la-libertad-2023/file

Valero Avilés, M. V. (2022). *Estudio comparativo de las aplicaciones móviles*

híbridas desarrolladas con el lenguaje de programación JavaScript, y las aplicaciones móviles nativas. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11862

Vallejos Barboza, D. A. (2023). *"APLICACIÓN MÓVIL PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE ACTOS DELICTIVOS EN EL AA. HH. RAÚL PORRAS*

BARRENECHEA-CARABAYLLO, 2021" [Tesis, Universidad Privada del Norte]. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33832/Vallejos%20Barboza%2c%20Daniel%20Antony.pdf?sequence=1&isAllowed=y

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 04/05/2024
Aceitação/Acceptance: 18/07/2024

Influencia de las aplicaciones móviles para impulsar el turismo: Un Estudio de Caso

Abner Bello-Pereda[1], Segundo E. Cieza-Mostacero[1]

abello@ucvvirtual.edu.pe; scieza@ucv.edu.pe

[1] Grupo de Investigación Tendencia e Innovación en Ingeniería de Sistemas-Trujillo, Universidad César Vallejo, Trujillo, La Libertad, 13001, Perú.

Pages: 75-89

Resumen: Esta investigación buscó impulsar la información turística en el distrito de Chao a través de una aplicación móvil. Se empleó una metodología experimental de grado puro con 60 participantes, divididos en Grupo de Control (GC) y Grupo Experimental (GE). El GE utilizó la aplicación móvil, mientras que el GC no tuvo acceso. La recopilación de datos se hizo con cuestionarios y fichas de observación, analizados con Jamovi 2.4.11. Los resultados indican un aumento significativo del 47,2% en la información turística, un 20,8% en la satisfacción de los turistas y una reducción del 42% en el tiempo de exploración de los sitios turísticos.

Palabras-clave: aplicación móvil; información turística; Android Studio.

Influence of mobile applications to boost tourism: A Case Study

Abstract: This research aimed to enhance tourist information in the district of Chao through a mobile application. An experimental pure design methodology was employed with 60 participants, divided into a Control Group (CG) and an Experimental Group (EG). The EG used the mobile application, while the CG did not have access. Data collection was done through questionnaires and observation sheets, analyzed with Jamovi 2.4.11. The results indicate a significant increase of 47.2% in tourist information, a 20.8% improvement in tourist satisfaction, and a 42% reduction in the exploration time of tourist sites.

Keywords: Mobile application; tourist information; Android Studio.

1. Introducción

La evolución de la industria turística ha estado ligada al avance de las tecnologías móviles en las últimas décadas, estas han evolucionado hasta la forma en que las personas planifican, reservan y disfrutan de sus viajes, brindando una mayor accesibilidad y comodidad, resultando relevante explorar cómo está evolución ha impactado en la industria y en la experiencia de los turistas. A medida que los teléfonos móviles se han vuelto omnipresentes en la sociedad moderna, los turistas han adoptado estas tecnologías como herramientas indispensables durante sus viajes. Según Wang et al. (2018), los

teléfonos han pasado de simples dispositivos de comunicación para convertirse en una parte fundamental de la experiencia turística, ofreciendo una amplia gama de servicios como reservas de vuelos, alojamientos, guías turísticas, recomendaciones de restaurantes, mapas interactivos y mucho más, de esta manera los turistas pueden acceder a información actualizada, compartir experiencias en tiempo real y muchas otras actividades, todo gracias a los teléfonos móviles.

Según, Buhalis y Samarangana (2015) las aplicaciones móviles han revolucionado la industria al proporcionar a los turistas una experiencia personalizada y una mayor flexibilidad en la planificación de sus viajes, estas aplicaciones permiten a los turistas contar con una información actualizada en tiempo real, además, brindan recomendaciones basadas en las preferencias del usuario, ayudando a descubrir nuevos destinos, atracciones y experiencias turísticas. En este sentido, las aplicaciones se han convertido en una herramienta de interés para que los turistas optimicen su tiempo y tomen decisiones informadas durante su viaje.

El distrito de Chao cuenta con un gran potencial en turismo que podría generar ingresos económicos para población, pero por la falta de información digital afecta negativamente al turismo, es de suma importancia contar con una aplicación móvil a fin de brindar información de manera fácil y oportuna de los sitios turísticos del distrito de Chao, de esta manera se pretende mitigar el impacto negativo en el sector turismo. Considerando la realidad del distrito de Chao, se plantea el siguiente problema de investigación donde se evidencia la relevancia de utilizar la tecnología móvil. ¿De qué manera el uso de una aplicación móvil impulsará la información turística en el distrito de Chao?

La investigación está basada en el desarrollo de una aplicación móvil que muestra la información en línea, donde se podrá ver los distintos lugares turísticos del distrito, de esta manera, con la aplicación se mejorará la experiencia del turista como también el desarrollo económico del distrito. Para dar solución al problema presentado se planteó el siguiente objetivo general, impulsar la información turística en el distrito de Chao mediante una aplicación móvil; como objetivos específicos se tuvieron los siguientes: aumentar la información acerca de los sitios turísticos, reducir el tiempo para explorar los sitios turísticos, aumentar la satisfacción de los turistas.

2. Trabajos relacionados

Los autores Rojas y Rojas (2020) en su investigación titulada “Aplicación móvil para la localización de actividades de turismo náutico en Huanchaco, ladrilleros y la barra con sistema de recomendación utilizando técnicas de machine learning” investigación que tuvo como objetivo crear una herramienta que facilite el acceso y la utilización de información geoespacial, sobre las actividades náuticas disponibles en los corregimientos de Juanchaco, Ladrilleros y La Barra, los cuales forman parte del municipio de Buenaventura; después de completar el desarrollo de la aplicación, llevaron a cabo una evaluación de usabilidad con el objetivo de conocer la percepción de los usuarios sobre la aplicación. Para ello, se administraron encuestas a 30 usuarios, con el propósito de medir aspectos como la facilidad para realizar consultas, la calidad de la información proporcionada, la navegación entre pantallas, las recomendaciones y la coherencia en el diseño. Los resultados donde el 56.7% de los participantes logró efectuar las diversas

consultas proporcionadas por la aplicación con facilidad, el 53.3% concuerda en que la información proporcionada es exhaustiva, el 36.7% de los participantes está de acuerdo con las sugerencias ofrecidas por el sistema.

Además, Diaz y Uriol (2021) mediante su investigación mostraron el efecto positivo sobre la promoción de comercios locales del sector turístico en el distrito de Miraflores en Lima, mediante el desarrollo de un aplicativo móvil, de modo que el nivel de preferencia de los usuarios por el consumo en comercios locales de Miraflores antes del desarrollo de la aplicación móvil tenía un valor promedio de 4.15 (82.99%) en la escala de Likert de 1 a 5 puntos (100%) y luego de la implementación de la aplicación móvil es de 4.64 (92.76%), de tal manera que si se observó el crecimiento que en la escala de Likert representando un 0.49 puntos (9.78%). Los resultados muestran la importancia y su efecto mediante las aplicaciones móviles.

Por ende, Figueiras (2021) menciona en su investigación que se tienen diferentes tipos de turismo los cuales se detalla a continuación. Turismo convencional: es aquel que se realiza de manera masiva con la finalidad de descanso o placer. Las principales actividades a realizar son; visitar museos, zonas arqueológicas, playas entre otros, de tal manera la actividad económica crece por la comercialización de productos o servicios. Turismo alternativo: se realiza en pequeños grupos con la finalidad de disfrutar momentos en la naturaleza y por lo general se desarrollan dentro de la comunidad. Turismo cultural: su principal motivo es conocer la cultura e Historia de distintos sitios turísticos. Turismo salud: los turistas buscan que su vida sea de mejor calidad, está divida en varias clases de turismo; turismo médico, turismo de bienestar todo esto se desarrolla fuera de su lugar de residencia. Turismo espiritual: los turistas buscan conocer o visitar un lugar con motivación religiosa. Turismo negro: es aquel en donde su principal atractivo es la historia de tragedia o catástrofe que existió en dicho lugar.

3. Métodología de Investigación

3.1. Operacionalización de variables

En la tabla 1, se expone la descripción operativa de los indicadores vinculados a la variable dependiente: Información de sitios turísticos.

Indicador	Unidad de Medida	Unidad de Observación
Información acerca de los sitios turísticos	Escala de Likert	Observación directa
Tiempo para explorar los sitios turísticos	Segundos	Observación directa
Satisfacción de los turistas	Escala de Likert	Observación directa

Tabla 1 – Operacionalización de la variable dependiente

3.2. Diseño de Investigación

Esta investigación fue de tipo de investigación aplicada, que según Ortega (2022) definió a la investigación aplicada que implica abordar de manera no estructurada la búsqueda de respuestas para resolver problemas o inquietudes particulares, ya sea a nivel personal, grupal o social. Así mismo, se utilizó el diseño de investigación Experimental pura, según

la pagina Empresariales (2020) se caracteriza por ser un enfoque investigativo que busca alcanzar una comprensión exhaustiva de un tema, fenómeno o área determinados, como se muestra en la figura 1, donde el grupo experimental (RGe) y el grupo de control (RGc).

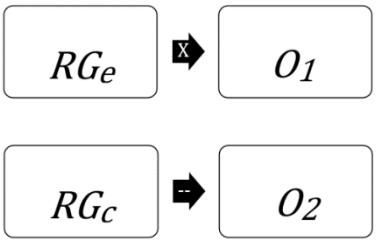


Figura 1 – Diseño de investigación.

3.4. Población y muestra

Este estudio utilizó como universo a todos los turistas, sin embargo, al ser una cantidad infinita se procedió a seleccionar la muestra por conveniencia, resultando un total de 30 turistas del distrito de chao.

3.5. Procedimiento de Recolección de Datos

Se aplicó la técnica de observación directa junto con la herramienta de ficha de observación y encuesta que sirve para recolectar información relacionada con cada indicador los cuales: Información acerca de los sitios turísticos, Tiempo para explorar los sitios turísticos y la Satisfacción de los turistas, según Gómez (2023) define a una encuesta que constituye un método de investigación para obtener información, datos y opiniones a través de un conjunto de preguntas específicas, la mayoría de las encuestas se llevan a cabo con el propósito de hacer inferencias sobre una población, grupo de referencia o muestra representativa.

3.6. Método de análisis de datos

De acuerdo a la hipótesis especifica, el uso de una aplicación móvil aumenta la información acerca de los sitios turísticos de la posprueba del grupo experimental (IASTGE) con respecto a la muestra de la posprueba del grupo de control (IASTGC). Así mismo, se tiene que la media poblacional de la información acerca de los sitios turísticos en la posprueba del grupo experimental (IASTGE), y como fórmula se tiene que H_a: $\mu 1 < \mu 2$.

Además, se tiene que la hipótesis especifica con el uso de una aplicación móvil disminuye el tiempo para explorar los sitios turísticos de la posprueba del grupo experimental (TESTGE) con respecto a la muestra de la posprueba del grupo de control (TESTGC). Así mismo, la media poblacional del tiempo para explorar los sitios turísticos en la posprueba del grupo experimental (TESTGE) y como fórmula se tiene que: H_a: $\mu 1 > \mu 2$.

Y por último se tiene que el uso de una aplicación móvil aumenta la satisfacción de los turistas de la posprueba del grupo experimental (STGE) con respecto a la muestra de la posprueba del grupo de control (STGC), por ende, se tiene que la media poblacional de

la satisfacción de los turistas en la posprueba del grupo experimental (STGE) y como fórmula se empleó la siguiente: H_a: μ1 < μ2.

4. Metodología de desarrollo de software Mobile-D

4.1. Fase 1-Exploración

4.1.1. Requerimientos del Proyecto

Se lleva a cabo un análisis detallado para definir las necesidades y expectativas del proyecto de desarrollo de software móvil, los requisitos del proyecto son las descripciones específicas y detalladas de las funciones, características y capacidades que se esperan del producto final (Tabla 2)**.**

	Requerimientos Funcionales
RF1	La app necesita contar con una pantalla inicial o de acceso.
RF2	La aplicación debe suministrar datos detallados acerca de cada lugar turístico, que incluyan descripciones, información histórica, imágenes y cualquier otro contenido pertinente.
RF3	Se debe habilitar la opción para que los usuarios compartan detalles acerca de los destinos turísticos a través de redes sociales u otros canales.
RF4	Es esencial que la aplicación ofrezca material multimedia, como imágenes de alta calidad, para enriquecer la información sobre los sitios turísticos.
RF5	Los usuarios deben tener la capacidad de evaluar y clasificar los lugares turísticos.

Tabla 2 – Diseño de requerimientos funcionales

De acuerdo a la tabla 2 consta de la aplicación que está diseñada para ofrecer una experiencia integral en la exploración de lugares turísticos conforme al RF_1 cuenta con una pantalla inicial o de acceso, sirviendo como el punto de entrada para los usuarios, el RF_2 especifica la información detallada sobre cada destino turístico, el RF_3 se destaca la importancia de la interactividad social, permitiendo a los usuarios compartir detalles sobre los destinos turísticos en redes sociales u otros canales, el RF_4 se enfoca en la calidad del contenido multimedia y por último el RF_5 habilita a los usuarios para evaluar y clasificar los lugares turísticos.

	Requerimientos no Funcionales
RNF1	La app necesita contar con una pantalla inicial o de acceso.
RNF2	La aplicación debe suministrar datos detallados acerca de cada lugar turístico, que incluyan descripciones, información histórica, imágenes y cualquier otro contenido pertinente.
RNF3	Se debe habilitar la opción para que los usuarios compartan detalles acerca de los destinos turísticos a través de redes sociales u otros canales.
RNF4	Es esencial que la aplicación ofrezca material multimedia, como imágenes de alta calidad, para enriquecer la información sobre los sitios turísticos.
RNF5	Los usuarios deben tener la capacidad de evaluar y clasificar los lugares turísticos.

Tabla 3 – Diseño de requerimientos no funcionales

Por ende, en la tabla 3 proporciona una experiencia turística enriquecedora y detallada que comienza con una interfaz de usuario intuitiva, representada por una pantalla inicial de fácil acceso (RNF1), centrándose en la información turística, la app ofrece datos exhaustivos sobre cada destino, incluyendo descripciones históricas, imágenes y otros contenidos relevantes (RNF_2), se enfatiza en la interactividad y el compromiso del usuario, permitiendo compartir información de los destinos turísticos en redes sociales y otros canales (RNF_3), y ofreciendo material multimedia de alta calidad para mejorar la presentación de los sitios turísticos (RNF_4). Además, se fomenta la participación activa de los usuarios permitiéndoles evaluar y clasificar los lugares visitados (RNF_5), lo que enriquece la experiencia general y proporciona valiosa retroalimentación para la comunidad.

4.2. Fase II: Inicialización

4.2.1. Planeación de la arquitectura

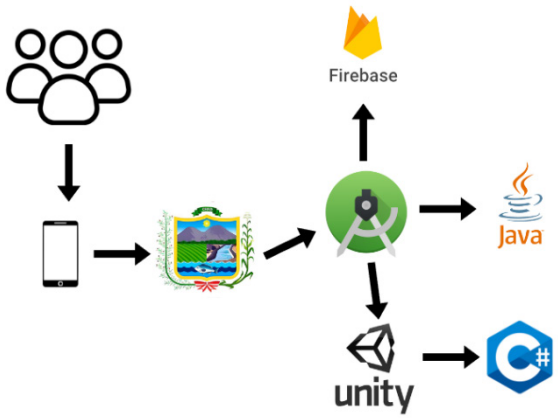


Figura 2 – Diseño de la arquitectura

De acuerdo a la figura 2, se muestra la arquitectura de una aplicación, en la parte superior del diagrama, Firebase se presenta como un servicio utilizado, probablemente para la gestión de datos, en el centro, se encuentra Android Studio, identificado por su icono característico de un robot verde y una ventana de código detrás, lo que indica su uso para el desarrollo de la aplicación. A la derecha, se muestra el logo de Java, sugiriendo que se utiliza este lenguaje de programación en alguna parte del proceso, en la parte inferior, se ve el logo de Unity junto al de C#, lo que implica que la aplicación incorpora elementos desarrollados con Unity, posiblemente para funciones de realidad aumentada o juegos, y que utiliza C# como lenguaje de programación. A la izquierda, un ícono representando a un grupo de personas conecta con un dispositivo móvil, lo que sugiere que la aplicación está destinada para uso colectivo o colaborativo. En conjunto, este diagrama visual representa cómo diferentes tecnologías y plataformas interactúan en el desarrollo de la aplicación.

4.3. Fase III: Producción

De acuerdo a la tabla 4, muestra información sobre una tarea específica en un proyecto de desarrollo de software, identificada con el número 01 y considerada de dificultad fácil tanto al inicio como al final, esta tarea tiene un tiempo estimado de 15 horas y se invirtieron 22 horas en completarla, siendo su prioridad media. La descripción detalla que la tarea consiste en solicitar al usuario que ingrese su dirección de correo electrónico y contraseña al iniciar la aplicación para poder acceder, las fechas clave incluyen la definición de la tarea el 03/08/23, la implementación el 04/08/23 y la culminación el 05/06/23, indicando un proceso organizado y cronológicamente definido para esta funcionalidad.

ID	**Dificultad**		**Tiempo**		Prioridad
	Inicial	**Final**	Estimado	Invertido	
01	Fácil	Fácil	15	22	Media
Descripción					
Al iniciar la aplicación, se solicitará al usuario que ingrese su dirección de correo electrónico y contraseña para poder acceder.					
Fechas	Definición		Implementación		Culminación
	03/08/23		04/08/23		05/06/23

Tabla 4 – Login

Así mismo en la tabla 5 proporciona un resumen calificado de dificultad fácil tanto al comienzo como al final, el tiempo estimado para completar esta tarea fue de 15 horas, pero solo se invirtieron 2 horas, y como prioridad inicial de 'Fácil'. La descripción de la tarea señala que, durante el proceso de registro, los usuarios proporcionan su nombre completo, dirección de correo electrónico, número de teléfono y contraseña para acceder, las fechas importantes incluyen la definición de la tarea el 3 de agosto de 2023, la implementación el 4 de agosto de 2023 y la culminación el 6 de mayo de 2023, lo que indica una ejecución rápida y eficiente de la tarea en cuestión.

ID	**Dificultad**		**Tiempo**		**Prioridad**
	Inicial	**Final**	**Estimado**	**Invertido**	
02	Fácil	Fácil	15	02	Media
Descripción					
Durante el proceso de registro, se solicitará al usuarui que proporcione su nombre completo, dirección de correo electrónico, número de teléfono y contraseña para poder acceder.					
Fechas	Definición		Implementación		Culminación
	03/08/23		04/08/23		05/06/23

Tabla 5 – Registro

De acuerdo a la tabla 6, consiste en la creación de un menú para la aplicación, esta tarea se clasificó como fácil en términos de dificultad tanto al inicio como al final, también

se estima un total de 10 horas completarla, pero solo se necesitaron 3 horas, reflejando una eficiencia en la ejecución. La tarea tuvo una prioridad inicial de 'Fácil', en cuanto a la descripción, se especifica que el menú permitió al usuario elegir entre diferentes opciones, lo que sugiere una interfaz de usuario interactiva y funcional, las fechas clave para esta tarea son el 6 de agosto de 2023 para la definición, el 7 de agosto para la implementación y el 8 de agosto de 2023 para la culminación, lo que indica un proceso de desarrollo rápido y conciso.

ID	Dificultad		Tiempo		Prioridad Inicial
	Inicial	Final	Estimado	Invertido	
03	Fácil	Fácil	10	03	Fácil
Descripción					
Es un menú donde el usuario podrá elegir las diferentes opciones					
Fechas	Definición		Implementación		Culminación
	06/08/23		07/08/23		08/0823

Tabla 6 – Menú

Por ende, en la tabla 7 catalogada como de fácil ejecución en sus fases inicial y final, se estimó 9 horas para su realización, pero solo se invirtieron 4 horas, asignándole una prioridad inicial también fácil. La descripción indicó que esta tarea permite al usuario ingresar su calificación, que posteriormente se registra en Firebase. En cuanto a las fechas, se definió el 9 de agosto de 2023 y se implementó el 10 de agosto y se completó el mismo día, mostrando un proceso de desarrollo eficiente y rápido para esta funcionalidad específica de la aplicación.

ID	Dificultad		Tiempo		Prioridad Inicial
	Inicial	Final	Estimado	Invertido	
04	Fácil	Fácil	9	04	Fácil
Descripción					
El usuario pondrá su calificación y se registrará en Firebase					
Fechas	Definición		Implementación		Culminación
	09/08/23		10/08/23		10/08/23

Tabla 7 – Valoración

4.4. Fase V: Pruebas y reparación

De acuerdo a la figura 4, se muestra un inicio de sesión donde el turista podrá ingresar su correo electrónico con su respectiva contraseña, este diseño intuitivo busca facilitar el acceso y garantizar una experiencia de usuario eficiente.

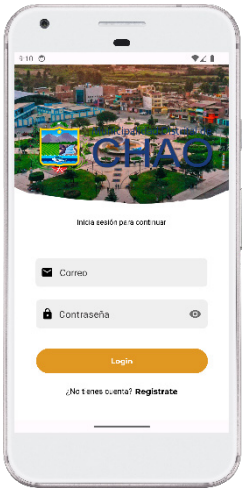


Figura 4 – Diseño de Inicio de Sesión

De acuerdo a la figura5 se muestra un menú principal que consta de 5 opciones los cuales son: Sitios Turísticos, Restaurantes, Hoteles, Centros Recreativos y la integración de la Realidad Virtual.

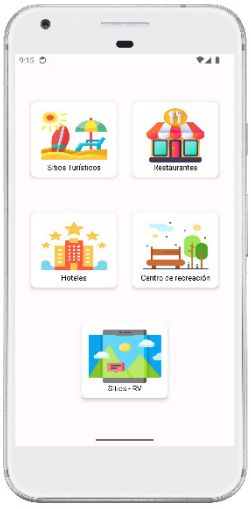


Figura 5 – Diseño del menú principal

Así mismo, en la figura 6 de muestra los diferentes sitios turísticos del distrito de chao, proporcionando una visión visual de los puntos de interés, esta información geográfica

se integra de manera estratégica en la comprensión de los requisitos, permitiendo una mejor adaptación del software móvil a las características específicas.

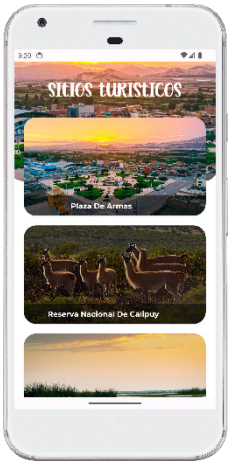


Figura 6 – Diseño sitios turisticos

Y por último en la figura 7 se muestra la información de un sitio turístico – plaza de armas, donde el turista puede interactuar al marcar compartir, dar una valoración del 1 a 5 estrellas y visualizar en tiempo real la ubicación exacta de ese centro turístico, este enfoque proporciona una interactividad valiosa y realza la experiencia que tiene al ofrecer funciones de participación y retroalimentación en tiempo real.



Figura 7 – Diseño selección de los lugares

4. Resultados

Se consideró un análisis descriptivo e inferencial para cada indicador, con el propósito de determinar si se rechaza o se acepta la hipótesis correspondiente a cada uno de ellos, de acuerdo a ambos grupos: Grupo de Control (GC) y el Grupo Experimental (GE) que fueron objeto de un procedimiento de muestreo con el fin de evaluar los indicadores vinculados a la información de los sitios turísticos para acceder a la información adicional sobre los valores obtenidos en ambos grupos, se invita a ingresar al siguiente enlace: https://osf.io/h5jx4, por lo cual estos resultados ofrecen una perspectiva más completa del GC y GE.

4.1. Análisis Descriptivo

En la tabla 8 se presentan los datos estadísticos para los indicadores cuantitativos de la investigación: Información acerca de los sitios turísticos (IAST).

		Promedio del GC	**Promedio del GE**	
IAST	Promedio	70	96	
	Meta Planteada		90	
	Nº mayor al promedio	16	27	30
	% mayor al promedio	53	90	100

Tabla 8 – Estadísticos descriptivos para el indicador

Se pudo determinar que el 53% del Información acerca de los sitios turísticos (IAST) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue mayor a su media; además, el 90% del Información acerca de los sitios turísticos (IAST) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue mayor a la meta establecida; finalmente, se determinó que el 100% del Información acerca de los sitios turísticos (IAST) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue mayor a la media de la posprueba del Grupo de control (GC).

En la tabla 9 se presentan los datos estadísticos para los indicadores cuantitativos de la investigación: Tiempo para explorar los sitios turísticos (TEST).

		Promedio del GC	**Promedio del GE**	
TEST	Promedio	17	11	
	Meta Planteada		13	
	Nº menor al promedio	15	25	30
	% menor al promedio	50	83	100

Tabla 9 – Estadísticos descriptivos para el indicador

Se pudo determinar que el 50% del Tiempo para explorar los sitios turísticos (TEST) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue menor a su media; además, el 83% del

Tiempo para explorar los sitios turísticos (TEST) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue menor a la meta establecida; finalmente, se determinó que el 100% del Tiempo para explorar los sitios turísticos (TEST) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue menor a la media de la posprueba del Grupo de control (GC).

En la tabla 10 se presentan los datos estadísticos para los indicadores cuantitativos de la investigación: Satisfacción de los turistas (ST).

		Promedio del GC	Promedio del GE		
ST	Promedio	44	79		
	Meta Planteada		75		
	Nº mayor al Promedio		16	21	30
	% mayor al Promedio		53	70	100

Tabla 10 – Estadísticos descriptivos para el indicador

Se pudo determinar que el 53% del Satisfacción de los turistas (ST) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue mayor a su media; además, el 70% del Satisfacción de los turistas (ST) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue mayor a la meta establecida; finalmente, se determinó que el 100% del Satisfacción de los turistas (ST) en la posprueba del Grupo Experimental (GE) fue mayor a la media de la posprueba del Grupo de control (GC).

4.2. Análisis Inferencial

En la Tabla 11 se exhiben los resultados de la prueba de normalidad correspondientes a todos los indicadores.

Indicador	Resultado de Prueba de Normalidad para Grupo de Control (GC)	Resultado de Prueba de Normalidad para Grupo Experimental (GE)
IAST	0.160	<0.001
TEST	0.111	<0.001
ST	0.076	<0.001

Tabla 11 – Resultados de Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk de cada indicador

Se puede visualizar que el p valor de la Prueba de Normalidad, en el indicador Información acerca de los sitios turísticos (IAST), para el Grupo de Control (GC) fue 0.160, es decir, se distribuye normalmente y el p valor de la Prueba de Normalidad para el Grupo Experimental (GE) fue <0.001, es decir, no se distribuyen normalmente.

Se puede visualizar que el p valor de la Prueba de Normalidad, en el indicador Tiempo para explorar los sitios turísticos (TEST), para el Grupo de Control (GC) fue 0.111, es decir, se distribuye normalmente y el p valor de la Prueba de Normalidad para el Grupo Experimental (GE) fue <0.001, es decir, no se distribuyen normalmente.

Se puede visualizar que el p valor de la Prueba de Normalidad, en el indicador Satisfacción de los turistas (ST), para el Grupo de Control (GC) fue 0.076, es decir, se distribuye normalmente y el p valor de la Prueba de Normalidad para el Grupo Experimental (GE) fue <0.001, es decir, no se distribuyen normalmente.

En la tabla 12 se presenta los resultados de la contrastación de hipótesis para todos los indicadores.

Indicador	Prueba Estadistica	Resultado de Prueba Estadistica (p)
IAST	U de Mann-Whitney	<0.001
TEST	U de Mann-Whitney	<0.001
ST	U de Mann-Whitney	<0.001

Tabla 12 – Resultados de prueba de contrastación de hipótesis para cada indicador

Por lo tanto, en el indicador Información acerca de los sitios turísticos (IAST), el valor de p es <0.001 siendo este menor a 0.05, en consecuencia, los resultados ofrecen suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H0) y respaldar la hipótesis alternativa (Ha).

Por lo tanto, en el indicador Tiempo para explorar los sitios turísticos (TEST), el valor de p es <0.001 siendo menor a 0.05, en consecuencia, los resultados ofrecen suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H0) y respaldar la hipótesis alternativa (Ha).

Por lo tanto, en el indicador Satisfacción de los turistas (ST), el valor de p es <0.001 siendo menor a 0.05, en consecuencia, los resultados ofrecen suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H0) y respaldar la hipótesis alternativa (Ha).

5. Discusión

Con respecto al primer indicador, que es información acerca de los sitios turísticos, en el grupo de control se obtuvo un total de 70,5 del nivel de la información acerca de los sitios turísticos, y en el grupo experimental se tiene un total de 97 del nivel de la información acerca de los sitios turísticos, el cual demostró un aumentó de 26,5 del nivel de la información acerca de los sitios turísticos, además con el cálculo de la fórmula, se obtuvo un 21,15% del nivel de la información acerca de los sitios turísticos en el grupo de control y un 68,4% del nivel de la información acerca de los sitios turísticos en el grupo experimental, esto probó un aumento del 47,2% del nivel de la información acerca de los sitios turísticos tras la implementación. Los presentes resultados son semejantes a la investigación de Rojas y Rojas en el año 2020, que probó una mejora del 53.3% en la información proporcionada es exhaustiva.

Con respecto al segundo indicador, que es Tiempo para explorar los sitios turísticos, en el grupo de control se obtuvo un total de 18 minutos del Tiempo para explorar los sitios turísticos, y en el grupo experimental se tiene un total de 10,5 tiempo del Tiempo para explorar los sitios turísticos, el cual demostró una reducción de 42% del Tiempo para explorar los sitios turísticos, además con el cálculo de la fórmula, se obtuvo un 100% del

Tiempo para explorar los sitios turísticos en el grupo de control y un 58% del Tiempo para explorar los sitios turísticos en el grupo experimental, esto probó una reducción del 42% del Tiempo para explorar los sitios turísticos tras la implementación. Los presentes resultados son semejantes a la investigación de Rojas y Rojas en el año 2020 que probó una reducción de tiempo del 36,7% donde los participantes están de acuerdo con las sugerencias ofrecidas del sistema.

Con respecto al tercer indicador, que es satisfacción de los turistas, en el grupo de control se obtuvo un total de 41,5 de la satisfacción de los turistas, y en el grupo experimental se tiene un total de 80 de la satisfacción de los turistas, el cual demostró un aumentó de 38,5 de la satisfacción de los turistas, además con el cálculo de la fórmula, se obtuvo un 12,45% de la satisfacción de los turistas en el grupo de control y un 33,2% de la satisfacción de los turistas en el grupo experimental, esto probó un aumento del 20,8% de la satisfacción de los turistas tras la implementación. Los presentes resultados son semejantes a la investigación de Diaz y Uriol en el año 2021, que probó un resultado favorable del 93,76% en su importancia y efecto sobre los turistas.

6. Conclusiones

Se determino que existe un aumentó significativa en información acerca de los sitios turísticos, con el cálculo de la fórmula se evidencio un 21,15% en promedio en la información acerca de los sitios turísticos del GC, mientras que, en el GE se obtuvo un 68,4% tiempo promedio en la información acerca de los sitios turísticos como se observa existe una diferencia del 47,2% tras implementar una aplicación móvil, demostrando que con la prueba u de Mann Whitney con un valor Sig. Asintótica (bilateral) es 0.000 menor al nivel de significancia y un nivel de confianza del 95%, con este resultado que se admitió la hipótesis alterna.

Se determino que existe una reducción significativa en tiempo para explorar los sitios turísticos, con el cálculo de la fórmula se evidencio un 100% en promedio en el tiempo para explorar los sitios turísticos del GC, mientras que, en el GE se obtuvo un 58% de promedio en explorar los sitios turísticos como se observa existe una diferencia del 42% tras implementar una aplicación móvil, demostrando que con la prueba u de Mann Whitney con un valor Sig. Asintótica (bilateral) es 0.000 menor al nivel de significancia y un nivel de confianza del 95%, con este resultado aseveró que se admitió la hipótesis alterna.

Se determino que existe un aumentó significativa en la satisfacción de los turistas, con el cálculo de la fórmula se evidencio un 12,45% en promedio en la satisfacción de los turistas del GC, mientras que, en el GE se obtuvo un 33,2% de promedio en la satisfacción de los turistas como se observa existe una diferencia del 20,8% tras implementar una aplicación móvil, demostrando que con la prueba u de Mann Whitney con un valor Sig. Asintótica (bilateral) es 0.000 menor al nivel de significancia y un nivel de confianza del 95%, con este resultado aseveró que se admitió la hipótesis alterna.

Referencias

Aplicación móvil para la localización de actividades de turismo náutico en Juanchaco, Ladrilleros y la Barra con sistema de recomendación utilizando técnicas de machine learning. (s. f.). Recuperado 8 de diciembre de 2023, de https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/56d6c1d0-5494-45ba-b589-51bcd76fb7f4

Buhalis, D., & Amaranggana, A. (2015). Smart Tourism Destinations Enhancing Tourism Experience Through Personalisation of Services. En I. Tussyadiah & A. Inversini (Eds.), Information and Communication Technologies in Tourism 2015 (pp. 377-389). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14343-9_28

Diaz Cortez, G. G., & Uriol Inocente, G. (2021). Aplicación móvil y su efecto positivo en la promoción de comercios locales del sector turístico en el distrito Miraflores, Lima". http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4756505

Gómez, M. C. (s. f.). Qué es una encuesta, para qué sirve y qué tipos existen. Recuperado 8 de diciembre de 2023, de https://blog.hubspot.es/service/que-es-una-encuesta

Ortega, C. (2022, diciembre 9). Investigación aplicada: Definición, tipos y ejemplos. QuestionPro. https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-aplicada/

¿Qué es la investigación pura y qué ventajas tiene dentro de una academia? (s. f.). Recuperado 8 de diciembre de 2023, de https://blog.up.edu.mx/que-es-la-investigacion-pura-y-que-ventajas-tiene-dentro-de-una-academia

Tipos de Turismo. (s. f.). Recuperado 8 de diciembre de 2023, de https://www.ceupe.mx/blog/tipos-de-turismo.html

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 10/03/2024
Aceitação/Acceptance: 28/06/2024

Tech Intel – Tutor Inteligente para la enseñanza de Matemáticas: Un Estudio de Caso en Otuzco - Perú

Jesús F. De Paz-Eras[1], Augusto S. Herrera-Vega[1], Segundo E. Cieza-Mostacero[1]

hcorreas@ucvvirtual.edu.pe; javillaf@ucvvirtual.edu.pe; scieza@ucv.edu.pe

[1] Grupo de Investigación Tendencia e Innovación en Ingeniería de Sistemas-Trujillo, Universidad César Vallejo, Trujillo, La Libertad 13001, Perú.

Pages: 90-104

Resumen: El estudio buscó mejorar el aprendizaje de matemáticas en una institución educativa. Bajo una investigación aplicada con diseño experimental puro, se utilizó la observación directa para evaluar indicadores relacionados con el aprendizaje de matemáticas, considerando 30 registros seleccionados mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple. Se implementó la metodología Mobile-D, cuyas fases son: Exploración, Iniciación, Producción, Estabilización y Prueba y Reparación. El grupo experimental evidenció avances notorios comparados con el grupo de control: aumentó 8 puntos en la cantidad de problemas matemáticos identificados, disminuyó 22.3 minutos en el tiempo de resolución de problemas matemáticos, aumentó 8 puntos en la cantidad de problemas matemáticos desarrollados, aumentó 7.8 puntos en la nota promedio obtenida por día. Se concluyó que para el desarrollo de los resultados se utilizó la prueba estadística U de Mann-Whitney y T de Student según el indicador correspondiente.

Palabras-clave: Tutor Inteligente, Metodología Mobile-D, Proceso de Aprendizaje, Matemática, Educación

Tech Intel – Smart Tutor for Teaching Mathematics: A Case Study in Otuzco – Peru

Abstract: *The study sought to improve mathematics learning in an educational institution.* Under an applied research with pure experimental design, direct observation was used to evaluate indicators related to mathematics learning, considering 30 records selected by simple random probability sampling. The Mobile-D methodology was implemented, whose phases are: Exploration, Initiation, Production, Stabilization and Test and Repair. The experimental group showed notable advances compared to the control group: it increased 8 points in the number of mathematical problems identified, decreased 22.3 minutes in the time of solving mathematical problems, increased 8 points in the number of mathematical problems developed, increased 7.8 points in the average grade obtained per day. It was concluded that for the development of the results, the Mann-Whitney U and Student's T statistical test were used according to the corresponding indicator.

Keywords: Smart Tutor, Mobile-D Methodology, Learning Process, Mathematics, Education

1. Introducción

Con el desarrollo de la tecnología que avanza constantemente, los procesos de aprendizaje se están virtualizando y haciendo uso de tutores inteligentes, en consecuencia, es importante que se cuente con una tecnología que apoye este proceso. La inteligencia artificial ha entrado en un periodo sin precedentes, de rápido crecimiento que está cambiando nuestras vidas por completo, es por ello que se considera que se debe fomentar la implementación de la educación con inteligencia artificial y con esto promover el desarrollo de habilidades cognitivas y pedagógicas (Xue & Wang, 2022).

La educación debe ser inseparable de la ciencia, para los docentes, el estudio y aplicación de la inteligencia artificial se ha convertido en un medio necesario para lograr el desarrollo profesional (Xia & Li, 2022). El modelo de enseñanza tradicional no puede cumplir con los requisitos, siendo necesario el uso de esta para obtener mejores resultados al momento de evaluar a los alumnos (Luo & Yang, 2022).

En la era de la información, los métodos de enseñanza tradicionales ya no pueden satisfacer las necesidades de los estudiantes modernos, el uso de los recursos multimedia conjunto con la inteligencia artificial ayuda a fortalecer los métodos de enseñanza, ampliando el alcance del conocimiento de los estudiantes (Chen & Chen, 2022).

El cómo diseñar métodos de optimización más efectivos se ha convertido en el foco de soluciones urgentes en muchos campos académicos (T. Liu *et al.,* 2021). En la música, la modernización educativa ha creado condiciones para la enseñanza a través de la tecnología de percepción inteligente, la tecnología de análisis de aprendizaje y la tecnología de computación emocional de inteligencia artificial, se puede establecer un modelo de enseñanza de música inteligente, brindando evaluaciones personalizadas y servicios de aprendizaje adaptativo para el aprendizaje de los estudiantes, ayudando a mejorar la eficiencia de la enseñanza de la música (D. D. Dai, 2021).

El desarrollo de estas para aprender música a través de internet, tiene una alta precisión al momento de ayudar a los estudiantes en el proceso de aprendizaje y a los docentes en el momento de las evaluaciones (Yang, 2021). En la asignatura de matemática, la popularidad de las redes neuronales y de la inteligencia artificial se está volviendo cada vez más amplio y el uso de este puede ayudar en el aprendizaje de las matemáticas (Zheng, 2022).

Con la creciente importancia de las matemáticas en la educación básica, se debería hacer el uso de aulas inteligentes las cuales ayudarían a mejorar el aprendizaje de los estudiantes (Li & Zhang, 2021). Por lo tanto, en la Institución Educativa José María Álvarez de Otuzco – Perú, se enfrentaban problemas con el aprendizaje del curso de matemáticas, mostrando una disminución en las notas obtenidas, al momento de revisar los exámenes tambien se identificó que no estaban resueltos todos los problemas matemáticos. Los problemas identificados dieron origen a la determinación de los siguientes indicadores correspondientes a cada uno de ellos:

N°	**Indicador**	**Índice**	**Formula**
1	Tiempo de resolución de problemas matemáticos	[20-240]	Hora Final – Hora Inicial
2	Cantidad de problemas matemáticos identificados	[1-16]	Cantidad Total – Cantidad de Errores
3	Cantidad de problemas matemáticos desarrollados	[1-16]	Cantidad Total – Cantidad de errores
4	Nota promedio obtenida	[1-10]	Cantidad de problemas matemáticos desarrollados + Cantidad de problemas matemáticos identificados / 2

Tabla 1 – Indicadores de la Variable Dependiente Proceso de Aprendizaje

De lo descrito anteriormente, se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera, el uso de una aplicación tutor inteligente, mejora el aprendizaje de matemáticas en los alumnos de educación secundaria de la institución educativa José María Álvarez de Otuzco en el año 2022?, por lo cual se trazó como objetivo general mejorar el aprendizaje de matemáticas, de alumnos del nivel secundaria a través de un tutor inteligente y como objetivos específicos: Aumentar la cantidad de problemas matemáticos identificados, disminuir el tiempo de resolución de problemas matemáticos, aumentar la cantidad de problemas matemáticos desarrollados y aumentar la nota promedio obtenida por día.

2. Antecedentes

Xie *et al.* (2022) en su investigación titulada *"Virtual Reality Primary School Mathematics Teaching System Based on GIS Data Fusion",* identificó si la tecnología de realidad virtual influyó de manera positiva dentro de educación en el curso de matemática en colegios de primaria, su conclusión principal fue que, al crear un entorno virtual los estudiantes pueden sumergirse en él, proporcionando un entorno real y vívido, un espacio de aprendizaje, donde es más fácil para los estudiantes comprender conceptos abstractos o modelos matemáticos, logró obtener un aumento del 60% en la identificación de problemas matemáticos, así mismo logró un aumento de 1.69 puntos en el promedio.

H. Dai & Yang (2022) en su investigación titulada *"Evaluation Model of Mathematics Teaching Quality Based on Recurrent Neural Network",* tuvo como objetivo desarrollar un modelo de evaluación en su calidad de aprendizaje dentro del curso de matemáticas, bajo una red neuronal recurrente, la cual tuvo como conclusión que, los experimentos que se realizaron mostraron una mejora en la atención y disciplinar de las matemáticas, con lo cual se logró reducir el tiempo en 12 minutos, así mismo se logró un aumento del 10% en la cantidad de problemas desarrollados, por último, logró un aumento del 15% en la nota promedio.

Luo & Yang (2022) en su investigación titulada *"The Artificial Intelligence and Neural Network in Teaching",* tuvo como objetivo explorar su sistema de inteligencia artificial (IA) y su tecnología en red de enseñanza. concluyó que, el uso de un modelo de cuestionamiento en el aula basado en el aprendizaje profundo, mostró una mejoría

en la enseñanza, se logró aumento de 80% en la cantidad de problemas matemáticos desarrollados.

R. Liu (2022) en su investigación titulada *"Optimization Model of Mathematics Instructional Mode Based on Deep Learning Algorithm"*, tuvo como objetivo construir un método de valoración para su enseñanza basado en el algoritmo Deep Learning. La cual concluyó en que, el sistema construido puede evaluar los problemas en el proceso de enseñanza en función de los puntajes de calidad de la instrucción y hace recomendaciones razonables para mejorar la enseñanza en función de los eslabones débiles de este proceso, logrando un aumento del 30% en la cantidad de problemas desarrollados, así tambien se logró un aumento del 5% en la nota promedio.

3. Metodología de desarrollo

Para Trujillo, (2018) la metodología Mobile-D, está dividida en cuatro fases: Exploración, Iniciación, Producción, Estabilización y Prueba y Reparación; el cual se utilizó en la presente investigación.

3.1. Fase de Exploración

En esta fase, el equipo de trabajo se dispone a generar un plan y sus características principales del proyecto que se definen en:

Requisitos Funcionales	
RF1	La aplicación móvil debe mostrar una pantalla de inicio de sesión con el logo de la institución educativa José María Álvarez.
RF2	La aplicación móvil debe tener una pantalla de Login.
RF3	La aplicación móvil debe tener una pantalla para la creación de usuarios.
RF4	La aplicación móvil debe contar con un apartado de recomendaciones o sugerencias.
RF5	La aplicación móvil debe contar con niveles.
RF6	La aplicación móvil debe contar con tres temas de matemática del primer grado de educación secundaria.

Tabla 2 – Requisitos funcionales – aplicación móvil.

Requisitos No Funcionales	
RF1	La aplicación móvil será desarrollada para la plataforma Android.
RF2	La base de datos será almacenada en MySQL.
RF3	La aplicación móvil se desarrollará con lenguaje java.
RF4	La aplicación móvil debe ser fácil de analizar y modificar para corregir fallas.

Tabla 3 – Requisitos no funcionales – aplicación móvil.

3.2. Fase de Iniciación

En esta fase, el equipo de desarrollo prepara e identifica todos los recursos necesarios (físicos y tecnológicos) y la puesta en marcha del proyecto.

3.2.1. Arquitectura del software

En esta actividad se define la arquitectura a usar en el desarrollo de la aplicación móvil, que se visualiza en la siguiente figura.

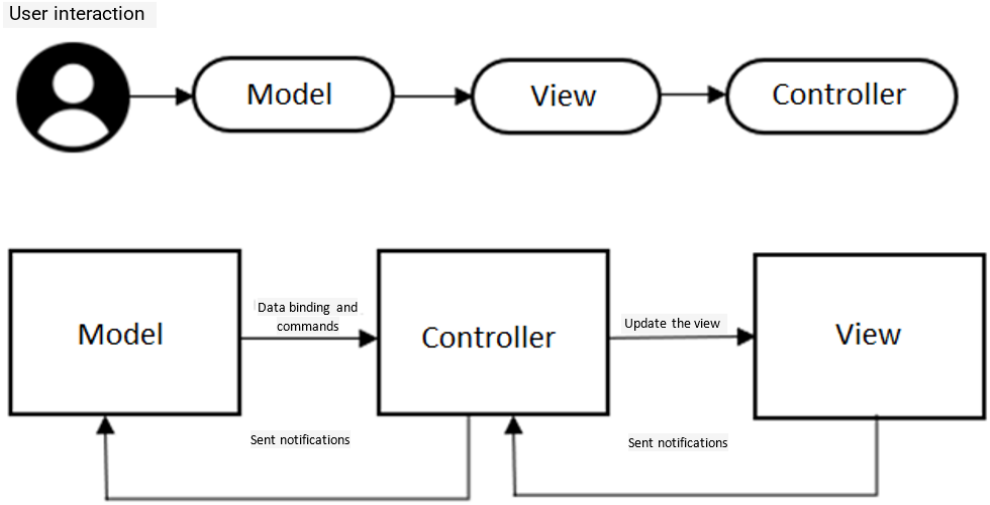


Figura 1 – Arquitectura de software.

Nombre	Descripción
Modelo	Representa la capa de los datos. Contiene la información, pero no las acciones o servicios que lo manipulan.
Vista	Representa la interfaz de usuario. Contiene la parte visual y las interacciones con el usuario.
Controlador	Será el intermediario entre los datos y la interfaz. Contiene la lógica de presentación y las operaciones con los datos del modelo.

Tabla 4 – Descripción de la arquitectura de software



Usuarios	Equipos	Python	Servidor	Resultado
Estudiantes de nivel secundario de la Institución Educativa	Android	Lenguaje de programación	Proveedor de hosting Proovedor de Dominio	Disponible en Equipos móviles Android

Tabla 5 – Arquitectura de la solución

3.3. Fase de Producción

En esta fase se hace el desarrollo del proyecto iterativamente hasta implementar todas las funcionalidades de la aplicación.

Dependencias	Descripción
Java	Lenguaje de programación.
Python	Lenguaje de programación.
Flask	Framework.
bcrypt	Encriptación.
Py MySQL	Paquete para la interacción con bases de datos MySQL.
numpy	Biblioteca que crea vectores y matrices grandes multidimensionales.
math	Biblioteca para operaciones matemáticas.
random	Módulo implementa generadores de números pseudoaleatorios.
Dependencias	Descripción.

Tabla 6 – Instalación de dependencias – aplicación móvil

3.4. Fase de estabilización

En esta fase, se ejecutan las últimas acciones de integración para corroborar que el sistema se encuentra funcionando correctamente.

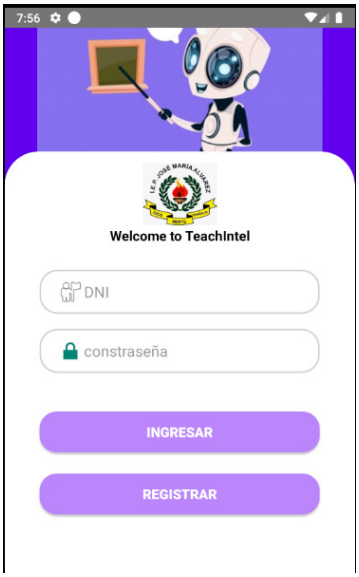
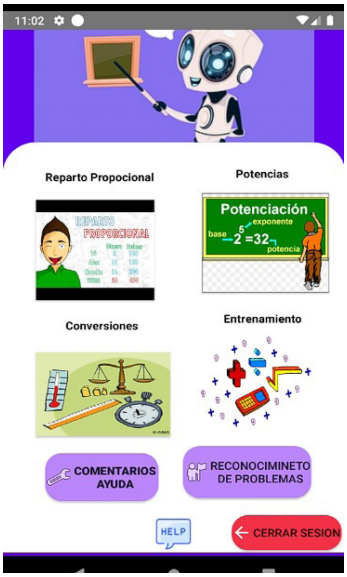
Login de la aplicación móvil y Niveles de los problemas matemáticos.	Interfaz donde se muestra Menú principal y las Notas Obtenidas.
	
	

Tabla 6 – Instalación de dependencias – aplicación móvil

```python
def calcularAlternativas(respuestas):
  alternativasTemporal=[]
  for position, res in enumerate(respuestas):
      alternarRespuestas=random.randrange(-1,5)
      alternativasTemporal.append(res+alternarRespuestas)
  return alternativasTemporal

def unicode_exp(exp):
    if exp == 1:
        return chr(0xB9)
    if exp == 2 or exp == 3:
        return chr(0xB0 + exp)
    else:
        return chr(0x2070 + exp)
def convertirListaCadena(lista):
  numeroElementos=len(lista)
  listaVaribles=map(str,lista[:numeroElementos- 1])
  inicioCadena=", ".join(listaVaribles)
  finCadena=lista[numeroElementos-1:]
  concatenacionCadenaEdades=str(finCadena[0])
  return concatenacionCadenaEdades

numero=random.randrange(1,5)
potencia =random.randrange(1,5)
almacenarNumero=[numero]
almacenarPotencia=[potencia]

num=int(numero)
pot=int(potencia)
resultadoPotenciaFianl=(pow((num),pot))
print("Identifique que tipo de problema matemático es: {}{}".format(num, unicode_exp(pot)))
```

Figura 2 – Función: Crear Alternativas y Función: Aumentar Dificultad.

En la figura 2 se muestra el código que genera problemas aleatorios de acuerdo a la dificultad: fácil, medio y difícil. Primero se generan números aleatorios para poder agregarlos a las listas de preguntas y respuestas, de acuerdo a la lista de números se generará una respuesta correcta, luego lo agregamos en la lista de respuestas la cuenta con una respuesta correcta y dos incorrectas. Estas respuestas se mezclan y se vuelve una lista de respuestas aleatorias, pero antes de eso almacenamos la respuesta correcta en una variable la cual vamos a comparar la opción que escogió el usuario por la respuesta correcta, de acuerdo a eso sabremos si es correcto o incorrecta.



Figura 3 – Api de alternativas para los problemas matemáticos de conversión

En la figura 3 se observa de qué manera se encuentra almacenan una de las api's en el servidor, en este caso para los problemas matemáticos de conversión, haciendo uso de este en Android Studio donde se muestra en una interfaz gráfica.

```
letrasAlternativas=[ A , B , C ]
totalAlternativas=[]
respuestas=[]
#Generar respuestas 2 falsas
respuestasFalsa = random.sample(range(6,20,1),1)
#Almaceanr respuesta falsa
respuestas.append(respuestasFalsa)

for position in numeroAlternativas:
  alternativas=calcularAlternativas(respuestasFalsa)
  #asdasdasd
  totalAlternativas.append(alternativas)

array=[resultadoPotenciaFianl]
totalAlternativas.append(array)
print(totalAlternativas)
random.shuffle(totalAlternativas)
respuesCorrecta=''

for position,alternativa in enumerate(totalAlternativas):
  alternativasString=convertirListaCadena(alternativa)
  letra=letrasAlternativas[position]
  print(letra+') '+alternativasString)
  if np.array_equal(array,alternativa):
    respuesCorrecta=letra

resUser = input('Ingresa la respuesta correcta: ')
if resUser==respuesCorrecta:
  print('correcto !')
else :
  print('incorrecto')

print(respuesCorrecta)

fin = time.time()
print(fin-inicio)
```

Figura 4 – Respuestas correctas e incorrectas.

En la figura 4 se observa parte del código donde el sistema interpreta cuantas preguntas se respondieron de forma correcta o incorrecta el usuario y en qué nivel está, este nivel aumenta o disminuye en función de la cantidad de preguntas correctas o incorrectas que responda.

3.5. Fase de pruebas y reparación

Esta última fase, tiene como objetivo la disponibilidad de una versión estable y completamente funcional de la aplicación. El producto se prueba en base a los requisitos del cliente y se deshacen los defectos hallados.

Prueba de aceptación N°1	
N Historia de Usuario:	Prioridad de Negocio: ALTA
Pasos de Ejecución: la aplicación móvil debe mostrar los resultados de los ejercicios resueltos	
1. Resultados Esperados: 2. El usuario digita a la opción de ejercicios. 3. El usuario selecciona las respuestas correctas. 4. El sistema valida las respuestas. 5. El sistema muestra cuantas respuestas correctas e incorrectas tiene.	
Resultados Esperado: 1. El usuario no selecciona ninguna respuesta 2. El sistema le muestra una alerta.	
Evaluación de Prueba: La prueba se aprobó de manera satisfactoria.	

Tabla 7 – Prueba de aceptación N°1.

4. Resultados

4.1. Análisis descriptivo

Se presentan los resultados de la posprueba para el Grupo de Control (GC) y el Grupo Experimental (GE), cada uno conformado por 30 estudiantes del nivel secundaria. Ambos grupos fueron sometidos a un proceso de muestreo para evaluar los indicadores relacionados con el aprendizaje de matemáticas mediante la aplicación tutor inteligente. Estos datos recolectados representan la población estudiantil de la institución educativa. Para más detalles sobre los valores obtenidos en la posprueba, visite el enlace: https://n9.cl/bcyxl Estos resultados proporcionan una visión detallada de las mejoras observadas en ambos grupos tras la implementación de la aplicación tutor inteligente.

	Posprueba del GC	Posprueba del GE	
Promedio	5	13	
Meta planteada		12	
N mayor al promedio	16	22	30
% mayor al promedio	53.3	73.3	100

Tabla 8 – Posprueba para el indicador cantidad de problemas matemáticos identificados (CPMI)

Se pudo determinar que el 53.3% de la cantidad de problemas matemáticos identificados del GE fueron mayores que su promedio en la posprueba; además, el 73.3% fueron mayores a la meta planteada por los investigadores; finalmente, se determinó que el 100% de los participantes fueron mayores al promedio de la posprueba GC.

Se pudo determinar que el 60% del tiempo de resolución de problemas matemáticos del GE fueron menores que su promedio en la posprueba; además, el 96% fueron menores a la meta planteada por los investigadores; finalmente, se determinó que el 100% de los participantes fueron menores al promedio de la posprueba GC.

	Posprueba del GC	Posprueba del GE	
Promedio	43	20	
Meta planteada		21	
N **menor** *al promedio*	18	29	30
% **menor** *al promedio*	60	96	100

Tabla 9 – Posprueba para el indicador tiempo de resolución de problemas matemáticos (TRPM)

	Posprueba del GC	Posprueba del GE	
Promedio	5	13	
Meta planteada		12	
N mayor al promedio	17	21	30
% mayor al promedio	56.7	70	100

Tabla 10 – Posprueba para la cantidad de problemas matemáticos desarrollados (CPMD)

Se pudo determinar que el 56.7% de la cantidad de problemas matemáticos desarrollados del GE fueron mayores que su promedio en la posprueba; además, el 70% fueron mayores a la meta planteada por los investigadores; finalmente, se determinó que el 100% de los participantes fueron mayores al promedio de la posprueba GC.

	Posprueba del GC	Posprueba del GE	
Promedio	5.05	12.85	
Meta planteada		11.85	
N mayor al promedio	13	23	30
% mayor al promedio	43.3	76.7	100

Tabla 11 – Posprueba para la nota promedio obtenida por día (NPO)

Se pudo determinar que el 46.3% de la nota promedio obtenida por día del GE fueron mayores que su promedio en la posprueba; además, el 76.7% fueron mayores a la meta planteada por los investigadores; finalmente, se determinó que el 100% de los participantes fueron mayores al promedio de la posprueba GC.

4.2. Análisis inferencial

Para el análisis inferencial se realizó en 2 partes: la prueba de normalidad y la contrastación de la hipótesis; para ello, se plantearon los siguientes criterios de decisión de la posprueba del Grupo de Control (GC) y del Grupo Experimental (GE): H0: Los datos se distribuyen de manera normal ($p < \propto$) y H1: Los datos no se distribuyen de manera normal ($p \geq \propto$); además, 2 criterios de decisión: 1) Si $p < 0.05$, entonces se

rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1) y 2) Si p ≥ 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula (H1) y se rechaza la hipótesis alterna (H0).

En la tabla 12 se presentan los resultados de las pruebas de normalidad realizadas para cada indicador, tanto en el Grupo de Control como en el Grupo Experimental. Se observó que en el indicador cantidad de problemas matemáticos identificados (1), nota promedio obtenida por día (4), los valores en ambos grupos fueron mayores a 0.05, por lo que siguen una distribución normal, utilizando la prueba paramétrica t de Student; y en los indicadores: tiempo de resolución de problemas matemáticos (2), cantidad de problemas matemáticos desarrollados (3), al menos un grupo no sigue una distribución normal, optando por aplicar la prueba estadística no paramétrica U de Mann-Whitney.

N°	Indicador	Prueba	p(GC)	p(GE)
1	Cantidad de problemas matemáticos identificados	Shapiro-Wilk	0.163	0.052
2	Tiempo de resolución de problemas matemáticos	Shapiro-Wilk	0.196	0.001
3	Cantidad de problemas matemáticos desarrollados	Shapiro-Wilk	0.060	0.031
4	Nota promedio obtenida por día	Shapiro-Wilk	0.445	0.317

Tabla 12 – Prueba de normalidad según indicador.

En la tabla 13 se presentan los resultados de las pruebas de hipótesis, donde todos los valores fueron menores a 0.05. Estos resultados proporcionan suficiente evidencia estadística, concluyendo que el uso de la aplicación web está asociado con beneficios significativos en el proceso de aprendizaje de matemáticas: se observa un aumento en la cantidad de problemas matemáticos identificados (1), una disminución del tiempo de resolución de problemas matemáticos (2), un aumento en la cantidad de problemas matemáticos desarrollados (3) y un aumento en la nota promedio obtenida por día (4). Estos hallazgos respaldan la eficacia de la aplicación tutor inteligente en la mejora del proceso de aprendizaje en alumnos la institución educativa.

N°	Indicador	Prueba	Estadístico	p
1	Cantidad de problemas matemáticos identificados	T de Student	-15.98	0.000
2	Tiempo de resolución de problemas matemáticos	U de Man-Whitney	-5.098	0.000
3	Cantidad de problemas matemáticos desarrollados	U de Man-Whitney	-6.607	0.000
4	Nota promedio obtenida por día	T de Student	-21.14	0.000

Tabla 13 – Estadístico U de Mann-Whitney y T de Student según indicador.

5. Discusión

En relación con el objetivo general que busca mejorar aprendizaje de las matemáticas mediante el uso de un tutor inteligente en la institución educativa José María Álvarez - Otuzco, se determina que si mejora significativamente el aprendizaje de matemáticas.

El primer objetivo específico, busca aumentar cantidad de problemas matemáticos identificados, en el análisis descriptivo, se tiene como resultados que el 53.3% de la cantidad de problemas matemáticos identificados del GE fueron mayores que su promedio en la posprueba; además, el 73.3% fueron mayores a la meta planteada por los investigadores; finalmente, se determinó que el 100% de los participantes fueron mayores al promedio de la posprueba GC, estos valores son similares al estudio publicado por (Xie *et al.,* 2022), quienes obtuvieron un aumento del 60%, similar al aumento que obtuvo (Huamán, 2018) del 20% así como (Méndez *et al.,* 2018) obtuvieron un aumento del 100%.

El segundo objetivo específico, busca reducir el tiempo de resolución de ejercicios matemáticos, en el análisis descriptivo, se tiene como resultados que el 60% del tiempo de resolución de problemas matemáticos del GE fueron menores que su promedio en la posprueba; además, el 96% fueron menores a la meta planteada por los investigadores; finalmente, se determinó que el 100% de los participantes fueron menores al promedio de la posprueba GC, a comparación de (H. Dai & Yang, 2022), quienes obtuvieron una reducción de 12 minutos, de forma similar (Méndez et al., 2018), obtuvo una reducción de 3 minutos, de manera equivalente (Huamán, 2018), obtuvo una reducción de 4 minutos.

El tercer objetivo específico, busca aumentar la cantidad de problemas matemáticos desarrollados, en el análisis descriptivo, se tiene como resultados que el 56.7% de la cantidad de problemas matemáticos desarrollados del GE fueron mayores que su promedio en la posprueba; además, el 70% fueron mayores a la meta planteada por los investigadores; finalmente, se determinó que el 100% de los participantes fueron mayores al promedio de la posprueba GC, a comparación de (Luo & Yang, 2022) quienes obtuvieron un aumento del 80%, por otra parte (R. Liu, 2022) obtuvo un aumento del 30%, de forma similar (H. Dai & Yang, 2022) obtuvieron un aumento de 10%.

El cuarto objetivo específico, busca aumentar la nota promedio obtenida por día por los estudiantes, en el análisis descriptivo, se tiene como resultados que el 46.3% de la nota promedio obtenida por día del GE fueron mayores que su promedio en la posprueba; además, el 76.7% fueron mayores a la meta planteada por los investigadores; finalmente, se determinó que el 100% de los participantes fueron mayores al promedio de la posprueba GC, así como (R. Liu, 2022), quien obtuvo un aumento del 5%, por otra parte (H. Dai & Yang, 2022), obtuvieron un aumento del 15%, de así mismo (Xie et al., 2022), obtuvieron un incremento de 1.69 puntos en sus notas finales.

6. Conclusión

Se demuestra que mediante la ejecución de la app de celular tutor inteligente basada en el enfoque metodológico Mobile-D se pudo mejorar el aprendizaje de cursos de matemática en estudiantes a nivel secundaria de la entidad institucional José María Álvarez.

Se aprecia que el manejo de una app de celular como el tutor inteligente sustentada en el proceso metódico de Mobile-D, se logró aumentar la cantidad problemas matemáticos identificados en alumnos de grado secundaria en la entidad institucional José María Álvarez.

Se constata, que al usar esta app tutor inteligente que tiene bases en el proceso metódico del Mobile-D, se pudo disminuir el tiempo de resolución de problemas matemáticos en alumnos de secundaria de la entidad institucional José María Álvarez.

Se demuestra que al usar esta app tutor inteligente que tiene bases en el proceso metódico del Mobile-D, se logró conseguir un aumento sobre la cantidad de ejercicios matemáticos desarrollados por alumnos de secundario en la entidad institucional José María Álvarez.

De manera que al usar esta app tutor inteligente sustentada en la metodología Mobile-D, se consiguió aumentar su nota media obtenida al día por los estudiantes de nivel secundario de la institución educativa José María Álvarez.

Referencias

Chafloque Huamán, J. P. (2018). Implementación de un software educativo basado en el modelo learning by doing para mejorar el rendimiento académico de la asignatura de matemática en alumnos de tercer grado de educación primaria de la i.e. 10132 jesús divino maestro. https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1624/1/TL_ChafloqueHuamanJoselyne.pdf

Chen, Y., & Chen, Z. (2022). Effectiveness of Artificial Intelligence Multimedia Courseware in Classroom Teaching Application. Applied Bionics and Biomechanics, 2022, 1-13. https://doi.org/10.1155/2022/4543875

Dai, D. D. (2021). Artificial Intelligence Technology Assisted Music Teaching Design. Scientific Programming, 2021, 1-10. https://doi.org/10.1155/2021/9141339

Dai, H., & Yang, X. (2022). Evaluation Model of Mathematics Teaching Quality Based on Recurrent Neural Network. Wireless Communications and Mobile Computing, 2022, 1-9. https://doi.org/10.1155/2022/3539912

Li, B., & Zhang, L. (2021). Design and Research of Mathematics Teaching Intelligent Classroom Based on PCA-NN Algorithm. Computational Intelligence and Neuroscience, 2021, 1-10. https://doi.org/10.1155/2021/3884587

Liu, R. (2022). Optimization Model of Mathematics Instructional Mode Based on Deep Learning Algorithm. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, 1-9. https://doi.org/10.1155/2022/1817990

Liu, T., Gao, Z., & Guan, H. (2021). Educational Information System Optimization for Artificial Intelligence Teaching Strategies. Complexity, 2021, 1-13. https://doi.org/10.1155/2021/5588650

Luo, Q., & Yang, J. (2022). The Artificial Intelligence and Neural Network in Teaching. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, 1-11. https://doi.org/10.1155/2022/1778562

Pedroza Méndez, B. E., González Calleros, J. M., Guerrero García, J., Collazos Ordóñez, C. A., & Lectona Lara, A. A. (2018). Propuesta de un Tutor Cognitivo semi-automatizado con gamificación e interfaces tangibles para álgebra. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6369904

Trujillo. (2018). Implementación De Una Aplicación Movil Mediante La Metodologia Mobile-D Para Optimizar La Gestión Académica Del Cetpro San Luis Gonzaga [Universidad de Huánuco]. http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1423/TRUJILLO%20ARANA%2c%20Jimmy%20Grimaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Xia, X., & Li, X. (2022). Artificial Intelligence for Higher Education Development and Teaching Skills. Wireless Communications and Mobile Computing, 2022, 1-10. https://doi.org/10.1155/2022/7614337

Xie, Y., Hong, Y., & Fang, Y. (2022). Virtual Reality Primary School Mathematics Teaching System Based on GIS Data Fusion. Wireless Communications and Mobile Computing, 2022, 1-13. https://doi.org/10.1155/2022/7766617

Yang, J. (2021). Research on the Artificial Intelligence Teaching System Model for Online Teaching of Classical Music under the Support of Wireless Networks. Wireless Communications and Mobile Computing, 2021, 1-11. https://doi.org/10.1155/2021/4298439

Zheng, Y. (2022). Research on Mathematics Classroom Teaching Optimization Model Based on GA Neural Network. Mathematical Problems in Engineering, 2022, 1-8. https://doi.org/10.1155/2022/5414306

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 02/05/2024
Aceitação/Acceptance: 06/07/2024

Análisis de protocolos de producción del Cáñamo o cannabis no psicoactivo para la exportación caso Ecuador

Daniela Bustos[1], Victor Díaz[2], Gabriel Bedón[3], Steeven Cuti[4], Geovanna Vela[5]

dbustos@tecnologicoismac.edu.ec; vdiaz@tecnologicoismac.edu.ec; gbedon@tecnologicoismac.edu.ec; scuti@tecnologicoismac.edu.ec; dvela@tecnologicoismac.edu.ec

[1-5] Instituto Tecnológico Universitario ISMAC, Belermo S2-02 y Oswaldo Guayasamin,170184, Quito-Ecuador

Pages: 105-119

Resumen: El objetivo de este artículo es realizar un estudio bibliométrico descriptivo y analítico de los protocolos de producción del cáñamo para la exportación, a través de una metodología de enfoque cualitativo, basado en una revisión literaria en la base de datos de Scopus. Del análisis de coocurrencia derivado de VOSviewer se identifican los términos clave: "cannabis", "cannabis sativa", "hemp", "cannabinoids", "legislation and jurisprudence" y "cultivation". Se analizaron enfoques de calidad relacionados con la normativa en los principales países exportadores y también del Ecuador, además se identificó que, a pesar de la emisión de licencias, solo una empresa ha exportado cáñamo desde Ecuador a Suiza. El principal aporte de esta investigación permitió determinar la falta de información, diferencias normativas y la necesidad de estandarizar procesos de calidad. Finalmente, la investigación propone un procedimiento para la exportación de cannabis no psicoactivo, enfocándose en el cumplimiento del umbral de THC permitido, y se recomienda la estandarización internacional del mismo.

Palabras-clave: cannabis; legislación y jurisprudencia; exportación; cultivo.

Analysis of Production Protocols for Hemp or Non-Psychoactive Cannabis for Export: The Case of Ecuador

Abstract: The objective of this article is to conduct a descriptive and analytical bibliometric study of hemp production protocols for export, using a qualitative methodology based on a bibliographic review in the Scopus database. From the co-occurrence analysis derived from VOSviewer, key terms such as "cannabis," "cannabis sativa," "hemp," "cannabinoids," "legislation and jurisprudence," and "cultivation" were identified. Quality approaches related to standards in the main exporting countries and in Ecuador were analyzed, revealing that despite the issuance of licenses, only one company has exported hemp from Ecuador to Switzerland. The main contribution of this research was to identify the lack of information, differences in standards, and the need to standardize quality processes. Finally,

the research proposes a procedure for the export of non-psychoactive cannabis, focusing on compliance with the permitted THC threshold, and recommends international standardization.

Keywords: cannabis; legislation and jurisprudence; export; cultivation.

1. Introducción

El cáñamo, también llamado científicamente como Cannabis sativa, es una de las plantas herbáceas que se produce hace más de 3000 años, de gran importancia en temas económicos, agrícolas, industriales y médicos. A pesar del uso en todas estas ramas la forma en que se conoció la planta fue como una droga (Díaz, 2004). Sin embargo, actualmente los derivados del Cannabis sativa se estudian a través de diversos productos medicinales, por sus múltiples usos ya que contiene más de 400 compuestos, muchos de los cuales se llaman cannabinoides (Mayorga & Cárdenas, 2009).

La producción del cáñamo ha sido de gran interés nacional e internacional conforme avanza la tecnología y el desarrollo de la sociedad; durante su producción se pretende aprovechar cada elemento de esta materia. Los diversos componentes del cáñamo sirven para producir diferentes materiales como: fibras de papel, insecticidas, medicamentos, harinas y fibras sintéticas (industria textil). Todo esto conlleva a establecer procesos de producción industrial estandarizados de tal manera que se asegura la calidad del producto o materia prima (Muriel, 2022).

A lo largo de la historia y la investigación de las propiedades del cáñamo se ha desarrollado una confusión semántica en referencia a su nombre y su utilización. Desde este punto de vista se puede observar lo difícil de la estandarización de producción y exportación de este a nivel mundial.

Según Ramos & Fernández (2000) la definición del cáñamo y sus variantes han tenido un sinnúmero de clasificaciones a lo largo de la historia, sin embargo, para identificar se clasificará en tres subespecies

- Cannabis sativa sativa: conocida tradicionalmente como cáñamo utilizado especialmente en las industrias, agrarias y textil.
- Cannabis sativa indica: es una planta utilizada en sustancia psicotrópicas, especialmente las llamadas THC, que posee efectos hipnóticos y desde los años 60 se le atribuye propiedades terapéuticas contra el glaucoma, el dolor crónico, la epilepsia y la esclerosis múltiple, además de aliviar las náuseas, vómitos y pérdida de apetito causadas por la quimioterapia y entre otros.
- Cannabis sativa rudelaris: tienen unos niveles muy bajos de THC (propie-dades narcóticas) y CBD (no despierta efectos psicoactivos), lo que las hace inservibles para utilizarlas en forma pura (Ramos & Fernández, 2000).

En el Ecuador la producción y estandarización comienza en el año 2021, puesto que se promulgó el uso del cannabis medicinal y sus derivados que contengan menos del 1% de tetrahidrocannabinol (THC) (Samaniego, 2021). Por lo tanto, en la presente investigación se plantea responder la siguiente interrogante ¿Los protocolos de producción nacional del cáñamo son adecuados para la exportación?

2. Marco Teórico

2.1. Cultivo del cáñamo

El proceso de cultivo de las plantas de cáñamo se ve afectado por diversos factores como el clima, la posición geográfica, el suelo, la exposición a la radiación solar, entre otras; estos factores generan una especia de estrés en las plantas que podría afectar la calidad de producción (Rodríguez & Fontaine, 2020).

El descubrimiento de nuevas técnicas, métodos y la implementación de nuevos protocolos mejoran la eficiencia, productividad y calidad del extracto de cáñamo; el uso de productos derivados del cáñamo es cada vez mayor, por lo que son necesarios unos procesos de extracción y refinamiento que sean eficientes y requieran poco mantenimiento (Valizadehderakhshan et al, 2021).

El reto en el cultivo es caracterizar y mejorar las propiedades del cáñamo útil para sus diversas aplicaciones (Owusu, 2021); entre los métodos utilizados para mejorar las características hormonales y nutricionales en la producción y acumulación de CBD y otros metabolitos valiosos son:

- Establecimiento de una colección central de germoplasma de cáñamo.
- Identificación de métodos para manipular específicamente la expresión sexual del cáñamo según se desee.
- Desarrollo de un genoma de referencia de alta calidad con una interfaz fácil de usar.
- Fitomejoramiento tradicional (Schluttenhofer & Yuan, 2017).

Según estudios realizados entre las nuevas técnicas de cultivo se puede mencionar las siguientes:

La fotobiología consiste en la aplicación de luz LED y luz HPS sobre estas plantas y se ha comprobado la calidad de crecimiento y desarrollo de las mismas. La luz permite que el tejido se fotosintetice eficientemente a través de los fotorreceptores de acuerdo a los siguientes rangos: rango azul (400-500 nm) y roja (600-700 nm) del espectro de luz. El rojo lejano (700-800 nm) es más crítico para la floración de muchas plantas (Promhuad, 2022).

La producción in vitro implica cultivar nuevas plantas a partir de pequeños explantes de una planta madre (órganos, tejidos, células o protoplastos) en un medio nutritivo, bajo condiciones estériles y controladas (Kim & Cauwenberghs, 2019).

Sistema de producción con utilización de cenizas residuales de biomasa que han sido mineralizadas, es decir de los desechos de las plantas (Muriel, 2022).

Sistema de producción de acuerdo a las zonas agroclimática con temperaturas óptimas variables para la fotosíntesis, que oscilan entre los 25 °C y los 35 °C (Promhuad, 2022).

Sistema de producción en invernadero para impedir la entrada de luz natural durante más de 12 horas al día, mecanismo de protección a lluvias, y la dosificación del agua (Promhuad, 2022).

2.2. Composición Química cáñamo

El cáñamo es una planta Dioica (macho y hembra) valoradas de manera diferente según los productos. Para la producción de fitocannabinoides, lo más deseable es una población femenina pura. Como cultivo de semillas, una población predominantemente femenina, con un número limitado de plantas masculinas para la polinización, o una variedad monoica, es más deseable para maximizar el rendimiento (Potter, 2013).

El material vegetal es extremadamente heterogéneo y las proporciones de los ingredientes activos se ven afectadas por una variedad de factores como la genética de la planta, las condiciones de crecimiento, el almacenamiento, el estado de madurez en el momento de la cosecha y los métodos utilizados para procesar y formular el material (Potter, 2013). Las semillas de cáñamo tienen un alto contenido en proteínas, carbohidratos y grasas (Lichtfouse & Crini, 2020), de acuerdo a lo que se presenta en la Tabla 1.

Cáñamo	Carbohidratos	Lípidos	Proteínas
Semillas	32%	36%	26,2%
Semillas descascaradas	16%	41,7%	35,7%
Cáscara	69%	-	-
Fibras	93,2%	-	-

Tabla 1 – Contenido de proteínas, carbohidratos y grasas del Cáñamo adaptado del Libro Sustainable Agriculture Reviews

2.3. Protocolos de producción del Cáñamo

En países norteamericanos y europeos los protocolos de producción del cáñamo son fundamentales para garantizar la calidad y la seguridad en la producción de esta planta; es esencial establecer un sistema de cultivo que cumpla con las regulaciones nacionales e internacionales.

Asegurando de esta manera que se utilicen variedades de cáñamo con bajos niveles de THC y que se realice un seguimiento constante de los niveles de cannabinoides a lo largo del ciclo de crecimiento. Además, se deben implementar prácticas de cultivo orgánico y sostenible, minimizando el uso de pesticidas y fertilizantes químicos.

En Ecuador la nueva industria del cannabis medicinal o cáñamo está ganando cada vez más fuerza, con la reforma de la ley penal 2021, se promulgó el uso del cannabis medicinal y sus derivados que contengan menos del 1% de tetrahidrocannabinol (THC) (Kim & Cauwenberghs, 2019).

Según el Acuerdo Ministerial No. 109 suscrito en el 2020, para el cultivo de Cannabis No Psicoactivo o Cáñamo, la extensión mínima del Área de Cultivo debe ser 5 hectáreas a campo abierto y 2 hectáreas en invernadero, las cuales podrán ser cultivadas gradualmente de acuerdo al plan de producción agrícola, previamente aprobado por la Autoridad Agraria Nacional. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), emitió en el año 2020 el reglamento para la producción, comercialización y exportación del cannabis no psicoactivo y cáñamo

industrial en Ecuador, con siete tipos de licencias con una vigencia de 10 años desde su otorgamiento como se observa en la Tabla 4.

País	Tipos de Licencias para el cultivo de Cannabis	Base Jurídica relacionada al cáñamo
Ecuador	**Licencia No. 1** para la Importación y Comercialización de Semillas de Cannabis No Psicoactivo o Cáñamo, o de Esquejes de Cannabis no Psicoactivo o Cáñamo o de Semillas de Cáñamo para Uso Industrial	Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable Ley Orgánica de Regularización Y Control del Poder del Mercado. Constitución del Ecuador (CRE) Código Orgánico Administrativo (COA) Código Orgánico Integral penal (COIP) Reglamento para la importación, Siembra, Cultivo, Cosecha, Post cosecha, Almacenamiento, Transporte, Procesamiento, Comercialización y Exportación de Cannabis No Psicoactivo o Cáñamo y Cáñamo para Uso Industrial (Reglamento) Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por procesos del Ministerio de Agricultura y Ganadería Acuerdo Ministerial No. 109 Acuerdo Ministerial No. 141
	Licencia No. 2 para la Siembra y Producción de Semillas de Cannabis No Psicoactivo o Cáñamo, o de Esquejes de Cannabis No Psicoactivo o Cáñamo, o de Semillas de Cáñamo para Uso Industrial	
	Licencia No. 3 para el Cultivo de Cannabis no Psicoactivo o Cáñamo	
	Licencia No. 4 para el Cultivo de Cáñamo para Uso Industrial	
	Licencia No. 5 para el Procesamiento de Cannabis no Psicoactivo o Cáñamo y Producción de Derivados de Cannabis no Psicoactivo o Cáñamo	
	Licencia No. 6 para Fitomejoramiento y/o Bancos de Germoplasma e Investigación	
	Licencia No. 7 para la Adquisición de Derivados y/o Biomasa o Flor de Cannabis No Psicoactivo o Cáñamo, o de Biomasa de Cáñamo para Uso Industrial, para exportación	

Tabla 2 – Licencias para la producción, comercialización y exportación del cannabis no psicoactivo y cáñamo industrial en Ecuador

De acuerdo al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) hasta mayo del 2022 se han registrado 180 licencias como se muestra en la Figura 1.

De acuerdo a la Figura 1 se licenciaron 119 empresas correspondientes al 66.6% con la actividad de Cultivo de Cannabis no Psicoactivo o Cáñamo. En contraste el 15.56% se licenció para procesamiento de Cannabis no Psicoactivo o Cáñamo y Producción de Derivados de Cannabis no Psicoactivo o Cáñamo.

De acuerdo al Ministerio de Agricultura y Ganadería las buenas prácticas de producción agrícola en Ecuador son fundamentales para garantizar la calidad de los productos, minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad en el sector agrícola.

En primer lugar, promueven el uso responsable de los recursos naturales, como el agua y el suelo. Los agricultores deben implementar sistemas de riego eficientes y utilizar técnicas de conservación del suelo para prevenir la erosión y mantener la salud del suelo

a largo plazo. Además, se alienta el uso adecuado de fertilizantes y pesticidas, siguiendo las dosis recomendadas y evitando su uso excesivo o indiscriminado.

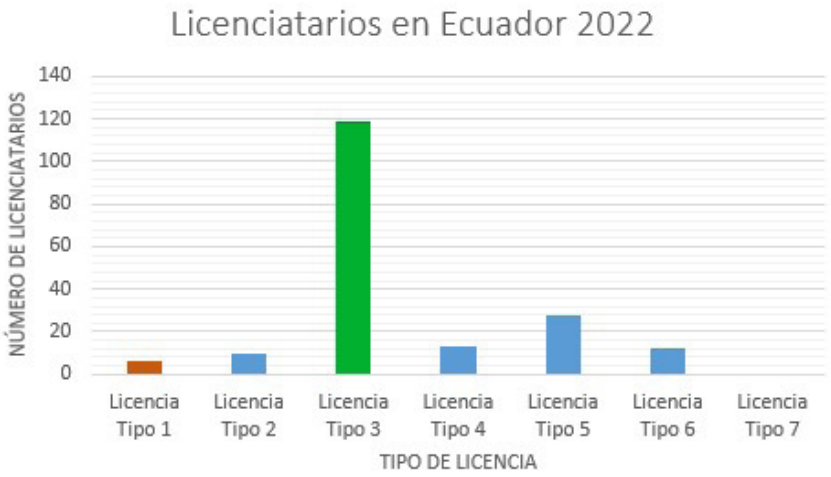


Figura 1 – Cantidad de Tipo de licencias otorgadas por el Ministerio de Agricultura hasta mayo 2022

En segundo lugar, se fomenta la diversificación de cultivos y la rotación de cultivos para evitar la propagación de enfermedades y plagas, así como para mantener la fertilidad del suelo. Los agricultores deben planificar y manejar sus cultivos de manera adecuada, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y las necesidades específicas de cada cultivo.

2.4. Estándar de calidad

La era industrial marca un punto de referencia al abordar la calidad, ya que en esta etapa económica se pasó de la producción de taller a un sistema de producción en masa, lo cual permitió cambios y modificaciones en la organización de la empresa, con la necesidad de crear procedimientos para controlar la calidad de los productos fabricados a gran escala.

La metodología para elaborar un plan de mejora continua se basa en la tercera esfera concéntrica del Kaizen dónde su propósito es eliminar el desperdicio buscando de esta manera la mejora de la calidad de los procesos y productos en un tiempo corto obteniendo resultados positivos y rápidos (Barraza & Dávila, 2014). La estandarización de procesos se puede dar mediante normas ISO, otras normativas o acuerdos internacionales.

Los enfoques de la calidad a lo largo de la historia se agrupan en: enfoque técnico, el humano y el estratégico. Basándose en el enfoque técnico el estándar de calidad en el cáñamo se conceptualiza en un conjunto de criterios y especificaciones técnicas establecidos para evaluar y garantizar la seguridad y calidad general (Pusiak et al,

2021) de los productos derivados del cáñamo, con el fin de satisfacer las necesidades y expectativas de los consumidores, cumplir con las regulaciones gubernamentales y garantizar la consistencia en la producción y comercialización de productos de cáñamo.

Estos estándares pueden abordar aspectos como el contenido de cannabinoides, la ausencia de contaminantes, el perfil terapéutico (Tamosiunas & Artagaveytia, 2014), las prácticas de cultivo y producción sostenibles, y otros parámetros relevantes y pueden variar según la región y las regulaciones locales.

El proceso estándar para la producción de cáñamo comienza con la siembra de la planta. Para esto, los agricultores primero preparan el suelo en el que se producirá la planta de cáñamo, luego siembran las semillas en el suelo. Una vez que las plantas han germinado y comenzado a crecer, los agricultores realizan la fertilización para ayudar a las plantas a crecer fuertes y saludables (Muriel, 2022).

La normativa internacional es escueta en este aspecto, los países europeos y norteamericanos, para clasificar legalmente al cáñamo, su cultivo no puede contener más del 0,2 % o el 0,3 % del compuesto intoxicante -tetrahidrocannabinol (THC), respectivamente (Schluttenhofer & Yuan, 2017). Tal como se presenta en la Tabla 2.

Destino de Exportación	Normativa Legal	Variedad	Concentración de THC permitida	Entidad de Regulación y Control
Alemania	Ley de Estupefacientes de Alemania.	Cannabis sativa L.	0,20%	BFARM (Federal Institute for Drugs and Medical Devices) Licencia GACP EU-GMP
Francia	R. 5132-86 Código de Salud Pública R. 5132-86-1 PHC Decreto Nº SSAP2139161A	Cannabis sativa L.	0,30%	OEDT (Observatorio Europeo de las Drogas y las Toxicomanías) OFDT (Observatorio Francés de las Drogas y las Toxicomanías) ANSM (Agencia Nacional de Seguridad de Medicamentos y Productos Sanitarios)
Estados Unidos	La Ley Agrícola de 2018 Regla final en 7 CFR, Parte 990, “Producción nacional de cáñamo” Programa de cáñamo del USDA.	Cannabis sativa L.	0,30%	FSA (Farm Service Agency) USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) DHPP (Programa Nacional de Producción de Cáñamo
Suiza	CU Convención Única Ley de Estupefacientes de Suiza	Cannabis sativa L.	1%	OFSP (Oficina Federal de Salud Pública)

Destino de Exportación	Normativa Legal	Variedad	Concentración de THC permitida	Entidad de Regulación y Control
España	Artículo 4 c de la CU Ley Orgánica de Protección de la Seguridad Ciudadana (LOPSC)Ley de Estupefacientes (1967).	Cannabis sativa L.	0,20%	AEMPS (Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios)

Tabla 3 – Cuadro comparativo de la normativa internacional vigente del Cáñamo en los países de destino

Uno de los grandes problemas cuando hablamos de estandarización son las normativas legales tan cambiantes en los países. En este contexto Canadá fue uno de los primeros países en implementar regulaciones para medir el control de la calidad (QC) y la Aseguramiento de la calidad (QA). A través de medidas estrictas para todas las clases de cannabis, que incluyen requisitos como el etiquetado del contenido de THC y CBD por producto y la limitación de las dosis de THC. Para la supervisión de la producción, fabricación y control de calidad del cannabis, el gobierno creó la organización, Health Canadá (Pusiak et al, 2021). Adicionalmente, la organización ha estandarizado el análisis en laboratorios como se muestra en la Tabla 3.

Métodos	Descripción del Método	Instituciones de estandarización	Componente Químico controlado
Cromatografía líquida de alta resolución con detección ultravioleta (HPLC-UV)	Proporciona resultados cuantitativos adecuados para los principales cannabinoides en niveles de concentración más altos, carece de sensibilidad y especificidad para los cannabinoides en concentraciones más bajas a través de separación de constituyentes..	AOAC INTERNATIONAL (Association of Analytical Communities). ASTM (American Standard of Testing Materials) USP (United States Pharmacopeia) ISO (International Organization for Standardization) CODEX (Código de Prácticas y Recomendaciones publicadas de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura)	Δ^9-THC, Δ^9-THCA, CBD, CBDA CBN
Espectrometría de masas en tándem con cromatografía líquida (LC-MS/MS)			
Espectroscopia de resonancia magnética nuclear (^{1}H-NMR)	No es capaz de resolver conjuntos más grandes de cannabinoides. En algunos casos, la resolución de pares de cannabinoides desafian-tes se basa en un control preciso del pH		
Utilización de medios ópticos	Luz infrarroja, fluorescencia o fosforescencia		

Tabla 4 – Análisis químico del cáñamo en Canadá

Adaptado del artículo Quantitative determination and validation of 17 cannabinoids in cannabis and hemp using liquid chromatography-tandem mass spectrometry (McRae1 & Melanson, 2020) y el Boletín de vigilancia estratégica sector agroalimentario (Moreno, 2021).

2.4. Exportación de cáñamo

Existe una tendencia global acelerada en camino a la rápida certificación total, lo que permite que los inversionistas se interesen a largo plazo para su comercialización. Según el Observatorio de Complejidad Económica (OEC) en el 2021 los países con mayor nivel de exportación de fibras de cáñamo fueron: Italia, Países bajos, Francia, China, España (OEC,2021), como se indica en la Tabla 5.

Año	País	%	Año	País	%
2020	Italia	23,6	*2021*	Italia	9,23
	Países Bajos	18,7		Países Bajos	38,4
	Francia	16,6		Francia	13,6
	China	6,47		China	2,02
	España	4,99		España	2,12
	Bélgica	3,67		Bélgica	2,12
	EEUU	2,3		EEUU	6,26
	Suiza	1,46		Suiza	2
	Canadá	0,65		Croacia	4,92
	Otros	21,56		Luxemburgo	3,86

Tabla 5 – Porcentaje de exportación de Cáñamo (cannabis sativa L.) en bruto o trabajado, pero sin hilar; estopas y desperdicios de cáñamo, incluidos los desperdicios de hilados y las hilachas. (5302 Sistema Armonizado)

En el análisis comparativo se puede observar como Italia en el año 2021 experimenta un incremento representativo del 14.37% con respecto al 2020, en contraste a Países Bajos con un decrecimiento del 19.7% en las exportaciones de fibras de cáñamo. Los mercados con mayor potencial, teniendo en cuenta estos datos son: Italia (23,6%), Países bajos (18,7%), Francia (16,6%) y China (6.47%).

3. Metodología

En esta investigación, se utilizó un enfoque cualitativo exploratorio con la revisión bibliográfica basada en la red semántica que aborda temáticas referentes a: clasificación del cáñamo, técnicas de cultivo, estándar de calidad, protocolos de producción nacional del cáñamo para llegar a su posible exportación a mercados internacionales. Así como también se empleó el enfoque meta-analítico consolidado, para sintetizar resultados de diferentes estudios. (Escrig et al, 2020)

Finalmente, a través de un análisis bibliométrico se determina los avances en cuanto a los protocolos de producción del cáñamo y se obtuvo información sobre sus aplicaciones, regulación legal y posibles áreas de investigación aún no exploradas.

3.1. Análisis Bibliométrico

El análisis bibliométrico se llevó a cabo utilizando la base de datos de Scopus, se planteó la ecuación de búsqueda "Cannabis Production" AND "Quality" OR "Non-Psychoactive", obteniendo 215 artículos científicos directamente relacionados con el objeto de estudio de esta investigación.

Teniendo en cuenta la información arrojada por la base de datos de Scopus, se procesó la información en el software VosViewer y de allí surge el análisis de coocurrencia, en donde se identifica las apariciones conjuntas de las palabras clave en los diferentes artículos analizados, cabe resaltar que se utilizó la base de datos antes citada pues en ella se publica el 90% de artículos científicos relacionados al campo de la Administración. Para este caso el resultado del análisis se puede evidenciar Figura 2.

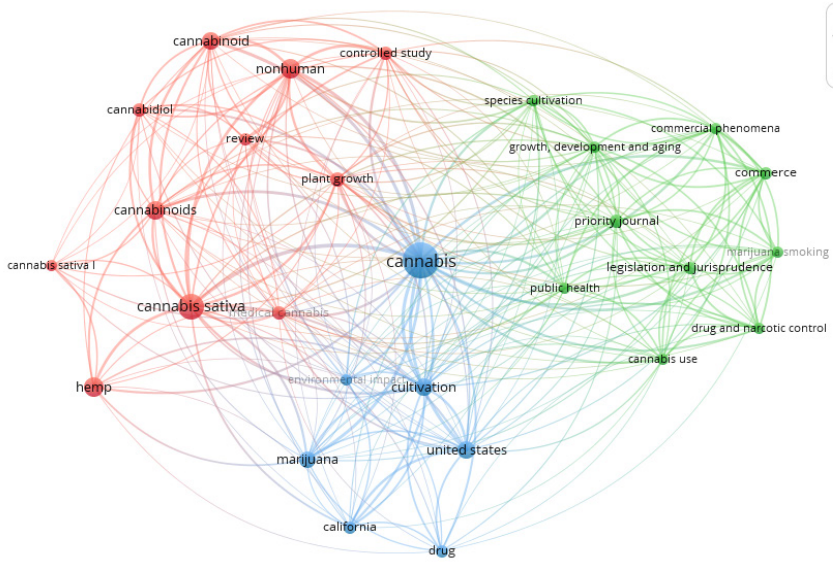


Figura 2 – El análisis de coocurrencia de los términos clave relacionados con el objeto de estudio derivado de VOSviewer, en dónde se resaltan las siguientes palabras clave: "cannabis", "cannabis sativa", "cultivation", "legislation and jurisprudence" y "public health".

Se utilizó el software Bilbliometrix con el que se procesó la información de los documentos encontrados. En dónde se pudo identificar que antes del 2018 los campos específicos del conocimiento se relacionan al cannabis como una droga, a partir del 2019 el espectro científico aborda el cannabis desde la perspectiva científica de acuerdo a la Figura 3.

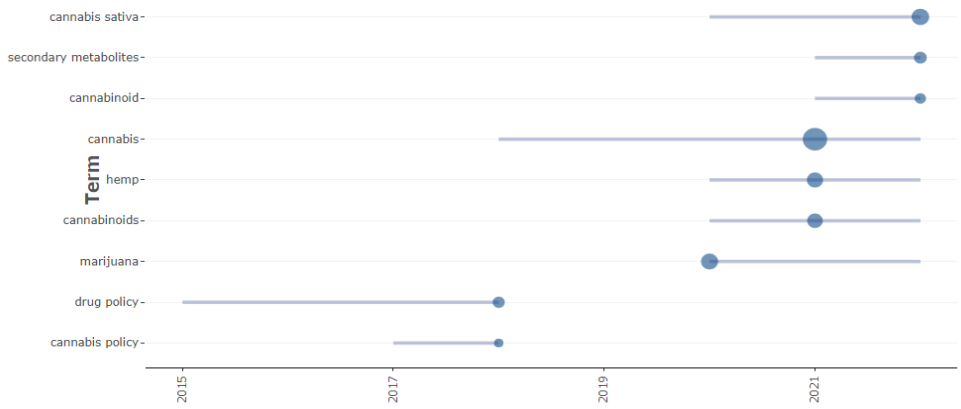


Figura 3 – Tendencias de los temas en el período relacionados al objeto de estudio en el período del 2015 al 2021.

En función de los datos obtenidos se puede identificar que existe un vacío cognitivo sobre el objeto de estudio, puesto que, existen a penas 75 artículos científicos relacionados a la temática. Resultandos insuficientes, consolidándose como una temática de investigación potencial en la actualidad y el futuro.

4. Discusión

Mediante el meta análisis consolidado se generaron los siguientes resultados, el Cáñamo es una variedad de la especie de planta Cannabis sativa que se cultiva para diversos usos: industriales, papel, telas, biocombustibles, materiales de construcción, la industria agrícola, manufacturera, de procesamiento y de forma medicinal. Sin embargo, en el apartado de la bibliografía, se han identificado dos vacíos cognitivos interrelacionados a los temas “estándar internacional de calidad” y “protocolo de exportación”.

En este sentido, luego de la investigación se pudo observar que no existe un pro-tocolo internacional de estandarización para la exportación del Cáñamo, por lo tanto, el producto de la investigación fue una propuesta de procedimiento para la exportación de cáñamo no psicoactivo que garantice la legalidad y la calidad del producto exportado, así como la respuesta a la interrogante de la investigación.

Propuesta de procedimiento para la exportación de cáñamo no psicoactivo:

Paso 1: Producción del Cáñamo

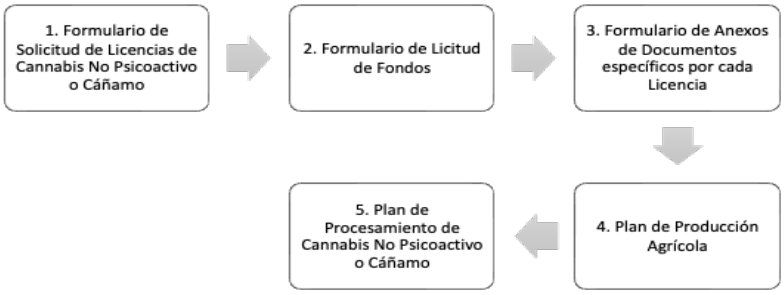


Figura 4 – Proceso de Producción del Cáñamo

Paso 2: Listado de países a los cuales se exportará y revisión de restricciones y normativa legal en el país de destino.

Paso 3: Exportación del Cáñamo

A. Licencia de exportación de cáñamo por la autoridad legal competente

- Nombre, RUC, Razón Social y dirección de la Licenciataria;
- Las actividades permitidas por la Licencia;
- El terreno, edificaciones e instalaciones, que se pueden usar o explotar para las actividades autorizadas a la Licenciataria;
- Fecha de emisión y vigencia;
- Un número único de Licencia emitido por la Autoridad Agraria Nacional;

B. Características del producto a exportar

- Ficha técnica de la variedad del cáñamo
- Identificación de los lotes a exportar
- Cantidad expresada en kg
- Factura comercial de venta
- RUC
- Análisis del lote a exportar, proveniente de un laboratorio acreditado en normativa legal vigente, dónde detalle % THC, %CBD.
- Certificado Fitosanitario

C. Etiquetado: La etiqueta que identifica los lotes a exportar debe contener:

- Nombre o marca comercial del producto.
- Denominación del producto.
- Identificación del lote.
- Tipo de Derivado.
- Contenido neto.
- Razón social y dirección completa de la Licenciataria.
- Lista de componentes, con sus respectivas especificaciones (cuando aplique).
- País de fabricación del producto.
- Porcentaje de THC.

D. Plan de Almacenamiento y Transporte.

E. Plan de trazabilidad de lotes de los derivados y/o de la biomasa o flor.

5. Conclusiones

Luego del análisis de la producción del cáñamo no psicoactivo y las posibilidades de transformación para las diferentes industrias, se pudo evidenciar el interés de los productores dado que existen 119 empresas que licenciaron la actividad de Cultivo de Cannabis no Psicoactivo o Cáñamo en contraste al 15.56% que se licenció para procesamiento de Cannabis no Psicoactivo o Cáñamo y Producción de Derivados de Cannabis no Psicoactivo o Cáñamo.

De acuerdo a la información generada en el software Bilbliometrix se determina que el cannabis previo al año 2018 se conceptualiza como una droga, posterior al 2019 se investiga su composición química haciendo énfasis en los metabolitos, cannabinoides y la concentración de CBD y THC.

Conforme al análisis del mercado exportador se evidenció que los destinos con mayor potencial son: Italia, Países bajos, Francia y China. Además, se pudo com-parar las diferencias en la concentración de THC de las distintas normativas.

En el Ecuador, la producción y exportación de cáñamo están reguladas por una serie de licencias establecidas por el gobierno. Para obtener una licencia de producción de cáñamo, los agricultores deben cumplir con requisitos específicos y estándares de calidad establecidos por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Como producto de la investigación se propone un protocolo para la exportación del cáñamo que asegure la legitimidad y excelencia del producto que se exporta, además de proporcionar una respuesta a la pregunta de la investigación ¿Los protocolos de producción nacional del cáñamo son adecuados para la exportación?

Por lo expuesto en los datos analizados se evidencia la oportunidad de realizar investigaciones futuras relacionadas a estándares de calidad, protocolos y manejo del empaque en la cadena logística del cáñamo, entre otras.

Referencias

Barraza, M., & Dávila, J. (2008). Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la Mejora Continua. Pecvnia: *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de León* (7), 285-311,. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3117757

Díaz, J. (2004). Las denominaciones del cáñamo: un problema terminológico y lexicográfico. *Universitat de València*-CSIC,65-79. https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/5486/RL_10-4.pdf

Escrig J., Llueca, J. Villach L. Beller M. (2021) Metaanálisis: una forma básica de entender e interpretar su evidencia, *Revista de Senología y Patología Mamaria* https://doi.org/10.1016/j.senol.2020.05.007

ICONTEC. (2021). Boletín de vigilancia estratégica sector agroalimentario trazabilidad alimen-taria y cannabis 1-80

Kim, C., Joshi, S., & Cauwenberghs, G. (2019). Sistema y método de alto crecimiento para el cultivo de cannabis autofloreciente., 1, 1–10

Lichtfouse, E. & Crini, G. (2020). Sustainable Agriculture Reviews, *Springer Nature Switzerland AG 2020 42, 65*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41384-2

Mayorga, F., & Cárdenas, R. (2009) Los endocanabinoides: una opción terapéutica para el tratamiento del cáncer. *Vitae*, 16(2), 259-267. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042009000200011&lng=en&tlng=es.

McRae, G. & Melanson, J. (2020). Quantitative determination and validation of 17 canna-binoids in cannabis and hemp using liquid chromatography-tandem mass spectrometry, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*,7832-7393 . https://doi.org/10.1007/s00216-020-02862-8

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). Acuerdo Ministerial 109

Moreno, J. (2021). Producción de plantas in vitro de cáñamo (Cannabis Sativa): una revisión. *Revista Biorrefinería* Vol., 4(4).

Muriel, M. (2022).El cañamo, una fibra textil sostenible. *Revista Científica Multidisciplinar,* 6(6), 12155-12182. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4246

Observatorio de Complejidad Económica (OEC). (2021).Fibras de cáñamo, cáñamo (cannabis sativa l.) en bruto o trabajado, pero sin hilar; estopas y desperdicios de cáñamo, incluidos los desperdicios de hilados y las hilachas 5302 (Sistema Armonizado 1992 para 4 dígitos) recuperado de:https://oec.world/es/profile/hs/hemp-fibers?yearSelector1=2021

Owusu. D. (2021). El cáñamo, un cultivo sustentable de cara al futuro, *Revista Biorrefinería*,3-6,. de cara al futuro. https://www.tomhemps.com/es/el-canamo-un-cultivo-sustentable-de-cara-al-futuro/

Potter, D. (2013). A review of the cultivation and processing of cannabis (Cannabis sativa L.) for production of prescription medicines in the UK. *Drug Test Analysis*. 6 (1-2), 31-38. https://doi.org/10.1002/dta.1531

Promhuad, K., Srisa, A., San H., Laorenza, Y., Wonghan P., Sodsai, J. Tansin K., et al. (2022). Aplicaciones de polímeros y extractos de cáñamo en alimentos, textiles y empaques: una revisión, *Revista Polímeros MDPI,*. h https://doi.org/10.3390/polym14204274

Pusiak, R., Chelsea. C.Cory, H. (2021). Growing pains: An overview of cannabis quality control and quality assurance in Canada, *International Journal of Drug* Policy,93. https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2021.103111

Ramos, J., & Fernández J. (2000). Cannabinoides: propiedades químicas y aspectos metabólicos, Monografía Cannabis Editores: Julio Bobes - *Amador Calafat* 2(2), 42-43. https://bibliodrogas.gob.cl/biblioteca/documentos/CANNABIS_ES_3628.PDF#page=42

Rodríguez, E., & Fontaine, J. (2020). Situación actual de Cannabis sativa, beneficios terapéuticos y reacciones adversas. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 19(6) https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180465572007

Samaniego, F., (2021). La industria del cannabis y el cáñamo genera expectativa en Ecuador, Corral Rosales International Standards, local vanguard 1-2. https://corralrosales.com/wp-content/uploads/2021/07/Corral-Rosales.pdf

Schluttenhofer, C., & Yuan, L. (2017). Challenges towards revitalizing hemp: A multifaceted crop. *Revista Trends in plant science*, 22(11), 917-929. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.08.004

Tamosiunas, G., Pagano, E., Artagaveytia, P. (2013). Una introducción al perfil farmacológico y terapéutico de la marihuana. *Archivos de Medicina Interna*, 35(3), 113-116.http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-423X2013000300010&lng=es&tlng=es

Valizadehderakhshan, M., Shahbazi, A., Kazem-Rostami, M.,Todd, M.,Bhowmik, A.,Wang, L. (2021). Extraction of Cannabinoids from Cannabis sativa L. (Hemp)—Review. Agriculture, 11, 384. https://doi.org/10.3390/agriculture11050384

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 27/03/2024
Aceitação/Acceptance: 16/06/2024

Caracterización de los biosólidos como materia prima sostenible para la industria

Steeven Cuti[1], Andres Urbina[2]

scuti@tecnologicoismac.edu.ec; andres.urbina@qsi.ec

[1] Instituto Tecnológico Universitario ISMAC, Belermo S2-02 y Oswaldo Guayasamin,170184, Quito-Ecuador

[2] QSI ECUADOR SA, Av. Galo Plaza Lasso 10640, Quito 170138, Quito-Ecuador

Pages: 120-132

Resumen: Los biosólidos pueden ser una fuente de contaminación en el ambiente, puesto que forman lixiviados, son tóxicos y podrían generan malos olores. Esta investigación tiene como objetivo realizar una caracterización física, química y biológica de biosólidos obtenidos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, en Ambato-Ecuador. La metodología propuesta en esta investigación es de enfoque cuantitativo, tipo de investigación experimental y el uso de técnicas de campo y laboratorio. Primero, se ejecutó una etapa de revisión documental bibliográfica; segundo, se recolectó muestras de biosólidos; y tercero, se realizó su caracterización física, química y biológicamente. El biosólido se categoriza como suelo orgánico de baja plasticidad (OL) desde el punto de vista físico. Químicamente, se destaca la presencia de Sílice (19,65%) y Plagioclasas (72%). La evaluación biológica (CRETIB) concluye que no es tóxico; por lo tanto, los biosólidos podrían emplearse en diversas etapas de la industria en la construcción.

Palabras-clave: biosólidos, plantas de tratamiento, aguas residuales, CRETIB

Characterization of Biosolids as a Sustainable Raw Material for the Industry

Abstract: Biosolids can be a source of environmental contamination as they form leachates, are toxic, and could generate unpleasant odors. This research aims to perform a physical, chemical, and biological characterization of biosolids obtained from the Wastewater Treatment Plant in Ambato, Ecuador. The proposed methodology in this research is quantitative, of an experimental research type, and involves the use of field and laboratory techniques. First, a stage of documentary bibliographic review was conducted; second, biosolid samples were collected; and third, their physical, chemical, and biological characterization was carried out. The biosolid is categorized as low plasticity organic soil (OL) from a physical perspective. Chemically, the presence of Silica (19.65%) and Plagioclase (72%) is highlighted. The biological evaluation (CRETIB) concludes that it is not toxic; therefore, the biosolids could be used in various stages of the construction industry.

Keywords: biosolids, treatment plants, wastewater, CRETIB

1. Introducción

El tratamiento de las aguas residuales ha generado una preocupación a nivel mundial; puesto que muchos países invierten altas cantidades de dinero en su tratamiento y disposición final. Seguir los diversos tratamientos, procesos y protocolos para descontaminar las aguas residuales resulta complejo, pero beneficia a la calidad de vida humana, la protección del ambiente y el desarrollo económico de las naciones (UNESCO, 2018).

De acuerdo con Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas en el año 2017, en su repositorio AQUASTAT, se determina que anualmente descargan 2.212 km^3 de aguas residuales en forma de efluentes municipales, industriales y aguas de evacuación agrícola; muchas de estas sin previo tratamiento. Por lo tanto, es necesaria la depuración de las aguas residuales por medio de las plantas de tratamientos, denominadas también como PTAR (UNESCO, 2017).

Independientemente del proceso o método de depuración, del agua residual, se genera un subproducto denominado como lodos residuales o biosólidos. Sin embargo, la disposición final de los biosólidos en el ambiente, sin tratamiento o procesos de estabilización, puede generar efectos adversos a la salud humana y al ambiente, ya que contienen microrganismos patógenos y elementos químicos, como metales pesados, y material orgánico en cantidades muy considerables (Metcalf & Eddy, 2004)

Estos residuos, que incluyen elementos biológicos y otros materiales, son un punto de preocupación ambiental por la alta carga contaminante que poseen y actualmente su disposición final es una dificultad para las empresas; generalmente son sometidos a varios procesos de tratamiento para reducir su contenido de patógenos y estabilizar su composición (Paz, Henríquez, & Freres, 2007).

En esta investigación se pretende verificar, experimentalmente, la caracterización física, química y biológica en muestras de biosólidos obtenidos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), el Peral, Ambato-Ecuador, a treves de ensayos y pruebas de laboratorio para su posible uso ecológico en la industria. Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿los biosólidos son una alternativa ecológica para su uso en la industria?

2. Marco Teórico

2.1. Aguas Residuales

De acuerdo con la AQUASTAT1 (Sistema de Información Global de la FAO sobre Recursos Hídricos y Gestión Agrícola) a nivel mundial se utilizan aproximadamente 4000 km^3 de agua dulce anuales, de esta cantidad el 45% se utiliza en la agricultura, el restante (55%) es utilizado por el hombre en sus diferentes actividades, y que luego son vertidas al ambiente como aguas residuales tanto como efluentes municipales e industriales (FAO, 2023).

2.2. Tratamiento de aguas residuales

Existen varios mecanismos o sistemas para la descontaminación de las aguas residuales, estas pueden clasificarse usando dos grandes metodologías para su depuración; la primera utiliza procesos físico-químicos, y la segunda, usa procesos biológicos; dependiendo de la composición y caracterización del agua (Metcalf, & Eddy, 2004).

En el tratamiento primario se prepara al agua residual, limpiándola de aquellos materiales que, por sus dimensiones, pueden llegar a dañar los equipos y procesos consecuentes; en promedio se eliminan el 60% de sólidos suspendidos (Chávez, 2017). En el tratamiento secundario se busca la reducción o eliminación de materiales orgánicos, la desestabilización y agrupación de contaminantes, para separar del agua de las partículas en suspensión y así facilitar su decantación; generalmente, en este proceso se utiliza bacterias y procesos físicos-químicos (Arboleda, 2000). El tratamiento terciario es la fase previa a la descarga del agua al cuerpo receptor y se debe asegurar que el agua posea las características de calidad esperadas; en este tratamiento, se pretende eliminan nutrientes, metales pesados, micro contaminantes orgánicos, mediante el uso de procesos físico-químico avanzados (Folch, 1997).

2.3. Los biosólidos

Los biosólidos son subproductos líquidos, sólidos o semisólidos generados durante el tratamiento de aguas residuales. Esto incluye a sólidos removidos en tratamientos primarios, secundarios o terciarios y material derivado, que generalmente están compuestos entre el 60-80% de materia orgánica, el 20-40% de materia inerte, el 3-5% de N y muy escasamente de K y P; además de la posible existencia de metales pesado y microrganismos patógenos: bacterias, parásitos intestinales y virus (Cruz, 2015).

Las características de los biosólidos pueden variar dependiendo del proceso de tratamiento al que hayan sido sometido y de las normas específicas de cada país o región. De acuerdo con Paz, Henríquez & Freres (2007), en su literatura “Según sus características sanitarias”, se clasifican de la siguiente manera: lodos clase A, aquellos sin restricciones sanitarias para su aplicación benéfica al suelo (coli fecales < 1.000 NMP/g lodo) y lodos clase B, aquellos aptos para aplicación benéfica al suelo, con restricciones sanitarias de aplicación según tipo y localización de los suelos (coli fecales < 2.000.000 NMP/g lodo)”

2.4. Uso de los Biosólidos

Autores como Snyman, Alexander & Marks, (2000) argumentan que la disposición y/o aprovechamiento final de los biosólidos implica un reto económico y de ingeniería, puesto que el volumen y las cantidades que se generan involucran tanto la inversión en infraestructura como el desarrollo de tecnologías que reducen su volumen y alcanzar su estabilización para eliminar las propiedades contaminantes.

Para la disposición final de estos materiales se han estudiado algunas alternativas y muchas de estas han sido puestas en práctica; por ejemplo: La utilización agrícola con

sus distintas variantes (jardinería, agroforestería, entre otras) dando resultados positivos por ser fuente de una gran cantidad de materia orgánica (Nascimento & Barros, 2004) y nutrientes esenciales para las plantas, fundamentalmente N, P y Ca (Azevedo, Rocha, Lima, & Pohlman, 2001) considerándose como una práctica eminentemente sostenible. Esto se ve justificado ya que los nutrientes, dentro de los biosólidos, incrementan la biomasa y el rendimiento de las plantas (Brofas & Alifragis, 2000); dichos elementos en concentraciones altas pueden perjudicar a las características de los suelos y el desarrollo de las plantas de cultivo (Miralles, y otros, 2002).

Otra opción para el aprovechamiento de los biosólidos es la digestión anaeróbica, la cual se realiza en ausencia de oxígeno y genera biogás (compuesto principalmente por CH_4, CO_2 y N_2), el cual puede ser utilizado como combustible para la producción de energía eléctrica (Rulkens, 2007).

Por otra parte Alleman James E. & Berman Neil A. (1984), investigaron el manejo de los biosólidos para elaborar materiales de construcción, elaborando bio-briks (Smol et al, 2015). Además, los biosólidos han sido aplicados en zonas afectadas por erosión, compactación o la disminución de su contenido de materia orgánica. Estos revitalizan y mejoran la calidad del suelo al incrementar su capacidad de retención de humedad y nutrientes (Barrera, Campos, & Montoya, 2007).

3. Método

La metodología utilizada en esta investigación fue de enfoque cuantitativo, el tipo de investigación fue experimental de campo y laboratorio, se utilizó una técnica de revisión documental bibliográfica acompañada de la recolección de muestras de biosólidos obtenidos de la PTAR, el Peral, Ambato-Ecuador. Este estudio fue elaborado en tres momentos: Una revisión bibliográfica, La recolección de datos en campo para la caracterización física, química y biológica de los biosólidos, y el análisis de la viabilidad de un posible uso de éstos en la industria. A continuación, se explica los procedimiento, métodos y materiales usados en esta investigación. Se colectó 5 kg de muestra de biosólido del lecho de secado de la PTAR; para esto, se homogenizó el material y se almacenó en sacos industriales de polietileno de alta densidad y resistencia para estudiar sus características físicas, químicas y biológicas.

3.1. Caracterización física

La caracterización física del biosólido fue realizada en el Laboratorio de Ensayos de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas, LEMSUR, basándose en los procesos del manual American Standard of Testing Materials (ASTM). Las pruebas de laboratorio que se realizaron fueron: Contenido de humedad (%), Índice de plasticidad, Densidad de sólidos y Granulometría de partículas finas y gruesas. En la Tabla 1 se presentan los resultados de estos ensayos (Análisis de resultados).

3.1.1. Contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad en la muestra de biosólidos se fundamentó en los procedimientos establecidos en las normas INEN 690 y ASTM D 2216-10 por duplicado.

3.1.2. Índice de plasticidad

Para determinar el índice de plasticidad, se determinó el límite líquido y limite plástico de la muestra de biosólido, siguiendo los procedimientos establecidos en la norma ASTM D 4318-10.

3.1.3. Densidad de sólidos

Este ensayo fue elaborado bajo los parámetros establecidos en las normas; ASTM D6913-04 (2009), ASTM D7928- 16 y ASTM D854-14, medidos a temperatura ambiente de 20°C. La Figura 1 presenta gráficamente parte del proceso de este ensayo.



Figura 1 – Ensayo de laboratorio de densidad de solido (Gs)

3.1.4. Granulometría de fino y gruesos

La granulometría de partículas finas y gruesas se determinó mediante el ensayo del hidrómetro [ASTM D6913-04 (2009), ASTM D7928-16 y ASTM D854-14] y por el tamizado del W. S. Tyler test Sieve (ASTM D-422) respectivamente. La Figura 5 presenta la curva de distribución granulométrica total de partículas del biosólido.

3.2. Caracterización química

La determinación de las propiedades químicas de la muestra de biosólido fue realizada en el Departamento de Metalurgia Extractiva de la Escuela Politécnica del Ecuador EPN. Los ensayos realizados fueron: Difracción de Rayos X (DRX) y Flourecencia de Rayos X y sus resultados se presentan en las Tabla 2 y 3 (Análisis de resultados).

3.1.1. Difracción de Rx (DRX)

El ensayo de Difracción de Rx se basó en las especificaciones del Manual de Operación del Difractómetro de Rayos X (D8 ADVANCE). Para esta prueba se pulverizó 50 g de muestra de biosólido, previamente secada (110°c ± 5°), en un horno por 24 h. La Figura 2 indica las muestras de biosólido durante el ensayo de FDR.

3.1.2. Flouresencia de Rayos x

Este ensayo se realizó bajo los parámetros establecidos en el manual GEO-QUANTM, del equipo de Fluorescencia de Rayos X (S8 Tiguer). Se mezcló 6 g de muestra de lodo

previamente tratada con 30 g de fundente (Li2B4O7 al 99,5%) y se colocó en un perlador. La perla formada, del proceso anterior, fue llevada a la máquina de Florescencia de Rayos (S8 Tiguer) tal como se presenta en la Figura 3.



Figura 2 – Ensayo de DRX en el biosólido

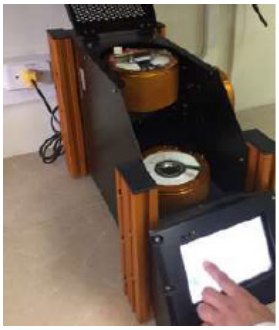


Figura 3 – Ensayo de DRX

3.3. Caracterización biológica

La caracterización CRETIB (Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Inflamabilidad e biológicamente infecciosa) del biosólido permite determinar la peligrosidad de un material en el ambiente, de acuerdo a la norma mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005; la Figura 4 muestra gráficamente el experimento. Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental (LDIA-EPN), de la Escuela Politécnica Nacional. La Tabla 4 presenta los resultados obtenidos en esta caracterización.

En la caracterización de la **corrosividad**, se utilizó 20 g de muestra de lodo mezclados con 80 ml de agua destilada (relación solido-agua 1:4), usando un pH-metro (OAKTON S10), se registró el valor del pH.

Durante la caracterización de **reactividad**, se colocó 5 g de muestra de biosólido junto con 5 ml de HCl [1N] en un vaso de precipitación; en otro vaso se colocó 5 g de muestra de biosólido junto a 5 ml de NaOH [1N], se observó su reacción.

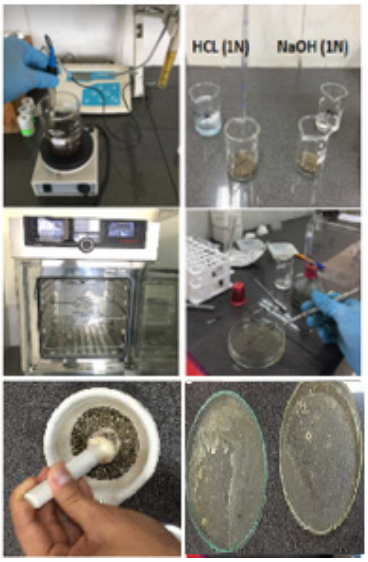


Figura 4 – Caracterización CRETIB de la muestra de biosólido

Luego, en la caracterización de **explosividad**, se colocó 100 g de muestra de biosólido en un plato cerámico, luego ésta se introdujo a la incubadora (Memmeter), en las siguientes condiciones; temperatura de 110°C, sin corriente de aire y a una presión de 1.03 kg/cm².

Para determinar las características de **toxicidad**, se colocó 10 g de muestra de biosólido (previamente seco, molido y tamizado por N° 3/8 (9,5 mm)), en un vaso de precipitación junto a 200 ml de solución CH_3-COOH (pH = 4,5) y se agitó la solución por 24 horas. Posterior a esto, se analizó el lixiviado (1:20 sólido/líquido) controlando el pH inicial de la muestra con ácido acético hasta 4,8; identificando la presencia de Cu, Zn y Ni, por el método de Absorción Atómica, (Espectrofotómetro Perkin, modelo Analyst 300).

En la caracterización de **inflamabilidad**, se colocó 200 g de muestra seca de biosólido sobre un mortero, se utilizó el pistilo del mortero para generar fricción observar la generación de vapores o chispas.

Finalmente, para la caracterización **Biológico-infeccioso**, se colocó una suspensión de muestra de biosólido y agua salina (NaCl al 0,9%) sobre dos cajas Petri (previamente esterilizadas y con agar). Luego, las cajas Petri fueron incubadas por 48 horas para la formación de colonias bacterianas.

4. Análisis de resultados

En este apartado se presenta los resultados de las etapas de caracterización físico, química y biológicamente infecciosa (CRETIB) realizados en la muestra de biosólidos.

4.1. Caracterización física

La Tabla 1 presenta los resultados de los ensayos de laboratorio de la caracterización física de la muestra de biosólidos. La Figura 5 presenta la curva de distribución granulométrica de partículas finas y gruesas de la misma.

Ensayo	Valor	Unidad de medida
Humedad	23,0	%
Limite liquido	No aplica	-
Limite plástico	No aplica	-
Índice de plasticidad	No aplica	-
Densidad de solido	2,550	g/cm³ (a 20°C)
Granulometría de material grueso	49,90	%
Granulometría de material fino	50,10	%

Tabla 1 – Caracterización de la muestra de biosólido

En la caracterización física del biosólido se puede observar que el 23% de la muestra contiene humedad, ya que el biosólido proviene del lecho de secado que se encuentra a la intemperie; además, no fue posible determinar los límites plásticos ni líquidos, por lo que se considera como material no plástico. El valor de la densidad de solido (Gs) en la muestra de biosólido es de 2,550 g/cm³, por lo que se clasifica como un suelo orgánico, esto también porque se origina de una PTAR.

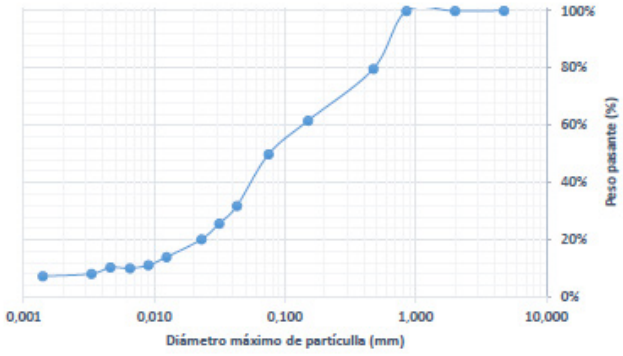


Figura 5 – Granulometría completa de la muestra del biosólido

El porcentaje de material fino (<0,075 mm) y grueso (>0,075 mm) es de 50,10% y 49,90% respectivamente, tal como lo muestra la cuerva granulométrica completa de la muestra de biosólido (Figura 5). De acuerdo con el Sistema Único de Clasificación de Suelos (SUCS), usada para cimentaciones, el biosólido se clasifica como un suelo orgánico de baja plasticidad (OL).

4.2. Caracterización química

La Tabla 2 presenta los resultados de los ensayos de laboratorio de la caracterización química de la muestra de biosólido**.** Se observa que el 72% de los minerales corresponde al grupo de las Plagioclasas ((Na,Ca)Al(Si,Al)Si_2O_8), este material es característico de los materiales rocos; además, se observa la presencia de Dolomita ($CaMg(CO_3)_2$) en el 12%, consecuente a que los biosólidos son estabilizados con cal (CaO). Por el contrario, existe apenas el 7% de Al2($Si2O_5$)$(OH)_4$ (Caolinita) componente característicos de los insecticidas y pesticidas producto de la actividad del hombre.

Mineral	Fórmula	Biosólido (%)
Grupo Plagioclasas	(Na,Ca)Al(Si,Al)Si_2O_8	72
Caolinita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	7
Corderita	$Mg_2Al_4Si_5O_{18}$	3
Moscovita	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	3
Cuarzo	SiO_2	2
Dolomita	$CaMg(CO_3)_2$	12
Grupo Plagioclasas	(Na,Ca)Al(Si,Al)Si_2O_8	72

Tabla 2 – Ensayo de DRX, minerales en el biosólido

Para finalizar, la Tabla 3 indica los elementos químicos identificados en la muestra del biosólido. En esta tabla se puede observar que el elemento predominante es el Silice (Si) en el 19,65% y, por otra parte, el Al, Fe, Ca, Na, Mg y otros están en cantidades menores al 6%.

Elemento	Contenido (%)
Si	19,65
Al	6,32
Fe	3,2
Ca	6,44
Na	2,09
Mg	1.19
K, Ti, Cl, Mn, Sr, P, S, Cu, Zn, Ni	Menor al 1,8%

Tabla 3 – Ensayo de DRX, minerales del biosólido

4.3. Caracterización biológica

La Tabla 4 presenta la caracterización CRETIB (Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad, Biológico-infeccioso) ensayados en la muestra de biosólido. El biosólido no presenta características corrosivas, ya que el valor de pH registrado fue de 8,95; por otra parte, no hubo reacción al colocar las soluciones de HCl (1N) y NaOH (1N). Después, la muestra de biosólido no presentó características explosivas durante

la incubación; además, los metales identidades en el lixiviado de la muestra fue de Zn (0,05 mg/l), Cu (0,05 mg/l) y Ni (0,44 mg/l), y las concentraciones escasas como para catalogarse como sustancia toxica. Finalmente, durante el ensayo biológico-infeccioso se puedo identificar colonias de Penicillium-fungy verde, este microorganismo es muy general en material orgánico en descomposición.

Ensayo	Resultado
Corrosividad	pH =8,95 (a 19,5°C)
Reactividad	Sin reactividad
Explosividad	Sin detonación
Toxicidad	Zn (0,05 mg/l) Cu (0,05 mg/l) Ni (0,44 mg/l)
Inflamabilidad	No detectadas
Biológico-Infeccioso	*Colonias de Penicillium-fungy verde*

Tabla 4 – Caracterización CRETIB del biosólido

5. Discusión

Una vez realizada la caracterización del biosólido se observa que, respecto a las características físicas, se determinó que gran parte de su composición de partículas gruesas, tamaño de partícula >0,075 mm, corresponde al 49,90% y que, de acuerdo a los estudios de Barrera, Campos, & Montoya (2007); este material podría ser utilizado en proyectos de reconstrucción para rellenar terraplenes y vertederos la industria de la construcción, considerándose una práctica ambiental sostenible.

De acuerdo con la caracterización química del biosólido, se observa que el 72% de los minerales identificados es esta muestra, corresponde al grupo de las Plagioclasas ((Na,Ca) $Al(Si,Al)Si_2O_8$), este compuesto es muy característico de los materiales rocos y corrobora su utilización para la elaboración de materiales construcción, en la cual podría utilizarse como materia prima o material parcialmente sustituto. Estudios demuestran que estos biosólidos pueden ser utilizados en asfalto (Al Sayed, et al, 1995), morteros (Monzo et al, 1996), bloques, ladrillos (Alleman & Berman, 1984),, adoquines, en remediación de suelos degradados que han sido dañados por erosión (Zubillaga, 2012), entro otros.

Finalmente, existen aplicaciones en los que se han utilizado biosólidos como enmiendas del suelo en la agricultura ya que portan importantes nutrientes como N, P y materia orgánica al suelo, mejorando su calidad y fertilidad; esto mejora la productividad de los cultivos y disminuye el uso de fertilizantes químicos. Además, estos han sido utilizados para la producción de biogás y energía, lo que ayuda a reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables (Venegas, 2013).

Sin embargo, los biosólidos obtenidos de la PTAR, el Peral, Ambato-Ecuador, no podrían ser aprovechados para esta aplicación, ya que no se exploró una caracterización en la que se identifique cantidades de Nutrientes y materia orgánica mediante la utilización de proceso biológicos (digestión anaerobia). Finalmente, es importante enfatizar que el

uso de biosólidos debe realizarse de manera responsable y de acuerdo con regulaciones ambientales y de salud específicas para garantizar la seguridad pública y la protección del ambiente.

6. Conclusiones

La metodología utilizada en esta investigación permitió caracterizar física, química y biológica la muestra de biosólido. Con los ensayos de laboratorio se pudo determinar que esta materia podría ser un gran potencial en la industria de la construcción.

Los ensayos de laboratorio realizados durante las pruebas físicas, demuestran que los biosólidos podrían ser usados como algún sustituto de materia prima para la elaboración de materiales para la construcción, como por ejemplo en la elaboración de asfalto, morteros, bloques, adoquines y remediación de suelos degradados por la erosión.

Durante la caracterización química se utilizó el método de Absorción atómica que permitió identificar los elementos Cu, Zn y Ni, presentando valores 0,05 mg/l, 0,05 mg/l y 0,44 ml/g respectivamente. Estos resultados clasifican al biosólido como un material no toxico; basándose en la norma mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.

De acuerdo a la caracterización biológica del biosólido, análisis CRETIB, únicamente se verifico la presencia de colonia de *Penicillium-fungy verde,* que son comunes en elementos en descomposición; sin embargo, estos biosólidos no podrían ser utilizados en aplicativos como producción de biogás o de energía puesto que no se realizó ensayos más profundos de evaluación biológica; sin embargo, se podrían efectuar estudios complementarios que avalen su aplicación de estos biosólidos en otras industrias.

La aplicación de biosólidos de la PTAR, el Peral, Ambato-Ecuador, en las diferentes industrias, podría disminuir considerablemente los costos de manejo para la disposición final, además se genera menor impacto negativo en el ambiente y en la salud de la humanidad, por lo tanto, se consideran con una alternativa ecológica en la industria de la construcción.

Referencias

Al Sayed, M. H., Madany, I. M., & Buali, A. (1995). Use of sewage sludge ash in asphaltic paving mixes in hot regions. *Construction and Building Materials*, 110(1),19–23.

Alleman, J. E., & Berman, N. A. (1984). Constructive Sludge Management: Biobrick. *Journal of Environmental Engineering*, 110(2), 301-311.

Arboleda, J. (2000). Teoría y práctica de la purificación del agua. Nomos , 200-201.

ASTM D 2216-10, Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010. https://www.astm.org/

ASTM D 4318-17e1, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017. “https://www.astm.org/” www.astm.org

ASTM D 6913-04(2009), Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2009. https://www.astm.org/.

ASTM D 7928-16, Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016. https://www.astm.org/.

ASTM D 854-14, Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014. 72. https://www.astm.org/

Azevedo, C. d., Rocha, A., Lima, M. R., & Pohlman, M. (2001). Efeito residual do lodo de esgoto alcalinizado em atributos químicos e granulométricos de um cambissolo húmico. *Scientia Agraria*, 87-91.

Barrera, J., Campos, C., & Montoya, S. (2007). EXPERIENCIAS PILOTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE CANTERAS MEDIANTE EL USO DE BIOSÓLIDOS COMO ENMIENDA ORGÁNICA EN BOGOTÁ. Escuela de Restauración Ecológica (ERE), Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Carrera 7ª No. 43- 82.

Brofas, G. P., & Alifragis, D. (2000). Sewage sludge as an amendment for calcareous bauxite mine spoils reclamation. J. *Environ. Qual*, 811-816.

Chávez, I. (2017). Diseño e implementación de un sistema de Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales. Dom. Cien., ISSN: 2477-8818.

Cruz, L. (2015). Optimización de la aplicación de lodos de depuración de aguas residuales al abonado o mejora de suelos. Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales .

FAO. (15 de 5 de 2023). AQUASTAT: sistema de información global sobre el agua. Obtenido de https://www.fao.org/aquastat/en/

Folch, M. (1997). Tratamiento terciario de aguas residuales por infiltración-percolación: parámetros de control. España de Creative Commons.

Metcalf, & Eddy. (2004). Wastewater Engineering. Treatment and resource. McGraw Hill USA: Fourth Edition.

Miralles, R., Beltrán, E., Porcel, M. A., Beringola, M. L., Martín, J. V., Calvo, R., & Delgado, M. M. (2002). Influencia de tres tipos de biosólidos de estaciones depuradoras en el desarrollo de estaquillas de olivo. Int. Contam Ambient, 163 - 169.

Monzo, J., Paya, J., Borrachero, M. V., & Corcoles, A. (1996). Use of Sewage Sludge Ash (ssa)-Cement Admixtures in Mortars. *Cement and Concrete Research*, 26(9).

Nascimento, C. W., & Barros, D. A. (2004). Soil chemical alterations and growth of maize and bean plants after sewage sludge application. *Bras. Ciênc.* Solo vol. 28, no. 2, , 385-392.

Norma Oficial Mexicana [NOM]. (2006). NOM-052-SEMARNAT. establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNorma.xhtml?pidn=d3VtZitac2M4aW1mY1ozRDZmaEM3UT09

Paz, C., Henríquez, O., & Freres, R. (2007). Posibilidades de aplicación de lodos o biosólidos a los suelos del sector norte de la Región Metropolitana de Santiago. *Revista de geografía Norte Grande*.

Rulkens, W. (2007). Lodos de depuradora como recurso de biomasa para la producción de energía: descripción general y evaluación de las diversas opciones. *Combustibles energéticos*, 9-15.

Smol, M., Kulcycka, J., Henclik, A., Gorazda, K., & Wzorek, Z. (2015). The posible use of sewage slude ash (SSA) in the construction industry as a way towards a circular economi . *Journal of cleaner production*, 52(1), 45-54.

Snyman, H., Alexander, W., & Marx, C. (2000). Disposición en el suelo y reutilización agrícola de lodos de depuradora en el marco de las directrices sudafricanas actuales. Conferencia Bienal WISA.

UNESCO. (2017). The United Nations world water development report 2017: wastewater: the untapped resource; facts and figures. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247553_spa

UNESCO. (2018). Aguas Residuales el Recurso Desaprovechado. http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647s.pdf

Zubillaga, M. (2012). Remediación de suelos forrajeros contaminados con metales pesados: impacto de la aplicación de residuos orgánicos y fitoextracción. Universidade da Coruña. Departamento de Química Física e Enxeñaría Química I.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 14/05/2024
Aceitação/Acceptance: 22/07/2024

Modelo con Minería de Texto y Diccionarios de Sentimientos en Redes Sociales: Transporte público América Latina

More Valencia Rubén Alexander[1], Rivera Calle Omar[2], Borrero Carrasco Gabriel Ernesto[3], Ramírez Ordinola Víctor Hugo[4]

rmore@ucv.edu.pe; orivera@ucv.edu.pe; gborrero@ucv.edu.pe; vramirezo@unp.edu.pe

[1] Universidad César Vallejo, Escuela Ingeniería de Sistemas, Piura, 20001, Perú

[2] Universidad César Vallejo, Escuela Ingeniería Industrial, Piura, 20001, Perú.

[3] Universidad César Vallejo, Escuela de Ingeniería Industrial, Piura, 20001, Perú.

[4] Universidad Nacional de Piura, Escuela de Ingeniería Industrial, 20003, Perú.

Pages: 133-150

Resumen: Este estudio propone un modelo que combina Minería de Texto y Análisis de Componentes Principales para evaluar opiniones sobre transporte urbano y rural en redes sociales. Utilizando diccionarios argumentativos, se analizan las emociones transmitidas en los textos, lo que permite decisiones basadas en necesidades reales de los usuarios. A partir de 28,000 comentarios, se identifican patrones clave, riesgos y tendencias en los sentimientos, con una evolución de opiniones negativas hacia positivas. Temas como seguridad, justicia social, accesibilidad y sostenibilidad ambiental son abordados, integrando aspectos económicos en el análisis. La inteligencia artificial contribuye a un enfoque integral para la toma de decisiones. Este enfoque destaca por su capacidad de cuantificar y cualificar percepciones, lo que facilita acciones preventivas y correctivas. La combinación de diccionarios argumentativos, estigmergia social e inteligencia artificial ofrece una perspectiva completa, adaptable a diversos contextos, y orientada a mejorar la calidad de vida mediante la mejora del transporte.

Palabras-clave: Análisis de Sentimientos; Minería de Texto; Análisis de Componentes Principales; Transporte Urbano; Transporte Rural; Modelo de Minería de Texto; Comentarios en Redes Sociales.

Model with Text Mining and Sentiment Dictionaries in Social Media: Public Transportation in Latin America

Abstract: This study presents a model that combines Text Mining and Principal Component Analysis to evaluate opinions on urban and rural transportation expressed on social media. Argumentative dictionaries are used to analyze the emotions conveyed in the texts, enabling decisions based on users' real needs. From 28,000 comments, key patterns, risks, and trends in sentiment are identified, showing a shift from negative to positive opinions over time. Topics such as safety,

social justice, accessibility, and environmental sustainability are addressed, with economic aspects integrated into the analysis. Artificial intelligence contributes to a comprehensive approach to decision-making. This method stands out for its ability to quantify and qualify perceptions, facilitating preventive and corrective actions. The fusion of argumentative dictionaries, social stigmergy, and artificial intelligence offers a complete perspective, adaptable to various contexts, and aimed at improving the quality of life through better transportation.

Keywords: Sentiment Analysis; Text Mining; Principal Component Analysis; Urban Transportation; Rural Transportation; Text Mining Model; Social Media Comments.

1. Introducción

Una ciudadanía informada, al expresar sus inquietudes, provee datos valiosos para gestionar servicios de transporte esenciales. Las decisiones en políticas y acciones de transporte impactan el desarrollo del país, destacando la importancia de evaluar la implementación de políticas y la prestación de servicios. Las redes sociales, plataformas clave, ofrecen bases de datos ricas para este propósito. En América Latina, se clasifican varios tipos de transporte, siendo las furgonetas, "combis" llamadas en Perú, en transporte rural son el medio más común, además de buses u ómnibus (Sachún Silva, 2022). La colaboración entre autoridades y empresas es vital para abordar desafíos y priorizar la seguridad de los pasajeros (Pinedo Vargas, 2022). Las empresas deben gestionar eficazmente, cumplir regulaciones y considerar la percepción del usuario para sobresalir en el mercado (Varona Carreño, 2021).

Las redes sociales emergen como un canal crucial para expresar opiniones sobre transporte público y mejorar la calidad de vida (Arias Maldonado, 2016). Investigar factores determinantes, teniendo en cuenta necesidades y opiniones de los usuarios, es esencial para comprender la evolución y realizar cambios necesarios en el transporte público. El estudio propone un modelo de análisis situacional que utiliza minería de texto y diccionarios de sentimientos argumentativos para analizar comentarios en redes sociales sobre transporte urbano y rural en América Latina. La retroalimentación ciudadana brinda una perspectiva valiosa, permitiendo decisiones informadas que impactan directamente en la calidad de vida y el desarrollo de la sociedad (Flores, 2019).

2. Fundamentación Teórica

Aquí se presentan los fundamentos teóricos que facilitan la descripción del panorama del transporte en América Latina, los modelos empleados para llevar a cabo análisis de opiniones, y la conexión de la propuesta al emplear diccionarios de sentimientos argumentativos. La integración de estos diccionarios se propone como una referencia y respaldo para comprender socialmente la propuesta integral con respecto al transporte.

2.1. Estudios relacionados con la investigación

Las regulaciones del transporte público priorizan a menudo las demandas empresariales sobre las necesidades de los usuarios, generando una falta de enfoque en la calidad del servicio desde la perspectiva del usuario (Sánchez Cajo, 2021). La información

del usuario final se ve reflejada en las redes sociales, donde se expresan opiniones y sentimientos sobre dificultades en el transporte de pasajeros (Comi et al., 2022). Esto permite el feedback del usuario, que identifica problemas en la flota de vehículos y promueve el transporte público sobre el privado, abordando la contaminación y amenazas ambientales (Quispe Pacori, 2021).

Sin embargo, el manejo eficaz del transporte requiere adaptar modelos que valoren la información del usuario, presentando desafíos para la toma de decisiones efectivas (León et al., 2020). Las publicaciones en redes sociales ofrecen percepciones valiosas sobre las preocupaciones comunitarias, respaldando la toma de decisiones a nivel gubernamental para impulsar cambios (Orbe et al., 2019). Además, los estudios se centran en la gestión y calidad del servicio, evaluando modelos y estructuras organizativas problemáticas (Llamuca Llamuca, 2021).

La seguridad vial se ha abordado con técnicas de minería de datos y análisis de agrupamiento para prevenir accidentes y lesiones graves (Comi et al., 2022). Donde las evaluaciones de la red de transporte y predicciones basadas en la automatización tecnológica mejoran la identificación de puntos críticos para mejoras de seguridad (Dutta & Fontaine, 2019; Afghari et al., 2020). Se toma en cuenta también, que la calidad del servicio, debe evaluarse a través de dimensiones o factores, que consideran las expectativas realistas del usuario en el transporte público (Quispe Pacori, 2021).

Las opiniones de los usuarios en redes sociales son pertinentes para la aplicación de minería de texto y análisis de datos en diversos temas, pues ofrece una base sólida para la toma de decisiones en el transporte público (Zervoudakis et al., 2021). Debe tomarse desde un enfoque integral puesto que, permite la adaptación rápida a las extracciones de opiniones, proporcionando un marco sólido para el análisis de datos (Sánchez Cajo, 2021; Comi et al., 2022). La intersección de la tecnología, el feedback del usuario y la gestión eficiente del transporte es esencial para abordar los desafíos y mejorar la calidad de vida en comunidades (León et al., 2020; Orbe et al., 2019).

2.2. Marco teórico conceptual

El transporte público de pasajeros, regulado por los estados, se concede mediante contratos y autorizaciones a empresas legales (Llamuca Llamuca, 2021). Las redes sociales, según Bastick (2021), influyen profundamente en las emociones, funcionando como una estigmergia biológica que contagia emociones y afecta los procesos cognitivos. Este concepto de estigmergia, presente en organismos como termitas, explica el éxito en la cognición colectiva y destaca la importancia de la interacción entre la mente y el entorno en grupos de organismos (Piñeyro, 2011).

En el ámbito empresarial, la minería de datos y texto ofrece un análisis diagnóstico valioso, especialmente para empresas con procesos estandarizados (Plotnikova et al., 2022). En la industria logística, la minería de texto se utiliza ampliamente para analizar datos relacionados con carga, sistemas de transporte y condiciones de conductores (Mitroshin et al., 2022). Además, se aplica en el diagnóstico de problemas en la red de transporte, la predicción de rutas óptimas y la reducción de costos de entrega, demostrando su eficacia en la mejora de la eficiencia y la toma de decisiones en el sector del transporte (Mitroshin et al., 2022).

La tecnología y la minería de texto son esenciales para mejorar la recopilación de datos con fines de toma de decisiones. En el análisis de accidentes, se utilizan escenarios hipotéticos para evaluar niveles de riesgo, permitiendo a los responsables políticos y diseñadores comprender el comportamiento del usuario y tomar medidas efectivas para reducir la probabilidad de accidentes (Marcianò y Vitetta, 2011). Este enfoque integral ilustra la capacidad de la minería de texto para impactar positivamente en diversos aspectos, desde la comprensión de las emociones en las redes sociales hasta la gestión eficaz de la logística y la seguridad en el transporte.

La aplicación crucial de la tecnología en la recopilación y análisis de opiniones y datos no estructurados demanda el uso de aplicaciones especializadas, respaldado por una perspectiva transdisciplinaria que involucre ciencias administrativas e informáticas (Sánchez, 2020). La gestión de documentos y clasificaciones se optimiza mediante procesos tecnológicos, permitiendo una visualización clara de relaciones y categorías para una comprensión integral y aplicación efectiva de herramientas de gestión y administración (Moreno et al., 2020).

En el ámbito de las redes sociales, el consumo crítico es esencial para evitar la acumulación de emociones negativas y la polarización social. El análisis propuesto de la información en redes se enfoca en la representación heterogénea, utilizando matrices de adyacencia y vectores para identificar elementos estructurales cruciales para la formación de redes originales (Raja y Bajwa, 2016; F. Zhang et al., 2019). Descomponer la adyacencia a través de diccionarios de codificación dispersa revela elementos redundantes fundamentales en la construcción de redes heterogéneas, que consideran estructuras de alto orden y contribuyen a la formación de redes de información heterogéneas. Estas redes pueden autorreplicarse y superponerse para identificar patrones clave, objetivos y meta estructuras (Raja y Bajwa, 2016; F. Zhang et al., 2019).

En la extracción de características sentimentales y emocionales, se emplean modelos lingüísticos específicos como NRC y SentiWordNet, que asignan puntuaciones de sentimiento a palabras y expresiones (Allen et al., 2020; F. Zhang et al., 2019). El software R, con paquetes especializados en análisis de texto y procesamiento del lenguaje natural (NLP), se utiliza para la clasificación de sentimientos y extracción de aspectos (T. Zhang et al., 2023). El análisis de sentimientos NRC categoriza datos en grupos (positivo o negativo), explorando ocho emociones diferentes, y la extracción de aspectos se realiza mediante etiquetado POS y filtrado manual para considerar sustantivos relevantes según una frecuencia mínima (More Valencia et al., 2020; Dhakate y Joshi, 2023; Abu-Salih et al., 2023; Mohammad & Turney, 2013).

3. Metodología

El estudio se basó en una colección de 28,000 registros de comentarios relacionados con la percepción de entornos de transporte, tanto urbanos como rurales, recopilados de aplicaciones en redes sociales. Se emplearon métodos de extracción de datos, dividiéndolos en cuatro grupos o bloques, cada uno con 500 registros de comentarios. El proceso de minería de texto permitió obtener una visión objetiva del tema abordado con el objetivo de recopilar una gama diversa de comentarios subjetivos y formales en documentos.

Se seleccionaron diversos temas, como transporte urbano, transporte rural, gestión del transporte, problemas de transporte y transporte en América Latina. La información se organizó en una base de datos de hoja de cálculo para facilitar el acceso y la lectura en programas estadísticos y matemáticos como el lenguaje R y su entorno de programación R Studio, utilizando bibliotecas estándar y de código abierto.

3.1. Materiales y Métodos

La recopilación de datos se realizó en muestras por grupos, en bloques, cada uno con 500 comentarios de texto. Bloque 1: 500 (enero de 2023), Bloque 2 (enero de 2023): 500, Bloque 3 (febrero de 2023): 500, Bloque 4 (febrero de 2023): 500, sumando un total de 2,000 comentarios en una hoja de cálculo, abarcando el primer trimestre de 2023. Cada registro en la hoja de cálculo contenía información crítica, como el nombre del usuario para el comentario, el comentario en sí, la dirección o URL específica del comentario, y la fecha y hora de su publicación. Para los propósitos del estudio, estos registros se definieron como “sentencias”.

El procesamiento y tratamiento de datos se llevaron a cabo en archivos CSV de texto plano y hojas de cálculo. Se desarrolló una función en R para facilitar la limpieza de datos y permitir la concatenación de archivos bajo el mismo prefijo en el nombre. También se eliminaron duplicados utilizando funciones en R, ya que algunos comentarios se repetían en respuestas o contrapartes. Este proceso resultó en la limpieza de datos, transformando las “sentencias” en comentarios con estructuras sintácticamente correctas (More Valencia et al., 2020; Q. A. Xu et al., 2022).

Los métodos de análisis utilizados, como el análisis factorial y el análisis de componentes, se basan en un modelo de regresión que relaciona variables observables con un conjunto de variables latentes no observadas directamente en el análisis inicial. La premisa subyacente es que las relaciones entre las variables observadas, medidas por sus covarianzas o correlaciones, resultan de las relaciones entre estas variables y las variables latentes. Estas covarianzas o correlaciones son fundamentales tanto en el análisis factorial como en el análisis de componentes principales.

Las suposiciones de este análisis establecen que, si se conocen los valores de los factores comunes, las variables observadas son independientes. En este contexto, las correlaciones entre las variables observadas surgen de sus relaciones con los factores comunes. Se asume que los factores no están correlacionados entre sí, lo que implica que las cargas factoriales representan las correlaciones entre las variables observadas y los factores. El modelo de análisis factorial implica descomponer la varianza de las variables en comunalidad y variabilidad no compartida (Igual & Seguí, 2017; Z. Xu et al., 2023).

La Transformada Coseno Discreta (DCT) es una variante de la Transformada de Fourier Discreta (DFT) que opera exclusivamente con números reales en lugar de números complejos. Ha sido diseñada para concentrar una cantidad significativa de energía en su espectro de frecuencia. Aunque se utiliza principalmente en sistemas automatizados de procesamiento electrónico y eléctrico, su capacidad para utilizar números reales lo convierte en una herramienta efectiva para transformar grandes conjuntos de datos en un espectro bidimensional o cartesiano (Viana Gordo, 2019; Villalobos Alva, 2021).

En el contexto del estudio sobre la percepción del transporte público, estas transformadas son fundamentales ya que permiten un análisis cualitativo de las señales y opiniones recopiladas. Se incluyen en diccionarios específicos como “syuzhet”, “afinn”, “bing” y “nrc”, que son bibliotecas basadas en programación de lenguaje natural. El paquete incluye cuatro diccionarios de sentimientos y proporciona acceso a una herramienta de extracción de sentimientos altamente efectiva, aunque su uso conlleva una carga computacional significativa. Esta herramienta ha sido desarrollada por el Grupo de Procesamiento del Lenguaje Natural en la Universidad de Stanford. El análisis de sentimientos de los datos relacionados con la percepción del transporte público se llevará a cabo utilizando esta biblioteca en combinación con el software R (Bhowmik et al., 2022; Matthew, 2023).

3.2. Propuesta para el Modelo y Proceso de Análisis

El proceso comienza utilizando applets para recopilar comentarios del plugin de la red social Twitter @X y registrando los datos, la Figura. 1. muestra el proceso propuesto. Se recopilan comentarios sobre la percepción del transporte urbano y rural en comunidades y ciudades latinoamericanas utilizando palabras clave y frases relacionadas con el transporte. Se sistematiza una muestra para el análisis propuesto en este artículo, que se muestra en este proceso con 2,000 registros en hojas de cálculo, con fechas de referencia para la acción basadas en la experiencia y comentarios guardados. Se utilizan cuatro grupos de muestra de comentarios, para los cuales se realiza una limpieza de texto para obtener términos. La figura 2., muestra parte inicial del código programático para el soporte de programación en R, compartido el código de la investigación en plataforma GitHub y además data muestral depositada por los autores en Harvard Dataverse (More Valencia, 2023a).

Se realiza un proceso de traducción para los comentarios en inglés y español, y se evalúan diccionarios en estos idiomas (Algoritmo Figura 2.). Luego, los comentarios se clasifican y generalizan. Se utiliza un filtro basado en diccionarios de sentimientos, como Syuzhet, Bing, Afinn y NRC. Se generan consultas valoradas para evaluar las emociones y sentimientos expresados en los comentarios.

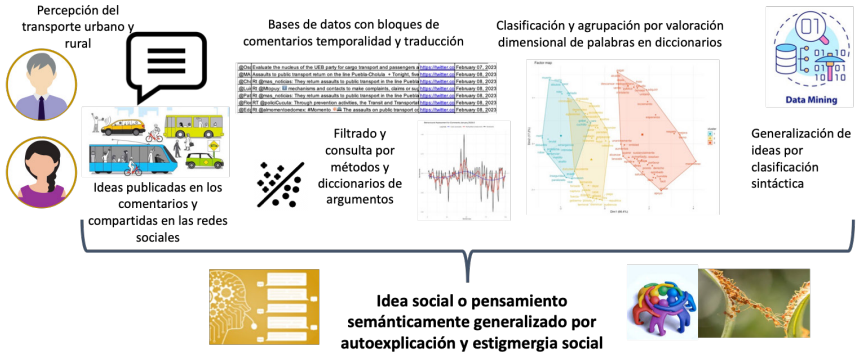


Figura 1 – Modelo de análisis situacional mediante proceso de minería de texto con comentarios de redes sociales y diccionarios de argumentos.

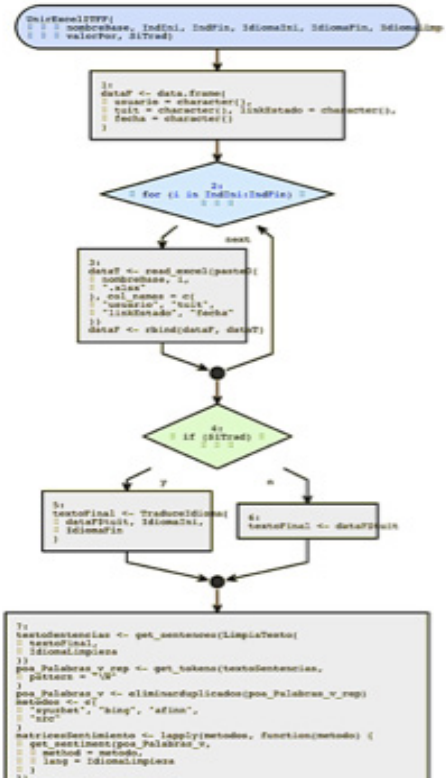


Figura 2 – Algoritmo para lectura de bloques de comentarios y lograr matrices de sentimientos de cuatro diccionarios.

El siguiente paso implica el uso de inteligencia artificial (IA) para generalizar ideas controlando la semántica de términos y palabras utilizadas en los comentarios. La clasificación se realiza en al menos cuatro dimensiones en tablas que evalúan la calificación de la clasificación y también en un plano bidimensional a través de un análisis de correspondencia. Esta clasificación sintáctica se utiliza para desarrollar un sistema autónomo basado en el contexto mediante ingeniería semántica con 'Prompt Engineering'. Se proponen dos variantes para explorar emociones, sentimientos y cambios propuestos expresados en ideas sociales generalizadas.

4. Resultados

En el análisis de los datos, para la Tabla 1, se observan patrones en la expresión de sentimientos en dos grupos, y los cuatro diccionarios. Los valores centrales se han situado en un plano cartesiano con valor central 0 (cero). En función del signo y de la proximidad, existe una valoración del sentimiento analizado por bloques, baja o alta, en relación con el valor cero. En el primer grupo, destacan los niveles bajos de

ira, anticipación, asco, miedo, alegría y tristeza, mientras que la sorpresa y la confianza muestran valores altos.

Comentarios bloque 1 – Diccionarios				
Sentimientos	**syuzhet**	**bing**	**afinn**	**nrc**
ira	-0.0777	-0.0851	-0.1915	-0.0638
anticipación	-0.0141	-0.0217	-0.0217	0.0000
asco	-0.0098	-0.0217	-0.0870	0.0217
miedo	-0.0457	-0.0217	-0.0652	0.0000
alegría	-0.0250	0.0217	0.0652	-0.0217
tristeza	-0.0174	-0.0217	-0.1739	0.0435
sorpresa	0.0511	0.0652	0.0652	0.0217
confianza	0.0609	0.0870	0.0435	0.0217
negativo	0.0141	0.0435	0.1304	0.0217
positivo	0.0315	0.0435	-0.0870	0.1522
Comentarios bloque 2 – Diccionarios				
Sentimientos	**syuzhet**	**bing**	**afinn**	**nrc**
ira	0.0022	0.0222	0.0222	0.0444
anticipación	-0.0534	-0.0455	-0.1364	-0.1136
asco	-0.0511	-0.0455	-0.0682	-0.0682
miedo	-0.0477	-0.0455	-0.1364	-0.1136
alegría	-0.0300	-0.0444	-0.2000	-0.0444
tristeza	0.1261	0.1136	0.1818	0.1591
sorpresa	0.0102	0.0227	0.0909	-0.0227
confianza	-0.0398	-0.0227	-0.1364	-0.0455
negativo	-0.1136	-0.0455	-0.1136	-0.0682
positivo	-0.1333	-0.1333	-0.3778	-0.0667

Tabla 1 – Matrices con las valoraciones calculadas en los comentarios para sentimientos y valoraciones positivas o negativas en base a cada diccionario argumental grupos 1 y 2.

El diccionario NRC establece criterios de negatividad y positividad que indican una tendencia hacia la sorpresa y la confianza en este grupo. En este grupo tienden a prevalecer los sentimientos positivos como la sorpresa, la confianza y la anticipación, aunque el miedo muestre valores altos en algunos casos debido a la presencia de sentimientos negativos como el asco.

Comentarios bloque 3 – Diccionarios				
Sentimientos	**syuzhet**	**bing**	**afinn**	**nrc**
ira	0.0736	0.0364	0.0727	0.1273
anticipación	0.0083	0.0000	0.0370	0.0370
asco	-0.0282	0.0000	-0.1091	0.0000
miedo	0.0519	0.0185	0.1111	0.0741
alegría	-0.0200	0.0364	0.0909	-0.0727
tristeza	-0.0343	0.0000	-0.1482	-0.0185
sorpresa	0.0194	-0.0370	0.0185	0.0185
confianza	0.0018	0.0182	0.0364	0.0546
negativo	-0.0593	-0.0741	-0.0185	-0.0370
positivo	0.0264	0.0182	0.0000	0.0182
Comentarios bloque 4 – Diccionarios				
Sentimientos	**syuzhet**	**bing**	**afinn**	**nrc**
ira	0.0008	-0.0484	-0.1129	0.0161
anticipación	0.0549	0.0328	0.0984	0.1148
asco	-0.0082	0.0164	0.0000	-0.0164
miedo	-0.0025	-0.0164	-0.0164	0.0164
alegría	0.0508	0.0492	0.1639	0.0984
tristeza	0.0148	-0.0492	-0.0984	0.0820
sorpresa	0.0057	-0.0492	0.0164	-0.0656
confianza	0.0246	-0.0164	-0.0492	0.0820
negativo	0.0861	0.0984	0.1475	0.1475
positivo	-0.0172	0.0164	-0.0656	-0.0328

Tabla 2 – Matrices con las valoraciones calculadas en los comentarios para sentimientos y valoraciones positivas o negativas en base a cada diccionario argumental grupos 3 y 4.

Por último, el cuarto grupo mantiene un equilibrio entre sentimientos negativos y positivos. Destacan los altos valores de ira, anticipación y tristeza en el aspecto negativo, mientras que, en el positivo, los diccionarios Afinn y NRC muestran altos valores en confianza y anticipación. La ira y el miedo predominan en el sentimiento de este grupo, aunque la tristeza también muestra un valor superior a la media, y la confianza tiene valores negativos según el diccionario Bing. Estos patrones reflejan la complejidad de las emociones y sentimientos expresados en los comentarios y opiniones en línea. En el tercer grupo, para la Tabla 2, los valores bajos están relacionados con el asco, la alegría y

la tristeza, mientras que la anticipación muestra algunos valores altos en los diccionarios Syuzhet, Afinn y NRC.

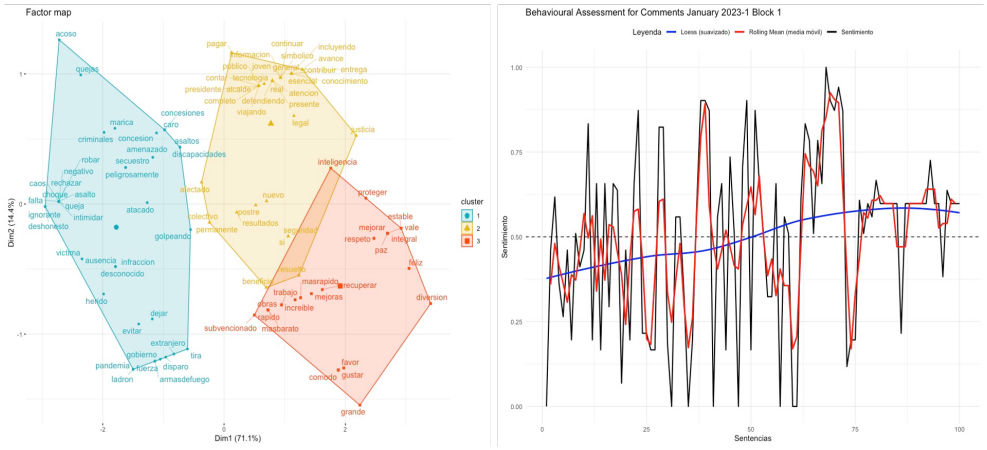


Figura 3 – Análisis evaluado mediante DTC (transformada discreta del coseno) y análisis de componentes principales bloque para el grupo 1.

El valor de la línea DTC suavizada, y la tendencia equilibrada entre términos y palabras negativos y positivos en los comentarios del primer bloque, reflejan un equilibrio entre sentimientos negativos y positivos, la Fig. 3. muestra el análisis del bloque de comentarios. Inicialmente, predominaba una tendencia negativa, con valores muy por debajo de la media. Sin embargo, en la segunda parte de este bloque, los sentimientos se vuelven más positivos. El análisis de componentes principales, basado en el diccionario Syuzhet, revela la presencia de palabras negativas relacionadas con quejas, delitos y peligros, algunas asociadas a características de género. También se mencionan experiencias negativas como robos, agresiones y lesiones causadas por armas de fuego o golpes.

Por otra parte, se identifican palabras relacionadas con aspectos positivos, como “prestación rápida y asequible”, junto con otras en un área neutra que abordan temas como los viajes, las discapacidades y la implicación de las autoridades públicas. Aunque la tendencia general en este primer grupo es neutra, existe la necesidad de que las autoridades aborden cuestiones persistentes y colectivas relacionadas con el transporte público. Los comentarios reflejan experiencias negativas, incluidos delitos comunes y violentos, lo que sugiere un sentimiento de intimidación y victimización debido a la falta de prestaciones y mejoras en el transporte público.

En el segundo grupo de comentarios, la línea suavizada revela un predominio de sentimientos negativos, aunque algunos se acercan al punto neutro. En el análisis de correspondencias y de componentes principales, destacan palabras negativas como “muerte”, “delito”, “agresión”, “asalto”, “ladrones” y “catástrofe”, la Figura. 4. muestra el análisis del bloque de comentarios. Estas palabras están relacionadas con términos como ‘emergencia’, ‘intimidación’, ‘asalto’, ‘denuncia’, ‘inseguridad’ y ‘paralizado’, comportamiento vinculado a ‘daño’, ‘abuso’, ‘detención’, ‘amenaza’ y ‘espera’.

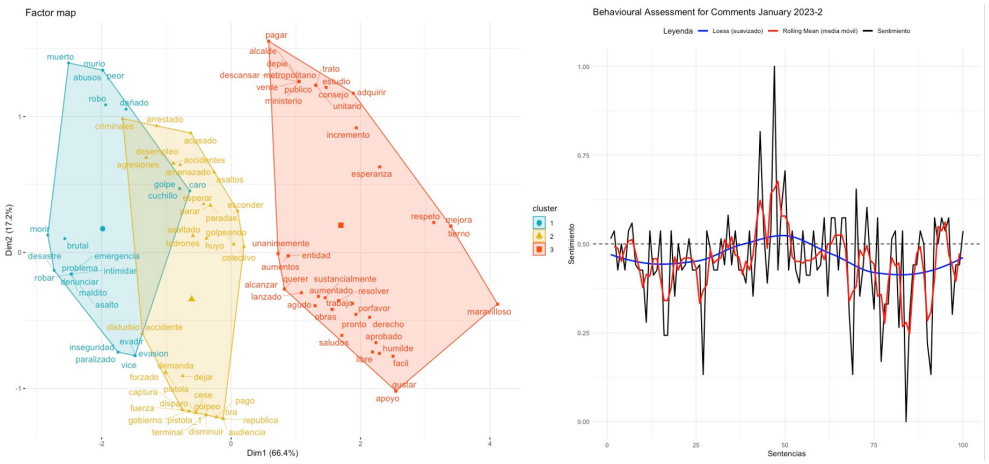


Figura 4 – Análisis evaluado mediante DTC (transformada discreta del coseno) y análisis de componentes principales bloque para el grupo2.

Por el contrario, las palabras positivas son escasas y están más relacionadas con términos neutros como 'descanso', 'público', 'verde', 'esconderse', 'querer' y 'audiencia'. Sin embargo, los valores negativos superan a los positivos, lo que refleja una tendencia general hacia la negatividad en los comentarios de los medios sociales. Además, se observa que las definiciones negativas suelen estar relacionadas con elementos neutros, como "dejar escapar" y "colectivo", junto con términos como "esperar", "paradas" y "acusar". En resumen, en esta segunda parte, tanto el análisis de sentimientos como el análisis de componentes principales indican una prevalencia de ideas y sentimientos negativos entre las personas que expresan sus opiniones en los medios sociales.

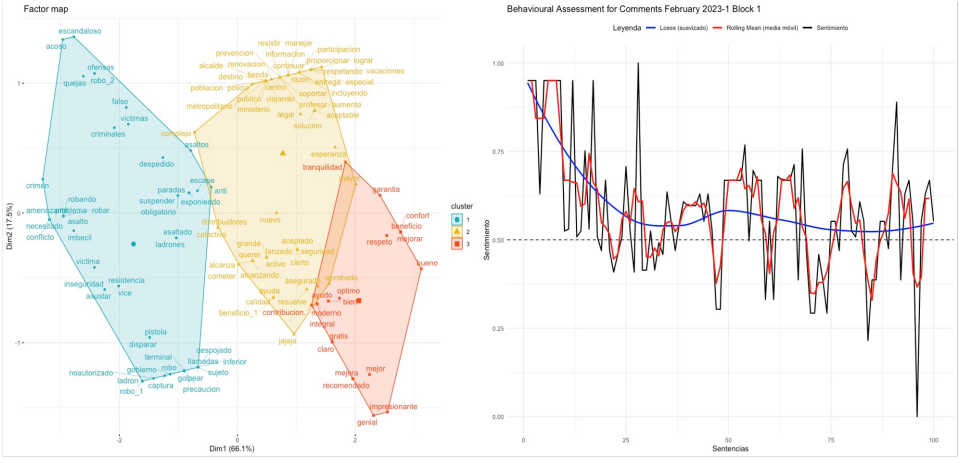


Figura 5 – Análisis evaluado mediante DTC (transformada discreta del coseno) y análisis de componentes principales bloque para el grupo 3.

En el tercer grupo de comentarios se observa una tendencia positiva, que se suaviza, pero no supera la neutralidad, la Figura. 5. muestra el análisis del bloque de comentarios). La transformada discreta del coseno sigue siendo similar, lo que indica que palabras como “población”, “viajar”, “destino”, “tiendas”, “antirrobo”, “querer”, “ayuda”, “calidad”, “beneficio” y “temas” se mantienen cerca de los sentimientos neutros. Esto no implica la ausencia de palabras negativas en las opiniones de la gente, ya que términos destacados en grupos anteriores, como “robo”, “asalto”, “susto” e “inseguridad”, permanecen en una zona cercana a la neutralidad.

Es interesante que algunos aspectos negativos permanezcan en una zona casi neutra, como “no autorización”, “precaución”, “resistencia”, “ofensa”, “obligación” y “necesidad”. Estas palabras reflejan la forma en que la gente expresa los aspectos negativos en sus comentarios. Sin embargo, hacia el final del tercer grupo de análisis, se observa un aumento significativo de la negatividad de los sentimientos expresados en los comentarios. Palabras como “falso”, “amenaza”, “conflicto”, “quejas”, “delitos”, “inseguridad”, “delito”, “paliza” y “falsedad” mantienen un alto grado de negatividad en las opiniones de la gente. Así se resume el análisis mediante componentes principales y correspondencia en esta tercera parte del estudio.

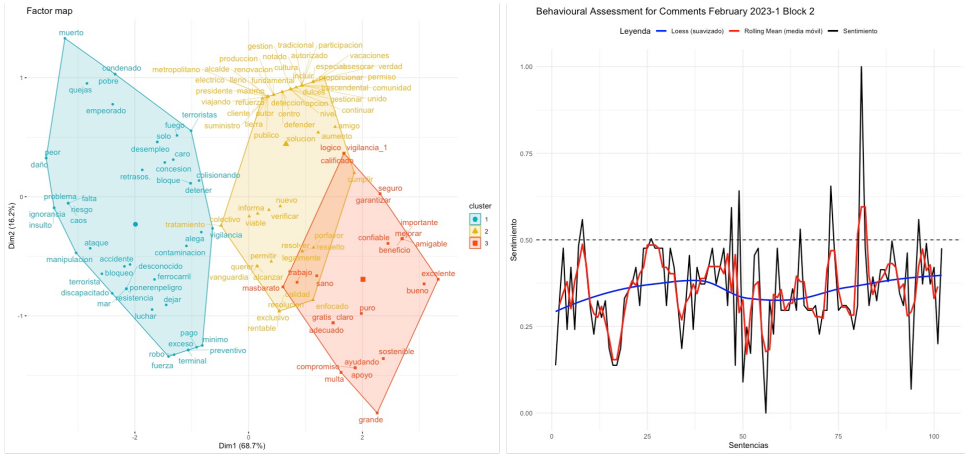


Figura 6 – Análisis evaluado mediante DTC (transformada discreta del coseno) y análisis de componentes principales bloque para el grupo 4.
Fuente: Elaboración propia, 2024

Aunque la tendencia del cuarto grupo se inclina hacia límites negativos próximos a la media neutra, el componente negativo es el más frecuente, con un solo punto “positivo”, la Figura. 6. muestra el análisis del bloque de comentarios. Las ideas de “vanguardia”, “exclusivo”, “rentabilidad”, “resolución”, “calidad”, “suministro”, “máximo”, “completo”, “mínimo”, “ferrocarril”, “automatización”, “resolución” y “más barato” son elementos “positivos” en la última parte de los comentarios de las personas de este cuarto grupo analizado.

Siempre prevalece la valoración "negativa". En este cuarto grupo, hay elementos que se han visto en los tres grupos anteriores y que siguen repitiéndose. Sin embargo, se añaden otros, como 'insulto', 'caos', 'manipulación', 'discapacidad', 'terrorismo', 'desconocimiento', 'lucha', 'condenado', 'pobre', 'desempleo', 'denuncias', 'soledad', 'resistencia' y 'peligro'. Los grupos exhiben un alto sentido de 'negatividad', pero con cierta tendencia a 'empezar' y 'terminar', este grupo o bloque analizado tiende a la 'neutralidad'. Lo interesante de la 'forma positiva' agrupada es que se vincula con las autoridades y su 'deseo de mejorar' los servicios de transporte urbano y rural, incluso explorando otros métodos como el uso de un 'Metropolitano' en los comentarios latinoamericanos y también trenes o ferrocarriles que están a la 'vanguardia' de los aspectos positivos en los comentarios.

Lograr una semántica argumentativa generalizada a partir de los comentarios en las redes sociales implica comprender y analizar cuidadosamente las emociones y sentimientos expresados por los usuarios. La riqueza de los datos recogidos en esta conversación revela que las redes sociales sirven de auténtico reflejo de las experiencias y percepciones de la gente sobre el transporte urbano y rural.

5. Discusión y Conclusiones

Este estudio destaca que los comentarios, opiniones e ideas compartidas por los usuarios en las redes sociales, incluidos los blogs y el microblogging, ofrecen una ventana a sus necesidades y contribuyen a centrar la atención en la calidad del servicio. El uso de diccionarios argumentativos, integrados en el procesamiento del lenguaje natural, es fundamental para definir este enfoque, ya que tiene en cuenta los sentimientos de los usuarios, aportando valiosos elementos de decisión basados en sus experiencias.

El modelo propuesto se formaliza a través de un análisis de componentes principales, evaluando factores dimensionales detectados a través del análisis de correspondencias. Esto permite reevaluar e identificar riesgos ante accidentes, flujos de tráfico intensos o zonas críticas que requieren mejoras de seguridad.

El espectro emocional proporciona una rica base para construir una semántica argumentativa que aborde tanto los aspectos positivos como los retos percibidos. La aplicación de diccionarios de argumentos y técnicas de minería de textos resulta esencial para categorizar y comprender las emociones expresadas.

Los comentarios en las redes sociales pueden reflejar sesgos inherentes, ya sean culturales, políticos o sociales. La presencia de prejuicios puede influir en las interpretaciones, dando lugar a conclusiones sesgadas o a discriminación. La recogida y uso de datos de los usuarios en los medios sociales plantea problemas éticos y de privacidad. La falta de consentimiento adecuado o la violación de la privacidad pueden provocar resistencia y críticas. Aunque la inteligencia artificial es poderosa, aún puede tener limitaciones para comprender todo el contexto y las sutilezas del lenguaje humano. Las interpretaciones automatizadas pueden no captar toda la complejidad de las emociones y sentimientos expresados.

El método propuesto en esta investigación facilita la retroalimentación, que puede ser informada y reportada para generar reacciones basadas en datos apoyados por minería

de textos. Esto culmina en la toma de decisiones apoyada por la inteligencia artificial, que está intrínsecamente relacionada con el concepto de estigmergia social, que surge de las redes sociales y los comentarios textuales.

El modelo integra una evaluación cuantitativa mediante análisis de correspondencias y componentes principales, fusionando esta perspectiva objetiva con la experiencia del usuario. Este enfoque permite organizar y controlar las ideas, incluidas sus dificultades expresadas. A su vez, esta metodología se adapta para orientar la planificación y ejecución de medidas eficaces. Tanto los aspectos políticos mencionados en los comentarios como las autoridades gubernamentales responsables de las decisiones cruciales para hacer frente a las amenazas percibidas en los sentimientos negativos de los usuarios se benefician de este enfoque.

La incorporación de la tecnología se convierte en una propuesta que evoluciona de una perspectiva cualitativa a una técnica, dirigiendo el comportamiento experimentado hacia una idea social generalizada. Esto demuestra que la estigmergia, inspirada en comportamientos iniciales observados en el mundo animal y biológico, se integra eficazmente en el entorno digital y tecnológico, aprovechando el texto como medio para expresar percepciones y preocupaciones. Este comportamiento generalizado, aunque complejo, en contextos sociales, empresariales y organizativos, enfoca y potencia cualquier solución.

También se ha observado que los diccionarios argumentativos han identificado experiencias comunes relacionadas con temas como robos, asaltos y accidentes mortales. Estos hallazgos pueden clasificarse eficazmente utilizando el modelo propuesto. Se propone ampliar por ejemplo con el concepto de zonificación como herramienta para predecir y proponer soluciones para predicción, por ejemplo, de accidentes, basándose en patrones recurrentes identificados a partir de los comentarios.

La selección de la información se beneficia de la visión tolerante de los diccionarios aplicados, que permite su estudio tanto en inglés como en español, ya que ambos idiomas comparten ciertos elementos semánticos. Esto optimiza la recogida de datos de los usuarios que han compartido sus experiencias relacionadas con el transporte y el mantenimiento preventivo, generando expectativas que apoyan la mejora del servicio.

6. Sección de agradecimientos y declaración

Agradecimientos. Gracias a la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Industrial de la UCV. A la Facultad de Ingeniería Industrial de la UNP en Piura.

Declaración de autores CRediT

Rubén Alexander More Valencia: Conceptualización, Investigación, Metodología, Curación de datos, Análisis formal, Redacción - preparación del borrador original. Omar Rivera Calle: Validación, Redacción - revisión y edición. Gabriel Ernesto Borrero Carrasco: Investigación, Redacción - revisión y edición. Víctor Hugo Ramírez Ordinola: Investigación, Redacción - revisión y edición.

Se pone a disposición para consulta, parte de la *data como referencia*, utilizada en el artículo, archivos que fueron recolectados con métodos de extracción de comentarios en redes sociales, puestos a disposición y que puede descargarse en: https://doi.org/10.7910/DVN/FPQHOC

Referencias

Abu-Salih, B., Alhabashneh, M., Zhu, D., Awajan, A., Alshamaileh, Y., Al-Shboul, B., & Alshraideh, M. (2023). Emotion detection of social data: APIs comparative study. Heliyon, 9(5), e15926. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15926

Afghari, A. P., Haque, M. M., & Washington, S. (2020). Applying a joint model of crash count and crash severity to identify road segments with high risk of fatal and serious injury crashes. Accident Analysis & Prevention, 144, 105615. https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105615

Allen, K. C., Davis, A., & Krishnamurti, T. (2020). Indirect Identification of Psychosocial Risks from Natural Language (arXiv:2004.14554). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.14554

Arias Maldonado, M. (2016). La Digitalización De La Conversación Pública: Redes Sociales, Afectividad Política Y Democracia. The digitalization of public opinion: social networks, political sentiment and democracy., 173, Article 173. https://doi.org/10.18042/cepc/rep.173.01

Bastick, Z. (2021). Would you notice if fake news changed your behavior? An experiment on the unconscious effects of disinformation. Computers in Human Behavior, 116, 106633. https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106633

Bhowmik, N. R., Arifuzzaman, M., & Mondal, M. R. H. (2022). Sentiment analysis on Bangla text using extended lexicon dictionary and deep learning algorithms. Array, 13, 100123. https://doi.org/10.1016/j.array.2021.100123

Comi, A., Polimeni, A., & Balsamo, C. (2022). Road Accident Analysis with Data Mining Approach: Evidence from Rome. Transportation Research Procedia, 62, 798-805. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.099

Dhakate, N., & Joshi, R. (2023). Classification of reviews of e-healthcare services to improve patient satisfaction: Insights from an emerging economy. Journal of Business Research, 164, 114015. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114015

Dutta, N., & Fontaine, M. D. (2019). Improving freeway segment crash prediction models by including disaggregate speed data from different sources. Accident Analysis & Prevention, 132, 105253. https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.07.029

Flores, Boris Enrique Herrera 1. 1. Universidad Central del Ecuador. 2019. «Procesamiento de las opiniones de un personaje público en el Ecuador». Moreno, Fredy Yarney Romero 1., Carlos Augusto Sanchez 2. Martelo, Breed Yeet Alfonso 3. Corredor, Joaquin Fernando Sanchez 2. Cifuentes, y Juan Pablo Ospina 4. 1. Universidad Distrital López. 2020. «Técnicas para la Clasificación de Sentimientos en Redes Sociales como Apoyo en el Marketing Digital». **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação** N.º E35:1094-1102.

Igual, L., & Seguí, S. (2017). Introduction to Data Science. En L. Igual & S. Seguí (Eds.), Introduction to Data Science: A Python Approach to Concepts, Techniques and Applications (pp. 1-4). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50017-1_1

León, R., Gallegos, M., Vallejos, M., Guerrero, W., & Acosta, B. (2020). Herramientas Gerenciales: Usos, Beneficios Y Dificultades En Su Implementación En Organizaciones De Economía Popular Y Solidaria. Revista Gestão e Desenvolvimento, 17(2), Article 2. https://doi.org/10.25112/rgd.v17i2.2014

Llamuca Llamuca, P. F. (2021). Propuesta de un modelo de gestión para la prestación de servicios para la cooperativa de transportes interprovincial Sangay. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15182

Marcianò, F. A., & Vitetta, A. (2011). Risk analysis in road safety: An individual risk model for drivers and pedestrians to support decision planning processes. International Journal of Safety and Security Engineering, 1(3), 265-282. https://doi.org/10.2495/SAFE-V1-N3-265-282

Matthew, J. (2023, agosto 11). Introduction to the Syuzhet Package. https://cran.r-project.org/web/packages/syuzhet/vignettes/syuzhet-vignette.html

Meißner, M., Jacobs, G., Jagla, P., & Sprehe, J. (2021). Model based systems engineering as enabler for rapid engineering change management. Procedia CIRP, 100, 61-66. https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.010

Mitroshin, P., Shitova, Y., Shitov, Y., Vlasov, D., & Mitroshin, A. (2022). Big Data and Data Mining Technologies Application at Road Transport Logistics. Transportation Research Procedia, 61, 462-466. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.01.075

Mohammad, S. M., & Turney, P. D. (2013). Crowdsourcing a Word–Emotion Association Lexicon. Computational Intelligence, 29(3), 436-465. https://doi.org/10.1111/j.1467-8640.2012.00460.x

More Valencia, R. A. (2023a). Transporte Urbano y Rural en América Latina: Un Modelo de Análisis Situacional mediante Procesamiento de Minería de Texto con Comentarios en Redes Sociales [dataset]. Harvard Dataverse. https://doi.org/10.7910/DVN/FPQHOC

More Valencia, R. A. (2023b, diciembre 9). Código para evaluación: A Situational Analysis Model through Text Mining Processing with Social Network Commentaries and Argumentative Sentiment Dictionaries. GitHub. https://github.com/RubenMoreValencia/RModelCommentsTransport/wiki/A-Situational-Analysis-Model-through-Text-Mining-Processing-with-Social-Network-Commentaries-and-Argumentative-Sentiment-Dictionaries

More Valencia, R. A., Quito Rodríguez, C. Z., & Torres Ludeña, L. M. (2020). Text analysis by natural language processing (NLP) with R software from opinions on «feminicide» in Peruvian newspapers. 1, 83-88. Scopus.

Moreno, Fredy Yarney Romero 1., Carlos Augusto Sanchez 2. Martelo, Breed Yeet Alfonso 3. Corredor, Joaquin Fernando Sanchez 2. Cifuentes, y Juan Pablo Ospina 4. 1. Universidad Distrital López. 2020. «Técnicas para la Clasificación de Sentimientos en Redes Sociales como Apoyo en el Marketing Digital». Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação N.o E35:167-86.

Orbe, H. M. V., Gallegos, M., González, R. L., & Andino, B. A. (2019). La adopción de herramientas gerenciales y sus beneficios en las empresas. Las tendencias en Contabilidad y Gestión Empresarial: Visión de Ibero-América, 2019, ISBN 978-9978-77-382-6, págs. 404-417, 404-417. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8396785

Pinedo Vargas, G. J. (2022). Políticas públicas de transporte terrestre y normativa peruana en el marco del covid 19. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(2), Article 2. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.1978

Piñeyro, N. (2011). Metáforas Cognitivas: Una lectura de Andy Clark a la luz de "las macrosemióticas". Prometeica-Revista de Filosofia e Ciências, 4, 55-74.

Plotnikova, V., Dumas, M., & Milani, F. P. (2022). Applying the CRISP-DM data mining process in the financial services industry: Elicitation of adaptation requirements. Data & Knowledge Engineering, 139, 102013. https://doi.org/10.1016/j.datak.2022.102013

Quispe Pacori, Y. (2021). La calidad del servicio en el sector de transporte público urbano de la ciudad de Juliaca 2020. https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5223

Raja, H., & Bajwa, W. U. (2016). Cloud K-SVD: A Collaborative Dictionary Learning Algorithm for Big, Distributed Data. IEEE Transactions on Signal Processing, 64(1), 173-188. https://doi.org/10.1109/TSP.2015.2472372

Sachún Silva, L. S. (2022). Uso del transporte público asociado al padecimiento de resfríos en la capital del Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/8979

Sánchez Cajo, J. F. (2021). El procedimiento administrativo y la informalidad presente en la municipalidad para los propietarios de vehículos de servicio de transporte público – Chiclayo 2019. Repositorio Institucional - USS. http://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/8959

Sánchez, M. U. (2020). Herramientas gerenciales para la toma de decisiones. http://repository.unicatolica.edu.co/handle/20.500.12237/1957

Varona Carreño, B. L. (2021). La administración del fideicomiso y el tratamiento contable de la concesión del servicio de transporte público urbano. Caso Instituto Metropolitano Protransporte De Lima, 2015—2016. Universidad Peruana de Ciencias e Informatica. http://repositorio.upci.edu.pe/handle/upci/247

Viana Gordo, J. (2019). Diseño de una arquitectura eficiente para la Transformada Discreta del Coseno (DCT) en un dispositivo FPGA. https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/39446

Villalobos Alva, J. (2021). Machine Learning with the Wolfram Language. En J. Villalobos Alva (Ed.), Beginning Mathematica and Wolfram for Data Science: Applications in Data Analysis, Machine Learning, and Neural Networks (pp. 273-329). Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6594-9_8

Xu, Q. A., Chang, V., & Jayne, C. (2022). A systematic review of social media-based sentiment analysis: Emerging trends and challenges. Decision Analytics Journal, 3, 100073. https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100073

Xu, Z., Zhan, B., & Wang, S. (2023). Public opinion risk on major emergencies: A textual analysis. Procedia Computer Science, 221, 833-838. https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.08.058

Zervoudakis, S., Marakakis, E., Kondylakis, H., & Goumas, S. (2021). OpinionMine: A Bayesian-based framework for opinion mining using Twitter Data. Machine Learning with Applications, 3, 100018. https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2020.100018

Zhang, F., Fleyeh, H., Wang, X., & Lu, M. (2019). Construction site accident analysis using text mining and natural language processing techniques. Automation in Construction, 99, 238-248. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.12.016

Zhang, T., Yang, K., Ji, S., & Ananiadou, S. (2023). Emotion fusion for mental illness detection from social media: A survey. Information Fusion, 92, 231-246. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2022.11.031

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 02/05/2024
Aceitação/Acceptance: 10/07/2024

Aprendizaje autorregulado en entornos educativos virtuales universitarios: una revisión sistemática (2018-2023)

Manuel Encarnación Torres Valladares[1], Ana Marlene Abanto Gálvez[2], Patrick Michael Villamizar Morales[3], Mildher Ugaz Rivero[4]

mtorresv@unmsm.edu.pe; ana.abanto@upn.pe; patrick.villamizar@upn.edu.pe; mildherugaz@lamolina.edu.pe

[1] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 15081 Lima, Perú

[2] Universidad Privada del Norte, 15083 Lima, Perú

[3] Universidad Privada del Norte, 15306 Lima, Perú

[4] Universidad Agraria La Molina, 15024 Lima, Perú

Pages: 151-166

Resumen: Aunque la pandemia de la COVID-19 hizo de la educación remota una necesidad, previamente estos ya eran utilizados en diversos grados y con variados resultados en la educación universitaria. Una adecuada educación virtual requiere de una serie de capacidades que permitan a los estudiantes desarrollar sus actividades en presencia o ausencia de sus docentes, lo que torna fundamental al aprendizaje autorregulado. Esta revisión sistemática se realizó con el objetivo de conocer su importancia en los entornos virtuales educativos universitarios antes, durante y después de la pandemia. Para ello se consideraron 45 artículos científicos que cumplían con determinados criterios de inclusión. Los resultados han permitido confirmar la importancia del aprendizaje autorregulado para la educación en entornos virtuales universitarios. Además, se ha establecido que, en un escenario postpandemia que combinará tanto elementos remotos como presenciales, el desarrollo de esta capacidad en los alumnos será una necesidad educativa.

Palabras-clave: aprendizaje autorregulado; educación a distancia; tecnología educacional; pandemia.

Self-regulated learning in university-level virtual educational environments: a systematic review (2018-2023)

Abstract: Even though the COVID-19 pandemic made remote education a necessity, these already existed previously and were used to different extents and with various results in university education. An adequate virtual education requires a series of competencies that allow the students to develop their activities in presence or absence of their teachers, which makes self-regulated learning fundamental. This systematic review was conducted with the goal of knowing its importance in

virtual educational environments in university students before, during and after the pandemic. 45 scientific articles were considered, all of them compliant with a series of inclusion criteria. The results confirm the importance of self-regulated learning for education in virtual environments in universities. Furthermore, it has been established that, in a post-pandemic scenario in which both in-person and remote elements will be combined, the development of this capacity in the students will be an educative necessity.

Keywords: self-regulated learning; remote education; educational technology; pandemic.

1. Introducción

La era de la tecnología también ha ingresado a la educación y el aprendizaje en los últimos años. Hoy en día, muchos alumnos utilizan al menos un dispositivo electrónico para desarrollar sus actividades académicas, como pueden ser la búsqueda de información, la lectura de libros digitales, o acceder a cursos en línea (*online*). Estos últimos se desarrollaron originalmente como complementos informáticos a las clases presenciales. Así, a través de aulas o campus virtuales, los alumnos podían, entre otros, acceder a foros donde debatir e intercambiar opiniones con sus profesores y compañeros de clase, realizar actividades interactivas o simplemente descargar contenido de lectura. Algunas instituciones incluso fueron más allá y diseñaron cursos totalmente en línea como los MOOC (siglas en inglés para Cursos En Línea Masivos y Abiertos) (Wong et al., 2019).

En este escenario de uso creciente de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), de un veloz desarrollo de la ciencia, y de un mayor acceso al conocimiento disponible en línea, el rol del aprendizaje autorregulado se vuelve fundamental. Este se puede definir como la capacidad de un estudiante de gestionar sus procesos cognitivos y emocionales referidos al aprendizaje, con el propósito de mejorar su rendimiento académico (Zimmerman, 2002). Dicho de otro modo, el alumno se vuelve constructor de su propio aprendizaje, para lo que requerirá una serie de estrategias de aprendizaje. Pintrich (2000) considera que los componentes cognitivos, metacognitivos y afectivo-motivacionales explican el aprendizaje de los estudiantes. Los dos primeros componentes guardan una influencia directa con el aprendizaje; mientras que el último, una indirecta, aunque tiene influencia directa sobre el uso de estrategias de aprendizaje.

Respecto de los componentes emocionales, su importancia en el análisis del aprendizaje autorregulado también ha ido creciendo. Por ejemplo, un alumno que no se encuentra motivado difícilmente pueda utilizar estrategias de aprendizaje. Para que lo esté, es necesario que sus creencias sobre sus capacidades para realizar las tareas se encuentren en un nivel significativamente alto (Pintrich, 2000), así como considerar sus intereses, sus metas y sus actitudes hacia sus deberes académicos. Con esas condiciones, el alumno puede ser un aprendiz autónomo y así, autorregular su aprendizaje. Eso significa que el alumno va a poder aprender con independencia y saber cómo manejar las dificultades que pueda encontrar durante su proceso de aprendizaje para obtener resultados exitosos.

En los entornos virtuales, donde los alumnos no están en el mismo espacio que los docentes, el aprendizaje autorregulado es fundamental para el éxito académico. Además, el diseño del entorno del entorno virtual juega un rol clave, pues debe considerar formas

nuevas, diferentes y atractivas de presentar los contenidos de las asignaturas. Hacer eso trae consigo la necesidad de realizar cambios significativos en las estrategias didácticas y en los procesos de evaluación. Esto, sin duda, ha de permitir un mejor desarrollo de las competencias de los alumnos, en tanto han de sentirse especialmente motivados por aprender y podrán hacer en estos espacios uso de las herramientas propias del aprendizaje autorregulado que le permitan alcanzar sus objetivos de aprendizaje.

La inclusión de las TIC en la educación estaba desarrollándose progresivamente, con una mirada a largo plazo, como el "aula del futuro" presentada por Harvard Business School en 2015 (Byrne, 2015). La pandemia de la COVID-19, sin embargo, cambió súbitamente todos los escenarios. El cierre de colegios, universidades y demás instituciones educativas forzó a migrar el dictado de clases a la modalidad remota, algo para lo que, desafortunadamente, numerosos países, incluido el Perú, no estaban preparados. Algunos de los motivos de dicha falta de preparación incluyen la infraestructura, conectividad y acceso a los dispositivos electrónicos (Huanca-Arohuanca et al., 2020; Vilela et al., 2021).

No obstante, las instituciones debieron adaptarse a la nueva realidad para poder continuar con sus actividades y minimizar, en la medida de lo posible, los impactos negativos, utilizando diversas herramientas digitales (Balladares-Burgos, 2021; Romero Carrión et al., 2022; Shine & Heath, 2020). Se han realizado previamente algunas revisiones sistemáticas sobre la relación entre el aprendizaje autorregulado y la educación virtual. Por ejemplo, algunos se enfocaron en los MOOC en la época previa a la pandemia, donde quedó evidenciada la vinculación entre el aprendizaje autorregulado y los entornos virtuales (Pérez-Álvarez et al., 2018; Wong et al., 2019). También se realizaron para conocer la adaptación de los postulados clásicos—como los de Zimmerman y Martínez-Pons— sobre aprendizaje autorregulado a la enseñanza digital contemporánea (García et al., 2018; Zimmerman, 2002). De igual forma, para identificar las características del aprendizaje autorregulado en ambientes intensivos en el uso de la tecnología (Urbina et al., 2021), y los efectos positivos de la intervención para apoyar al desarrollo de habilidades de aprendizaje autorregulado y que impacte en el logro académico (Edisherashvili et al., 2022; Xu et al., 2023).

En esa línea, esta investigación pretende, a través de una revisión sistemática, establecer cómo ha ido evolucionando la importancia del aprendizaje autorregulado en los entornos virtuales de educación universitaria durante tres periodos: prepandemia, pandemia y postpandemia. Esto con el objetivo de que se pueda proponer en el corto plazo nuevas líneas de investigación que permitan desarrollar la capacidad de aprendizaje autorregulado en los estudiantes que se enfrentarán a un escenario educativo híbrido, donde las clases remotas y las presenciales se alternarán indistintamente.

2. Métodología

Se trata de una investigación cualitativa, en tanto es una revisión sistemática de artículos científicos. Para su selección, se siguió el protocolo de revisión PRISMA-P (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses for Protocols)* (Shamseer et al., 2015). Cada artículo elegido tuvo que cumplir una serie de criterios de inclusión ligados al objetivo de la investigación.

La delimitación del objeto y periodo de estudio se llevó a cabo en la primera etapa de la investigación. La premisa principal fue: "¿cuál ha sido la importancia del aprendizaje autorregulado en los entornos virtuales educativos universitarios antes, durante y después de la pandemia de la COVID-19?" A partir de ella, se establecieron tres periodos de estudio: 2018-2019 (prepandemia), 2020-2021 (durante la pandemia) y 2022-2023 (postpandemia).

En la segunda fase, se realizó una búsqueda en las bases de datos Scopus y EBSCOHost. La cadena de búsqueda empleó los términos "*self-regulated learning*" AND ("*virtual education*" OR "*remote education*" OR "*flipped classroom*" OR "*e-learning*") AND ("*university*" OR "*higher education*"), o sus equivalentes en lengua española. La búsqueda se hizo para cada uno de los tres periodos estudiados y en cada una de las bases de datos consultadas.

El siguiente criterio de inclusión fue el ser estudios cuantitativos o que empleen métodos mixtos, pero con un énfasis importante en la parte cuantitativa. Los artículos cualitativos fueron descartados, así como aquellos que no tuvieron como población de estudio a los estudiantes universitarios de cualquier nivel (pregrado o postgrado o ambos). En esta etapa también se excluyeron aquellos trabajos a los que los investigadores no pudieron tener acceso y aquellos donde el aprendizaje autorregulado sea solo un tema tangencial y no central. Así, se seleccionaron 150 artículos, 50 por periodo. Posteriormente, se excluyeron 80 artículos tras una lectura detallada del título y del resumen. De los 70 restantes, 25 fueron excluidos tras leer minuciosamente el artículo completo. Así, quedaron 45 artículos.

3. Resultados y discusión

Por cada periodo en estudio, se han consignado 15 artículos, lo que totaliza 45. Con base en lo mostrado en la tabla 1, es posible afirmar que en el periodo prepandemia el tema de la educación en entornos virtuales se investigó predominantemente en países del hemisferio norte. Tras la irrupción de la pandemia, la frecuencia de investigación en otras partes del mundo aumentó como consecuencia del impacto de la migración forzada a la educación remota de emergencia.

	2018-2019	2020-2021	2022-2023
Europa	7	5	5
América Latina	2	4	5
América del Norte	3	0	1
África	0	0	1
Asia	2	6	4
Oceanía	1	0	1
Total	15	15	15

Tabla 1 – Distribución geográfica de las investigaciones seleccionadas

Utilizando el software VOSViewer, se realizó un análisis de las palabras clave que los autores de los 45 artículos incluyeron en sus investigaciones, con la finalidad de establecer clústeres que permitan realizar comparaciones entre los diversos periodos. Algunas de estas palabras tuvieron que ser recodificadas: por ejemplo, los términos en inglés se tradujeron y aquellos que estaban escritos de forma similar fueron reescritos para ser una sola categoría. Para el análisis se tomaron solo las palabras clave que se repitieran dos o más veces. Así, se obtuvieron 15 ítems divididos en tres clústeres, tal como se observa en la figura 1.

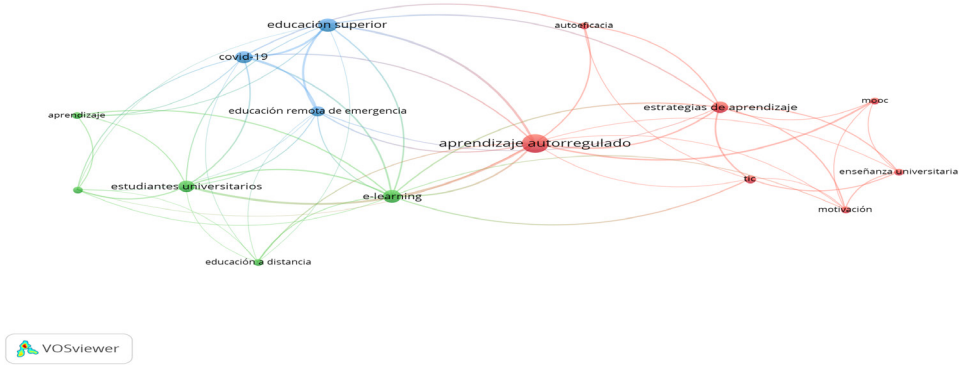


Figura 1 – Clústeres a partir de palabras claves.

La figura muestra al aprendizaje autorregulado como el nodo más relevante, en tanto se vincula con todas las palabras clave. El primer clúster se ha denominado “Estrategias de aprendizaje y herramientas tecnológicas”. Está compuesto por los términos aprendizaje autorregulado, autoeficacia, enseñanza universitaria, estrategias de aprendizaje, MOOC, motivación y TIC. El segundo lleva por título “Aprendizaje y educación a distancia”. Los términos que hacen parte de él son aprendizaje, autorregulación, e-learning, educación a distancia y estudiantes universitarios. Finalmente, el tercer clúster se titula “COVID-19 y educación remota de emergencia” y lo componen los términos COVID-19, educación remota de emergencia y educación superior. Posteriormente, se analizaron los 45 artículos para asignarlos a cada grupo. La tabla 2 muestra la distribución final.

Tipo de estudio	**2018-2019**	**2020-2021**	**2022-2023**
Clúster 1: Estrategias de aprendizaje y herramientas tecnológicas	10	2	3
Clúster 2: Aprendizaje y educación a distancia	5	1	7
Clúster 3: COVID-19 y educación remota de emergencia	0	12	5
Total	15	15	15

Tabla 2 – Clasificación por tipo de estudios por periodo

3.1. Periodo 2018-2019

De la revisión de los 15 artículos de este periodo, se desprende que el desarrollo a gran escala de la educación remota era aún una idea muy de futuro. No obstante, ya se realizaban investigaciones sobre clases virtuales (como los MOOC) o semipresenciales. De este último tipo destacan las aulas invertidas y la modalidad *blended*. La primera, también conocida como *flipped learning*, en inglés, es un enfoque pedagógico en el que una parte de la instrucción regular se realiza fuera del aula, usualmente con ayuda tecnológica, con lo que el tiempo de clase se emplea para procesos cognitivos más complejos que requieren la ayuda del docente (Dafonte Gómez et al., 2018). Los cursos *blended* son aquellos que tienen una parte de instrucción presencial y otra online (Contreras Bravo et al., 2011).

Así, este periodo se caracteriza por una prominencia del clúster 1, con un énfasis en plataformas virtuales que permitan desarrollar el aprendizaje autorregulado y poner en práctica otras estrategias de aprendizaje. Una de ellas es Moodle, una plataforma con la que se puede, entre otros, crear campuses virtuales adaptados para el desarrollo del aprendizaje autorregulado, algo que Martínez-Sarmiento & Gaeta González (2019) demostraron con éxito. Montgomery et al. (2019) también estudiaron el uso de Moodle en un curso *blended* y encontraron que los comportamientos de aprendizaje autorregulado que mejor predicen la relación con el logro académico fueron el día y la frecuencia de acceso a la plataforma. Ello pone de relieve la importancia del diseño del curso. Similares resultados encontraron Sun et al. (2018) en un aula invertida, en tanto el aprendizaje autorregulado tiene una influencia significativa y positiva en el aprendizaje de matemáticas.

Algunas investigaciones se enfocaron en los cursos MOOC. Maldonado-Mahauad et al. (2018) identificaron tres estilos de aprendices según sus estrategias de aprendizaje autorregulado: los aprendices integrales, es decir que siguen una secuencia; los aprendices de objetivos, aquellos que usan contenidos específicos; y los aprendices de muestreo, quienes tienen menos aprendizaje autorregulado y, por consiguiente, tienen un rendimiento académico inferior comparado a los otros dos. Por su parte, Li (2019) encontró que en cursos MOOC el uso de estrategias de aprendizaje autorregulado tiene relaciones positivas con el aprendizaje percibido en el curso. Mientras que, en cursos más pequeños, pero también en línea (SPOC), López de la Serna y Tejada Garitano (2019) mostraron que esa experiencia arrojó altos niveles de motivación y aprendizaje autorregulado en un grupo de alumnos, quienes se sintieron capaces de rendir con éxito en entornos virtuales.

Quesada-Pallarès et al. (2019) encontraron diferencias significativas entre los estudiantes que recibían clases presenciales y quienes las recibían en línea, siendo estos últimos más propensos a tener mayores niveles de autorregulación. No obstante, precisan los autores, no podría atribuirse totalmente la diferencia al modo de enseñanza que reciben los alumnos, lo cual va en línea con lo encontrado por Marcelo y Rijo (2019). Ellos afirman que el uso de las TIC no son un factor determinante para autorregular el aprendizaje, por lo que es más importante es saber cómo usar las TIC adecuadamente para la educación. Esto último es lo que prueban Cebrián Martínez et al. (2019), en tanto los alumnos que recibieron capacitación en el uso de las TIC con técnicas de autorregulación del aprendizaje, poseían mayor interés y mayor motivación hacia las

asignaturas que aquellos que no, redundando en mejores calificaciones. En términos de Verstege et al. (2019), los alumnos con un alto nivel de aprendizaje autorregulado mostraron la actividad de aprendizaje más óptima.

En el clúster 2 se encuentran cinco investigaciones enfocadas en la autorregulación y el aprendizaje a distancia o en línea. Kim et al. (2018) encontraron tres perfiles de alumno según sus habilidades de aprendizaje autorregulado: autorregulado, autorregulación parcial, y sin autorregulación. A mayor nivel de autorregulación, mayor probabilidad de los estudiantes estudien durante el periodo regular de clases y no solo durante los exámenes. Broadbent y Fuller-Tyszkiewcz (2018) se enfocaron en alumnos de la modalidad *blended* y detectaron en su investigación cinco perfiles de aprendices autorregulados: mínimos; restringido; tranquilos, calmados y capaces; capaces y ansiosos; y súper reguladores. Con ello, encontraron que las diferencias en el éxito académico se asocian con la capacidad del aprendiz de regular la motivación y la implementación de la estrategia de aprendizaje autorregulado. Un buen uso de dicha modalidad puede tener efectos positivos en las habilidades de aprendizaje autorregulado de los alumnos (Talan & Gülseçen, 2018; Uz & Uzun, 2018). De hecho, según lo encontrado por Shih et al. (2019) en alumnos de clases *flipped*, las interacciones en clase y el aprendizaje autorregulado predicen la calidad de la utilidad percibida de las actividades de aprendizaje en línea y las experiencias positivas de este tipo de clases.

3.2. Periodo 2020-2021

En este periodo, la educación se convirtió forzosamente en remota debido a la pandemia. Como se ha mencionado anteriormente, no todos los países estaban en condiciones de desarrollar adecuadamente la denominada educación remota de emergencia, y requirieron adaptarse sobre la marcha. Así, el grueso de las investigaciones se centró en los efectos de esta transición, por lo que 12 de las 15 investigaciones pertenecen al clúster 3.

Aquellos estudiantes que ya tenían experiencias previas en entornos diseñados específicamente para la educación remota y en el uso de las TIC rindieron mejor que aquellos que por primera vez se enfrentaron a este tipo de educación (Huamán Romaní et al., 2021; Niño Carrasco et al., 2021). Esto se debe a que ya habían desarrollado habilidades de aprendizaje autorregulado, un componente clave para el logro académico, sea en clases sincrónicas o asincrónicas, según Alhazbi y Hasan (2021). No obstante, las estrategias empleadas para alcanzar ese logro varían dependiendo de la modalidad elegida. Estructurar el ambiente y poner metas fueron, según Jurisevic et al. (2021), las dos herramientas de aprendizaje autorregulado que más frecuentemente reportaron utilizar los alumnos en este periodo, así como estrategias de afrontamiento adaptativas. De hecho, los alumnos que mostraron un perfil más proclive a la adaptación a la nueva realidad pudieron obtener mejores resultados y ser más capaces de autorregular su aprendizaje (Biwer et al., 2021; Passos et al., 2021).

La autoeficacia también se consideró relevante en ese periodo, en tanto es un factor clave que trabaja juntamente con el aprendizaje autorregulado en línea (Cui, 2021; Ulfatun et al., 2021). De hecho, Bylieva et al. (2021) encontraron que los alumnos califican su autoeficacia para el aprendizaje de forma más elevada en el entorno virtual que en el entorno convencional. Kempen y Liebendörfe (2021), por su parte, mostraron que los

materiales específicamente diseñados para la enseñanza en línea son preferidos por los estudiantes mejor adaptados a la virtualidad, quienes además suelen poseer un nivel importante de autorregulación del aprendizaje.

No obstante, no todos los alumnos quedaron satisfechos con la educación remota de emergencia. Así lo encontraron Hamdan et al. (2021), quienes mostraron la insatisfacción de un grupo de estudiantes jordanos con la educación online, donde el aprendizaje autorregulado actúa como un predictor de la satisfacción. La procrastinación es otra variable de interés, la cual se encuentra relacionada de forma negativa a seis subconstructos del aprendizaje autorregulado en línea (incluyendo algunos ligados a la satisfacción), al tiempo que se relacionan también negativamente con la ineficacia percibida de esta modalidad de aprendizaje (Hong et al., 2021).

Respecto al clúster 1, dos investigaciones lo componen en este periodo. Se trata de las realizadas por Cruzado Asencio et al. (2021) y Lobos et al. (2021). Los primeros desarrollaron un *chatbot* como herramienta digital de aprendizaje para mejorar las estrategias de aprendizaje autorregulado de los estudiantes. Los segundos, una aplicación móvil con ese mismo objetivo. Ambos mostraron la efectividad de su uso para el aprendizaje en línea. Finalmente, el clúster 2 lo compone la investigación de Lim et al. (2020), quienes destacan que el aprendizaje entre pares es una herramienta útil para el aprendizaje en línea y que se encuentra mediada por el aprendizaje autorregulado.

3.3. Periodo 2022-2023

Con el levantamiento de las restricciones impuestas por los gobiernos, como el cierre de instituciones educativas, los alumnos progresivamente fueron regresando a las labores presenciales. Así, las investigaciones del periodo postpandemia (2022-2023) dan cuenta del impacto de la pandemia en la enseñanza virtual y permiten hacer un balance de lo aprendido y cómo ello se puede aplicar para los escenarios educativos del futuro.

En este periodo, las investigaciones del clúster 2 fueron mayoría. Tur et al. (2022) detectaron que los alumnos aprecian altamente el uso docente de herramientas y recursos digitales en la educación remota a lo largo de las tres fases del aprendizaje autorregulado (inicial, ejecución y autorreflexión). Un buen diseño de un espacio educativo virtual puede tener una relación directa con el aprendizaje autónomo (Ysla Alvarado et al., 2023), en tanto ello puede motivar a los alumnos a adquirir las competencias de aprendizaje autorregulado necesarias. Esto se probó en la investigación de Rizki et al. (2022). No obstante, Vargas Olano et al. (2023) encuentran que, tras desarrollar un programa virtual de entrenamiento en autorregulación académica, hay una mejora significativa en autoeficacia, pero no en el total de la autorregulación. A pesar de ello, destacan la importancia de incorporar en los planes de estudio cursos que enseñen estas estrategias, particularmente si se trata de cursos en línea. Como afirman Onojah et al. (2022), si el uso de las TIC repercute positivamente en el aprendizaje autorregulado de los estudiantes, estas deben usarse. Lo mismo para el caso del trabajo colaborativo, que tiene efectos significativos en el aprendizaje autorregulado en entornos virtuales (Núñez et al., 2023; Rossi et al., 2023).

En el clúster 3 se tienen cinco investigaciones. Kaspar et al. (2023) probaron la relación del aprendizaje autorregulado con la edad de los alumnos, pues se presuponía que

los alumnos más jóvenes podrían haberse adaptado mejor a la educación remota de emergencia. Pero el hecho de conocer y saber cómo usar las herramientas digitales necesarias para la educación remota de emergencia no significa automáticamente que sean aprendices digitales capacitados en las habilidades digitales (como el aprendizaje autorregulado) para tomar el máximo partido del aprendizaje en línea (Meletiou-Mavrotheris et al., 2022). De ahí la propuesta de Tarchi et al. (2022), de desarrollar un enfoque flexible hacia el aprendizaje autorregulado en los estudiantes en la educación remota y de considerar las especificidades del entorno educativo.

Es preciso mencionar que hubo alumnos a quienes la educación remota de emergencia no les agradó o les generó sentimientos de angustia; pese a ello, realizar intervenciones remotas de aprendizaje autorregulado probó ser efectivo para que ellos afronten los desafíos de la virtualidad y obtengan resultados satisfactorios (Demuner-Flores et al., 2023; Hadwin et al., 2022).

Las investigaciones del clúster 1 muestran cómo la tecnología en la educación está jugando un rol cada vez más importante en el escenario postpandemia. Robillos (2023) y Karrenbauer et al. (2023), por ejemplo, muestran que el uso de una aplicación y de un asistente individual digital, respectivamente, tienen un impacto significativo en los resultados de los alumnos, mejorando sus niveles de aprendizaje autorregulado e incluso la comprensión de estas habilidades por parte de los estudiantes. Jamshed et al. (2023) consideran que la integración de las redes sociales en el aula puede ser muy útil para incrementar el empoderamiento académico y el aprendizaje autorregulado del alumnado, siempre que estas se utilicen adecuadamente.

4. Conclusiones

Las investigaciones consideradas para esta revisión sistemática nos muestran que, inclusive desde antes de la pandemia de la COVID-19, el aprendizaje autorregulado ya tenía un rol muy importante para el éxito de la educación en entornos virtuales. Esto fue modificándose en un periodo corto de tiempo y de forma muy veloz: pasaron de ser un complemento de la educación presencial a ser la única forma en la que se pudo continuar con la educación durante el punto más álgido de la pandemia de la COVID-19. Con estos cambios, el aprendizaje autorregulado se tornó aún más esencial y fue un componente clave para el correcto desempeño de la educación en línea.

Es verdad que esta transición no fue un proceso sencillo para los actores educativos (alumnos y profesores, principalmente). Diversos artículos incluidos en esta revisión reflejan que hubo quienes pudieron adaptarse, pero que, a su vez, a algunos la experiencia o bien les desagradó o bien les costó obtener los resultados académicos que esperaban. Los que lograron adaptarse fueron quienes tenían ya las capacidades de aprendizaje autorregulado o bien quienes pudieron desarrollarlas en el menor tiempo posible.

La educación remota tiene la característica de no contar obligatoriamente con supervisión docente todo el tiempo de instrucción. Esto hace clave el rol del docente como un facilitador del conocimiento y como alguien que dirige e incentiva el desarrollo de las capacidades del aprendizaje autorregulado. Solo así los alumnos podrán ser capaces de aprender por su cuenta y según sus criterios, para obtener un adecuado desempeño

académico, tal como muestran las investigaciones consultadas para cualquiera de los tres periodos estudiados.

Aunque la tecnología no es por sí sola responsable de garantizar una adecuada educación, sí que puede facilitarla a través de su uso adecuado. Los alumnos de hoy tienen formas de aprendizaje diferente, por lo que sus necesidades son diferentes. Así, el desarrollo de herramientas tecnológicas innovadoras (como aplicaciones, *chatbots* o videojuegos educativos) para incentivar el desarrollo de habilidades de aprendizaje autorregulado, pueden tener un impacto bastante positivo en el desempeño académico de los alumnos.

Futuras investigaciones sobre el aprendizaje regulado en entornos virtuales deben considerar el paso por el periodo de pandemia. Por ejemplo, retomar el estudio de los cursos MOOC para conocer si, tras la educación remota de emergencia, han mejorado su diseño o si la generación de nuevos alumnos inscritos tiene un mejor aprendizaje autorregulado que aquellos que realizaron un curso MOOC antes de la pandemia.

Por otro lado, un país interesante para el estudio del impacto del aprendizaje autorregulado en los entornos virtuales de educación es el Perú, pues sufrió uno de los cierres escolares y universitarios más prolongados del mundo (Unicef, 2022). Así, un buen grupo de estudiantes universitarios habrá desarrollado la mitad o más de sus estudios de forma remota, por lo que es imperioso conocer cómo están desarrollando su proceso de aprendizaje y si disponen de las herramientas necesarias, como el aprendizaje autorregulado, para obtener los resultados académicos esperados. De igual forma, conocer el estado de estos alumnos al regresar a la educación presencial.

Otro ámbito donde se debería poner atención especial es en el desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías en la educación. La pandemia puso de relieve la importancia de las TIC en la educación y que estas han llegado para quedarse (Cervantes López et al., 2021). Así lo demuestra el hecho que diversas universidades en el mundo continúen ofreciendo algunos de sus cursos regulares de forma remota o semipresencial. Es posible, entonces, afirmar que la educación remota no solo se ha mantenido, sino que se extenderá a niveles extraordinarios. Dicho de otro modo, la propia educación, tal como se conoce, cambiará aún más. No debería esto alarmar a los educadores; por el contrario, supone una de las oportunidades más interesantes para la educación. Por ejemplo, la incorporación a la educación de tecnologías disruptivas emergentes como la inteligencia artificial o la realidad virtual o aumentada deben ser cuidadosamente estudiadas. Adecuadamente aplicadas, podrían suponer un aliado clave para enseñar aprendizaje autorregulado a los alumnos e incluso mejorarlo, potenciando la mejora educativa.

Incluso pueden contribuir positivamente a reducir la brecha tecnológica en regiones como América Latina. De hecho, una limitación principal que tuvo esta investigación fue la ausencia de una mayor variedad de investigaciones que aborden directamente la relación entre aprendizaje autorregulado y los entornos de educación virtual en el periodo previo a la pandemia en dicha región. Este retraso respecto a otras zonas del mundo, particularmente el hemisferio norte, debe llamar a la reflexión sobre la importancia que se concede a diversos elementos de la educación que tardan más en llegar a las investigaciones realizadas en América Latina. Por ello, y tras el incremento visto en las investigaciones durante la pandemia y en virtud a las particularidades de la educación en la región, es necesario ir a la par con el desarrollo de las TIC y las nuevas tendencias

educativas, donde el aprendizaje autorregulado tiene un rol clave. Desarrollarlo en los alumnos es fundamental para lograr alcanzar los objetivos académicos y la mejora educativa.

Referencias

Alhazbi, S., & Hasan, M. A. (2021). The Role of Self-Regulation in Remote Emergency Learning: Comparing Synchronous and Asynchronous Online Learning. *Sustainability*, *13*(19), 11070. https://doi.org/10.3390/SU131911070

Balladares-Burgos, J. A. (2021). Percepciones en torno a una educación remota y a una educación híbrida universitaria durante la pandemia de la COVID-19: estudio de caso. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa*, *11*, 25–39. https://doi.org/10.6018/RIITE.489531

Biwer, F., Wiradhany, W., oude Egbrink, M., Hospers, H., Wasenitz, S., Jansen, W., & de Bruin, A. (2021). Changes and Adaptations: How University Students Self-Regulate Their Online Learning During the COVID-19 Pandemic. *Frontiers in Psychology*, *12*, 642593. https://doi.org/10.3389/FPSYG.2021.642593/BIBTEX

Broadbent, J., & Fuller-Tyszkiewicz, M. (2018). Profiles in self-regulated learning and their correlates for online and blended learning students. *Educational Technology Research and Development*, *66*(6), 1435–1455. https://doi.org/10.1007/s11423-018-9595-9

Bylieva, D., Hong, J. C., Lobatyuk, V., & Nam, T. (2021). Self-Regulation in E-Learning Environment. *Education Sciences*, *11*(12), 785. https://doi.org/10.3390/EDUCSCI11120785

Byrne, J. A. (2015, August 25). *Harvard Business School really has created the classroom of the future*. Fortune. https://fortune.com/2015/08/25/harvard-business-school-hbx/

Cebrián Martínez, A., Palomares Ruiz, A., & García Perales, R. (2019). El aprendizaje autorregulado y su efecto en el rendimiento académico. Descripción de una experiencia con los alumnos del Grado de Maestro de la Facultad de Educación de Albacete (estudio intersujetos). In R. Roig-Vila (Ed.), *Investigación e innovación en la Enseñanza Superior. Nuevos contextos, nuevas ideas* (1st ed., pp. 66–79). Octaedro. www.octaedro.com

Cervantes López, M. J., Llanes Castillo, A., Peña Maldonado, A. A., & Cruz Casados, J. (2021). Ambientes de aprendizaje: del aula presencial a las plataformas virtuales. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *E39*, 26–32. https://www.proquest.com/docview/2483101525/fulltext/B517A7C9CD204DD4PQ/1?accountid=14514&sourcetype=Scholarly%20Journals

Contreras Bravo, L. E., González Guerrero, K., & Fuentes López, H. J. (2011). Uso de las TIC y especialmente del blended learning en la enseñanza universitaria. *Educación y Desarrollo Social*, *5*(1), 151–160. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5386251&info=resumen&idioma=SPA

Cruzado Asencio, G. A., Polo Chavarri, L. C., & Uceda Martos, P. J. (2021, August 15). Chatbot Como Estrategia De Autorregulación Del Aprendizaje Remoto En Tiempos De Pandemia. *Prospective and Trends in Technology and Skills for Sustainable Social Development. Leveraging Emerging Technologies to Construct the Future: Proceedings of the 19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. https://doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.327

Cui, Y. (2021). Self-efficacy for self-regulated learning and chinese students' intention to use online learning in covid-19: A moderated mediation model. *International Journal of Information and Education Technology*, *11*(11), 532–537. https://doi.org/10.18178/IJIET.2021.11.11.1561

Dafonte Gómez, A., García Crespo, O., & Ramahí García, D. (2018). 'Flipped learning' y competencia digital: diseño tecnopedagógico y percepción del alumnado universitario. *Index.Comunicación: Revista Científica En El Ámbito de La Comunicación Aplicada*, *8*(2), 275–294. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6459843&info=resumen&idioma=ENG

Demuner-Flores, M. del R., Ibarra-Cisneros, M. A., & Nava-Rogel, R. M. (2023). Estrategias de aprendizaje autorregulado en estudiantes universitarios durante la contingencia COVID-19. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, *14*(39), 116–130. https://doi.org/10.22201/IISUE.20072872E.2023.39.1532

Edisherashvili, N., Saks, K., Pedaste, M., & Leijen, Ä. (2022). Supporting Self-Regulated Learning in Distance Learning Contexts at Higher Education Level: Systematic Literature Review. *Frontiers in Psychology*, *12*, 792422. https://doi.org/10.3389/FPSYG.2021.792422/BIBTEX

Garcia, R., Falkner, K., & Vivian, R. (2018). Systematic literature review: Self-Regulated Learning strategies using e-learning tools for Computer Science. *Computers & Education*, *123*, 150–163. https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2018.05.006

Hadwin, A. F., Sukhawathanakul, P., Rostampour, R., & Bahena-Olivares, L. M. (2022). Do Self-Regulated Learning Practices and Intervention Mitigate the Impact of Academic Challenges and COVID-19 Distress on Academic Performance During Online Learning? *Frontiers in Psychology*, *13*, 813529. https://doi.org/10.3389/FPSYG.2022.813529/BIBTEX

Huamán Romaní, Y. L., Estrada Pantía, J. L., Olivares Rivera, O., Rodas Guizado, E., & Fuentes Bernedo, F. E. (2021). Use of Technological Equipment for E-learning in Peruvian University Students in Times of Covid-19. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, *16*(20), 119–133. https://doi.org/10.3991/IJET.V16I20.24661

Huanca-Arohuanca, J., Supo-Condori, F., Sucari Leon, R., & Supo Quispe, L. A. (2020). El problema social de la educación virtual universitaria en tiempos de pandemia, Perú. *Innovaciones Educativas*, *22*(Especial), 115–128. https://doi.org/10.22458/IE.V22IESPECIAL.3218

Jamshed, M., Almashy, A., Alam, I., & Banu, S. (2023). Analyzing the Emergence of Social Media as a Sustainable Tool for Learning English in the Post-Pandemic Era. *Theory and Practice in Language Studies*, *13*(10), 2697–2704. https://doi.org/10.17507/TPLS.1310.29

Jurisevic, M., Lavrih, L., Lisic, A., Podlogar, N., & Zerak, U. (2021). Higher education students' experience of emergency remote teaching during the Covid-19 pandemic in relation to self-regulation and positivity. *CEPS Journal*, *11*(Special Issue), 241–262. https://doi.org/10.25656/01:23660

Karrenbauer, C., Brauner, T., König, C. M., & Breitner, M. H. (2023). Design, development, and evaluation of an individual digital study assistant for higher education students. *Educational Technology Research and Development*, *71*(5), 2047–2071. https://doi.org/10.1007/S11423-023-10255-8/TABLES/5

Kaspar, K., Burtniak, K., & Rüth, M. (2023). Online learning during the Covid-19 pandemic: How university students' perceptions, engagement, and performance are related to their personal characteristics. *Current Psychology: A Journal for Diverse Perspectives on Diverse Psychological Issues*. https://doi.org/10.1007/S12144-023-04403-9

Kempen, L., & Liebendörfer, M. (2021). University students' fully digital study of mathematics: an identification of student-groups via their resources usage and a characterization by personal and affective characteristics. *Teaching Mathematics and Its Applications: An International Journal of the IMA*, *40*(4), 436–454. https://doi.org/10.1093/TEAMAT/HRAB020

Kim, D., Yoon, M., Jo, I. H., & Branch, R. M. (2018). Learning analytics to support self-regulated learning in asynchronous online courses: A case study at a women's university in South Korea. *Computers & Education*, *127*, 233–251. https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2018.08.023

Li, K. (2019). MOOC learners' demographics, self-regulated learning strategy, perceived learning and satisfaction: A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, *132*, 16–30. https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2019.01.003

Lim, C. L., Ab Jalil, H., Ma'rof, A. M., & Saad, W. Z. (2020). Self-Regulated Learning as a Mediator in the Relationship between Peer Learning and Online Learning Satisfaction: A Study of a Private University in Malaysia. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, *17*(1), 51–75.

Lobos, K., Sáez-Delgado, F., Bruna, D., Cobo-Rendon, R., & Díaz-Mujica, A. (2021). Design, Validity and Effect of an Intra-Curricular Program for Facilitating Self-Regulation of Learning Competences in University Students with the Support of the 4Planning App. *Education Sciences*, *11*(8), 449. https://doi.org/10.3390/EDUCSCI11080449

López de la Serna, A., & Tejada Garitano, E. (2019). Análisis del nivel de aprendizaje autorregulado dentro de un curso SPOC en una asignatura de grado. *Revista Educativa HEKADEMOS*, *27*, 39–49. https://hekademos.com/index.php/hekademos/article/view/14

Maldonado-Mahauad, J., Pérez-Sanagustín, M., Kizilcec, R. F., Morales, N., & Munoz-Gama, J. (2018). Mining theory-based patterns from Big data: Identifying self-regulated learning strategies in Massive Open Online Courses. *Computers in Human Behavior*, *80*, 179–196. https://doi.org/10.1016/J.CHB.2017.11.011

Marcelo, C., & Rijo, D. (2019). Aprendizaje autorregulado de estudiantes universitarios: Los usos de las tecnologías digitales. *RECIE. Revista Caribeña de Investigación Educativa* , *3*(1), 62–81. https://doi.org/10.32541/RECIE.2019.V3I1.PP62-81

Martínez-Sarmiento, L. F., & Gaeta González, M. (2019). Utilización de la plataforma virtual Moodle para el desarrollo del aprendizaje autorregulado en estudiantes universitarios. *Educar*, *55*(2), 479–498. https://doi.org/10.5565/rev/educar.883

Meletiou-Mavrotheris, M., Eteokleous, N., & Stylianou-Georgiou, A. (2022). Emergency Remote Learning in Higher Education in Cyprus during COVID-19 Lockdown: A Zoom-Out View of Challenges and Opportunities for Quality Online Learning. *Education Sciences*, *12*(7), 477. https://doi.org/10.3390/EDUCSCI12070477/S1

Montgomery, A. P., Mousavi, A., Carbonaro, M., Hayward, D. V., & Dunn, W. (2019). Using learning analytics to explore self-regulated learning in flipped blended learning music teacher education. *British Journal of Educational Technology*, *50*(1), 114–127. https://doi.org/10.1111/BJET.12590

Niño Carrasco, S., Castellanos-Ramírez, J. C., & Patrón Espinosa, F. (2021). Contraste de experiencias de estudiantes universitarios en dos escenarios educativos: enseñanza en línea vs. enseñanza remota de emergencia. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, *21*(65), 8–9. https://doi.org/10.6018/RED.440731

Núñez, M. E., García, P. M., & Abbas, A. (2023). The mediating role of self-regulation between emotional intelligence and student performance in online global classroom-based collaborative international online learning (COIL): Empirical evidence from four partner universities of Latin America. *Research in Globalization*, *7*, 100178. https://doi.org/10.1016/J.RESGLO.2023.100178

Onojah, A. A., Onojah, A. O., & Olubode, O. C. (2022). Undergraduate Students' Utilization of Technologies for Self-Regulated Learning in Kwara State. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*, *15*(2), 24–44. https://doi.org/10.18785/jetde.1502.03

Passos, K. K. M., Bezerra, H. K. F., Leonel, A. C. L. D. S., Ramos-Perez, F. M. M., Martelli-Junior, H., Machado, R. A., Bonan, P. R. F., & Perez, D. E. D. C. (2021). Self-regulated learning perception of undergraduate dental students during the COVID-19 pandemic: A nationwide survey in Brazil. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, *13*(10), e987. https://doi.org/10.4317/JCED.58452

Pérez-Álvarez, R., Maldonado-Mahauad, J., & Pérez-Sanagustín, M. (2018). Tools to Support Self-Regulated Learning in Online Environments: Literature Review. In V. Pammer-Schindler, M. Pérez-Sanagustín, H. Drachsler, R. Elferink, & M. Scheffel (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 11082, pp. 16–30). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98572-5_2/FIGURES/2

Pintrich, P. R. (2000). The Role of Goal Orientation in Self-Regulated Learning. *Handbook of Self-Regulation*, 451–502. https://doi.org/10.1016/B978-012109890-2/50043-3

Quesada-Pallarès, C., Sánchez-Martí, A., Ciraso-Calí, A., & Pineda-Herrero, P. (2019). Online vs. Classroom Learning: Examining Motivational and Self-Regulated Learning Strategies Among Vocational Education and Training Students. *Frontiers in Psychology*, *10*, 476382. https://doi.org/10.3389/FPSYG.2019.02795/BIBTEX

Robillos, R. J. (2023). The Impact of the FlipGrid Application Within the Genre-Based Framework on Students' Writing Skills and Self-Regulation of Learning Awareness. *Studies in Self-Access Learning Journal*, *14*(4), 456–475. https://doi.org/10.37237/140404

Romero Carrión, V. L., Campos Pérez, R., García Flores, S., Zavala, E. Z., Escandón García, J., & Pantoja Chihuan, G. (2022). El Podcast: un recurso virtual para el aprendizaje autónomo en estudiantes universitarios. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *46*(06), 21–33. https://doi.org/10.17013/risti.46.21-33

Rossi, G., Pazos, X., Salgado, P., Squassi, A., & Klemonskis, G. (2023). Estrategias de Autorregulación del Aprendizaje en Contextos Virtuales en Estudiantes de Odontología. *Revista de La Facultad de Odontologia de La Universidad de Buenos Aires*, *38*(88), 57–64. https://revista.odontologia.uba.ar/index.php/rfouba/article/view/157

Shamseer, L., Moher, D., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & Group, P.-P. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation. *BMJ*, *349:g7647*. https://doi.org/10.1136/bmj.g7647

Shih, M., Liang, J. C., & Tsai, C. C. (2019). Exploring the role of university students' online self-regulated learning in the flipped classroom: a structural equation model. *Interactive Learning Environments*, *27*(8), 1192–1206. https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1541909

Shine, B., & Heath, S. E. (2020). Techniques for Fostering Self-Regulated Learning Via Learning Management Systems in On-Campus and Online Courses. *Journal of Teaching and Learning with Technology*, *9*(1), 119–126. https://doi.org/10.14434/JOTLT.V9I1.29014

Sun, Z., Xie, K., & Anderman, L. H. (2018). The role of self-regulated learning in students' success in flipped undergraduate math courses. *The Internet and Higher Education*, *36*, 41–53. https://doi.org/10.1016/J.IHEDUC.2017.09.003

Talan, T., & Gülseçen, S. (2018). Evaluation of the Students' Self-Regulation Skills and Perceived Self-Efficacy in Flipped Classroom and Blended Learning Environments. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, *9*(3), 563–580. https://doi.org/10.16949/turkbilmat.403618

Tarchi, C., Brante, E. W., Jokar, M., & Manzari, E. (2022). Pre-service teachers' conceptions of online learning in emergency distance education: How is it defined and what self-regulated learning skills are associated with it? *Teaching and Teacher Education*, *113*, 103669. https://doi.org/10.1016/J.TATE.2022.103669

Ulfatun, T., Septiyanti, F., & Lesmana, A. G. (2021). University Students' Online Learning Self-efficacy and Self-regulated Learning during the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Information and Education Technology*, *11*(12), 597–602. https://doi.org/10.18178/ijiet.2021.11.12.1570

Unicef. (2022, January 24). *COVID-19: más de 635 millones de estudiantes siguen afectados por el cierre de escuelas*. Unicef Perú. https://www.unicef.org/peru/comunicados-prensa/covid-19-mas-de-635-millones-de-estudiantes-mundo-siguen-afectados-por-el-cierre-de-escuelas

Urbina, S., Villatoro, S., & Salinas, J. (2021). Self-Regulated Learning and Technology-Enhanced Learning Environments in Higher Education: A Scoping Review. *Sustainability*, *13*(13), 7281. https://doi.org/10.3390/SU13137281

Uz, R., & Uzun, A. (2018). The Influence of Blended Learning Environment on Self-Regulated and Self-Directed Learning Skills of Learners. *European Journal of Educational Research*, *7*(4), 877–886. https://doi.org/10.12973/EU-JER.7.4.877

Verstege, S., Pijeira-Díaz, H. J., Noroozi, O., Biemans, H., & Diederen, J. (2019). Relations between students' perceived levels of self-regulation and their corresponding learning behavior and outcomes in a virtual experiment environment. *Computers in Human Behavior*, *100*, 325–334. https://doi.org/10.1016/J.CHB.2019.02.020

Vilela, P., Sánchez, J., & Chau, C. (2021). Desafíos de la educación superior en el Perú durante la pandemia por la covid-19. *Desde El Sur*, *13*(2), 1–11. https://doi.org/10.21142/DES-1302-2021-0016

Wong, J., Baars, M., Davis, D., Van Der Zee, T., Houben, G.-J., & Paas, F. (2019). Supporting Self-Regulated Learning in Online Learning Environments and MOOCs: A Systematic Review. *International Journal of Human–Computer Interaction*, *35*(4–5), 356–373. https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1543084

Xu, Z., Zhao, Y., Liew, J., Zhou, X., & Kogut, A. (2023). Synthesizing research evidence on self-regulated learning and academic achievement in online and blended learning environments: A scoping review. *Educational Research Review*, *39*, 100510. https://doi.org/10.1016/J.EDUREV.2023.100510

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview. *Theory Into Practice*, *41*(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 10/05/2024
Aceitação/Acceptance: 18/07/2024

Modelo de Integración de Técnicas y Herramientas de OSINT con los Controles de Seguridad de la ISO/IEC 27001:2022

William-Rogelio Marchand-Niño[1], Einstein-Arnold Ortiz-Morales[1], Edwin-Jesus Vega-Ventocilla[1], Gardyn Olivera-Ruiz[1]

william.marchand@unas.edu.pe; einstein.ortiz@unas.edu.pe; edwin.vega@unas.edu.pe; gardyn.olivera@unas.edu.pe

[1] Universidad Nacional Agraria de la Selva, 10131 Tingo María, Perú.

Pages: 167-180

Resumen: La adopción de la ISO/IEC 27001:2022 no siempre es efectiva porque puede concebirse como cumplimiento documental, dejando en segundo plano la operativización técnica de los controles de seguridad. Por otro lado, en la fase de reconocimiento de la seguridad ofensiva, se utilizan técnicas de OSINT para obtener información expuesta en Internet que puede afectar al negocio. Entonces, ¿cómo se pueden integrar las técnicas y herramientas de OSINT con los controles de seguridad de la ISO/IEC 27001:2022? Es el problema que cubre esta investigación de tipo aplicada de nivel descriptivo, además se detallan las fases de recopilación, análisis y diseño del Modelo de Integración donde se aplican 28 controles y 43 herramientas de código abierto. El modelo es flexible y adaptable a cualquier organización, y constituye una forma de complementar el enfoque defensivo con técnicas ofensivas para consolidar una postura adecuada de seguridad de la información.

Palabras-clave: OSINT; ISO 27001; ciberseguridad.

OSINT Techniques and Tools Integration Model with ISO/IEC 27001:2022 Security Controls

Abstract: The adoption of ISO/IEC 27001:2022 is not always effective because it can be conceived as documentary compliance, leaving aside the technical operationalization of security controls. On the other hand, in the reconnaissance phase of offensive security, OSINT techniques are used to obtain information exposed on the Internet that can affect the business. So, how can OSINT tools and techniques be integrated with ISO/IEC 27001:2022 security controls? This descriptive-level applied research covers the problem posed, detailing the collection, analysis and design phases of an Integration Model where 28 controls and 43 open-source tools were selected. The model is flexible and adaptable to any organization and is a way to complement the defensive approach with offensive techniques to consolidate an adequate information security posture.

Keywords: OSINT; ISO 27001; cybersecurity.

1. Introducción

Cada día los usuarios de las organizaciones exponen información que puede ser sensible en Internet, sea consciente o inconscientemente, y esta información puede ser aprovechada por los agentes de amenazas para obtener beneficios financieros (Abdullah et al., 2021). El tipo de información a la que se hace referencia es principalmente el tipo organizacional o empresarial, que también incluyen los datos personales, siendo estos, una fuente de datos importante para los ciberdelincuentes, quizá la más importante (Pfleeger et al., 2015).

Por otro lado, las organizaciones, especialmente desde la pandemia del COVId-19 están utilizando e implementando soluciones informáticas con mayor intensidad, que ha dado espacio a la aceleración de la transformación digital, incluyendo la digitalización y uso de las tecnologías de la información para sus procesos y actividades (teletrabajo, reuniones, control de personal, procesos de fabricación, generación de servicios, repositorios de conocimiento, entretenimiento, educación, etc.) (Fundación Movistar, 2023), lo que también incrementa el riesgo y la superficie de ataque a las que se ven expuestos los activos de las organizaciones. Por lo tanto, se ven obligadas a implementar sistemas de seguridad expresados en Sistemas de Gestión de Seguridad de la Información con la adopción de estándares, *frameworks* y controles que se adecuen a sus realidades (Alrehili & Alhazmi, 2024), sin embargo, la mayoría de las empresas implementan controles de seguridad para funciones críticas o posterior a la detección de vulnerabilidades (Accenture, 2023).

La norma que comúnmente se adopta es la ISO/IEC 27001 para seguridad de la información, aunque la implementación puede ser complejo y largo, además de considerar que el proceso de seguridad de la información y la evaluación de riesgos asociado no es estático (Kitsios et al., 2023), incrementando la complejidad, pero también la flexibilidad y oportunidades de ajustes.

Un aspecto importante en la adopción e implementación de la norma ISO/IEC 27001, son las herramientas o instrumentos tecnológicos que ayuden a la eficiencia y eficacia de los sistemas de gestión de seguridad de la información; sin embargo, se evidencian estudios sobre la importancia del grado de madurez de la organización en materia de seguridad de la información para recomendar el uso de esos instrumentos (Donoso Vargas et al., 2023).

La aplicación de los controles de seguridad puede ser un desafío cuando no se tiene la información suficiente para el cumplimiento, seguimiento y la toma de decisiones que implica hacer frente a las amenazas de seguridad de la información como el phishing y el *malware* como principales preocupaciones de las empresas (ESET, 2023). Por lo general, cuando se realiza el seguimiento de los controles de seguridad implementados se requiere información de entrada generada en los sistemas de la organización, siendo estos, principalmente internos; pero existe información que puede estar expuesta en Internet sobre fuentes públicas y esa información puede ser realmente confidencial y sensible que sea utilizada por los ciberdelincuentes, está información expuesta puede ser producto de incidentes de seguridad con exfiltración de datos (Adewopo et al., 2020), convirtiéndose en un riesgo importante que pueda impactar en los niveles de seguridad de la organización.

El proceso de buscar y encontrar esa información que está expuesta en Internet obedece al ciclo de vida de la inteligencia (requerimientos o necesidades de información, planeamiento y dirección, recopilación, procesamiento, análisis, y diseminación) (Lowenthal, 2014), para tal efecto se consideran las herramientas de OSINT (Inteligencia de Fuentes Abiertas) (Bazzell, 2018), algunas forman parte del *framework* (http://osintframework.com) y otras, de fuentes alternas como sitios especializados (conferencias técnicas, artículos técnicos y científicos, repositorios, entre otros). Del mismo modo, las técnicas de *scraping* también son una forma de obtener información útil para diversos objetivos (Cocón et al., 2023).

En este estudio se analizaron los controles de seguridad de la ISO/IEC 27001:2022 que son susceptibles de integrarse con las técnicas y herramientas de OSINT, además de realizar pruebas para verificar la correspondencia con los controles de seguridad seleccionados. También se proporciona un modelo como aporte para futuras investigaciones de validación y aplicación del modelo a diversos ámbitos.

2. Trabajos relacionados

En una propuesta de integración, el trabajo de Alkilani & Qusef (2021) presentan un conjunto de técnicas OSINT que se ocupan de la gestión dentro de los Sistemas de Gestión de Seguridad de la Información que están orientadas a ciertos dominios de la norma ISO/IEC 27001:2013 como las actividades de verificaciones de antecedentes y selección de nuevas contrataciones, además de la evaluación de riesgos del proveedor. También analizaron algunas herramientas OSINT gratuitas para proponer cómo y dónde se pueden utilizar en el proceso de certificación ISO 27001. Además, mencionan que las estadísticas muestran que hay un número creciente de información confidencial relacionada con personas y empresas disponible públicamente que se puede recopilar, siendo una de las preocupaciones de cómo eliminarla. Los autores desarrollan la integración desde el punto de vista de la certificación de la norma ISO/IEC 27001 versión 2013.

Otros estudios se enfocaron en el éxito de la adopción de la norma ISO/IEC 27001 basado en las capacidades y habilidades de los usuarios, fomentando la sensibilización y educación en aspectos propios de la norma como en conceptos de la seguridad de información. Este enfoque espera que las organizaciones logren un alto nivel de legitimidad con la capacidad institucional para alcanzar sus objetivos de seguridad de la información con el apoyo de la norma (Kamil et al., 2023).

Por el lado de las técnicas y herramientas de OSINT, se tienen algunos trabajos interesantes como el de Evangelista et al. (2021) quienes realizaron una revisión sistemática de literatura sobre la aplicación de OSINT con la Inteligencia Artificial (IA), concluyendo que las publicaciones revisadas describen el uso de algoritmos de aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural para manejar el alto volumen de información presente en Internet. Con este conocimiento, es posible mejorar procesos y tareas que involucren temas como privacidad, ingeniería social, inteligencia de amenazas cibernéticas, aplicación de la ley, recolección de evidencia digital, pruebas de penetración, fuga de datos y seguridad en redes inalámbricas.

Asimismo, González-Granadillo et al. (2021) explican la forma en que los datos de OSINT son recopilados por fuentes disponibles públicamente para ser utilizados en procesos de inteligencia como las Plataformas de Inteligencia de Amenazas (TIP, por sus siglas en inglés) que son los principales consumidores. Estas plataformas ayudan a las organizaciones a agregar, correlacionar y analizar datos de amenazas de múltiples fuentes en tiempo real para contribuir a la toma de decisiones relacionadas con acciones defensivas. Sin embargo, considerando la naturaleza no estructurada de los datos recopilados, las TIP requieren que los datos se correlacionen con información en tiempo real, antes de ser analizados y compartidos. Se propone una solución de una plataforma de inteligencia de amenazas enriquecida con capacidades extendidas en términos de importación, procesos de evaluación de calidad, visualización e intercambio de información. La plataforma recibe información estructurada de amenazas cibernéticas de múltiples fuentes y realiza la correlación entre ellas con datos estáticos y dinámicos.

Desde otra óptica, Hwang et al. (2022) abordan el factor de acceso a los datos recopilados con la técnicas y herramientas de OSINT, es decir, quiénes tienen acceso o si estos datos pueden ser accesibles por personas no autorizadas, y cómo esta situación amenaza la seguridad cuando se utilizan indebidamente. Como contramedida, proponen la implementación de requisitos básicos de seguridad de acuerdo con los pasos de recopilación y almacenamiento de datos en OSINT y los pasos involucrados cuando los usuarios acceden a los datos recopilados por OSINT, siendo mecanismos similares a los utilizados en la nube, por ejemplo; proporcionando confidencialidad e integridad para datos importantes a través del cifrado de datos; copias de seguridad, control de accesos con autenticación. También argumentan que el aspecto más importante finalmente es la conciencia ética que tienen los usuarios con acceso a la información recopilado en un entorno de OSINT.

En los avances sobre integración de las herramientas de OSINT con otras actividades de seguridad, se tiene el caso de la investigación de Stodelov & Miloslavskaya (2022) que propone una integración de la información sobre la infraestructura TI de cualquier organización y sus sistemas de información en fuentes abiertas (OSINT) con las herramientas para el monitoreo de red. Con base en los resultados de OSINT para una organización en particular, se formularon recomendaciones para contrarrestar la fuga de información sobre su infraestructura de TI y sistemas de información a fuentes abiertas, así como la detección temprana de tales hechos. Algunas de estas recomendaciones son: resultados de OSINT para configurar sistemas de detección y prevención de intrusos (IDPS), firewalls, sistemas de gestión de eventos e información de seguridad (SIEM) y otros sistemas para detectar el escaneo de intranet y el tráfico de red sospechoso.

Por otro lado, es importante resaltar los trabajos que implican la auditoria de ciberseguridad como el desarrollado por Sabillón & Cano M. (2019) que contribuye a evaluar y verificar que los controles de seguridad de la información se cumplan efectivamente, tal es así, por ejemplo, los relacionados con la inteligencia de amenazas que cubren la recopilación de información y los riesgos que representan. Los tipos de controles de prevención y detección (Hinde, 1993), son los que se pueden asociar con la inteligencia de fuentes abiertas.

3. Metodología

La investigación de acuerdo con su finalidad es de tipo aplicada, pues su objetivo primordial es la resolución de problemas prácticos inmediatos. De acuerdo con Espinoza M. (2014), en una investigación aplicada debe evaluarse si la combinación de configuraciones o estructuras del objeto de investigación ha permitido mejorar la productividad o la eficiencia de funcionamiento, y en esta investigación se propone una forma de integración de controles con técnicas y herramientas de OSINT.

La investigación es de nivel descriptivo porque este tipo de investigación establece un conocimiento sobre la variable de investigación. Se busca considerar el grado de características que puedan estar relacionadas con la variable de un objeto de investigación (Hernandez Sampieri et al., 2014).

El estudio responde a la pregunta ¿Cómo se pueden integrar las técnicas y herramientas de OSINT con los controles de seguridad de la ISO/IEC 27001:2022? A partir de la formulación del problema se desprende el objetivo: determinar una forma de integración de técnicas y herramientas de OSINT con los controles de seguridad de la ISO/IEC 27001:2022 mediante un modelo.

Las etapas desarrolladas para lograr el objetivo se describen a continuación:

Fase 1: recopilación de información.

En esta fase se ha recopilado el total de controles de seguridad según la ISO/IEC 27001:2022 contabilizándose un total de 93 categorizados en 4 grupos (A5. controles de organización, A6. controles de personas, A7. controles físicos y A8. controles tecnológicos). También se realizó la recopilación de herramientas OSINT a partir de la revisión bibliográfica, repositorios públicos y del *framework* disponible en Internet (https://osintframework.com/) cuyo numeró ascendió a 302 herramientas.

Fase 2: análisis de la información.

Con la información recopilada se realizó el análisis para determinar qué controles son aplicables para el modelo de integración con las técnicas y herramientas OSINT. Básicamente el análisis realizado define si con alguna técnica y herramienta de la inteligencia de fuentes abiertas se puede complementar la implementación y operatividad del control de seguridad incluido en la norma ISO/IEC 27001:2022. Además, se consideró que las herramientas que se incluyan para esta investigación sean del tipo pasivo, es decir que no es necesario la interacción directa con los sistemas o personas de alguna organización. Para la categorización de las técnicas y herramientas de OSINT se tuvo como base el *framework* de OSINT y la matriz de tácticas y técnicas de MITRE ATT&CK.

Fase 3: formulación del modelo.

Para la propuesta del modelo de integración de los controles de seguridad de la ISO/IEC 27001:2022 con las técnicas y herramientas de OSINT, previamente se realizó un mapeo entre los controles aplicables con las técnicas y herramientas correspondientes. Las herramientas incluidas en el modelo se consideran dinámicas, es decir pueden ser actualizadas periódicamente, asumiendo el desarrollo de nuevas versiones o

herramientas, ausencia de soporte a las actuales o la eficacia de estas por efecto de los cambios tecnológicos.

4. Resultados

Como resultado del análisis se determinó 28 controles de la norma ISO/IEC 27001:2022 que son aplicables para el modelo de integración con las técnicas y herramientas OSINT y se muestran en la Tabla 1.

Nº	Control ID	Control	Sustento
1	A5.01	Políticas de seguridad de la información	De acuerdo con el tipo de información que puede estar expuesta en fuentes abiertas se deben revisar y actualizar las políticas de seguridad de la información.
2	A5.02	Responsabilidades y roles de seguridad de la información	Determinar y asociar los responsables de los activos cuyos datos pueden estar expuestos en fuentes abiertas y representen un riesgo para la seguridad de la información.
3	A5.07	Inteligencia de amenazas	Con la información recopilada de fuentes abiertas, se puede determinar el nivel de riesgo y amenazas y permitan tomar las acciones adecuadas.
4	A5.09	Inventario de información y otros activos asociados	Verificar si existe información relevante en fuentes abiertas sobre los activos de información.
5	A5.10	Uso aceptable de la información y otros activos asociados	Para determinar posibles canales de fuga de información, intencionada o no.
6	A5.12	Clasificación de la información	Para determinar la gravedad o criticidad de posible información expuesta en fuentes abiertas.
7	A5.13	Etiquetado de información	Para determinar la gravedad o criticidad de posible información expuesta en fuentes abiertas.
8	A5.14	Transferencia de información	Para determinar posibles canales de fuga de información, intencionada o no.
9	A5.17	Información de autenticación	Verificar la validez de credenciales expuestas en fuentes abiertas.
10	A5.18	Derechos de acceso	Para determinar posibles canales de fuga de información, intencionada o no.
11	A5.19	Seguridad de la información en las relaciones con los proveedores	Para determinar posibles canales de fuga de información, intencionada o no.
12	A5.20	Direccionamiento de la seguridad de la información en los acuerdos con los proveedores	Para determinar posibles canales de fuga de información, intencionada o no.

Nº	Control ID	Control	Sustento
13	A5.31	Requisitos legales, estatutarios, reglamentarios y contractuales	La información expuesta en fuentes abiertas puede estar relacionada con incumplimientos regulatorios como la protección de datos personales.
14	A5.32	Derechos de propiedad intelectual	Para la comprobación si activos de información con derechos controlados, están siendo expuestos en fuentes abiertas.
15	A5.33	Protección de registros	Para verificar si existe información o registros que deberían estar protegidos.
16	A5.34	Privacidad y protección de la información de identificación personal (PII)	Para la verificación de exposición en fuentes abiertes de PII.
17	A6.01	Verificación de antecedentes	Las fuentes abiertas proveen de información sobre las personas de interés.
18	A7.01	Perímetros físicos de seguridad	Las fuentes abiertas proveen de información organizacional como planos, fotos, diagramas que pueden divulgar información sobre la seguridad en los perímetros físicos.
19	A7.02	Entrada física	Las fuentes abiertas proveen de información organizacional como planos, fotos, diagramas que pueden divulgar información sobre los accesos físicos y el nivel de seguridad considerado.
20	A7.03	Seguridad de oficinas, salas e instalaciones	Las fuentes abiertas proveen de información organizacional como planos, fotos, diagramas que pueden divulgar información sobre la seguridad en oficinas, salas e instalaciones diversas.
21	A7.04	Monitoreo de seguridad física	Las fuentes abiertas proveen de información por medio de motores de búsquedas especializados en dispostivos expuestos en Internet, como cámaras de videovigilancia.
22	A8.04	Acceso al código fuente	Repositorios públicos como GitHub o GitLab puede divulgar código fuente de las aplicaciones que utiliza una organización.
23	A8.07	Protección contra *malware*	Es posible encontrar en diversos reportes sobre incidentes de seguridad relacionado con la infección con *malware* en los sistemas propios o de terceros que usa la organización.
24	A8.09	Gestión de la configuración	Es posible encontrar en diversos reportes sobre incidentes de seguridad relacionado con la infección con *malware* en los sistemas propios o de terceros que usa la organización.
25	A8.12	Prevención de fuga de datos	Para verificar la existencia de datos expuestos no deseados, se puede hacer uso de herramientas OSINT
26	A8.20	Seguridad en redes	Por medio de motores de busqueda de dispositivos se puede determinar si existen equipos expuestos.

Nº	Control ID	Control	Sustento
27	A8.21	Seguridad de los servicios de red.	Por medio de motores de busqueda de dispositivos se puede determinar si existen equipos expuestos.
28	A8.30	Desarrollo subcontratado	Empresas terceras (proveedores) pueden divulgar información confidencial y sensible de la organización

Tabla 1 – Controles ISO/IEC 27001:2022 seleccionados

Se realizó el análisis de las herramientas y se detectaron que muchas de ellas no están activas o actualizadas; asimismo se realizó la verificación de efectividad de las herramientas contra 05 dominios de diversos sectores (público, universidad, asociaciones y comercio), haciendo énfasis que el objetivo fue recopilar la mayor cantidad de información sin considerar la calidad de la misma, es decir no se realizó una valoración de la criticidad o utilidad de los datos contra los sistemas informáticos o personas de las organizaciones dueñas de los dominios bajo prueba.

Se identificaron 9 técnicas OSINT correspondientes al tipo pasivo (véase Tabla 2) con 189, de las cuales, 43 herramientas son aplicables a los controles seleccionados que forman parte del modelo (véase Tabla 3). Algunas de las herramientas son aplicables para diferentes técnicas.

ID	Técnicas OSINT	Cantidad de Herramientas
TP01	Búsqueda de dispositivos expuestos	12
TP02	Búsqueda avanzada y motores específicos	15
TP03	Búsqueda de datos personales	19
TP04	Consultas DNS	62
TP05	Revisión de código fuente en repositorios públicos	10
TP06	Búsqueda de archivos, documentos y metadatos	8
TP07	Búsqueda de credenciales expuestas	15
TP08	Búsqueda de datos organizacionales	18
TP09	Búsqueda de direcciones de correo electrónico	30
	TOTAL	189

Tabla 2 – Técnicas pasivas de OSINT

ID	Herramienta OSINT	Descripción	Técnica OSINT
1	whois	Consulta de información sobre registros de dominio.	TP04
2	dig	Herramienta de línea de comandos para consultar información DNS.	TP04

ID	Herramienta OSINT	Descripción	Técnica OSINT
3	nslookup	Herramienta de línea de comandos para realizar consultas DNS	TP04
4	host	Herramienta de línea de comandos para resolver direcciones IP con base en el dominio.	TP04
5	dnsenum	Enumeración de subdominios con el uso de diccionarios y *fuzzing*.	TP04
6	fierce	Enumeración de DNS para descubrir nombres de hosts y subdominios.	TP04
7	dnsrecon	Enumeración de DNS avanzada con el uso de diccionarios y *fuzzing*.	TP04
8	Amass	Enumeración de subdominios y activos en la web.	TP04
9	Findomain	Herramienta de enumeración de subdominios.	TP04
10	Subfinder	Herramienta de enumeración de subdominios.	TP04
11	dnsmap	Enumeración de subdominios.	TP04
12	Emailharvester	Búsqueda de direcciones de correo electrónico con el uso de diversas fuentes como Google, Bing, Yahoo, etc.	TP09
13	Hunter.io	Búsqueda de direcciones de correo electrónico asociadas con un dominio. Herramienta Web.	TP09
14	Snov.io	Herramienta de búsqueda y verificación de correos electrónicos.	TP09
15	Lusha	Consulta de información de contacto en perfiles sociales y datos asociados a las personas.	TP03, TP08, TP09
16	Infoga	Recopila información de correo electrónico y nombres de dominio a través de búsquedas.	TP04, TP09
17	haveibeenpwned	Verifica si una dirección de correo aparece en brechas de seguridad.	TP08, TP09
18	Email Find	Búsqueda de direcciones de correos electrónico de contactos en redes sociales.	TP09
19	Clearbit Connect	Proporciona información enriquecida sobre contactos comerciales	TP08
20	Google Dorks	Utiliza operadores de búsqueda de Google para buscar información específica	TP02, TP04, TP05, TP06, TP07, TP08, TP09
21	LinkedIn / LinkedInDumper	Fuente de búsqueda de personas y datos relacionados con las empresas donde laboran.	TP03, TP08, TP09
22	Facebook	Fuente de búsqueda de datos personales.	TP03, TP08, TP09
23	Twitter	Fuente de búsqueda de datos personales y datos relacionados con las empresas donde laboran.	TP03, TP08, TP09
24	ZoomEye	Motor de búsqueda para dispositivos conectados a Internet.	TP01,
25	Shodan	Motor de búsqueda para dispositivos conectados a Internet.	TP01

ID	Herramienta OSINT	Descripción	Técnica OSINT
26	Censys	Motor de búsqueda y monitorización de dispositivos en Internet.	TP01
27	BinaryEdge	Motor de búsqueda para dispositivos conectados a Internet.	TP01
28	ExifTool	Herramienta extraer metadatos en una variedad de archivos.	TP06
29	pdfinfo	Herramienta de línea de comandos para mostrar información de metadatos de archivos PDF.	TP06
30	Metagoofil	Herramienta extraer metadatos en una variedad de archivos.	TP06
31	Pymeta	Herramienta extraer metadatos en una variedad de archivos.	TP06
32	Github / Gitlab	Repositorios públicos de código fuente.	TP05
33	Intelx.io	Búsqueda de credenciales expuestas.	TP07
34	grep.app	Búsqueda de información en código fuente almacenados en repositorios públicos.	TP05
35	dnstwister	Verificación de dominios y subdominios disponibles.	TP04
36	Sudomy	Enumeración automatizada de subdominios haciendo uso de diccionarios y *fuzzing*.	TP04
37	Maltego	Búsqueda de información diversa como dominios, direcciones físicas, direcciones IP, direcciones de correo electrónico, urls, etc.	TP01, TP03, TP04, TP08, TP09
38	Cloud_enum	Enumeración de recursos expuestos en la nube	TP06
39	inSp3ctor	Enumeración de *buckets* y recursos S3 de AWS	TP06
40	Spiderfoot	Herramienta automatiza que incluye tanto el método pasivo como activo para ejecutar todas las técnicas OSINT.	TP01, TP03, TP04, TP05, TP06, TP07, TP08, TP09
41	Google images	Buscador de imágenes	TP02
42	TinEye	Buscador de imágenes de forma reversa.	TP02
43	Breachdirectory	Consulta por contraseñas asociadas a direcciones de correo electrónico.	TP07

Tabla 3 – Herramientas OSINT seleccionadas

Con base en los datos procesados sobre controles de la ISO/IEC 27001:2022, las técnicas y herramientas de OSINT se ha diseñado el modelo que se observa en la figura 1. El modelo representa la interacción que existe entre OSINT y la norma para la recopilación de información en función de las necesidades de información que requiere el Sistema de Gestión de Seguridad de la Información representado por los controles seleccionados. Este proceso facilita y complementa la monitorización de controles y la toma de decisiones.

En la figura 2 se observa el mapeo y correspondencia entre los grupos de controles de la norma ISO/IEC 27001:2022 con las técnicas y herramientas OSINT seleccionadas.

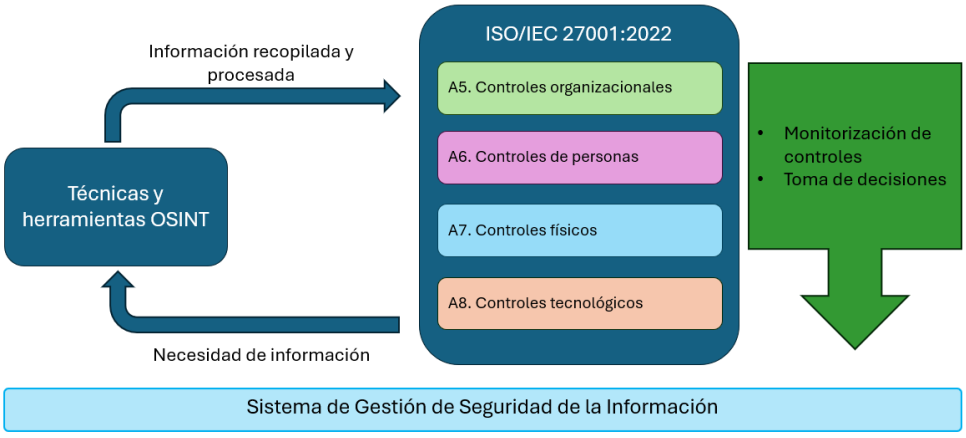


Figura 1 – Modelo de integración de controles ISO/IEC 27001:2022 y OSINT.

ISO/IEC 27001:2022	Técnicas y herramientas OSINT	
A5. Controles organizacionales (16)	Todas las técnicas	Todas las herramientas
A6. Controles de personas (1)	Búsqueda de datos personales	Lusha | LinkedIn | Facebook | Twitter | Maltego | Spiderfoot
A7. Controles físicos (4)	Búsqueda de datos organizacionales	Lusha | Haveibeenpwned | Clearbit Connect | Google Dorks | LinkedIn/LinkedInDumper | Facebook | Twitter | Maltego | Spiderfoot
A8. Controles tecnológicos (7)	• Búsqueda de dispostivos expuestos • Búsqueda avanzada y motores específicos • Consultas DNS • Revisión de código fuente en repositorios públicos • Búsqueda de archivos, documentos y metadatos • Búsqueda de credenciales expuestas	ZoomEye | Shodan | Censys | BinaryEdge | Maltego | Spiderfoot | Google Dorks | Google images | TinEye | Whois | dig | nslookup | host | dnsenum | fierce | dnsrecon | Amass | Findomain | Subfinder | dnsmap | Infoga | Sudomy | Github / Gitlab | grep.app | ExifTool | pdfinfo | Metagoofil | Pymeta | Cloud_enum | inSp3ctor | Intelx.io | Breachdirectory

Figura 2 – Mapeo de grupos de controles de ISO/IEC 27001:2022 con las técnicas y herramientas OSINT.

En el modelo propuesto se incluyeron 28 controles de la ISO/IEC 27001:2022, siendo el grupo de controles organizacionales el de mayor cantidad (16 controles) que pueden ser complementados en su operativización y monitorización con las técnicas y herramientas de OSINT, porque el tipo de información que se relaciona con los controles seleccionados

es información que se puede recuperar con herramientas especializadas para fuentes abiertas tanto por agentes de amenazas como el equipo de seguridad de cada organización, la ventaja la tomará aquellos que aprovechan eficazmente la información para sus fines.

Respecto a las técnicas y herramientas, se definieron nueve técnicas del tipo pasivo, las cuales incluyeron 43 herramientas de un total de 266 revisadas. Estas herramientas mantienen vigencia y cubren todos los controles seleccionados de la norma ISO/IEC 27001:2022.

El resultado final de integrar los controles de la norma con las técnicas y herramientas de OSINT en un modelo para aplicarse a la operativización y monitoreo de los controles indicados se convierte en una herramienta flexible y adaptativa para las organizaciones que implementan la norma ISO/IEC 27001:2022.

En contraste con los antecedentes, uno de ellos aborda tres dominios de la norma ISO/IEC 27001:2013 (seguridad de la información organizacional, seguridad de recursos humanos y relación con proveedores), mencionado a siete herramientas como Spiderfoot, Gray Hat Warfare, Maltego y Shodan, entre otros. En este caso, se realizó una declaración de aplicabilidad por cada control, resultando en 28 controles distribuidos entre los 4 grupos definidos en la versión 2022 de la norma. Además, se seleccionaron 43 herramientas dentro de las nueve técnicas del tipo pasivo de OSINT, generándose además un modelo aplicable para la operativización y monitoreo de controles.

Otros antecedentes abordan la aplicación de las técnicas y herramientas de OSINT como fuente para los sistemas de inteligencia de amenazas, pero no las relacionan con alguna norma o *framework* especifica de controles de seguridad informática. En otros casos, se presentan estudios sobre el uso de la información recopilada en fuentes abiertas para contrastarlas con los resultados de las herramientas de monitoreo de red desde la perspectiva de fuga o exfiltración de información. La propuesta del modelo de integración de controles y OSINT puede incorporarse también al sistema de inteligencia de amenazas.

4. Conclusiones

El modelo de integración de controles de la norma ISO/IEC 27001:2022 con las técnicas de OSINT es una propuesta flexible y factible de adopción por cualquier organización que implemente la norma, y constituye una forma de complementar el enfoque defensivo (controles) con técnicas ofensivas (reconocimiento) que ayudarán a consolidar una postura adecuada de seguridad de la información.

Aproximadamente el 30% de controles de la norma ISO/IEC 27001:2022 puede complementarse en la operativización y monitorización con el uso de las técnicas y herramientas de OSINT, al menos 43 herramientas de código abierto disponibles en Internet son aplicables para el modelo. Esto implica obtener la mayor cantidad de información expuesta en Internet que puede ser utilizada maliciosamente por los agentes de amenazas, por lo tanto, es una fuente para la toma de decisiones en materia de seguridad de la información.

Referencias

Abdullah, A., Laghari, S. A., Jaisan, A., & Karuppayah, S. (2021). OSINT Explorer: A Tool Recommender Framework for OSINT Sources. En N. Abdullah, S. Manickam, & M. Anbar (Eds.), *Advances in Cyber Security* (pp. 389-400). Springer Singapore.

Accenture. (2023). *How cybersecurity boosts enterprise reinvention to drive business resilience State of Cybersecurity Resilience 2023*. https://www.accenture.com/es-es/insights/security/state-cybersecurity

Adewopo, V., Gonen, B., & Adewopo, F. (2020). Exploring Open Source Information for Cyber Threat Intelligence. *2020 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 2232-2241. https://doi.org/10.1109/BigData50022.2020.9378220

Alkilani, H., & Qusef, A. (2021). Osint techniques integration with risk assessment ISO/IEC 27001. *ACM International Conference Proceeding Series*, 82-86. https://doi.org/10.1145/3460620.3460736

Alrehili, A. A., & Alhazmi, O. H. (2024). ISO/IEC 27001 Standard: Analytical and Comparative Overview. En S. Das, S. Saha, C. A. Coello Coello, & J. C. Bansal (Eds.), *Advances in Data-Driven Computing and Intelligent Systems* (pp. 143-156). Springer Nature Singapore.

Bazzell, M. (2018). *Open Source Intelligence Techniques: Resources for Searching and Analyzing Online Information*. CreateSpace Independent Publishing Platform. https://books.google.com.pe/books?id=EXNlswEACAAJ

Cocón, F., Pérez-Cruz, D., Pérez-Rejón, J. Á., Zavaleta-Carrillo, P., Barradas-Arenas, U., Gómez-Ramón, R., & Cruz, J. A. P. (2023). Web scraping: Uso de plataformas de extracción de datos aplicadas a un sitio web sobre profesiones en México. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *52*, 61-73. https://doi.org/https://doi.org/10.17013/risti.52.61-73

Donoso Vargas, D., Calahorrano Recalde, C., & Donoso Vargas, S. (2023). *Aplicación del SGSI ISO 27001 en el sistema de rehabilitación social de Ecuador*.

ESET. (2023). *Security Report Latinoamerica 2023*.

Espinoza M., C. (2014). *Metodología de la Investigación Tecnológica* (C. Espinoza M., Ed.; Segunda Ed).

Evangelista, J. R. G., Sassi, R. J., Romero, M., & Napolitano, D. (2021). Systematic Literature Review to Investigate the Application of Open Source Intelligence (OSINT) with Artificial Intelligence. *Journal of Applied Security Research*, *16*(3), 345-369. https://doi.org/10.1080/19361610.2020.1761737

Fundación Movistar. (2023). *Sociedad Digital en América Latina 2023*. https://www.fundaciontelefonica.com.pe/cultura-digital/publicaciones/

González-Granadillo, G., Faiella, M., Medeiros, I., Azevedo, R., & González-Zarzosa, S. (2021). ETIP: An Enriched Threat Intelligence Platform for improving OSINT correlation, analysis, visualization and sharing capabilities. *Journal of Information Security and Applications*, *58*. https://doi.org/10.1016/j.jisa.2020.102715

Hinde, S. (1993). Computer Security and Control Principles. *Computer Audit Update*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0960259393902686

Hwang, Y. W., Lee, I. Y., Kim, H., Lee, H., & Kim, D. (2022). Current Status and Security Trend of OSINT. En *Wireless Communications and Mobile Computing* (Vol. 2022). Hindawi Limited. https://doi.org/10.1155/2022/1290129

Kamil, Y., Lund, S., & Islam, M. S. (2023). Information security objectives and the output legitimacy of ISO/IEC 27001: stakeholders' perspective on expectations in private organizations in Sweden. *Information Systems and e-Business Management*, *21*(3), 699-722. https://doi.org/10.1007/s10257-023-00646-y

Kitsios, F., Chatzidimitriou, E., & Kamariotou, M. (2023). The ISO/IEC 27001 Information Security Management Standard: How to Extract Value from Data in the IT Sector. *Sustainability*, *15*(7). https://doi.org/10.3390/su15075828

Lowenthal, M. M. (2014). *Intelligence: From Secrets to Policy*. SAGE Publications. https://books.google.com.cu/books?id=0kHwDAAAQBAJ

Pfleeger, C. P., Pfleeger, S. L., & Margulies, J. (2015). *Security in Computing (5th Edition)* (5th ed.). Prentice Hall Press.

Sabillón, R., & Cano M., J. J. (2019). Auditorías en Ciberseguridad: Un modelo de aplicación general para empresas y naciones. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *32*, 33-48. https://doi.org/https://doi.org/10.17013/risti.46.87-99

Stodelov, D., & Miloslavskaya, N. (2022). Open Source INTelligence Tools. *Procedia Computer Science*, *213*(C), 83-88. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.11.041

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 14/05/2024
Aceitação/Acceptance: 24/07/2024

Aprendizaje Activo y Taxonomía de Bloom en un proyecto de aplicación de la Programación Lineal: Una combinación efectiva

Norka Bedregal-Alpaca[1], Leticia Laura-Ochoa[1], Lucy Delgado-Barra[1], Karim Guevara[1]

nbedregal@unsa.edu.pe; llaurao@unsa.edu.pe; ldelgado@unsa.edu.pe; kguevarap@unsa.edu.pe

[1] Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

Pages: 181-191

Resumen: Para satisfacer las demandas de la sociedad del siglo XXI, se requieren procesos formativos, activos y efectivos, que promuevan el desarrollo integral de los estudiantes y los preparen para enfrentar situaciones del mundo real. Se describe la experiencia de entrelazar Aprendizaje Invertido, Aprendizaje Cooperativo, Aprendizaje Basado en Problemas y Aprendizaje Basado en Proyectos en la formulación y ejecución de un proyecto de aplicación de la Programación Lineal. La sinergia entre estas metodologías se analiza a la luz de la Taxonomía de Bloom. Los resultados muestran que, para entender el contexto, al inicio los estudiantes se ubican en los niveles de conocimiento y comprensión, luego se enfocan principalmente en los niveles de aplicación, análisis y síntesis. Se concluye que los estudiantes transitan a través de todos los niveles cognitivos de la taxonomía a la par que desarrollan otras habilidades y capacidades que les serán útiles para su crecimiento personal y profesional.

Palabras-clave: Aprendizaje basado en Proyectos; Aprendizaje invertido; Aprendizaje Basado en problemas; Aprendizaje cooperativo; competencias genéricas.

Active Learning and Bloom's Taxonomy in a Linear Programming Application Project: An Effective Combination

Abstract: To meet the demands of 21st century society, active and effective formative processes are required that promote the integral development of students and prepare them to face real-world situations. The experience of interweaving Flipped Learning, Cooperative Learning, Problem-Based Learning and Project-Based Learning in the formulation and execution of a Linear Programming application project is described. The synergy between these methodologies is analyzed considering Bloom's Taxonomy. The results show that, to understand the context, at the beginning the students are located at the knowledge and comprehension levels, then they focus mainly on the application, analysis, and synthesis levels. It is concluded that students move through all the cognitive levels of the taxonomy while developing other skills and abilities that will be useful for their personal and professional growth.

Keywords: Project-based learning; Flipped learning; Problem-based learning; Cooperative learning; generic competencies.

1. Introducción

En el ámbito educativo, la pandemia del siglo XXI ha dejado una profunda huella en las formas en que se enseña y se aprende. Se ha revelado la necesidad urgente de adaptar la práctica docente con el fin de promover procesos de enseñanza-aprendizaje activos y efectivos. En este contexto, las metodologías activas y su sinergia con la Taxonomía de Bloom y el uso adecuado de Tecnologías para el Aprendizaje y la Colaboración (TAC) emergen como aliados clave para una educación transformadora en las diferentes áreas de conocimiento.

Según Anderson y Krathwohl (2001) y Eduteka (2023), la taxonomía cognitiva de Bloom contiene seis niveles de complejidad creciente los cuales son: Conocimiento, Comprensión, Aplicación, Análisis, Síntesis y Evaluación con subniveles identificados. La taxonomía funciona como una ruta a seguir para que los estudiantes puedan transitar de niveles de pensamiento de orden inferior a otros de orden superior que representan los niveles complejos de pensamiento.

El éxito de las metodologías activas de enseñanza-aprendizaje, la semi presencialidad y en particular el uso de dispositivos móviles, se tornan en los principales motores del cambio buscado (García-Peñalvo y Ramírez Montoya, 2017) (Bedregal-Alpaca, 2019). Las metodologías activas conllevan un enfoque integral que, cuando se aplican adecuadamente, apoyan todas las fases de la Taxonomía de Bloom (Tourón y Santiago, 2014) (Anderson y Krathwohl, 2001) (Prieto Martin, et al. 2018).

Implementar estos enfoques en proyectos educativos, como la aplicación de la Programación Lineal, brinda una combinación poderosa para promover un aprendizaje profundo y aplicable. En este artículo, se explora cómo metodologías como: Aprendizaje Invertido (AI), Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr) y Aprendizaje Cooperativo (AC) convenientemente combinadas permiten alcanzar los diferentes niveles de la Taxonomía de Bloom adaptada para la era digital. Se describe la experiencia de entrelazar armoniosamente las 4 metodologías activas mencionadas en la realización de un proyecto de aplicación de la Programación Lineal.

2. Metodología

La exploración que se realiza es un estudio de caso desarrollado con los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (Perú). Participaron de la experiencia 40 estudiantes matriculados en la asignatura Investigación Operativa en el periodo académico 2022 quienes se agruparon en 8 equipos de 5 integrantes cada uno.

Se aplicó la investigación-acción, para Sandín Esteban (2003) este tipo de metodología se aplica en un contexto natural conocido por el investigador y, por el uso de diferentes métodos participativos e interactivos.

La experiencia se realizó combinando metodologías activas. Aprendizaje Invertido, para proveer información y retroalimentación utilizando la técnica Just in Time Teaching (Tecnológico de Monterrey, 2019) (Falconí, 2020) (Riceto y Mazur, 2019).

Se aplicaron técnicas de Aprendizaje Cooperativo para conformar los equipos de estudiantes y organizar el trabajo en equipo. Se solicitó se consideren los siguientes roles: Coordinador del grupo, Experto en el tema (el estudiante con mayores calificaciones dentro el grupo), Organizador de materiales, Moderador de discusiones, Editor. Estos roles debían ser rotativos, de modo que cada integrante del equipo pueda desempeñar cada uno de los roles definidos. Adicionalmente todos los integrantes del equipo debían cumplir el rol de Investigador, pues la actividad se enmarca dentro del contexto de investigación formativa.

Para la formulación e implementación del proyecto se combinaron los pasos sugeridos en las metodologías Aprendizaje Basado en Problemas (Morales Bueno y Landa Fitzgerald, 2004) y Aprendizaje Basado en Proyectos (Hernández-Barco, Sánchez-Martín, Corbacho-Cuello y Cañada-Cañada, 2021). Esta combinación se muestra en la Figura 1, se observa que en la fase 2, en lugar de la ejecución del reto y la investigación acción se han colocado los pasos del Aprendizaje Basado en problemas (zona sombreada).

3. La Experiencia

3.1. Contexto

Competencia de la asignatura: Aplica conocimientos de matemática, computación e ingeniería como herramienta para evaluar, sintetizar y mostrar información como fundamento de sus ideas y perspectivas para la resolución de problemas que lleven a la transformación del contexto.

Temática: Aplicaciones de la Programación Lineal.

Competencia del tema: Analiza, aplica y resuelve problemas mediante modelos de Programación Lineal, valorando la importancia de las herramientas matemáticas y demostrando precisión en los resultados obtenidos.

Contenidos a trabajar: Modelos lineales, Método simplex, Dualidad, Sensibilidad, Transporte.

Objetivo de la secuencia: Los estudiantes, trabajando en equipos, deben formular e implementar un proyecto de aplicación de las técnicas y procedimientos de la Investigación de Operaciones para resolver un problema complejo de la vida real, de modo que la solución del modelo propicie la toma de decisiones razonada.

Duración de la secuencia: Considerando que esta actividad además de valorar la aplicación de la IO en la solución de problemas reales, también se enmarca dentro de las actividades de investigación formativa, se planificó para realizarse a lo largo de la tercera fase (6 semanas).

Estrategias didácticas utilizadas: Aprendizaje Invertido (AI), Aprendizaje Cooperativo (AC), Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr).

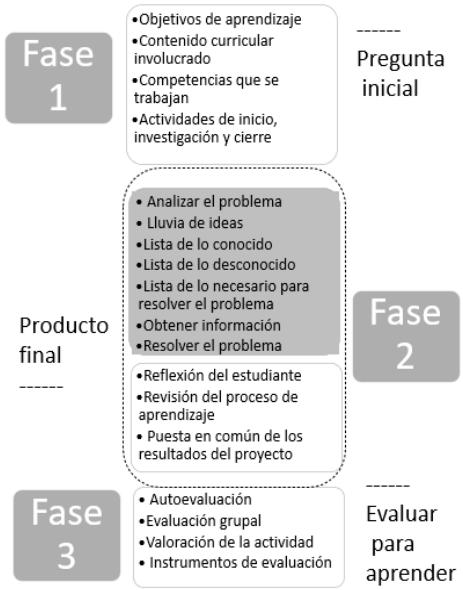


Figura 1 – Combinación de los pasos a seguir en el Aprendizaje Basado en Proyectos y el Aprendizaje Basado en Problemas

Recursos: Aula virtual en la plataforma Moodle, Software de aplicación: Win Qsb, Excel-Solver, PHP Simplex, Contenidos curados depositados en al aula virtual: Videos explicativos, Espacios para trabajo cooperativo, Formatos para presentación de informes, Enlaces al SW de aplicación, Lecturas específicas, Foro de consultas.

3.2. Descripción

La experiencia se realizó a lo largo de 6 semanas, durante las cuales se fueron dando indicaciones y haciendo seguimiento a la realización de cada una de las tareas indicadas. Las tareas se dosificaron teniendo en consideración que la actividad se realizaría en paralelo al desarrollo de la asignatura.

La actividad consistió en diseñar e implementar un proyecto para optimizar una situación problema real utilizando técnicas de programación lineal. En términos generales las etapas de se detallan en la Figura 2. Es importante estacar que se utilizaron diferentes herramientas TIC: Plataforma Moodle, herramientas para el trabajo colaborativo de la Google Suite, software para Programación Lineal, software para edición de video, entre otras.

3.3. Evaluación

La evaluación de la experiencia se realizó en torno a 5 dimensiones:

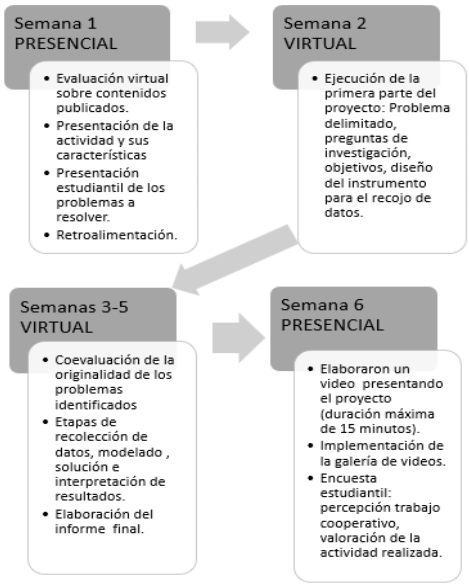


Figura 2 – Resumen de las actividades realizadas para la elaboración e implementación del proyecto

3.3.1. Evaluación formativa durante el proyecto

- Se observó y dio seguimiento al desempeño de los estudiantes durante las diferentes etapas del proyecto, teniendo en cuenta su participación, colaboración y aplicación de los conceptos y técnicas de Programación Lineal.
- Se dio retroalimentación constante (del profesor y de los compañeros de equipo), a través de comentarios constructivos sobre los avances, la calidad del trabajo y las áreas de mejora.

3.3.2. Evaluación sumativa al final del proyecto

- Los estudiantes presentaron en video los resultados obtenidos, donde explicaban el problema abordado, el modelo de programación lineal utilizado, los hallazgos y las soluciones propuestas.
- Se evaluó la calidad y coherencia del modelo matemático y la solución propuesta, considerando la optimización, la sensibilidad y la validez de los resultados.

3.3.3. Evaluación de la colaboración y el trabajo en equipo

- Se observó el nivel de participación, colaboración y comunicación efectiva entre los miembros del equipo.
- Se evaluó la capacidad de los estudiantes para trabajar en equipo, repartir tareas, tomar decisiones conjuntas y resolver conflictos.

3.3.4. Evaluación de la reflexión estudiantil

- Los estudiantes realizaron una autoevaluación sobre su experiencia en el proyecto, destacando los aprendizajes adquiridos, las habilidades desarrolladas y las dificultades enfrentadas.
- Evaluaron también su capacidad para identificar fortalezas y áreas de mejora en su desempeño y para relacionar la experiencia con los objetivos de aprendizaje.

3.3.5. Evaluación de la aplicación de la taxonomía de Bloom

- Se analizaron los logros alcanzados en los diferentes niveles cognitivos de la taxonomía de Bloom en el proyecto, considerando la capacidad de los estudiantes para demostrar conocimiento y comprensión, aplicar conceptos y técnicas, analizar resultados, sintetizar información y evaluar soluciones.

4. Resultados y Discusión

El diseño e implementación del proyecto implica algunos niveles de conocimiento y comprensión al inicio para entender el contexto y los conceptos básicos, sin embargo, se enfoca principalmente en los niveles de aplicación, análisis y síntesis de la taxonomía de Bloom.

La Taxonomía de Bloom es una herramienta flexible ampliamente utilizada en educación (Larsen, et al. 2022), luego los niveles de cognición pueden solaparse en diferentes etapas del proyecto. La Tabla 1 muestra el nivel alcanzado en cada etapa.

Etapa	Nivel de la Taxonomía de Bloom	Actividad de los estudiantes
Planteamiento del problema	Conocimiento y comprensión	Conocen y comprenden el contexto de la situación problema y los conceptos básicos relacionados.
Formulación del modelo	Análisis	Analizan la situación problema y traducirla a un modelo matemático de programación lineal.
Solución del modelo	Aplicación	Aplican los conocimientos adquiridos para solucionar el modelo matemático utilizando una herramienta de programación lineal.
Análisis de resultados	Análisis	Analizan e interpretan los resultados obtenidos del modelo y relacionarlos con el problema empresarial planteado.
Sensibilidad y análisis de escenarios	Análisis	Exploran diferentes escenarios y analizan cómo afectan los cambios en los parámetros del modelo a la solución óptima.
Conclusiones y recomendaciones	Síntesis	Sintetizan los resultados y conclusiones del proyecto, y evalúan las recomendaciones propuestas para mejorar la eficiencia del sistema.
Presentación del proyecto y retroalimentación	Síntesis y Evaluación	Realizan una reflexión individual sobre su experiencia en el proyecto, evaluando su aprendizaje, las habilidades adquiridas y la calidad de su trabajo.

Tabla 1 – Etapas de la actividad y su sinergia con la Taxonomía de Bloom

La Tabla 2 muestra cómo se relacionan las metodologías activas implementadas con los diferentes niveles de la taxonomía de Bloom.

Metodología	Nivel de la Taxonomía de Bloom	Actividad de los estudiantes
Aprendizaje Basado en Proyectos	Conocimiento y comprensión	Adquieren conocimientos sobre un tema en particular a través de la investigación en línea, la consulta de recursos digitales y la interacción con expertos en el campo.
	Aplicación y análisis	Aplican y analizan la información recopilada para diseñar y desarrollar un proyecto.
	Síntesis y evaluación	Integran y evalúan los conocimientos adquiridos en su proyecto, presentándolo de manera creativa y reflexionando sobre el proceso y los resultados obtenidos.
Aprendizaje Invertido	Conocimiento y comprensión	Adquieren conocimientos básicos a través de recursos digitales, como videos educativos, simulaciones o lecturas en línea, antes de la clase.
	Aplicación	Durante las sesiones en clase, aplican lo aprendido en la resolución de problemas prácticos utilizando herramientas digitales.
	Análisis y evaluación	Analizan y evalúan críticamente su aprendizaje, participando en la actividad.
Aprendizaje Cooperativo	Conocimiento y comprensión	Adquieren conocimientos a través de actividades de investigación en línea y la exploración de recursos digitales relevantes.
	Aplicación y análisis	Colaboran en la creación e implementación del proyecto.
	Síntesis y evaluación	Sintetizan su aprendizaje y evalúan su propio trabajo, así como el de sus compañeros, brindando retroalimentación constructiva.
Aprendizaje Basado en Problemas	Conocimiento y comprensión	Investigan y adquieren conocimientos sobre un problema específico.
	Aplicación y análisis	Aplican sus conocimientos para analizar y descomponer el problema en subproblemas más manejables y generan posibles soluciones utilizando software.
	Síntesis y evaluación	Sintetizan sus hallazgos y evalúan críticamente las soluciones propuestas, reflexionando sobre las implicaciones.

Tabla 2 – Metodologías activas y niveles de la Taxonomía de Bloom

Como resultado de esta intervención educativa, se logró que la calificación promedio de los estudiantes se incremente en casi un punto en relación a la calificación promedio del curso anterior (2021) en el que no se aplicó esta combinación de metodologías activas. La Tabla 3 muestra esta diferencia en los puntajes promedio obtenidos. Considerando que las varianzas no son iguales y que se está trabajando con $n1 + n2 - 2 = 40 + 30 - 2 = 68$ grados de libertad, se optó por utilizar una Prueba t para dos muestras con varianzas

desiguales para determinar si la diferencia entre las dos calificaciones promedio era estadísticamente significativa. Se observa que el valor del estadístico es menor que el valor crítico (prueba de cola izquierda) por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta que se tuvieron mejores resultados de aprendizaje al aplicar la combinación de metodología activas.

	2021	**2022**
Media	12.496666667	13.5
Varianza	3.481609195	3.942602568
Observaciones	30	40
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	68	
Estadístico t	-1.772467629	
P(T<=t) una cola	0.122803575	
Valor crítico de t (una cola)	1.669402222	
P(T<=t) dos colas	0.245607151	
Valor crítico de t (dos colas)	1.998340543	

Tabla 3 – Prueba t para dos muestras con varianzas desiguales

Los resultados de la reflexión estudiantil llevan a afirmar que, con este modelo cognitivo obtenido de la combinación de metodologías activas, los estudiantes aplican sus conocimientos para resolver un problema de la realidad y realizar un análisis crítico de los resultados obtenidos. Como consecuencia, se potencia el logro de todos los niveles de la Taxonomía de Bloom por lo que se concuerda con lo afirmado por (Flores-Fuentes y Juárez-Ruiz, 2017) (Bedregal-Alpaca, et al., 2020) (Laura-Ochoa y Bedregal-Alpaca, 2022) (Lim, Swapna y Shim, 2022), en el sentido de que al integrar metodologías activas los estudiantes no solo alcanzan los objetivos de aprendizaje educativos planteados, sino que adicionalmente experimentan un aprendizaje más interesante y significativo.

Se coincide con (Al Maani y Shanti, 2023) (Ragupathy, et al. 2023) (García-Peñalvo y Ramírez Montoya, 2017) en que la aplicación de metodologías activas y el uso adecuado de tecnología contribuyen al desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior en la Taxonomía revisada de Bloom.

4. Conclusiones

Como resultado del trabajo realizado, se concluye que este modelo cognitivo, que combina metodologías activas, no solo permite a los estudiantes alcanzar los objetivos educativos planteados, sino que también les proporciona un aprendizaje más interesante y significativo. Además, podemos afirmar que la implementación de metodologías activas y el uso adecuado de la tecnología contribuyen al desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior según la Taxonomía revisada de Bloom.

La implementación de metodologías activas transforma la experiencia educativa, empoderando a los estudiantes para que no solo adquieran conocimientos teóricos, sino que también desarrollen habilidades prácticas y la capacidad de aplicar sus conocimientos en situaciones del mundo real, transitando al mismo tiempo por todos los niveles de la Taxonomía de Bloom.

La combinación efectiva de diversos enfoques educativos puede marcar la diferencia en la adquisición de habilidades valiosas, convirtiéndose en un catalizador para el crecimiento intelectual y profesional de los estudiantes.

La presentación de resultados promovió la comunicación efectiva y la evaluación de las soluciones, lo que fomentó el nivel de evaluación en la Taxonomía de Bloom. Es necesario acompañar el proyecto con sesiones de tutoría para apoyar a los estudiantes y resolver sus dudas.

Para trabajos futuros, recomendamos integrar las metodologías activas incluidas en el modelo presentado en este artículo en la enseñanza de cursos de programación. Esto permitirá evaluar el logro de todos los niveles de la Taxonomía de Bloom en estas materias.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen a la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa por el apoyo brindado para la realización de investigación en el campo de la educación y esperan que los resultados obtenidos redunden en la mejora de la calidad académica de esta casa de estudios.

Referencias

Al Maani, D., & Shanti, Z. (2023). Technology-Enhanced Learning in Light of Bloom's Taxonomy: A Student-Experience Study of the History of Architecture Course. *Sustainability*, *15*(3), 2624.

Anderson, L., & Krathwohl, D. (Eds.) (2001). A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Longman, New York.

Bedregal-Alpaca, N. (2019). Virtual tutoring and blended-learning into postgraduate studies: orientations and results of a experience. In *Industry, Innovation, and Infrastructure for Sustainable Cities and Communities: Proceedings of the 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology* (Vol. 220). https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.220

Bedregal-Alpaca, N., Sharhorodska, O., Tupacyupanqui-Jaen, D., & Corneko-Aparicio, V. (2020). Problem based learning with information and communications technology support: An experience in the teaching-learning of matrix algebra. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *11*(3). https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110315

Eduteka (2023). La taxonomía de Bloom y sus actualizaciones. http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomCuadro.php

Falconí, J. C. N. (2020). Eric Mazur y su método de enseñanza interactivo:"instrucción por pares". *HEDYPATHEIA*, (1), 10-17.

Flores-Fuentes, G., & Juárez-Ruiz, E. D. L. (2017). Aprendizaje basado en proyectos para el desarrollo de competencias matemáticas en Bachillerato. *Revista electrónica de investigación educativa*, *19*(3), 71-91. https://doi.org/10.24320/redie.2017.19.3.721

García-Peñalvo, F. J., & Ramírez Montoya, M. S. (2017). Aprendizaje, Innovación y Competitividad: La Sociedad del Aprendizaje. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, *17*(52). Recuperado a partir de https://revistas.um.es/red/article/view/282141

Hernández-Barco, M., Sánchez-Martín, J., Corbacho-Cuello, I., & Cañada-Cañada, F. (2021). Emotional performance of a low-cost eco-friendly project based learning methodology for science education: An approach in prospective teachers. *Sustainability*, *13*(6), 3385.

Larsen, T. M., Endo, B. H., Yee, A. T., Do, T., & Lo, S. M. (2022). Probing Internal Assumptions of the Revised Bloom's Taxonomy. *CBE Life Sciences Education*, *21*(4), ar66. https://doi.org/10.1187/cbe.20-08-0170

Laura-Ochoa, L., & Bedregal-Alpaca, N. (2022). Incorporation of computational thinking practices to enhance learning in a programming course. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *13*(2). https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130224

Lim, J. J. W., Swapna, G., & Shim, K. J. (2022). Investigating Bloom's cognitive skills in foundation and advanced programming courses from students' discussions. 2022 30th International Conference on Computers in Education: Kuala Lumpur, November 28 - December 2: Proceedings. 1-6. Research Collection School Of Computing and Information Systems.

Morales Bueno, P., & Landa Fitzgerald, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas, *Theoria*, *13*(1), 145-157.

Prieto Martin, A., Díaz Martin, D., Lara Aguilera, I., Monserrat Sanz, J., Sanvicen Torner, P., Santiago Campión, R., Corell Almuzara, A., & Álvarez-Mon Soto, M. (2018). Nuevas combinaciones de aula inversa con just in time teaching y análisis de respuestas de alumnos. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *21*(1), 175-194.

Ragupathy, U. S., Suji Prasad, S. J., Venkatesan, B., Abirami, T., Vijay Anand, D., & Jeevanantham, A. (2023). Understanding Knowledge Domain in Outcome Based Education Through Cooperative Learning Method. *Journal of Engineering Education Transformations*, *36*(4), 7-12. https://doi.org/10.16920/jeet/2023/v36i4/23110

Riceto, M., & Mazur, E. (2019). Peer instruction-based feedback sessions improve the retention of knowledge in medical students. *Revista Brasileira de Educação Médica*, *43*, 155-162.

Sandín Esteban, M. (2003). Investigación Cualitativa en Educación. Fundamentos y Tradiciones". Madrid. Mc Graw and Hill Interamericana de España. *Revista de Pedagógica (pp. 258)*

Tecnológico de Monterrey (2019). Eric Mazur, conferencia Magistral CIIE 2019. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=4lWw3BeDioU

Tourón, J., & Santiago, R. (2014). *The Flipped Classroom: Cómo convertir la escuela en un espacio de aprendizaje*. Digital-Text.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 20/03/2024
Aceitação/Acceptance: 26/06/2024

Implicaciones y complicaciones del estado nutricional de niños menores de 5 años de Napo - Ecuador

Becerra C., Policita J, Tonato D.

carla.punguil@istvidanueva.edu.ec; joselyn.pilicita@istvidanueva.edu.ec; diana.tonato@istvidanueva.edu.ec

[1] Becerra Carla, Conocoto, 170409, Quito, Ecuador.

[2] Pilicita Joselyn, Machachi, 170350, Quito, Ecuador.

[3] Tonato Diana, Guamanì, 170701, Quito, Ecuador

Pages: 192-201

Resumen: A pesar de las múltiples iniciativas en Ecuador para combatir la desnutrición, sigue siendo un problema de salud pública, especialmente en la población indígena. Este estudio se centró en caracterizar la desnutrición infantil en una comunidad rural indígena para orientar políticas y estrategias preventivas. Utilizando un enfoque descriptivo y prospectivo en niños menores de 5 años en el Cantón Arosemena Tola, provincia de Napo, se evaluó el estado nutricional mediante los patrones de crecimiento infantil de la OMS. Los resultados mostraron que el 50% de los niños presentaban complicaciones nutricionales, de los cuales el 72,7% tenían desnutrición y el 27,3% riesgo de sobrepeso. El estudio busca concientizar a la comunidad y a los actores públicos y privados sobre la necesidad de mejorar la protección y el cuidado de los niños afectados.

Palabras-clave: Desnutrición; patrones de crecimiento infantil; estado nutricional; retraso en el crecimiento; población indígena.

Implications and Complications of the Nutritional Status of Children Under 5 Years of Age in Napo – Ecuador

Abstract: Despite the multiple initiatives in Ecuador to combat malnutrition, it continues to be a public health problem, especially in the indigenous population. This study focused on characterizing childhood malnutrition in a rural indigenous community to guide preventive policies and strategies. Using a descriptive and prospective approach in children under 5 years of age in the Arosemena Tola Canton, Napo province, nutritional status was assessed using the WHO child growth standards. The results showed that 50% of the children had nutritional complications, of which 72.7% had malnutrition and 27.3% were at risk of being overweight. The study seeks to raise awareness among the community and public and private actors about the need to improve the protection and care of affected children.

Keywords: Malnutrition; child growth patterns; nutritional status; growth retardation; indigenous population.

1. Introducción

La desnutrición entre los niños menores de cinco años sigue siendo uno de los principales problemas de salud pública en muchas partes del mundo (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020). Se identifica como la principal causa de muerte, con una estimación del 45% de todas las muertes entre niños entre 0 a 59 meses de edad (Black et al., 2013). Se ha estimado que, para 2020, 144 millones de niños menores de cinco años padecen retraso en el crecimiento, lo que representa el 21,33 % a nivel mundial (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF], 2020).

El estado nutricional es uno de los factores importantes que indican el correcto desarrollo y crecimiento de los niños (Victora et al., 2008). La desnutrición en la infancia no solo tiene un impacto inmediato en la supervivencia y el desarrollo del niño, también tiene un impacto en su productividad y contribución económica a la sociedad (Hoddinott et al., 2013). Varios estudios han demostrado que los niños con desnutrición presentan mayor riesgo de muerte, son más propensos a infecciones y su desarrollo físico, cognitivo y socioemocional se ve afectado (Bhutta et al., 2017). El impacto de la desnutrición crónica también se ve a largo plazo, ya que el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles en la edad adulta y todos estos factores no solo impactan a nivel individual, sino también a toda la sociedad con pérdidas humanas y de capital social (Barker et al., 2002). Por ello, los estados miembros de las Naciones Unidas, en su agenda 2030, incluyen objetivos de desarrollo sostenible centrados principalmente en terminar con la pobreza, eliminar la desnutrición y mejorar la salud y la educación (Naciones Unidas, 2015)

El retraso del crecimiento se concentra especialmente entre las familias de escasos recursos que viven en zonas rurales (Horton & Steckel, 2013). En América Latina y el Caribe, muchas de estas familias pobres pertenecen a diversos grupos étnicos, como indígenas, afrodescendientes o mestizos, caracterizados por una desigualdad socioeconómica generalizada (Hall & Patrinos, 2012). En Ecuador, la prevalencia de la desnutrición en niños menores de cinco años no ha disminuido significativamente en las últimas tres décadas. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del Ecuador (ENSANUT) reportó una prevalencia de 25,3% y 23,0% en 2012 y 2018, respectivamente (Ministerio de Salud Pública de Ecuador, 2018). Además, la encuesta resaltó que la prevalencia de desnutrición en la población indígena es prácticamente el doble de la prevalencia nacional. Al igual que en otros grupos étnicos de América Latina, estas poblaciones experimentan mayores desigualdades en salud, que se suman a problemas históricos, como el despojo de sus territorios y la pérdida de sus prácticas culturales y de cuidado (Montero & Diez, 2020).

Actualmente, existen vacíos en el conocimiento de las complicaciones asociadas a la desnutrición en la población indígena rural ecuatoriana que permitan desarrollar políticas y estrategias preventivas (Ministerio de Salud Pública de Ecuador, 2018). Esta investigación tiene el objetivo de caracterizar la desnutrición infantil en una población

indígena rural ecuatoriana para informar cómo afecta a nivel físico en el desarrollo de los niños menores de 5 años y con el propósito de orientar las respuestas intersectoriales de los actores públicos y privados implicados en la protección de la niñez, así como concientizar a la población sobre el cuidado de los niños en estado de desnutrición**.**

2. Marco Teórico

2.1. Desnutrición Infantil

Según la OMS, el término "desnutrición" se utiliza para describir la nutrición desequilibrada, ya sea por déficit o por exceso. Los excesos nutricionales se manifiestan en sobrepeso y obesidad (OMS, 2020). La desnutrición se refiere a la ingesta inadecuada de nutrientes y abarca la emaciación, el retraso en el crecimiento, el bajo peso y las deficiencias de micronutrientes (OMS, 2020).

Sobrepeso y obesidad. La principal causa de una mala alimentación es el incremento de peso debido a los altos consumos de comida que sobrepasan las cantidades necesarias para el organismo, especialmente en lo que refiere a grasas, azúcares y harinas (OMS, 2020).

Anemia. Caracterizada por la falta de hierro, enfermedad que provoca irritabilidad, lentitud, menor esfuerzo muscular, falta de apetito e incluso experimentar dolores de cabeza y mareos (OMS, 2020).

Anorexia. Trastorno de alimentación que hace que las personas pesen menos de lo que se considera saludable para su edad y estatura, generalmente por una pérdida excesiva de peso (American Psychiatric Association, 2013).

Bulimia. Trastorno alimentario en el que una persona tiene episodios regulares de comer una gran cantidad de alimento perdiendo el control sobre su alimentación (American Psychiatric Association, 2013).

2.2. Fundamentación Teórica

2.2.1. Patrones de Crecimiento Infantil

La OMS ha desarrollado un conjunto de patrones de crecimiento infantil que se utilizan ampliamente como referencia para evaluar el crecimiento y desarrollo de los niños (OMS, 2006). Estos patrones son conocidos como los "Patrones de Crecimiento Infantil de la OMS" y se basan en datos recopilados de niños sanos de diversas partes del mundo (OMS, 2006). Los Patrones de Crecimiento Infantil de la OMS incluyen los siguientes indicadores:

Peso para la edad. Representa el peso de un niño en relación con su edad. Permite evaluar el estado nutricional y detectar posibles problemas de desnutrición o sobrepeso (OMS, 2006).

Talla/longitud para la edad. Mide la estatura de un niño en relación con su edad. Ayuda a evaluar el crecimiento lineal y detectar posibles retrasos en el crecimiento (OMS, 2006).

Índice de masa corporal (IMC) para la edad. Combina el peso y la talla/longitud de un niño para obtener una medida del estado nutricional en relación con la edad (OMS, 2006).

Circunferencia de la cabeza para la edad. Evalúa el crecimiento del perímetro cefálico de un niño en relación con su edad. Puede ayudar a detectar problemas de desarrollo neurológico o trastornos del crecimiento del cerebro (OMS, 2006).

Estos patrones de crecimiento de la OMS se presentan en forma de gráficos donde se muestran las curvas de percentiles, que indican el crecimiento y desarrollo de un niño en comparación con otros infantes de la misma edad y sexo (OMS, 2006).

3. Materiales y Métodos

El en el estudio se utilizó un método cuanti-cualitativo, descriptivo y prospectivo donde se caracterizaron y analizaron las diferentes complicaciones del estado nutricional que pueden presentar los niños menores de 5 años duran-te su crecimiento y desarrollo. La investigación buscó contribuir con información pública que permita proporcionar medidas diagnósticas y oportunas para las complicaciones de la desnutrición en infantes de la población rural indígena. Mediante consentimientos informados para autorizar el uso de datos en la población, se realizó una valoración basada en los patrones de crecimiento infantil de la OMS como herramienta de diagnóstico y evaluación sobre el estado nutricional de los lactantes y niños menores a 5 años del Cantón Arosemena Tola en la provincia de Napo.

3.1. Análisis de datos Infantil

Una vez terminado la recolección de datos se procede a esquematizar e interpretar de acuerdo a un análisis estadístico, para la mejor compresión se recure a la tabulación de cada pregunta realizada en la encuesta.

4. Resultados

Paciente	Peso [kg]	Talla [cm]	IMC	Observación
N01	18	114	18.85	Peso adecuado para la edad
N02	19	114	14.61	Peso adecuado para la edad
N03	23	116	17.09	Peso adecuado para la edad
N04	22	115	16.63	Peso adecuado para la edad
N05	24	117	17.53	Riesgo de sobrepeso
N06	24	124	15.60	Peso adecuado para la edad
N07	22	121	15.02	Peso adecuado para la edad
N08	24	117	17.53	Riesgo de sobrepeso
N09	24	117	17.53	Riesgo de sobrepeso
N10	21	107	18.34	Peso adecuado para la edad
N11	21	120	14.58	Riesgo de desnutrición aguda

Paciente	Peso [kg]	Talla [cm]	IMC	Observación
N12	20	110	16.52	Peso adecuado para la edad
N13	21	117	15.34	Riesgo de desnutrición aguda
N14	12	108	10.28	Desnutrición aguda severa
N15	14	97	14.87	Peso adecuado para la edad
N16	18	111	14.60	Peso adecuado para la edad
N17	25	122	16.79	Peso adecuado para la edad
N18	14	105	12.69	Desnutrición aguda severa
N19	14	99	14.28	Riesgo de desnutrición aguda
N20	14	98	14.57	Riesgo de desnutrición aguda
N21	15	101	14.70	Peso adecuado para la edad
N22	15	105	13.60	Riesgo de desnutrición aguda
N23	12	92	14.17	Riesgo de desnutrición aguda
N24	20	109	16.83	Peso adecuado para la edad

Tabla 1 – Intervención nutricional en niños menores de 5 años del Cantón Arosemena Tola

Diagnóstico nutricional	Frecuencia	Porcentaje
Peso adecuado para la edad	13	54,2
Riesgo de sobrepeso	3	12,5
Riesgo de desnutrición aguda	6	25,0
Desnutrición aguda severa	2	8,3
Total	24	100

Tabla 2 – Diagnóstico nutricional en niños menores de 5 años del Cantón Arosemena Tola en la provincia de Napo

En la Tabla 2 se evidencia que, aunque el 54,2 % de los infantes tienen un peso adecuado para su edad, un 25,0 % presentó riesgo de desnutrición aguda, un 12,5 % están propensos al sobrepeso y el 8,3 % evidencian desnutrición aguda severa.

Estado nutricional	Frecuencia	Porcentaje
Peso adecuado para la edad	13	54,2
Complicaciones del estado nutricional	11	45,8
Total	24	100

Tabla 3 – Estado nutricional en niños menores de 5 años del Cantón Arosemena Tola en la provincia de Napo

De los resultados presentado en la Tabla 3 es posible determinar que, aproximadamente la mitad (45,8 %); es decir, en términos generales, 10 de cada 20 niños menores a 5 años

del Cantón Arosemena Tola en la provincia de Napo, pueden presentar complicaciones en su estado nutricional, de las cuales, un 72,7 % están relacionadas con la desnutrición y el 27,3 % con el riesgo de sobrepeso, tal como se describe en la Tabla 4.

Complicaciones del estado nutricional	Frecuencia	Porcentaje
Riesgo de sobrepeso	3	27,3
Riesgo de desnutrición aguda	6	54,5
Desnutrición aguda severa	2	18,2
Total	24	100

Tabla 4 – Complicaciones del estado nutricional en niños menores de 5 años

5. Discusión

La tecnología ha presentado grandes avances durante los últimos tiempos, permitiendo así el desarrollo tecnológico en diferentes campos o áreas, como es el caso de las Aplicaciones móviles creadas para fines humanitarios. Este tipo de aplicaciones funcionan explícitamente en teléfonos inteligentes o tabletas, lo cual resulta ser óptimo para los usuarios que estén interesados en temas humanitarios como, la adopción de una mascota.

La siguiente propuesta se ha basado en el análisis de la situación nutricional clasificando en sexo, edad y ubicación geográfica, así como la evaluación de la gravedad de la situación. Los datos obtenidos a través de las investigaciones actuales son de gran valor para el enfoque comunitario. Por lo tanto, es imprescindible contar con un sistema de vigilancia local que esté interconectado entre las organizaciones que tienen una presencia significativa en el país y poseen experiencia en el área. Aunque, el monitoreo de la desnutrición es una responsabilidad que el Estado debe cumplir de manera oportuna. Por lo tanto, la reactivación del Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional permitiría implementar mecanismos para atender a la población afectada y crear escenarios para la prevención e intervención temprana.

Además, se propone una guía clínica con información y datos reales de las poblaciones rurales del Ecuador, en el cual podremos clasificar con edad, sexo y etnia. Los datos por desarrollar serian la importancia del desempeño que es un papel crucial en la salud de los niños, ya que les proporciona la energía y los nutrientes necesarios para su desarrollo. Los macronutrientes como las proteínas, los carbohidratos y las grasas son fuentes de energía esenciales durante la infancia, mientras que las vitaminas y los minerales desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y el metabolismo celular. Es importante destacar la incorporación de minerales como el calcio, el yodo, el zinc y el hierro, así como las vitaminas A y D, en la alimentación complementaria de los niños. Estos nutrientes son esenciales para su desarrollo adecuado.

Con el implemento de esta propuesta nos aseguraremos que las familias rurales tengan acceso a servicios de salud de calidad y que se tengan en cuenta las prácticas culturales y tradicionales en la atención materno-infantil. Por medio de la propuesta se va a:

Fomentar la educación sobre la importancia de la planificación familiar y el espaciamiento adecuado entre los nacimientos puede ayudar a mejorar la salud materno-infantil, permitiendo una mejor nutrición y cuidado de los niños.

Implementar brigadas integrales de salud con programas de estimulación y desarrollo infantil, estas brigadas pueden brindar servicios de salud, asesoramiento nutricional, y programas de estimulación y desarrollo infantil que ayuden a promover un crecimiento saludable y un desarrollo óptimo de los niños.

Registrar el estado nutricional de la población infantil, tanto para brindar una atención adecuada como para realizar un oportuno seguimiento y evaluación.

Las guías de atención nutricional deben centrarse en los grupos vulnerables y adaptar los protocolos de atención, especialmente cuando se trata de diferentes grupos de edad. Es necesario brindar una atención diferenciada al grupo de los primeros mil días de vida y a los adolescentes debido a las particularidades de estas etapas de crecimiento. Además de garantizar la inclusión de niños que viven en zonas rurales y pertenecen a comunidades indígenas, también se requieren estudios en centros hospitalarios sobre aquellos menores que padecen enfermedades crónicas y aquellos que han sido afectados recientemente por el fenómeno migratorio.

6. Conclusiones

La desnutrición en niños menores de cinco años sigue siendo un grave problema de salud pública en todo el mundo, con graves consecuencias en términos de mortalidad infantil, desarrollo físico, cognitivo y socioemocional. Afecta especialmente a las familias de escasos recursos en zonas rurales, incluyendo a poblaciones indígenas que experimentan desigualdades adicionales. En Ecuador, la prevalencia de desnutrición infantil no ha disminuido significativamente en las últimas décadas, y se requiere una mayor comprensión de las complicaciones asociadas en la población indígena rural para informar políticas y estrategias preventivas. Es fundamental involucrar a diversos actores y concientizar a la población sobre el cuidado de los niños desnutridos para combatir este problema de manera integral.

La desnutrición abarca tanto la falta de nutrientes como el exceso de consumo alimentario, como el caso del sobrepeso y la obesidad. Además, existen trastornos de alimentación como la anorexia y la bulimia que afectan negativamente la salud de las personas. Para evaluar el crecimiento y desarrollo de los niños, la Organización Mundial de la Salud ha establecido patrones de crecimiento infantil basados en datos recopilados de niños sanos en todo el mundo. Estos patrones, que incluyen indicadores como peso para la edad, talla/longitud para la edad, índice de masa corporal y circunferencia de la cabeza para la edad, ayudan a identificar posibles problemas de desnutrición o retrasos en el crecimiento.

Mediante un estudio cuantitativo-cualitativo y prospectivo se caracterizó y analizó las complicaciones del estado nutricional en niños menores de 5 años. Se buscó proporcionar información para medidas diagnósticas y oportunas en la desnutrición infantil en poblaciones rurales indígenas. Mediante consentimiento informado y aplicando los

patrones de crecimiento de la OMS se evaluó el estado nutricional de los menores en el Cantón Arosemena Tola, provincia de Napo.

Las complicaciones del estado nutricional en los menores de cinco años afectan a 10 de cada 20 niños del Cantón Arosemena Tola en la provincia de Napo; de las cuales, un 72,7 % de los casos se deben a desnutrición y un 27,3 % al riesgo de sobrepeso.

Para mejorar el estado nutricional de los niños menores de 5 años en áreas rurales de Ecuador, es esencial proporcionar una alimentación equilibrada y adaptada a sus necesidades. La alimentación juega un papel fundamental en la salud de los niños, ya que les proporciona la energía y los nutrientes esenciales para su desarrollo. Los macronutrientes como las proteínas, los carbohidratos y las grasas son fuentes de energía importantes durante la infancia. Además, la ingesta adecuada de vitaminas y minerales actúa como cofactores en el metabolismo celular y contribuye al crecimiento de los tejidos, como el calcio, el fósforo y el magnesio. Por lo tanto, es crucial prestar atención especial a la incorporación de minerales como el calcio, el yodo, el zinc, el hierro, así como las vitaminas A y D, en la dieta diaria de los niños. Mejorar el estado nutricional de los infantes también implica promover la lactancia materna exclusiva durante los primeros meses y luego introducir alimentos complementarios ricos en nutrientes locales. La ingesta adecuada de proteínas, hierro, calcio y vitaminas es fundamental para el crecimiento y desarrollo infantil. Además, es necesario garantizar el acceso a servicios de salud de calidad y considerar las prácticas culturales en la atención materno-infantil. La educación sobre planificación familiar y el espaciamiento de los embarazos también son importantes. Por último, las brigadas integrales de salud pueden proporcionar servicios esenciales, asesoramiento nutricional y programas de estimulación y desarrollo infantil para promover un crecimiento saludable.

Referencias

Anderson, I. *et al.* (2016) 'Indigenous and tribal peoples' health (The Lancet–Lowitja Institute Global Collaboration): a population study', *The Lancet*, 388(10040), pp. 131–157. Available at: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)00345-7.

Black, R.E. *et al.* (2023) 'Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries', *The Lancet*, 382(9890), pp. 427–451. Available at: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60937-X.

Browne, J. *et al.* (2020) 'Effects of food policy actions on Indigenous Peoples' nutrition-related outcomes: a systematic review', *BMJ Global Health*, 5(8), p. e002442. Available at: https://doi.org/10.1136/bmjgh-2020-002442.

Candela, Y. (2020) 'Malnutrición en niños beneficiarios de programas comunitarios en alimentación y nutrición.', *Anales Venezolanos de Nutrición*, 33(2), pp. 123–132.

Coral, F.A.M. *et al.* (2021) 'Evaluación del estado nutricional en población infantil del municipio de Pasto, Colombia', *Revista Cubana de Salud Pública*, 47(1). Available at: https://revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/view/1333 (Accessed: 24 May 2023).

Dmello, M.K. *et al.* (2023) 'Geospatial Analysis of Malnutrition among Under-Five Children: A Scoping Review', *Journal of Health and Allied Sciences NU* [Preprint]. Available at: https://doi.org/10.1055/s-0043-1762579.

Domínguez, G. *et al.* (2020) 'Ethnic inequalities in child stunting and feeding practices: results from surveys in thirteen countries from Latin America', *International Journal for Equity in Health*, 19(1), p. 53. Available at: https://doi.org/10.1186/s12939-020-01165-9.

Estevez, D.A., Carmenate, G.P. and Ortega, A.O.A. (2016) 'Factores de riesgo de desnutrición en menores de cinco años del municipio Manatí', *Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta*, 41(7). Available at: https://revzoilomarinello.sld.cu/index.php/zmv/article/view/801 (Accessed: 24 May 2023).

Fernández, L.C. *et al.* (2022) 'Factores determinantes en la desnutrición infantil en San Juan y Martínez, 2020', *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 26(1). Available at: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-31942022000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es (Accessed: 24 May 2023).

Gonzalez, Y.G. *et al.* (2020) 'Factores de riesgo maternos asociados al bajo peso al nacer en San Juan y Martínez', *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 24(3), p. 4198.

Hawkes, C. *et al.* (2020) 'Double-duty actions: seizing programme and policy opportunities to address malnutrition in all its forms', *Lancet (London, England)*, 395(10218), pp. 142–155. Available at: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32506-1.

Instituto Nacional de Salud (2021) *Desnutrición aguda, moderada y severa en menores de cinco años*. Informe Semestral hasta semana 24. Caldas, Colombia. Available at: http://observatorio.saluddecaldas.gov.co/desca/semestral/2021/Informe%20semestre%2001%202021%20DNTM5A%20DTSC.pdf.

Jayasinghe, S. *et al.* (2021) 'WHO Child Growth Standards in context: The Baby–bod Project - Observational study in Tasmania', *BMJ Paediatrics Open*, 5(1), p. e001123. Available at: https://doi.org/10.1136/bmjpo-2021-001123.

Kinyoki, D.K. *et al.* (2020) 'Mapping child growth failure across low- and middle-income countries', *Nature*, 577(7789), pp. 231–234. Available at: https://doi.org/10.1038/s41586-019-1878-8.

Navarro, A. and Serrano, M. (2018) *La desnutrición infantil en el mundo: herramientas para su diagnóstico*. Sociedad española de dietética y ciencias de la alimentación. Available at: https://nutricion.org/wp-content/uploads/2013/11/Desnutricion-infantil.pdf.

Nugent, R. *et al.* (2020) 'Economic effects of the double burden of malnutrition', *Lancet (London, England)*, 395(10218), pp. 156–164. Available at: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32473-0.

Perdomo, C.D. *et al.* (2019) 'Impacto de un programa comunitario para la malnutrición infantil', *Revista chilena de pediatría*, 90(4), pp. 411–421. Available at: https://doi.org/10.32641/rchped.v90i4.901.

Phonvisay, A., Suruga, T. and Lucero-Prisno, D.E. (2019) 'Impact of social capital on child nutrition status: The case of three villages in Oudomxay province of the Lao People's Democratic Republic', *Journal of Global Health Science*, 1(1). Available at: https://doi.org/10.35500/jghs.2019.1.e12.

Popkin, B.M., Corvalan, C. and Grummer-Strawn, L.M. (2020) 'Dynamics of the double burden of malnutrition and the changing nutrition reality', *The Lancet*, 395(10217), pp. 65–74. Available at: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32497-3.

Rivadeneira, M.F. *et al.* (2022) 'High prevalence of chronic malnutrition in indigenous children under 5 years of age in Chimborazo-Ecuador: multicausal analysis of its determinants', *BMC Public Health*, 22(1), p. 1977. Available at: https://doi.org/10.1186/s12889-022-14327-x.

Santos, M.P., Turner, B. and Chaparro, M.P. (2021) 'The double burden of malnutrition in Peru: An update with a focus on social inequities', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 113(4), pp. 865–873. Available at: https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa387.

Sotiraki, M. *et al.* (2022) 'Burden of Childhood Malnutrition: A Roadmap of Global and European Policies Promoting Healthy Nutrition for Infants and Young Children', *Children*, 9(8), p. 1179. Available at: https://doi.org/10.3390/children9081179.

Storr, H.L. *et al.* (2023) 'Assessment of childhood short stature: a GP guide', *British Journal of General Practice*, 73(729), pp. 184–186. Available at: https://doi.org/10.3399/bjgp23X732525.

Tapia, E. *et al.* (2022) 'Evaluation of School Children Nutritional Status in Ecuador Using Nutrimetry: A Proposal of an Education Protocol to Address the Determinants of Malnutrition', *Nutrients*, 14(18), p. 3686. Available at: https://doi.org/10.3390/nu14183686.

Zamora, Á. L., Porras, L. G., Jenny Estefania, Barre, L., Oña, M. E., Alarcón, A. A., & Rodríguez, R. I. (2019). Nutrición fundamental en infantes desde 1 a 5 años de edad. Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento, 3(2), 934-963.

Vaivada, T. *et al.* (2020) 'Stunting in childhood: an overview of global burden, trends, determinants, and drivers of decline', *The American Journal of Clinical Nutrition*, 112, pp. 777S-791S. Available at: https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa159.

Victora, C.G. *et al.* (2021) 'Revisiting maternal and child undernutrition in low-income and middle-income countries: variable progress towards an unfinished agenda', *The Lancet*, 397(10282), pp. 1388–1399. Available at: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00394-9

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 17/03/2024
Aceitação/Acceptance: 24/06/2024

Impulsionando a inovação pedagógica e o empreendedorismo no ensino superior: o contributo de dois projetos de cocriação no Instituto Politécnico de Viseu

Susana Amante[1], Rosina Fernandes[2]

susanamante@estgv.ipv.pt; rosina@esev.ipv.pt

[1] Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, IPV, CI&DEI, Campus Politécnico, 3504-510 Viseu

[2] Escola Superior de Educação de Viseu, IPV, CI&DEI, Rua Maximiano Aragão 3504-501 Viseu

Pages: 202-214

Resumo: A educação para o empreendedorismo no ensino superior implica saberes de distintas áreas disciplinares e a construção e aplicação de *hard* e *soft skills*. Pretendemos apresentar dois projetos complementares – 'Aprendizagem com base em processos de cocriação' (POCH-04-5267-FSE-000818) e Link Me Up – 1000 Ideias (POCI-03-33B5-FSE-072070) – do Instituto Politécnico de Viseu, integrados num Consórcio de 13 Politécnicos e enquadrados na Demola Portugal Initiative. Estes projetos visam capacitar docentes do ensino profissional e superior politécnico, bem como estudantes de equipas multidisciplinares e multiculturais para promover uma cultura empreendedora, facilitando a ligação entre a academia e a indústria. Neste artigo, centrar-nos-emos em ferramentas *online* de formação, competências de facilitação e aprendizagem decorrente da implementação dos projetos, com base em dados como questionários, relatórios, resolução de tarefas e testemunhos. Concluiremos referindo a importância da promoção de experiências de empreendedorismo no ensino superior, por contribuírem para a criação de emprego, desenvolvimento económico e criação de valor social para o bem público comum.

Palavras-chave: educação para o empreendedorismo; Demola Portugal Initiative; cocriação; academia-indústria

Fostering Pedagogical Innovation and Entrepreneurship in Higher Education: The Contribution of Two Co-Creation Projects at the Polytechnic Institute of Viseu

Abstract: Education for entrepreneurship in higher education involves knowledge from different disciplinary fields and the development and application of hard and soft skills. We intend to present two complementary projects – 'Learning based on co-creation processes' (POCH-04-5267-FSE-000818) and Link Me Up – 1000 Ideas (POCI-03-33B5-FSE-072070) – running at the Polytechnic Institute of Viseu, integrated into a Consortium of 13 Polytechnic Institutions, and framed within the

Demola Portugal Initiative. These projects aim to empower vocational and higher education teachers, as well as students from multidisciplinary and multicultural teams to promote an entrepreneurial culture, facilitating the connection between academia and industry. In this article, we will focus on online training tools, facilitation skills, and learning outcomes from project implementation, based on data such as questionnaires, reports, task completion, and testimonials. We will conclude by emphasising the importance of promoting entrepreneurial experiences in higher education, as they contribute to job creation, economic development, and the creation of social value for the common good.

Keywords: entrepreneurship education; Demola Portugal Initiative; co-creation; academia-industry

1. Introdução

O conceito de Educação para o Empreendedorismo ganhou recentemente destaque, fruto da necessidade de acompanhar os avanços científicos e tecnológicos, que, inevitavelmente, acarretam mudanças sociais, económicas e educativas. A "Estratégia de Lisboa", "um ambicioso programa de reformas, intitulado Programa Nacional de Ação para o Crescimento e o Emprego (PNACE 2005/2008)" (Gabinete do Coordenador Nacional da Estratégia de Lisboa e do Plano Tecnológico, 2008, p.3) previa a criação de uma sociedade do conhecimento competitiva e caracterizada por um crescimento económico sustentável, capaz de gerar emprego e reforçar a coesão social. Contudo, os resultados de execução ficaram aquém do expetável e, por conseguinte, tornou-se necessária uma redefinição das suas prioridades para 2020, sintetizadas por Costa e Carvalho (2011, p. 104), e que preveem:

1. Criação de valor baseado no crescimento do conhecimento suportado na inovação;
2. Desenvolvimento das pessoas e a sua inclusão na sociedade através da aquisição de novas competências, desenvolvendo o empreendedorismo e promovendo a flexibilidade do mercado de trabalho;
3. Criação de uma economia competitiva, em rede e ambientalmente responsável, aumentando a produtividade e gastando menos recursos.

O desenvolvimento de competências de empreendedorismo assume-se, pois, como de extrema importância para o acesso ao mercado de trabalho e o caminho rumo à inovação e a uma economia mais dinâmica e responsável.

O Ensino Superior deverá estar alinhado com estes eixos prioritários e promover uma Educação para o Empreendedorismo, mesmo em áreas que não se encontrem tradicionalmente associadas à gestão e indústria. Sabe-se hoje que o empreendedorismo está relacionado com saberes de distintas áreas disciplinares, uma vez que ser-se, ou tornar-se, empreendedor implica a construção e aplicação de um conjunto de *hard* e *soft skills* necessário em qualquer domínio (Amante et al., 2021; Fernandes et al., 2021; Mónico et al., 2021; Scarborough & Cornwall, 2018).

Com vista à promoção de um mundo economicamente mais próspero, mas também sustentável, inclusivo e com soluções inovadoras, o Ensino Superior tem-se encarregado de uma terceira missão (Third Mission), para além do ensino e da investigação, que passa

pela produção, aplicação e exploração de conhecimento partilhado com outros meios que não apenas o académico. A este propósito, Shore e McLauchlan (2012) relatam que o aumento de atividades associadas a esta Third Mission na Nova Zelândia, Austrália e Reino Unido, de entre outros países, é impulsionado por políticas de financiamento governamentais, que se alinham com o discurso que defende que o Ensino Superior deve estar recetivo às necessidades da sociedade em geral, nomeadamente a nível da indústria e do comércio.

Portugal não é exceção a esta tendência e, como procuraremos descrever nas próximas seções deste artigo, tem vindo a promover ações que visam a formação de docentes em metodologias inovadoras e em programas que as implementam no terreno.

Assim, nas próximas páginas, pretendemos dar a conhecer um estudo de caso sobre dois projetos complementares – 'Aprendizagem com base em processos de cocriação' (POCH-04-5267-FSE-000818) e Link Me Up – 1000 Ideias (POCI-03-33B5-FSE-072070) – que decorreram entre 2021 e 2023 no Instituto Politécnico de Viseu (IPV), integrados num Consórcio de 13 Politécnicos, em articulação com a empresa finlandesa Demola Global, enquadrados no programa Demola Portugal Initiative. Procuraremos discutir as ferramentas *online* e plataformas que foram usadas na formação ministrada pela consultora Demola aos docentes do ensino profissional e superior politécnico, bem como as competências que os formandos adquiriram na qualidade de facilitadores de processos de cocriação. Refletiremos, ainda, acerca das competências desenvolvidas pelos estudantes das equipas multidisciplinares e multiculturais que se candidataram aos desafios propostos por empresas e organizações da comunidade, sobretudo da região de Viseu. Para o efeito, recorreremos a elementos da formação e outros dados recolhidos na fase de implementação, como questionários, relatórios, resolução de tarefas (ex.: mapas mentais, PESTLE, ...) e testemunhos.

2. Aprendizagem com base em processos de cocriação (POCH-04-5267-FSE-000818)

> *"One of models for science-business integration was suggested in 2008 in Finland. The work on the creation of an international network Demola [Demola Network (2015)] was carried out with the participation of the municipality, Nokia Corporation, and University of Applied Sciences in Tampere." (Mironova et al., 2019, p. 242)*

O projeto "Aprendizagem com base em processos de cocriação" iniciou-se formalmente em janeiro de 2021, organizado e concretizado por uma rede de 14 parceiros de Institutos Politécnicos nacionais, após candidatura ao Aviso n.º POCH-67-2019-12, no âmbito da formação contínua de docentes e outros agentes de educação e formação. No Instituto Politécnico de Viseu, este projeto, com Ref.ª POCH-04-5267-FSE-000818, previa a formação de 48 docentes das respetivas unidades orgânicas – Escola Superior Agrária, Escola Superior de Educação, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Lamego, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu e Escola Superior de Saúde de Viseu – e 12 do ensino profissional, ao longo de seis ações (setembro 2021 a junho 2023). No Instituto Politécnico de Viseu, a formação decorreu à terça-feira, quase exclusivamente em regime a distância na primeira ação, em virtude da situação pandémica, muito embora as seis

ações tivessem inicialmente sido previstas em modalidade de *blended-learning*. Cada ação contou com 192 horas síncronas, ministradas por formadores da Demola Global e do Instituto Politécnico de Bragança, e 154 horas assíncronas, correspondentes a trabalhos desenvolvidos de forma autónoma, somando um total de 344 horas (Instituto Politécnico de Viseu, 2021a). De notar que, como as sessões foram sobretudo *online*, via Microsoft Teams, a criação de sinergias e *networking* foi concretizada por meio de *bootcamps* e *workshops*, assim como pelo recurso a outras estratégias, consideradas muito positivas, tais como a criação de salas paralelas para discussão, em pequenos grupos, dos desafios desenhados pelos formandos de diferentes institutos politécnicos do consórcio, em articulação com os responsáveis pelas entidades parceiras. Igualmente valorizado foi o momento de partilha que se verificou aquando das visitas das equipas às entidades e os encontros, virtuais ou em presença, nos quais os especialistas contribuíram para uma visão mais informada e integrada do problema em análise por cada grupo.

Ciente da importância da ligação entre a academia, as empresas do tecido regional e os municípios, como se alude na epígrafe que abre esta secção, a consultora finlandesa apresentou o programa de formação, no início de cada ação, e imediatamente convidou os formandos a dar os primeiros passos para se encetar o diálogo com organizações da sua área de interesse, a fim de se desenhar o desafio a ser trabalhado. Aquando da explanação do *modus operandi* do projeto Link Me Up – 1000 Ideias, centrar-nos-emos nas diferentes fases do processo de cocriação, mas importa, desde já, referir que o processo de facilitação e o recurso a ferramentas *online* de exploração de cenários futuros correspondiam a conteúdos da formação.

No que respeita às ferramentas, verificou-se o recurso a várias, que permitiram o entendimento e definição do contexto do desafio, a ideação e prototipagem rápida. Por exemplo, os formandos tomaram contacto com plataformas colaborativas de brainstorming, como o Miro (https://miro.com/pt/), que foi testado em sessões de formação com os pares e, depois, explicado e explorado com as equipas de alunos, enquanto facilitadores, em tarefas como o 'mapa mental pessoal', a 'análise PESTLE', e, entre outras, até mesmo na 'identificação de *stakeholders*', 'diagramas de afinidade' e em processos de 'ideação'. Para os 'protótipos de baixa fidelidade', no caso dos formandos que facilitaram desafios com soluções menos descritivas e mais orientadas para a modelagem, foram exploradas outras plataformas, como a Marvel (https://marvelapp.com) e o Canva (https://www.canva.com). Durante as 8 e 10 semanas de facilitação, os formandos/facilitadores guiaram os formandos/estudantes na aplicação de questionários e na condução de entrevistas, de entre múltiplas outras tarefas, que culminaram na elaboração de um relatório/portefólio e de um vídeo de apresentação de todo o processo num *pitch*, para as equipas que o desejaram.

Foi fundamental para os formandos/facilitadores e para as equipas de alunos entenderem os utilizadores finais como centrais no processo de *design* e cocriação, pois, dessa forma, as empresas aproximam-se dos clientes e das suas verdadeiras necessidades. Como Costa et al. (2021:874) referem, "[t]his is operationalized in a co-creative customer experience, where the customer is actively involved and contributing in some way in the design, delivery, and creation of the customer experience." Para a academia, o trabalho em casos reais permite a transferência de conhecimento para além dos muros das instituições do Ensino Superior e a mediação entre este universo e o mercado de trabalho. Os facilitadores não orientam os alunos a investigar apenas; durante a formação, eles

aprendem que os alunos são talentos que fazem uso da cultura de User Experience (UX) Design (Hassenzahl, 2008; Verhulsdonck et al., 2021) e que podem contribuir de forma significativa e ativa para projetar cenários futuros ou soluções possíveis.

Durante estas 344 horas por ação, os formandos/facilitadores conheceram tendências e megatendências que moldarão o futuro e tiveram a oportunidade de compreender processos de resolução de problemas, inovação e criatividade, adquirindo competências para, de forma estruturada e sistematizada, implementar estratégias de promoção do envolvimento e participação ativa dos alunos. Nesse contexto, em linha com o postulado por González et al. (2023), os formandos/facilitadores estabeleceram relações colaborativas, planearam processos adequados e orientaram atividades, promovendo o diálogo e competências de investigação em colaboração com especialistas e outros *stakeholders*.

Como sublinham Catalá-Pérez et al., (2020), programas como este são uma mais-valia para todos os atores envolvidos. Centrando-nos particularmente nos benefícios que a consultora Demola oferecia aos Politécnicos do Consórcio, são de destacar as metodologias de inovação pedagógica e consequente melhoria das competências dos docentes, o que também se refletiu numa melhoria das competências dos alunos; o desenvolvimento de novos contextos de ensino e aprendizagem que puderam ser traduzidos em novas oportunidades de cooperação; a articulação com o mundo real, que permitiu a implementação e validação de ideias e dos resultados de investigação dos professores e investigadores; e oportunidades para criar e manter contactos com a indústria, ligando a investigação científica a casos industriais através desta cooperação.

Com base nos resultados dos questionários aplicados aos docentes no final de cada uma das ações, podemos afirmar convictamente que os formandos/facilitadores reconheceram as potencialidades pedagógicas do curso. De facto, com base numa escala de Likert de 7 pontos, em que 1 corresponde a 'discordo totalmente' e 7 a 'concordo totalmente', observamos que, em geral, o curso de formação alcançou totalmente ou em grande parte as expetativas dos formandos. Também as outras questões do questionário revelaram resultados muito positivos, quer pelo recurso a plataformas e ferramentas, quer pelas competências que o projeto de formação permitiu desenvolver nos docentes, quer ainda pela dinâmica de pares, pelos diversos modelos de interação e pela possibilidade de cooperação e de internacionalização.

Este elevado nível de satisfação ficou ainda plasmado nos relatórios finais dos formandos, aquando das suas reflexões acerca da importância da formação e do alinhamento entre a missão do Ensino Superior e as reais necessidades das empresas. Nos seus relatórios, os 60 docentes formandos e facilitadores envolvidos nas seis edições dos projetos, em representação do IPV, destacaram a importância das metodologias ativas e da cocriação em ambientes interculturais e multidisciplinares. Valorizaram o recurso a novas ferramentas pedagógicas que promovem aprendizagens dinâmicas e mais interativas, ainda que a distância. No entanto, também reconheceram alguns desafios, especialmente ao nível da familiarização e adaptação às novas plataformas digitais, da gestão eficiente do tempo, da motivação dos estudantes e da coordenação das atividades junto dos demais *stakeholders*. (Amante, 2024). Por exemplo, no excerto abaixo, extraído do relatório de um dos dez participantes na primeira edição do projeto de formação, observamos que

um(a) formando(a) alude à aprendizagem com base em processos de cocriação como uma nova tendência para a sustentabilidade da educação aberta e em rede:

> *"... the course is very interesting, as it allows contact with a methodology of involvement of various parties in solving a global challenge. In my view, the future of teaching is based on the use of this type of methodology. I think that one of the trends in higher education is to involve the participation of students in their own learning process, to develop the teaching/learning process interactively involving teachers and students in important challenges, to respond to the real needs of companies, of society. Being a facilitator rather than a teacher was also a challenging practice." (A.L., 1.ª edição)*

A experiência dos alunos como co-construtores das suas aprendizagens põe fim a uma abordagem convencional do professor como único detentor do saber e, consequentemente, de uma relação *magister dixit*, e abre caminho a um novo papel do professor, que se assume como facilitador:

> *"The students' work is supported by both the industrial and academic partners, whose role is to provide guidance to the student team throughout the project. Demola provides the workspaces for team work and co-creation. (...) As a facilitator, it was very important to take part in this process, and to assist students and the team to reach the goal." (P.R., 1.ª edição)*

A formação em novas metodologias e ferramentas tecnológicas demonstrou um compromisso contínuo entre a excelência académica e a relevância prática, promovendo uma educação que é ao mesmo tempo inovadora e ancorada em experiências concretas de aprendizagem.

Na próxima secção, vamos conhecer mais de perto as implicações práticas deste papel de mediador do docente entre o saber e o fazer, ao estendermos um olhar sobre os alunos e as organizações.

3. Link Me Up – 1000 Ideias (POCI-03-33B5-FSE-072070)

O mundo global deste início do século XXI é pautado pelo decréscimo das oportunidades de emprego, instabilidade e insegurança laborais, bem como pelo aumento do desemprego, particularmente nos jovens (Hora, 2022). A incerteza e imprevisibilidade que caracterizam o mercado de trabalho, sobretudo num período pós-pandemia por COVID-19, exigem o desenvolvimento de competências técnicas especializadas, mas sobretudo de competências transferíveis, que permitam que o indivíduo construa microprojetos que constituem a sua carreira num processo de constante adaptação às oportunidades e exigências que o mundo do trabalho vai colocando (Shahida & Guggilla, 2021). Neste processo, as instituições de ensino superior assumem um papel fundamental, reajustando a sua oferta formativa em períodos cada vez mais curtos, fruto de processos de autoavaliação e avaliação externa que permitem corresponder ao perfil formativo dos estudantes, sendo o que as organizações/entidades empregadoras necessitam (Lauder & Mayhew, 2020). Acrescem as iniciativas de aproximação da academia ao mundo empresarial, através de projetos e, neste processo, o papel mediador dos docentes revela-se crucial.

A construção de um projeto profissional que conduza o ser humano à aspiração intemporal de bem-estar está na base dos esforços que as instituições de ensino superior devem levar a cabo, proporcionando, aos seus estudantes, experiências formativas de qualidade, potenciadoras de uma carreira bem-sucedida e feliz (Dimitrova et al., 2022). Com efeito, o envolvimento dos docentes em formação assente em práticas pedagógicas inovadoras centradas no aluno, enquanto ator principal no processo de ensino-aprendizagem, tem-se revelado promissor nas instituições de ensino superior. Neste âmbito, é fundamental sustentar a aprendizagem numa relação segura e apoiada por parte do docente que deverá atuar mais como um facilitador do processo de ensino-aprendizagem, do que detentor do saber, até porque numa sociedade de informação, o conhecimento está à distância de um clique, sendo o papel do professor o de proporcionar exploração e integração de experiências desafiantes, experimentando novas formas de pensar, sentir e agir (Soriano Sánchez & Jiménez-Vázquez, 2023).

O projeto de formação de docentes referidos no ponto anterior é um exemplo deste investimento que as instituições de ensino superior devem assumir, com impacto nas experiências formativas dos estudantes, que se pretendem potenciadoras do desenvolvimento de competências empreendedoras e criadoras, e facilitadoras da empregabilidade dos jovens.

Como complemento ao projeto de formação referido, emerge o Projeto Link me up – 1000 Ideias, Sistema de Apoio à cocriação de inovação, criatividade e empreendedorismo (AAC n.º 01/SIAC/2020 - Candidatura n.º 072070, financiado (com apoio de fundos europeus e nacionais, num total de 5.562.774.12€) pelo Programa Operacional Competitividade e Internacionalização - COMPETE), que tinha como objetivo capacitar os estudantes para o incremento da qualidade do emprego e criação de micro, pequenas e médias empresas inovadoras, com base na aproximação da academia ao tecido empresarial da região (Instituto Politécnico de Viseu, 2021b). Neste projeto, de âmbito nacional e que decorreu em parceria com a empresa consultora internacional Demola Global, o Instituto Politécnico de Viseu integrou um consórcio de 13 Politécnicos da Rede de Instituições Públicas do Ensino Superior Politécnico (47% zona Centro, 30% no Norte e 23% no Alentejo), liderados pelo Instituto Politécnico de Leiria, promotor do projeto, que visava promover a sustentabilidade e a qualidade do emprego e apoiar a mobilidade laboral.

Pretendeu-se, no período de 2021 a 2023 (em 6 edições semestrais), desenvolver mais de 1000 ideias em processos de cocriação multidisciplinar e internacional entre estudantes e organizações, com apoio de docentes facilitadores. Procurou-se, neste processo, desenvolver competências transversais associadas ao empreendedorismo em jovens estudantes do ensino superior, facilitando o contexto para entender e testar a robustez dos projetos, promovendo a cocriação de inovação para a renovação de negócios e a aquisição de conhecimento e competências sobre o fenómeno em foco nos desafios organizacionais (IPV, 2021b).

No caso do IPV, a participação dos estudantes no Projeto Link me up – 1000 Ideias, enquadrou-se num curso breve, não conferente de grau, com 6 ECTS e 162 horas totais, sendo 100 de contacto, criado para o efeito, o Curso de Inovação Pedagógica – DEMOLA. O curso destinou-se a todos os estudantes do IPV (Cursos Técnicos Superiores Profissionais - CTeSP, Licenciaturas, Pós-Graduações e Mestrados), de todas as áreas.

Pretendeu-se que os estudantes, integrados em equipas de trabalho interdisciplinares (4 a 6 estudantes), se articulassem com organizações da comunidade, com o suporte de docentes/facilitadores (das unidades orgânicas do Politécnico e também de escolas profissionais da região) em projetos de cocriação, para resolver desafios reais (IPV, 2021b).

O processo de cocriação desenvolvido no curso foi organizado em três fases: i) no início do curso foi apresentado um desafio proposto por cada uma das organizações da região envolvidas na respetiva edição do projeto, desenhado em articulação pelos docentes/facilitadores e que foi disponibilizado na plataforma Demola-Portugal 20-23, permitindo que os estudantes se candidatassem aos desafios do seu interesse; ii) seguiu-se um período de 8 a 10 semanas de cocriação, de formação orientada em regime tutorial, em horário e local definidos de acordo com a disponibilidade de recursos humanos (facilitadores, estudantes e empresários) e tecnológicos, operacionalizada essencialmente através de reuniões semanais *online* entre os vários *stakeholders* e especialistas para discussão dos desafios, além de visitas a organizações e centros de investigação, com recurso a métodos de ensino-aprendizagem ativos e inovadores, como a visão estratégica e o *design thinking*, adotados pelos docentes/facilitadores, em que o aluno é o centro do processo de aprendizagem, discutindo ideias (*brainstorming*) e recorrendo à prototipagem rápida, na ótica da inovação e criação de valor para os diferentes *stakeholders*; iii) no final, esperava-se que os estudantes chegassem a conclusões (soluções/cenários futuros) e que fossem capazes de comunicar, eficazmente, as suas ideias, perante uma audiência, no Final Pitch de apresentação dos resultados para os casos de cocriação de inovação (IPV, 2021b).

Procurou-se, neste processo, multidisciplinar, multinacional, multicultural e de cocriação, desenvolver competências nos estudantes como: pensar e questionar; comunicar (língua inglesa) e trabalho em equipas multidisciplinares e (inter)nacionais; resolução de problemas complexos; lidar com/gerir a incerteza; mudar e gerir a mudança; criar e inovar em contextos organizacionais (IPV, 2021b).

Esta metodologia tem-se revelado muito benéfica, não apenas no IPV, mas a nível nacional, sendo também reforçada pelos resultados promissores de experiências semelhantes noutros países, como por exemplo, no estudo publicado por Catalá-Pérez et al., (2020). Os autores salientam a possibilidade de os estudantes desenvolverem experiências de trabalho real, no terreno, num ambiente multidisciplinar e internacional, com formação específica em inovação e novas metodologias, permitindo o desenvolvimento de aptidões e competências profissionais e competências pessoais/sociais (refletidas no enriquecimento do curriculum vitae). Com efeito, o Relatório de 2023 da *European Training Foundation* aponta para ganhos relevantes nas competências sobretudo em contexto de trabalho, mesmo que na modalidade de trabalho remoto, mais do que em contexto educativo/escolar. Neste sentido, projetos como os que apresentamos surgem como uma resposta promissora e de qualidade, integrada no currículo académico, para o desenvolvimento de competências essenciais ao mercado de trabalho (European Training Foundation, 2023).

Potenciou-se, ainda, os contactos profissionais e oportunidades de recrutamento ou autoemprego (criação de *start-ups* com base nos resultados do projeto, atendendo

até aos direitos de autoria dos resultados assegurados com a participação no projeto). Destaca-se, ainda, o reconhecimento académico.

Houve, também, outros benefícios de ordem material associados ao curso: 6 ECTS em suplemento ao diploma, creditações a unidades curriculares, bolsa, Certificado Internacional da Finnish Government Accreditation Agency, possibilidade de participar em concurso nacional (prémios de 5000€, 3000€ e 1500€ e viagem/participação em evento internacional).

Os desafios explorados pelos estudantes abrangeram diferentes temáticas: tecnologias, cultura e arte, desenvolvimento social, saúde e bem-estar, desporto, economia, sustentabilidade, turismo, comunicação, empregabilidade e desenvolvimento comunitário. De uma forma geral, os estudantes, nos questionários de avaliação do grau de satisfação com a participação no projeto, mostraram-se muito satisfeitos, destacando o trabalho em equipa e a pesquisa, recolha e análise de informação como principais competências desenvolvidas, seguindo-se as ferramentas de gestão, criatividade e espírito crítico. Também valorizaram a liderança e o empreendedorismo, bem como a capacitação para criar emprego. Apontaram, ainda, como fatores positivos, a possibilidade de aperfeiçoarem as suas competências digitais. Estes resultados vão ao encontro do que a literatura hoje nos aponta como fatores de sucesso e megatendências no mundo do trabalho: tecnologia como fator de transformação das organizações e dos empregos, pensamento analítico e criatividade como principais competências valorizadas pelas entidades empregadoras e formação em contexto de trabalho como estratégia de aprendizagem crucial (World Economic Forum, 2023).

É importante ressaltar que os testemunhos dos estudantes apontaram para a importância do Projeto no que se refere à possibilidade de "trabalhar em equipa e com colegas internacionais", com recurso a "novas ferramentas digitais", numa iniciativa de "aproximação ao mundo do trabalho". Este "percurso de aprendizagem intenso", apesar do "esforço, dedicação e tempo exigido", com "o apoio do facilitador" permitiu "explorar interesses vocacionais", "criar contactos" e "enriquecer o currículo", ficando um "sentimento de utilidade" que decorreu de "uma experiência única e desafiante".

Nos questionários de satisfação aplicados às organizações parceiras, os responsáveis das empresas reportaram níveis de satisfação muitíssimo elevados, ao longo das seis edições. Destacaram a criação de valor com a parceria e o trabalho colaborativo, bem como a aquisição de conhecimento multidisciplinar como principais benefícios associados à participação. A construção de novas soluções e a possibilidade de identificar oportunidades e ameaças revelaram-se também como aspetos extremamente positivos associados à participação das empresas no projeto. Os responsáveis das organizações apontaram, ainda, a análise crítica da informação, organização e contexto e a implementação de ferramentas digitais e de gestão como mais-valias associadas à sua participação.

Alinhar os curricula no ensino superior, com as exigências das organizações, que decorrem das demandas da sociedade em cada momento histórico, revela-se fundamental. Neste contexto, o desenvolvimento de competências, incluindo as que permitam fazer face à Indústria 4.0, com recurso a metodologias de trabalho em contexto, constitui-se como um dos meios privilegiados para a sua bem-sucedida concretização (Gadre & Deoskar,

2024). O recurso às tecnologias na formação no ensino superior tem vindo a crescer no nosso país. Com efeito, as instituições de ensino superior desenvolvem respostas de ensino a distância e disponibilizam ações, por exemplo, em formato de MOOC, em várias plataformas (Bianchi et al., 2022), mas que devem ser complementadas com a aprendizagem em contexto profissional.

Principalmente no que respeita às últimas quatro ações, posteriores ao período pandémico, foram organizadas visitas a empresas e a centros de investigação, contando com a participação das várias equipas de estudantes. Mais uma vez, ressalta-se a importância do trabalho em contexto real, evidenciada na literatura, para o desenvolvimento das competências que temos vindo a referir.

De uma forma geral, as seis edições caracterizaram-se pelo sucesso quer ao nível dos estudantes, quer das organizações parceiras, potenciando a relação academia-indústria com o apoio dos docentes de ensino superior envolvidos, atuando como facilitadores.

4. Conclusão

O contributo destes dois projetos, que se complementam, é crucial na promoção de experiências de empreendedorismo no ensino superior que, por sua vez, potenciam a criação de emprego, desenvolvimento económico e criação de valor social para o bem público comum. Destacam-se, nestas iniciativas três elementos fundamentais:

1. o professor enquanto facilitador da aprendizagem, com recurso a estratégias pedagógicas inovadoras;
2. o estudante que assume um papel ativo no centro do processo de ensino-aprendizagem;
3. as organizações parceiras enquanto co-construtores de conhecimento.

Tal como postulado por Amante e Fernandes (2022), e como plasmado nos testemunhos de formandos/facilitadores participantes ao longo das seis ações dos Projetos apresentados, a inovação pedagógica do curso de formação no IPV foi reconhecida e amplamente valorizada pelos docentes.

Também a experiência de participação dos estudantes e empresas permite aferir o sucesso e cumprimento dos objetivos do programa Demola Portugal Initiative, como descrito acima e sustentado pelo estudo de Amante e Fernandes (2022), Fernandes e Amante (2022), Amante e Fernandes (2023) e Amante (2023).

A implementação dos projetos em período pandémico (numa fase inicial) foi possível apenas atendendo ao recurso às tecnologias que permitiram a comunicação entre estudantes, docentes e organizações a distância (ex. Colibri Zoom, MS Teams...), trabalho em plataformas colaborativas (ex. Miro), visitas virtuais, entre outras. Contudo, os participantes destacaram que teria sido benéfico incrementar a componente do trabalho *in loco*, mantendo-se, ainda assim, em equilíbrio com a articulação *online*, sobretudo nas primeiras edições, mais afetadas pelo confinamento a que estivemos sujeitos. Apontamos, ainda, como limitação, o *terminus* do financiamento do projeto, sendo fundamental perspetivar novas fontes de apoio financeiro que permitam dar continuidade a experiências desta natureza.

Futuramente, impõe-se, no entanto, uma análise retrospetiva sobre os desafios das seis ações que decorreram no IPV, bem como um olhar prospetivo, no sentido de se conhecerem as implicações concretas da metodologia DEMOLA e respetivas ferramentas nas práticas docentes e na investigação, visando a articulação, de forma integrada, de saberes, agentes e recursos fundamentais para a inovação, competitividade e empreendedorismo qualificado, numa sociedade da informação e do conhecimento.

Referências

Amante, S. (2024). Exploring E-portfolios: Illuminating Accounts of the Pedagogical Innovation Training Programme at the Polytechnic Institute of Viseu. *Journal of Global Business and Technology*, 20(2), 35-52.

Amante, F. S. (2023). 'Now Open for Action!' – A Real-World Challenge Project Developed at the Polytechnic Institute of Viseu. *Social Sciences Humanities Open, 8*(1). https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100729

Amante, S., & Fernandes, R. (2023). Aligning HE Pedagogical Innovation with VET, Industry, and Research Partnerships: Insights on the Demola Portugal Initiative. *Education Sciences 13*, 1, 93. https://doi.org/10.3390/educsci13010093

Amante, S. & Fernandes, R. (2022). Learning based on co-creation processes: a glimpse of the (Demola) Pedagogical Innovation Training course at IPV. In P. Sklias & N. Apostolopoulos (Eds.), *Proceedings of the 17th European Conference on Innovation and Entrepreneurship, 17*(1), 15-21. https://doi.org/10.34190/ecie.17.1.306

Amante, S., Antunes, M.J., Dygala, M., & Gökce, I. (2021). Stepping up to Global Challenges (SGC): Empowering students across the world. *Psychology of Language and Communication, 25*(1), 217-239. https://doi.org/10.2478/plc-2021-0010

Bianchi, I., Daehn, C., Dávila, G., Tovma, N., & Shurenov, N. (2022). Cursos online Abertos Massivos (MOOCs) como potencializadores do conhecimento em Instituições de Educação Superior. *RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 48(12), 59-73. https://doi.org/10.17013/risti.48.59–73

Catalá-Perez, D., Rask, M., & Miguel-Molina, M. (2020). The Demola model as a public tool boosting collaboration in innovation: a comparative study between Finland and Spain. *Technology in Society, 63*, 101358. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101358

Costa, C., Pereira, F., Barbedo, I., Almeida, J., & Almeida-de-Souza, J. (2021). Demola co-creation approach: The students' perspective. 7th International Conference on Higher Education Advances, HEAd 2021, Universidad Politecnica de Valencia, pp. 873-880, https://doi.org/10.4995/HEAd21.2021.13090

Costa, M.T. & Carvalho, L. (2011). A educação para o empreendedorismo como facilitador da inclusão social: Um caso no ensino superior. *Revista Lusófona de Educação, 19*, 103-118.

Dimitrova, G., Madzhurova, B., Raychev, S., & Stoyanova, D. (2022). Education 4.0 – the Change of Higher Education Institutions and the Labour Market. *PEDAGOGIKA, 94*, 515–529. https://doi.org/10.53656/ped2022-4.08

European Training Foundation. (2023). *Education, skills and employment — trends and developments: An ETF cross-country monitoring report*. https://www.etf.europa.eu/sites/default/files/2023-11/ETF%20CrossCountry%20Monitoring%20Report%202023%20FINAL%20%20%281%29.pdf

Fernandes, R., & Amante, S. (2022). From Teachers' Innovative Practices to Students' Co-Creation: A Glimpse of the Project "Link Me Up – 1000 Ideias." In P. Sklias & N. Apostolopoulos (Eds.), *Proceedings of the 17th European Conference on Innovation and Entrepreneurship, 17*(1), 226-231. https://doi.org/10.34190/ecie.17.1.396

Fernandes, R., Sargento, J., Martins, E., & Mendes, F. (2021, julho). *Empreendedorismo em estudantes de ensino superior da área social*. Paper presented at International Conference on Multidisciplinary Research, Politécnico de Viseu.

Gabinete do Coordenador Nacional da Estratégia de Lisboa e do Plano Tecnológico. (2008). *Estratégia de Lisboa: Plano Nacional de Reformas – Portugal*. Lisboa. https://observatorio-lisboa.eapn.pt/ficheiro/Relatorio_PNR_2008_PT_full.pdf

Gadre, M., & Deoskar, A. (2024). Aligning higher education with industry 4.0: A pathway to achieving sustainable development goals (SDGS). *Madhya Pradesh Journal of Social Sciences*, 29(1), 7–14.

González, R., Chávez, E., Alvarez, E., Beltrán, R., Carvache, K., & Borja-Cabrera, G. (2023). Los espacios colaborativos de investigación durante la pandemia por covid-19. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, e58, 232-249.

Hassenzahl, M. (2008). User experience (UX): Towards an experiential perspective on product quality. *ACM International Conference Proceeding Series, 339*, 11-15. https://doi.org/10.1145/1512714.1512717

Hora, O. (2022). *Youth, labour market insecurity and institutions*. Projects NEGOTIATE.

Instituto Politécnico de Viseu. (2021a). *Projeto Cocriação*. https://site.ipv.pt/cocriacao_proj.htm

Instituto Politécnico de Viseu. (2021b). *Projeto Link me up – 1000 Ideias*. https://site.ipv.pt/linkmeup.htm

Lauder, H., & Mayhew, K. (2020). Higher education and the labour market: An introduction. *Oxford Review of Education, 46*, pp. 1-9. https://doi.org/10.1080/03054985.2019.1699714

Mironova, D.Y., Kumar, V. V., & Murugesan, R. (2019). Demola international project as an instrument of students involvement in science - business integration. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8*(7C2), 239-247.

Mónico, L., Carvalho, C., Nejati, S., Arraya, M., & Parreira, P. (2021). Entrepreneurship education and its influence on higher education students' entrepreneurial intentions and motivation in Portugal. *Brazilian Administration Review, 18*(3), e190088. https://doi.org/10.1590/1807-7692bar2021190088

Scarborough, N. & Cornwall, J. (2018). Preface. In N. Scarborough & J. Cornwall (Eds.), *Essentials of entrepreneurship and small business management* - 9th ed. (pp. 15-24). Pearson Global Editions.

Shahida, S. & Guggilla, N. (2021). Soft skills significance for learning and career achievement. *International Journal of Research, IX*, 60-72.

Shore, C. & McLauchlan, L. (2012). 'Third mission' activities, commercialisation and academic entrepreneurs. *Social Anthropology, 20*(3), 267-286. https://doi.org/10.1111/j.1469-8676.2012.00207.x

Soriano Sánchez, J. G. & Jiménez-Vázquez, D. (2023). *Innovative educational practices in higher education: A systematic review*. https://doi.org/10.35622/j.rie.2023.05.002

Verhulsdonck, G., Howard, T., & Tham, J. (2021). Investigating the impact of design thinking, content strategy, and artificial intelligence: A "Streams" approach for technical communication and user experience. *Journal of Technical Writing*.

World Economic Forum. (2023). *Future of Jobs Report*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf

Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto Ref.ª UIDB/05507/2020 com o identificador DOI https://doi.org/10.54499/ UIDB/05507/2020. Agradecemos adicionalmente ao Centro de Estudos em Educação e Inovação (Ci&DEI) e ao Instituto Politécnico de Viseu pelo apoio prestado.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/05/2024
Aceitação/Acceptance: 21/07/2024

Sistema Integral para Determinar el Riesgo de Proliferación de Sigatoka Negra en Cultivos de Plátano

David Enrique Rosales-Manzo[1], Noel García-Díaz[1], Ana Claudia Ruiz-Tadeo[1], Juan García-Virgen[1], Johann Fernando Hoyos Patiño[2], Dewar Rico Bautista[3], Olimpo Lua-Madrigal[4]

drosales2612@gmail.com; ngarcia@colima.tecnm.mx; aruiz@colima.tecnm.mx; jgarcia@colima.tecnm.mx; jfhoyosp@ufpso.edu.co; dwricob@ufpso.edu.co; olimpo.lua@colima.tecnm.mx

[1] Tecnológico Nacional de México campus Colima, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Av. Tecnológico No. 1, Colonia Liberación, C.P. 28976, Villa de Álvarez, Colima, México.

[2] Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña, Colombia. Departamento de Ciencias Pecuarias.

[3] Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña, Colombia. Departamento de Sistemas e Informática.

[4] Tecnológico Nacional de México campus Colima, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Av. Tecnológico No. 1, Colonia Liberación, C.P. 28976, Villa de Álvarez, Colima, México.

Pages: 215-227

Resumen: El cultivo de plátano es el cuarto cultivo más importante a nivel mundial, sin embargo, su calidad se ve afectada por enfermedades como la sigatoka negra, siendo la enfermedad que genera mayores pérdidas económicas. Las principales variables que influyen en la aparición de la enfermedad son temperatura y humedad relativa. Este trabajo de investigación propone un sistema integral para determinar el riesgo de proliferación de sigatoka negra. Obteniendo los valores de las variables mediante sensores y siendo enviados a un equipo de cómputo, que se encargara de analizar los datos mediante un sistema difuso tipo Takagi-Sugeno, con salida constante; donde se almacenan posteriormente. Este sistema se diseñó como una herramienta de apoyo para la detección de la sigatoka negra, presentando un enfoque innovador utilizando lógica difusa que contribuye a prevenir el riesgo de proliferación de la sigatoka negra, otorgándole a los productores de plátano una herramienta para combatir el agente patógeno.

Palabras-clave: lógica difusa; takagi-sugeno; arduino; sistema web.

Integral System to Determine the Risk of Black Sigatoka Proliferation on Banana Crops

Abstract: Banana cultivation are the fourth most important crop worldwide, however, its quality is affected by diseases such as black sigatoka, being the disease

that generates the greatest economic losses. The principal variables that affect on the apparition of the disease are temperature and relative humidity. This research paper propose an integral system to determine the risk of black sigatoka proliferation. Obtaining the values of variables by using sensors and sending to a computer, which is responsible for data analysis through a fuzzy system Takagi-Sugeno type, with a constant output; later they are stored. This system was designed as a support tool for the black sigatoka detection, presenting an innovative approach using fuzzy logic that will help to prevent the risk of black sigatoka proliferation, giving banana crop growers a tool to fight the pathogen.

Keywords: fuzzy logic; takagi-sugeno; arduino; arduino; web system.

1. Introducción

El plátano es uno de los cultivos con mayor importancia mundialmente, debido a que se ubica como el cuarto cultivo más importante a nivel mundial, detrás del arroz, trigo y maíz; además es el fruto tropical más importante, siendo una buena fuente de ingresos. El cultivo de plátano se realiza en más de 120 países, con una producción mundial superior a los 100 millones de toneladas al año. Por tal motivo, el plátano es el principal alimento de al menos 400 millones de personas, contando con un gran contenido de carbohidratos, vitaminas y minerales (Manzo-Sánchez et al., 2014).

En 2019, la exportación global de plátano alcanzó un nuevo récord con aproximadamente 20.2 millones de toneladas, un aumento del 5% en comparación con 2018. Por otra parte, las exportaciones de América Latina y el Caribe aumentaron un 2% en 2019, a 15 millones de ton, debido al fuerte crecimiento en los envíos en varias de los países exportadores (FAO, 2019).

México es uno de los principales países productores y exportadores de plátano, ubicándose en el décimo segundo lugar de los países productores en 2017, con una producción aproximada de 2.2 millones de ton de plátano (CEDRSSA, 2019). De acuerdo con FAO (2019), México se sitúa en séptimo lugar de los países exportadores en 2019, con una cantidad de 585 miles de ton, aumentando un 4% en comparación con el 2018.

En el ámbito nacional, se estableció una intención de cosecha de 2.3 millones de ton de plátano para el 2018, de las cuales en el estado de Colima se estimaron aproximadamente 206 mil ton, por lo cual se ubicó como el cuarto estado productor de plátano, por detrás de Chiapas, Tabasco y Veracruz (SAGARPA, 2018).

La calidad del cultivo de plátano es afectada por la aparición de enfermedades y plagas. La principal enfermedad que afecta los cultivos es la sigatoka negra, siendo detectada por primera vez en 1981 en los estados de Tabasco y Chiapas, posteriormente se manifestó en el estado de Colima en 1989, ocasionando pérdidas y aumentando el costo de producción (Vázquez Castrejón et al., 2005).

En el estado de Colima, los cultivos han sido afectados por sigatoka negra desde su primera aparición, y, debido a que las condiciones climáticas para el crecimiento de platino son similares a las que propician la aparición de la enfermedad, no se ha podido erradicar en su totalidad. La sigatoka negra es ocasionada por el hongo Mycosphaerella fijiensis Morelet, ocasionando que los racimos y frutas tengan menor peso y causa la madurez prematura del fruto. La presencia de la enfermedad se puede reconocer con

la aparición de rayas o estrías de color amarillo o marrón en las hojas (Álvarez et al., 2013). Además, al ser un hongo que se transmite sexualmente mediante esporas, puede moverse de una planta infectada a una planta sana.

Por experiencia de los investigadores, se observaron casos en que los productores de plátano prefieren dejar morir el cultivo y perder toda la producción de plátano, debido a que el tratamiento contra la enfermedad ocasiona que deje de ser redituable. Asimismo, estas situaciones son peligrosas para los cultivos aledaños, debido a que el hongo puede transportarse fácilmente hacia otras plantaciones de plátano cuando el foco de infestación se encuentra cercano.

La principal causa de la aparición de la sigatoka negra es la condición de las variables de temperatura y humedad relativa. El plátano requiere de temperaturas en un rango de 20°C a 30°C, que son relativamente altas, de otro modo, puede presentar decoloración en la parte exterior y se desarrolla más lento. Debido a que el cultivo de plátano está constituido por 85% de agua, requiere de humedad constante, por lo que la humedad relativa es importante para el crecimiento del plátano, de lo contrario pierde agua y puede presentar cambio de coloración en las zonas rozadas del fruto (Vázquez Castrejón et al., 2005).

Algunos trabajos relacionados que han tratado de solucionar esta problemática como el propuesto por Cárdenas-Valdovinos et al. (2017), quienes construyeron un módulo para obtener los valores de humedad relativa y temperatura, examinándolos por medio de lógica difusa utilizando un sistema de inferencia tipo Mamdani para la detección del riesgo de proliferación. Por otro lado, Subert-Semanat (2018) implementó una casa meteorológica, para la recolección de datos temperatura, intensidad y duración de las lluvias y evaporación, analizó los datos por medio del método Stover para la detección y realizó la correlación entre los datos y la gravedad de la enfermedad para la predicción del patógeno.

En el trabajo propuesto por Rosales-Manzo et al. (2020), proponen un sistema difuso tipo Takagi-Sugeno, con salida constante, para analizar el riesgo de proliferación de sigatoka negra, basándose en las condiciones climáticas de humedad y temperatura. En cambio, Nagaraju & Shankar (2017) realizaron una red de sensores inalámbricos para obtener la temperatura, humedad relativa, humedad del suelo y lluvia, elaboraron un análisis para encontrar patrones basados en el contexto para el cultivo, comparando los datos obtenidos por medio de los sensores con los valores almacenados en una base de datos para determinar la gravedad de la sigatoka negra.

Dos trabajos utilizan variables que no influyen significativamente en la propagación de la sigatoka negra (Subert-Semanat, 2018; Nagaraju & Shankar, 2017), por otro lado, Subert-Semanat (2018) emplea el método Stover, sin embargo, este método no ayuda a obtener el riesgo de proliferación, en cambio, detecta cuando la enfermedad está presente. Solo dos trabajos emplean lógica difusa (Rosales-Manzo et al., 2020; Cárdenas-Valdovinos et al., 2017), sin embargo, Cárdenas-Valdovinos et al. (2017) emplea un sistema difuso tipo Mamdani para determinar el riesgo de proliferación, y, a pesar de que Rosales-Manzo et al. (2020) realizaron validaciones con datos, ambos trabajos solo realizan el modelado y propuesta, sin realizar la recolección y despliegue de datos, tal como se llevó a cabo en el presente artículo.

El resto de este trabajo se estructura de la siguiente manera: En la sección 2 del artículo, titulado Herramientas de implementación, se presentan los materiales utilizados para la realización del proyecto y una breve descripción de los mismos; En la sección 3, llamado Propuesta, se describen los objetivos y funcionamiento del sistema, así como también, se detalla la creación de los diferentes módulos que componen el sistema; Enseguida los resultados obtenidos con la realización del sistema son presentados en la sección 4; Finalmente, el trabajo se concluye y se presentan posibles trabajos futuros en la sección 5.

2. Herramientas de Implementación

En esta sección se describen las principales herramientas, tanto software como hardware, utilizadas en el presente trabajo de investigación.

2.1. Hardware

Este trabajo se enfoca en el uso de la placa programable Arduino creada en el 2005 en el Instituto de Instituto de Diseño Interativo de Ivrea en Italia, con la finalidad de ser una placa programable de bajo costo. Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica que cuenta con microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra, permitiendo establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (MCI electronics, 2018).

Para la recolección de los valores de las variables de humedad relativa y temperatura se requirió el sensor DHT22, debido a que la salida es señal digital calibrada y utiliza la exclusiva técnica de recolección de señales digitales y la tecnología de detección de humedad, asegurando su confiabilidad y estabilidad, además, es un sensor de bajo costo, bajo consumo y tamaño pequeño (Liu, 2016).

Debido a que se requiere que los sensores sean implementados en el cultivo, se requiere un modo de comunicación entre los sensores y el equipo de cómputo encargado del despliegue de los datos, se optó por la comunicación por medio del protocolo Zig bee haciendo uso del módulo Xbee, los cuales son pequeñas radios que pueden comunicarse de forma inalámbrica unas con otras, cuentan con entradas y salidas digitales y analógicas que puedes controlar y conectar sensores (Ingeniería MCI Ltda, 2020).

2.2. Software

2.2.1. Lógica Difusa

Un conjunto difuso es una clase de objetos que poseen un grado continuo de membresía, permitiendo las nociones de inclusión, unión, intersección, complemento, entre otras en el contexto de conjuntos difusos (Zadeh, 1965). De acuerdo con Zadeh (1996), la lógica difusa, como su nombre lo indica, es la lógica subyacente a los modos de razonamiento que son aproximados en lugar de exactos. La importancia de la lógica difusa se deriva del hecho de que la mayoría de los modos de razonamiento humano, y especialmente la razón de sentido común, son de naturaleza aproximada.

La lógica difusa representa modelos o conocimiento utilizando la lógica IF-THEN en la forma de "si X entonces Y" ("if X then Y"). Generalmente existen dos tipos de Sistemas de Inferencia Difusa (SID o por sus siglas en ingles FIS), Mamdani y Takagi-Sugeno. Para este trabajo de investigación se implementó el FIS tipo Takagi-Sugeno para el sistema difuso.

2.2.2. Django

Para el despliegue de los datos se realizó una interfaz gráfica alojada en un servidor web local, facilitando la visualización y comprensión de los datos. Se utilizó Django, el cual es un framework web de Python de alto nivel que fomenta un desarrollo rápido y pragmático, además, se basa en la estructura Modelo-Vista-Controlador (MVC) (Django Software Foundation, 2019).

3. Propuesta

En este trabajo de investigación, se implementa un sistema integral para determinar el riesgo de proliferación de sigatoka negra. Esta sección describe el objetivo de esta aplicación, su descripción técnica y sus componentes principales.

3.1. Objetivo del sistema

El objetivo general es desarrollar un Sistema de Inferencia Difuso tipo Takagi-Sugeno que detecte el riesgo de proliferación de sigatoka negra en cultivos de plátano por medio del monitoreo de humedad y temperatura. Los objetivos específicos son los siguientes:

- Configurar el módulo sensor para obtener los datos de las variables humedad y temperatura.
- Establecer la conexión entre el módulo sensor con el módulo de adquisición de datos.
- Crear el sistema de inferencia difuso para el análisis de los datos obtenidos.
- Elaborar una interfaz gráfica para facilitar la visualización de los datos.

3.2. Descripción del sistema

El sistema integral (Figura 1) se encargará de monitorizar los cultivos de plátano por medio de sensores para obtener las variables climáticas de temperatura y humedad ambiental. Los datos son recolectados por el módulo sensor y enviados utilizando una interfaz de hardware al módulo de adquisición de datos, que se encarga de recibir los datos de las variables climáticas. En caso de que no se establezca conexión entre los módulos, el módulo sensor cuenta con una tarjeta SD (por sus siglas en inglés: Secure Digital) para almacenamiento local de los datos, que son transmitidos cuando la conexión se restablezca.

Los datos procesados por el módulo de adquisición de datos serán recibidos en el servidor local, mismo que se encargara del análisis por medio de un sistema de inferencia difuso tipo Takagi-Sugeno. Posteriormente se almacenan en una base de datos para mantener un registro histórico. Finalmente son extraídos de la base de datos y desplegados en una interfaz gráfica para facilitar su interpretación al usuario.

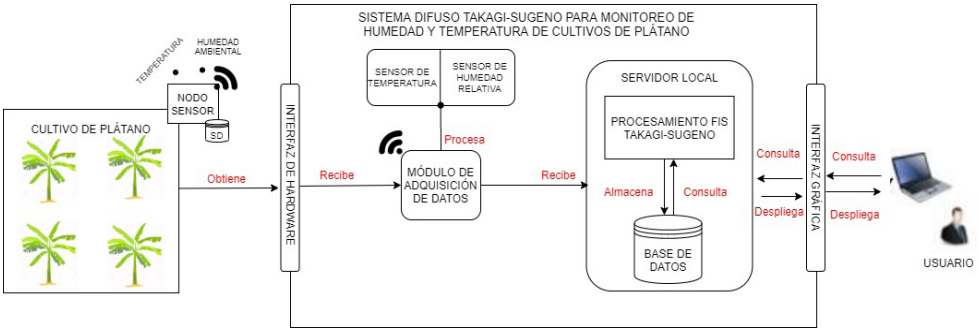


Figura 1 – Modelo conceptual del sistema

3.3. Módulos del sistema

El sistema propuesto se compone de cuatro módulos: (1) módulo sensor; (2) módulo de adquisición de datos; (3) sistema difuso y (4) almacenamiento de los datos.

3.3.1. Módulo sensor

El módulo sensor, mostrado en la Figura 2, se encarga de obtener los datos de las variables climáticas de temperatura y humedad relativa por medio del sensor DHT22. Posteriormente se envían mediante xbee al módulo de adquisición de datos junto con la fecha y hora obtenidas del reloj de tiempo real DS3231, esperando respuesta de la recepción de los datos. Si no se obtiene respuesta, se almacenan en un archivo CSV (por sus siglas en inglés Comma Separated Values) en la tarjeta microSD incluida en el módulo. En caso de obtener respuesta del módulo de adquisición de datos, se envía el archivo CSV con los datos almacenados en la tarjeta microSD y finalmente se hiberna aproximadamente durante 15 minutos para ahorrar energía.

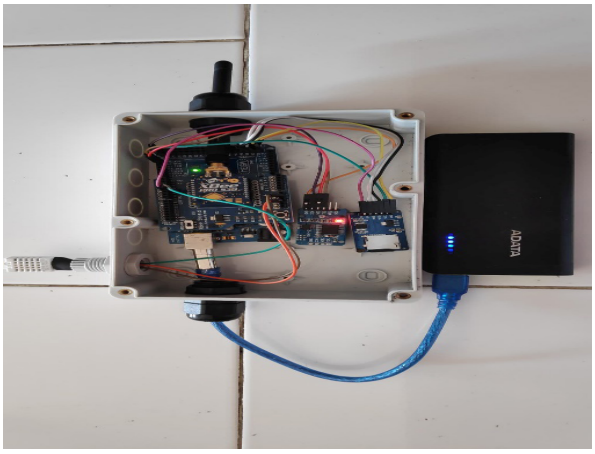


Figura 2 – Modelo sensor

Los componentes del módulo sensor son:

- Arduino Mega
- Xbee pro s3b RP-SMA
- Sensor DHT22
- Reloj de tiempo real DS3231
- Módulo microSD
- Tarjeta microSD de 4gb
- Gabinete o caja nema
- Power Bank Adata de 10000 mAh

3.3.1. Módulo de adquisición de datos

El módulo de adquisición de datos, mostrado en la Figura 3, obtiene los datos del módulo sensor por medio del xbee y envía una respuesta para confirmar la correcta recepción de los mismos. El módulo de adquisición de datos se encuentra conectado al equipo de cómputo encargado del almacenamiento de datos, que, además de proporcionarle energía al módulo, recibe los datos por medio del Arduino utilizando el puerto serial.

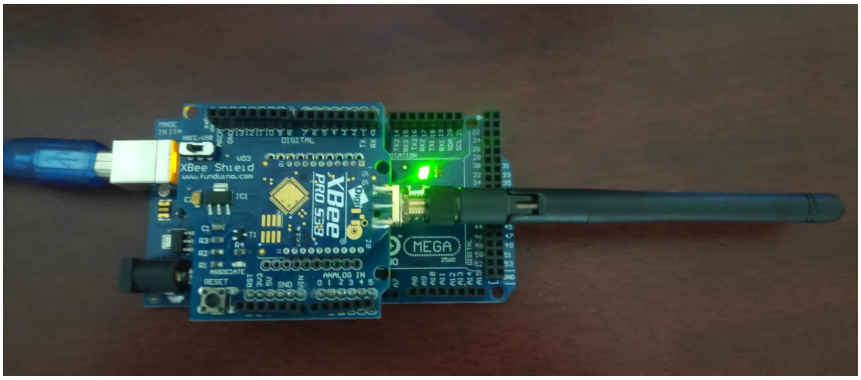


Figura 3 – Modelo de adquisición de datos

Los componentes del modelo de adquisición de datos son:

- Arduino Mega
- Xbee pro s3b RP-SMA

3.3.2. Sistema difuso

El riesgo de proliferación de sigatoka negra se obtiene mediante el análisis de las variables climáticas de temperatura ambiental y humedad relativa, haciendo uso de un sistema difuso tipo Takagi-Sugeno con salida constante, presentado en el trabajo de Rosales Manzo et al. (2020). El sistema difuso fue implementado utilizando la librería Scikit-Fuzzy, la cual es una colección de algoritmos de lógica difusa escritos en el lenguaje informático Python.

3.3.2.1. Variables

La Tabla 1 muestra las variables y sus características utilizadas en el sistema difuso.

Variable	Tipo de variable	Función de membresía	Número de funciones de membresía
Temperatura ambiental	Entrada	Gaussianas	3
Humedad relativa	Entrada	Trapezoidales	3
Proliferación	Salida	Constante	3

Tabla 1 – Variables de entrada del sistema difuso

La Tabla 2 muestra el rango de las funciones de membresía de las variables utilizadas en el sistema difuso propuesto.

Variable	Nombre	Parámetros			
Temperatura ambiental (°)		K		m	
	Baja	4		13	
	Media	2		25.5	
	Alta	4		38	
Humedad relativa (%)		a	b	c	d
	Poca	0	0	20	35
	Media	22.5	42.5	57.5	77.5
	Mucha	65	80	100	100
Proliferación	Bajo	0			
	Medio	5			
	Alto	10			

Tabla 2 – Rangos de las Funciones de Membresía de las Variables

3.3.2.2. Reglas

La Tabla 3 muestra las combinaciones de las reglas establecidas en el sistema difuso.

Humedad/ Temperatura	Poca	Media	Mucha
Baja	Bajo	Bajo	Medio
Media	Medio	Medio	Alto
Alta	Bajo	Bajo	Medio

Tabla 3 – Reglas del sistema difuso

3.3.2.3. Simulación

Para simular el sistema difuso propuesto se utilizó MATLAB, consiguiendo la relación de las variables de entrada, temperatura ambiental y humedad relativa, para obtener la variable de salida, riesgo de proliferación. Como se muestra en la Figura 4, el mayor riesgo de proliferación respecto a la temperatura se concentra en la parte central, en cambio, para la variable humedad se concentra en la parte alta. Por otro lado, se puede observar que el menor riesgo de proliferación con respecto a la variable temperatura se ubica en los extremos inferior y superior, mientras que a menor humedad es menor el riesgo de proliferación.

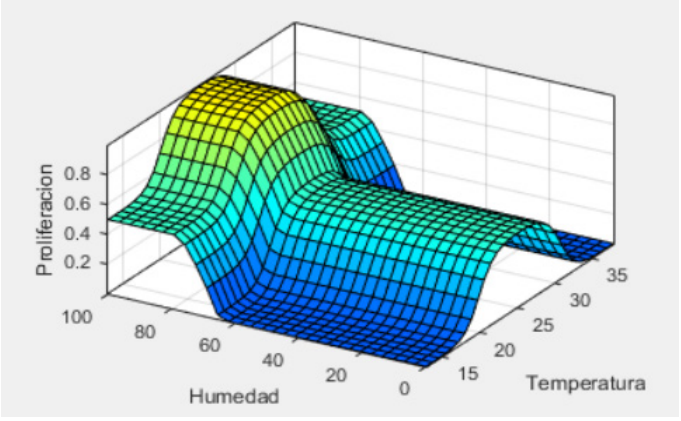


Figura 4 – Simulación del sistema difuso

El conjunto de datos del presente estudio se obtuvo del trabajo presentado en Rosales-Manzo et al. (2020), donde utilizaron 54 datos a los cuales se les realizó pruebas estadísticas de validación, donde se obtuvo un valor de coeficiente de determinación $r^2 = 0.902$ que, de acuerdo con Humphrey (1995), un modelo predictivo se considera aceptable cuando $r^2 \geq 0.5$. Además, el análisis de varianza permitió determinar que las variables de entrada del sistema difuso son estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95.0%, así como también, la prueba de normalidad permitió rechazar la idea de que las estimaciones provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

3.3.2.4. Almacenamiento de datos

Para el almacenamiento de datos se optó por utilizar una base de datos en MySQL, lo que permite tener un registro histórico para el análisis de los mismos. Para ello, se utiliza un equipo de cómputo que cuenta con el servidor web local encargado de alojar la base de datos, además, el equipo de cómputo contiene con una rutina que toma los datos del puerto serial, enviados por el módulo de adquisición de datos, realiza el análisis por medio del sistema difuso y obtiene el riesgo de proliferación, posteriormente los muestra en la terminal de Windows, como se muestra en la Figura 5.

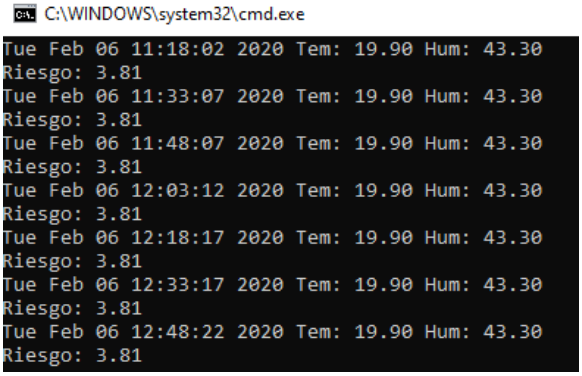


Figura 5 – Terminal de comandos mostrando los datos recibidos y analizados

Finalmente, los valores de temperatura, humedad relativa y riesgo de proliferación, obtenido del análisis mediante el sistema difuso son almacenados en la base de datos, junto con la hora y fecha de censado. La Figura 6 muestra algunos valores almacenados en la base de datos.

	id	fecha	hora	temperatura	humedad_relativa	riesgo
Editar Copiar Borrar	101	2020-02-04	15:18:00.000000	24.30	70.50	4.91
Editar Copiar Borrar	102	2020-02-04	15:33:00.000000	25.50	70.10	4.87
Editar Copiar Borrar	103	2020-02-04	15:48:00.000000	25.50	70.10	4.87
Editar Copiar Borrar	104	2020-02-04	16:03:00.000000	25.50	70.10	4.87
Editar Copiar Borrar	105	2020-02-04	16:18:00.000000	25.50	70.10	4.87
Editar Copiar Borrar	106	2020-02-04	16:33:00.000000	25.50	70.10	4.87
Editar Copiar Borrar	107	2020-02-04	16:48:00.000000	25.50	70.10	4.87
Editar Copiar Borrar	108	2020-02-04	17:03:00.000000	25.50	70.10	4.87
Editar Copiar Borrar	109	2020-02-04	17:18:00.000000	25.50	70.10	4.87

Figura 6 – Tabla de los datos almacenados

4. Resultados

Se obtuvo como producto una aplicación que realiza la obtención y registro de las variables temperatura y humedad relativa durante las 24 horas del día, obteniendo 96 datos diarios, sin necesidad de intervención de los usuarios. El tiempo desde que se obtienen los valores del sensor hasta que se almacenan y se muestran en la interfaz es menor a 10 segundos.

También se obtuvo la interfaz gráfica que muestra los últimos valores almacenados de riesgo de proliferación, temperatura y humedad relativa, además, la fecha y hora en la que se obtuvieron dichos valores, como se visualiza en la Figura 7. También permite la visualización en forma de gráfica y tabla de los datos obtenidos en el transcurso del día.

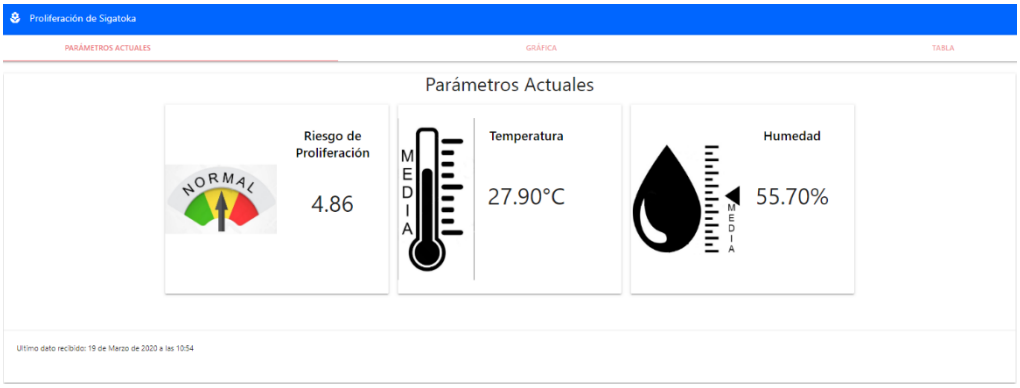


Figura 7 – Ventana principal de la interfaz gráfica

Además, la interfaz cuenta con el despliegue de los datos históricos, permitiendo visualizar la gráfica y tabla de todos los datos, promedio por hora y promedio diario del rango de fechas seleccionado, como se muestra en la Figura 8.

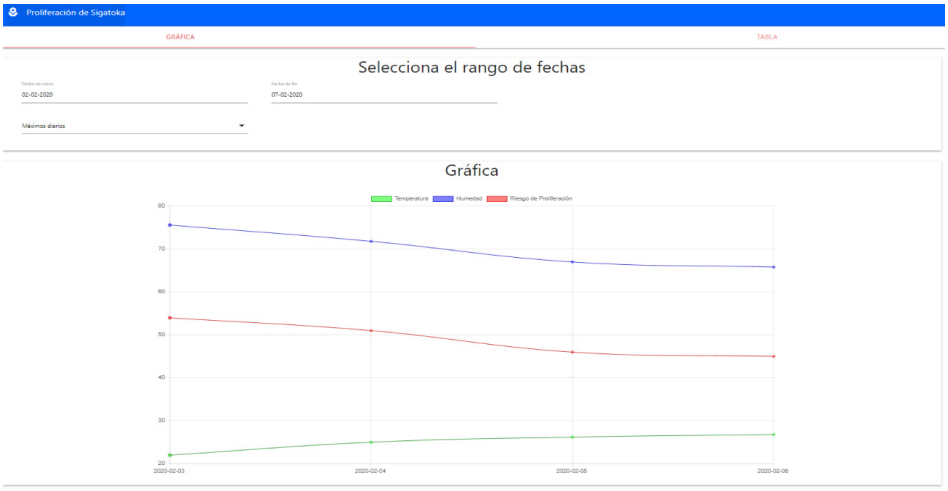


Figura 8 – Registros históricos

5. Conclusiones

El sistema integral propuesto es una aplicación web, la cual es muy útil no solo para conocer los valores de las variables temperatura y humedad relativa del cultivo en tiempo cuasi-real, sino que además, cuenta con el análisis de los datos obtenidos por medio de lógica difusa para conocer el riesgo de proliferación de sigatoka negra. Como se mostró en el presente trabajo, el sistema es una herramienta de bajo costo, a través del cual los productores de plátano pueden visualizar el riesgo de proliferación de la

sigatoka negra para tomar acciones frente a la enfermedad, además, pueden acceder a información histórica.

Una vez elaborado el sistema integral se propone como trabajo a futuro:

- Replicar este trabajo con un sistema difuso Mamdani y hacer el comparativo con el presente trabajo, para ver cual tiene más precisión.
- Implementación en un cultivo de plátano para observar el funcionamiento en un ambiente real.
- Modificar el sistema difuso e incluir otros sensores para la detección de un rango más amplio de plagas en distintos cultivos.
- Emplear otras técnicas de Inteligencia Artificial y comparar resultados.

Agradecimientos: Agradecemos al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), al Tecnológico Nacional de México campus Colima, así como al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por su apoyo brindado para la elaboración de este trabajo. De manera especial expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña, Colombia, así como de manera personal a la M.C. Ana Rosa Braña Castillo, directora del Tecnológico Nacional de México campus Colima, por el apoyo brindado para la realización de este proyecto.

Referencias

Álvarez, E., Pantoja, A., Gañan, L., & Ceballos, G. (Julio de 2013). La Sigatoka negra en plátano y banano. Guía para el reconocimiento y manejo de la enfermedad, aplicado a la agricultura familiar. Obtenido de *FAO: http://www.fao.org/3/as089s/as089s.pdf*

Cárdenas-Valdovinos, E., García-Díaz, N., García-Virgen, J., & Flores-Gallegos, E. (2017). Modelo difuso para predecir la proliferación de plaga "Sigatoka Negra" en el cultivo. *Revista de Ingeniería Eléctrica*, 1(1), 16-21.

CEDRSSA. (22 de Agosto de 2019). La producción y el comercio del plátano. Obtenido de *Estudios e Investigaciones: http://www.cedrssa.gob.mx/post_la_produccinin_y_el_comercio_del_-n-plnotano-n.htm*

Django Software Foundation. (2019). Meet Django. Obtenido de *https://www.djangoproject.com*

FAO. (2020). Análisis del mercado del banano. Resultados preliminares relativos a 2019. Obtenido de *http://www.fao.org/3/ca7567es/ca7567es.pdf*

Humphrey, W. S. (1995). A Discipline for Software Engineering. Addison-Wesley Professional. ISBN: 978-0201546101.

Ingeniería MCI Ltda. (s.f.). ¿Qué es XBee?. Obtenido de *Digi XBee: https://xbee.cl/que-es-xbee/*

Liu, T. (2016). Digital relative humidity & temperature sensor AM2302/DHT22. Obtenido de *https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/Digital+humidity+and+temperature+sensor+AM2302.pdf*

López-Martín, C., Yáñez-Márquez, C., & Gutiérrez-Tornés, A. (2008). Predictive accuracy comparison of fuzzy models for software development effort of small programs. *The journal of systems and software*, 81(6), 949-960. doi: https://doi.org/10.1016/j.jss.2007.08.027

Manzo-Sánchez, G., Orozco-Santos, M., Martínez-Bolaños, L., Garrido-Ramírez, E., & Canto-Canche, B. (2014). Enfermedades de importancia cuarentenaria y económica del cultivo de banano. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 32(2), 89-107.

MCI electronics. (2018). ¿Qué es Arduino?. Obtenido de *Arduino.cl: http://arduino.cl/que-es-arduino/*

Nagaraju, B., & Shankar, P. (2017). Precision Agriculture for Banana Using Wireless Sensor Network. En *2017 International Conference on Computing, Communication, Control and Automation*, (pp. 1-6). Pune, India: IEEE. doi: https://doi.org/10.1109/ICCUBEA.2017.8464007.

Rosales-Manzo, D., García-Díaz, N., Ruiz-Tadeo, A., García-Virgen, J., & Farías-Mendoza, N. (2020). Sistema difuso Takagi-Sugeno para predecir el riesgo de propagación de Sigatoka Negra. *Revista Internacional de Investigación e Innovación*, 8(44), 12-28.

SAGARPA. (2018). Resumen Nacional: Intención de Cosecha 2018. Obtenido de *http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/intension/Intencion_cosechaPerenne_cultivo2018.pdf*

Subert-Semanat, A. (2018). Poster: Wireless Sensor Network to Predict Black Sigatoka in Banana Cultivations. En *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, (pp. 159-164). Düsseldorf, Alemania: Springer.

Vázquez Castrejón, R., Romero Cadena, A., & Figueroa Viera, J. (2005). Paquete tecnológico para el cultivo de plátano. Obtenido de *http://www.campocolima.gob.mx/paginaOEIDRUS/paquete%20tecnologico%20del%20platano.pdf*

Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 338-353. doi: https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X

Zadeh, L. (1996). Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems. World Scientific.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 01/03/2024
Aceitação/Acceptance: 09/06/2024

Segurança Universitária Reforçada: Uma solução de IoT para Proteção de Alunos em Campus

Anna Carolina Ferreira Rosa[1], Leonardo de Oliveira Almeida[1], Hugo Silva Vasconcelos[1], Mateus Romani[1], Fábio Lúcio Lopes de Mendonça[1], Francisco Lopes de Caldas Filho[1]

annacarolinafr36@gmail.com; leoengunb@gmail.com; hugo.svasc@gmail.com; mateusfromani@gmail.com; fabio.mendonca@redes.unb.br; francisco.lopes@uiot.org

[1] Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro Asa Norte, CEP 70910-900, Brasília/DF, Brasil

Pages: 228-242

Resumo: O aumento alarmante da violência contra mulheres, com 2.423 casos registrados em 2022, tem destacado a importância da tecnologia na segurança pessoal. Este artigo apresenta uma solução inovadora que integra botões de pânico em dispositivos móveis, combinando a praticidade dos smartphones com a robustez de dispositivos físicos dedicados. Isso proporciona uma maneira confiável e rápida de solicitar ajuda em situações de risco, promovendo a segurança pessoal dos alunos e funcionários na universidade..

Palavras-chave: Segurança, Situações de Risco, Aplicativo e Botão de Pânico.

Enhanced Campus Security: An IoT Solution for Student Protection

Abstract: The alarming rise in violence against women, with 2,423 cases reported in 2022, has highlighted the importance of technology in personal safety. This article presents an innovative solution that integrates panic buttons into mobile devices, combining the convenience of smartphones with the robustness of dedicated physical devices. This provides a reliable and quick way to request help in dangerous situations, promoting the personal safety of students and staff on campus.

Keywords: Security, High-Risk Situations, App, and Panic Button.

1. Introdução

A violência contra as mulheres é um problema social que vem apresentando números alarmantes. Em 2022 foram registrados 2.423 casos de violência contra a mulher (Agência Brasil, 2023). Esse cenário tem atribuído às soluções de tecnologia um papel importante no aumento da segurança para o público feminino. Tecnologia como a Internet das Coisas agregada às soluções de segurança pessoal, dispositivos vestíveis com sensores de detecção e botões de pânico, têm sido utilizados para prevenir e ajudar a combater situações de risco, como a mencionada (Biradar et al., 2020, pp. 688–691).

A Internet das Coisas (IoT) é uma tecnologia inovadora que trata da conexão de objetos físicos à Internet. Esses objetos são equipados com sensores e dispositivos de comunicação que lhes permitem coletar e trocar dados de forma autônoma. Essa tecnologia vem sendo empregada em soluções com o intuito de melhorar a segurança das mulheres, pesquisas como a de pulseiras inteligentes, que se comunicam com smartphones, o qual enviam a localização quando o usuário se encontra em situação de perigo vem sendo adotadas, pela facilidade de acionamento (Thamaraiselvi et al., 2019, pp. 1093–1096).

O botão de pânico é uma ferramenta eficaz e versátil que gera mais segurança para os usuários. Seus principais benefícios são: a facilidade de uso, integração com sistemas de segurança, geolocalização, rastreamento e facilidade de resposta em casos de emergência. Soluções de botão de pânico integradas com centrais policiais e contatos familiares cadastrados para o envio de mensagens de socorro, geram segurança por enviar mensagens para vários contatos e possibilita múltiplas tomadas de decisões contra cenários de violência (Swathi et al., 2022, pp. 5337–5342) e (Nasir et al., 2022, pp. 445–470).

Este artigo científico apresenta uma solução inovadora para melhorar a segurança pessoal através da integração de um botão de pânico em dispositivos móveis, complementado por um painel de controle para monitoramento e resposta eficaz às emergências. A abordagem combina a praticidade do uso de smartphones com a robustez de um dispositivo físico dedicado, proporcionando um meio confiável e rápido para solicitar auxílio em situações de risco.

Além desta introdução, o presente artigo encontra-se organizado da seguinte forma: na Seção 2, estão os trabalhos relacionados. Na Seção 3, será apresentada a metodologia, a qual contém a arquitetura proposta pelo projeto. Na Seção 4, serão descritos os testes e os resultados. Por fim, na Seção 5, serão apresentadas as conclusões e melhorias a serem desenvolvidas em trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

O botão de pânico é uma ferramenta cada vez mais popular para a segurança pessoal, especialmente em emergências. Desde a sua introdução, muitos projetos de pesquisa e desenvolvimento têm sido realizados para aprimorar sua eficiência e acessibilidade.

O objetivo do artigo (Awodeyi et al., 2018, pp. 649–652) é construir um botão de pânico utilizando o Arduino Uno com módulos GPS para localização do usuário e o módulo Wi-Fi ESP8266 para comunicação. Quando o usuário pressiona o botão, a chamada é enviada para uma interface de controle e monitoramento. Para visualizar e rastrear os incidentes em tempo real, a plataforma do Google Maps é diretamente utilizada. Um problema identificado neste trabalho é a dependência exclusiva da comunicação via Wi-Fi, o que limita sua utilização em áreas onde esse tipo de comunicação não está disponível. Com base nessa limitação, nosso artigo propõe o desenvolvimento de um sistema alternativo que utiliza a comunicação de rede 4G e 5G para garantir a funcionalidade em áreas sem cobertura de Wi-Fi.

O botão de pânico também é utilizado no contexto das Cidades Inteligentes. O artigo (Prayogo et al., 2019) apresenta a criação de um sistema físico de botão de pânico para

uso residencial, utilizando o controlador ESP8266 para gerar alertas em emergências, como roubo, incêndio e acidentes. Uma diferença significativa neste artigo é a escolha da comunicação através do protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). O artigo (Damayanti et al., 2019, pp. 1–5) descreve o projeto Bali Smart Island, desenvolvido na ilha de Bali, Indonésia, que implementa um dispositivo físico de botão de pânico de baixo custo e longa duração de bateria, utilizando a tecnologia de frequência de rádio LoRa.

Embora existam muitos artigos que abordem botões de pânico físicos devido à sua conveniência, é importante observar que também existem aplicações digitais de botões de pânico igualmente importantes. O artigo (Azman et al., 2018, pp. 37–41) apresenta uma aplicação chamada My Guardian, que tem como objetivo notificar contatos pré-definidos quando um usuário está em uma emergência. A comunicação é feita através de mensagens de texto, nas quais a localização fixa do usuário é enviada. Além disso, há um botão específico que pode ser usado para acionar serviços de emergência, como a polícia. No entanto, é importante destacar que este trabalho não inclui instalações físicas de um centro de comando e controle para monitorar casos de alerta.

Diversos aplicativos têm como alvo a prevenção da violência doméstica e a segurança das mulheres, incluindo os projetos (Azman et al., 2018, pp. 37–41) e (Srinivas et al., 2021, pp. 378–386). A pesquisa (Sumra et al., 2023) realiza uma interessante revisão de literatura sobre aplicativos que combatem a violência doméstica. A maioria desses aplicativos prioriza emergências, mas podem gerar custos com mensagens de texto ou chamadas enviadas para contatos de emergência cadastrados, o que pode ser um dificultador de uso para possíveis vítimas. Em contrapartida, nosso aplicativo oferece uma solução abrangente, que não necessita de envio de mensagens de texto ou chamadas telefônicas, pois existe uma central de comando e controle, dedicado ao recebimento das chamadas de emergência, proporcionando assistência rápida e segura, sem custos adicionais.

Existem aplicativos como o Red Panic Button (U. C. S. Ltd, n.d.) e o Rave Panic Button (Rave panic button, 2021), que podem ser facilmente encontrados nas lojas de aplicativos para Android e iOS. No entanto, as grandes empresas têm reconhecido a importância das funções de emergência e implementaram esses recursos nativamente nos smartphones modernos (Apple Support, 2023), (Motorola Mobility, n.d.) e (Samsung NZ, 2022). A implementação dessas funções nativas reflete a compreensão das empresas de tecnologia sobre a importância das funções de emergência, onde os usuários podem ativá-las rapidamente, mesmo em situações estresse ou pânico.

As soluções, entretanto, não mencionam os requisitos para transitar dados pessoais dos usuários de aplicativos e botões de pânico, de forma segura, por meio da Internet.

Nossa proposta de sistema, chamada AMORIS, oferece uma solução abrangente, pois possui tanto um botão de pânico físico quanto um botão de pânico digital para smartphones. Além disso, foi desenvolvido uma central de comando e controle, para receber e centralizar os pedidos de emergência, garantindo que ações para a segurança da vítima sejam tomadas rapidamente, transitando de forma criptografada, os dados dos usuários do sistema pela Internet.

Para construir o botão de pânico físico, utilizou-se um microcontrolador ESP32 com GPS integrado, a fim de se obter a localização em tempo real da vítima quando o botão é pressionado. Além disso, um módulo GSM foi empregado para enviar solicitações de ajuda em tempo real, semelhante aos dispositivos construídos nos projetos de botão de pânico (Sunehra et al., 2020, pp. 1–5) e (Yaswanth et al., 2020, pp. 87–92). Para garantir conectividade mesmo em áreas sem acesso Wi-Fi, é utilizado um cartão SIM pré-pago com um plano ativado, permitindo o uso das redes 4G e 5G.

Foi desenvolvido um aplicativo móvel utilizando o framework React Native (React Native, n.d.), para a criação de um botão de pânico digital, compatível com os sistemas operacionais Android e iOS. Este aplicativo permite que os usuários pressionem um botão dentro da interface para solicitar assistência de segurança quando se sentirem ameaçados.

A central de comando e controle desempenha um papel crucial na arquitetura, permitindo que a equipe de segurança receba chamadas de socorro e tenha acesso à localização da vítima e informações relevantes. A Tabela 1 apresenta uma comparação entre nossa solução abrangente e as soluções mencionadas anteriormente.

Referência	Botão de Pânico Físico	Botão de Pânico Digital	Central de Comando e Controle
(Awodeyi et al., 2018, pp. 649–652)	Sim	Não	Sim
(Prayogo et al., 2019)	Sim	Não	Não
(Damayanti et al., 2019, pp. 1–5)	Sim	Não	Sim
(Azman et al., 2018, pp. 37–41)	Sim	Sim	Não
(Srinivas et al., 2021, pp. 378–386)	Não	Sim	Não
(Sunehra et al., 2020, pp. 1–5)	Sim	Não	Não
(Yaswanth et al., 2020, pp. 87–92)	Sim	Não	Não
Projeto Amoris	Sim	Sim	Sim

Tabela 1 – Comparação das Características dos Trabalhos Relacionados

3. Metodologia

3.1. Arquitetura Proposta

Garantir a segurança e proteção dos seus alunos e funcionários é uma das principais prioridades da Universidade de Brasília. Para alcançar esse objetivo, a universidade desenvolveu o projeto AMORIS, um sistema abrangente que engloba um aplicativo móvel, uma nuvem IoT, um botão de pânico físico e um painel de comando e controle

para a equipe de segurança, como mostra a Figura 1. Essa proposta assegura que os tempos de resposta a um pedido de socorro em emergências sejam rápidos e confiáveis.

A nuvem IoT é o alicerce do projeto, sendo o principal canal de comunicação entre o aplicativo móvel, o botão de pânico e o painel de controle utilizado pela equipe de segurança. Todos os pedidos de socorro e registros de usuários são transmitidos para a nuvem IoT que possui uma API de serviço e um banco de dados relacional, onde todos os pedidos de socorro serão armazenados de forma segura em um banco de dados. Isso permite que a universidade tenha um registro completo de todos os incidentes, e possa tomar medidas proativas para prevenir ocorrências futuras.

Um dos componentes do projeto AMORIS é o aplicativo móvel, que proporciona uma interface fluida entre os usuários e os serviços de segurança da universidade. O design elegante e a interface intuitiva do aplicativo facilitam o acesso dos usuários aos serviços de emergência, com apenas um toque de botão. O aplicativo também possui capacidade de compartilhamento de localização do usuário, permitindo que a equipe de segurança possa chegar à vítima com precisão. Já o botão de pânico físico é um componente de hardware com o mesmo objetivo. A distinção entre o botão de pânico físico e o digital é que o primeiro não depende de um smartphone para funcionar, mas sim de um dispositivo físico independente.

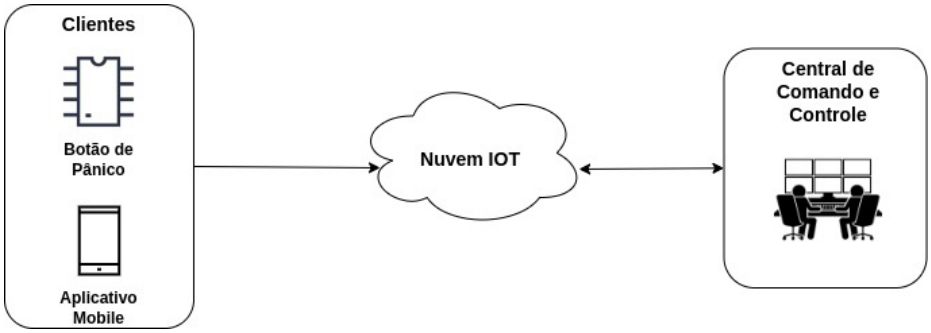


Figura 1 – Arquitetura Proposta

3.2. Nuvem IOT

A arquitetura proposta nesse trabalho é a cliente-servidor e foi elaborada para promover uma comunicação fluida entre os diferentes dispositivos, na qual os servidores fornecem os serviços de dados e os clientes os consomem. Para isso, um banco de dados relacional armazena os dados transitados pela API Restful ou Middleware, os quais atuam como o servidor, enquanto o botão de pânico, aplicativo móvel e painel de controle consomem e enviam dados a API.

A ferramenta NodeJS foi utilizada para implementar a API, por ser um software de código aberto que utiliza a linguagem de programação JavaScript, altamente presente em ambiente web.

Para facilitar a comunicação entre o cliente e o servidor, o cliente envia requisições HTTP para as rotas do servidor. Essas rotas utilizam o conceito de especialização para retornar os dados solicitados. Dentro desta arquitetura proposta, três rotas são de vital importância: as rotas de Usuário, Sessão e SOS.

A rota de Usuário atua como ponto de contato para todas as operações, regras de negócio e dados de usuário no sistema. Ela possui um conjunto de quatro rotas diferentes, responsáveis pelo registro de novos usuários, atualização de dados de usuário, listagem de todos os usuários registrados e fornecimento de informações específicas de um usuário.

A autenticação entre o cliente e o servidor é facilitada através da rota de Sessão, que utiliza o JSON Web Token (JWT) para realizar essa tarefa. O token JWT utiliza criptografia SHA-256 e é transmitido como um objeto JSON, auxiliando na autenticação das requisições web.

Para concluir, a rota de SOS oferece um meio para os usuários solicitarem ajuda da segurança da universidade. Ela possui um conjunto de três rotas diferentes, permitindo aos usuários registrarem uma nova solicitação de ajuda, alterar o status da solicitação e acessar todas as solicitações de ajuda registradas. No entanto, a arquitetura proposta tem uma limitação, pois requer conectividade Wi-Fi ou de rede móvel para utilizar o serviço.

3.3. Aplicativo Móvel

O aplicativo móvel foi desenvolvido utilizando a biblioteca React Native, para ser compatível tanto com sistema operacional iOS quanto Android, a fim de atingir o maior número de membros da comunidade acadêmica.

Para que possam acessar as funções do aplicativo, os usuários devem se cadastrar e fornecer dados pessoais, em especial o e-mail institucional. Esse processo de verificação auxilia a prevenir contas falsas de usarem os serviços. Uma vez registrados, usuários podem facilmente utilizar as funções disponíveis.

A principal função do aplicativo móvel é solicitar serviço de ajuda, de forma acessível, por meio do acionamento de um botão virtual na tela principal. Essa funcionalidade imediatamente envia alertas para a segurança universitária. Entretanto é essencial assegurar que o usuário esteja logado e tenha concedido permissão para que o aplicativo possa coletar seus dados de localização. A Figura 2 ilustra o processo de envio do pedido de ajuda dentro do aplicativo.

Apesar das vantagens, o aplicativo exige que o dispositivo tenha acesso à Internet, seja por redes móveis ou Wi-Fi, fazendo com que não seja tão efetivo em áreas com pouca ou nenhuma cobertura de rede. Essa limitação pode se tornar relevante em emergências, nas quais a conectividade esteja comprometida. Contudo, o aplicativo móvel é uma ferramenta para reforço da segurança do campus e promoção de um ambiente de estudo e trabalho mais seguros.

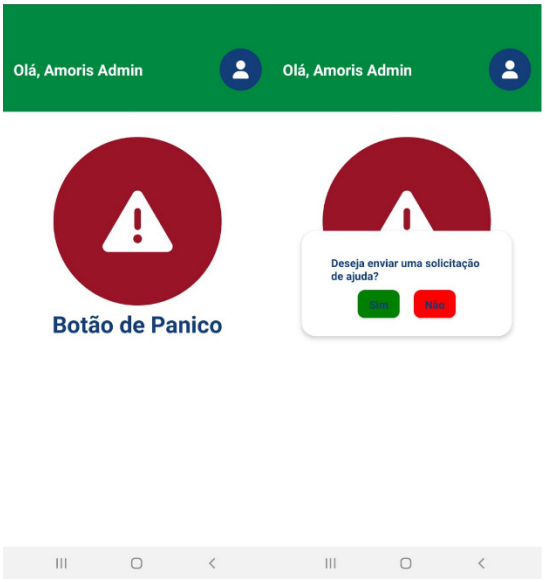


Figura 2 – Botão SOS Digital

3.4. Botão de Pânico

O desenvolvimento do botão de pânico exigiu diferentes estágios, como seleção apropriada do microcontrolador para o projeto. Nessa etapa foi escolhido o ESP32, pelo seu baixo custo e consumo de energia, além de já ser um dispositivo que provou ser uma ótima escolha para projetos IoT.

O ESP32 é equipado com processador de 32 bits, módulo Wi-Fi integrado e compatibilidade com Bluetooth, o que o fez um candidato ideal para um contexto em que seja necessária conectividade com a internet e comunicação com outros dispositivos. Essas funcionalidades facilitam a implementação de soluções de conectividade para o botão de pânico.

Além das funções de conectividade, a capacidade de processamento do ESP32 também foi um fator significativo para sua escolha. Esse microcontrolador é capaz de gerenciar tarefas complexas como leitura de sensores, envio e recebimento de dados em tempo real para servidores, fazendo-o uma excelente escolha para o projeto do botão de pânico.

Por fim, a baixa demanda por energia do ESP32 foi um fator crucial na sua escolha para o projeto. com uma única carga de bateria, o botão de pânico é capaz de funcionar por um longo período, o que é essencial para dispositivos que precisem estar sempre prontos para emergências.

A Figura 3 mostra a arquitetura proposta para o botão de pânico físico e a Figura 4 ilustra o projeto final do botão de pânico, que demandou a fabricação de um case impresso em 3D, usando material plástico ABS.

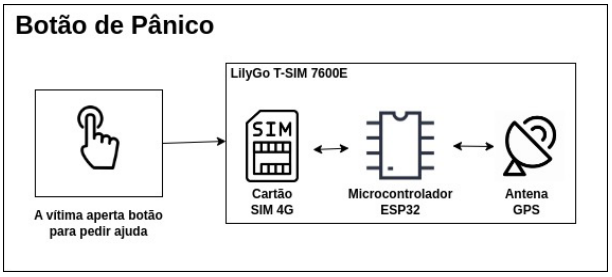


Figura 3 – Arquitetura do Botão de Pânico

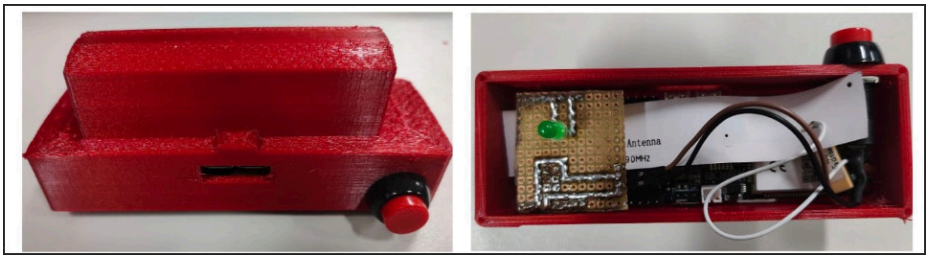


Figura 4 – Solução Completa. Dimensões 12x4 cm

3.5. Central de Comando e Controle

O desenvolvimento de um painel de controle foi um passo vital na gestão da segurança da Universidade de Brasília. O sistema foi criado para servir como mecanismo confiável e eficiente para estudantes e funcionários fazerem pedidos de socorro quando necessário. Esse objetivo foi alcançado como uso da biblioteca ReactJS, que permite a criação de aplicações web dinâmicas e altamente responsivas.

O painel de controle foi projetado para ser amigável ao usuário, os seguranças do campus, enquanto fornece notificações de chamados em tempo real, enquanto a localização, nome e número de telefone do solicitante são disponibilizados para contato. Essa funcionalidade permite que os profissionais de segurança possam rapidamente identificar a localização do pedido, e tomar medidas e ações apropriadas.

Um dos benefícios do painel de controle para a equipe de segurança, é a capacidade de gerenciar elevada carga de solicitações de socorro, assegurando que todos os pedidos sejam endereçados ao longo do tempo. Além disso, o painel de controle é otimizado para perplexidade, permitindo que a segurança acesse informações críticas de forma eficiente.

3.5. Monitoramento Inteligente do Estado da Vítima

A importância de conhecer a posição da vítima não pode ser exagerada, especialmente em emergências envolvendo crimes. O artigo (Yoon et al., 2016) esclarece a importância da localização da vítima em alguns cenários.

De acordo com o artigo, a informação precisa do local e estado físico da vítima dentro de instalações é altamente importante para respostas de emergência durante desastres. Esse conceito se estende para situações além de desastres naturais e calamidades, incluindo casos criminais em que a vítima esteja sob perigo imediato.

O sistema iRescue, como descrito no artigo, apresenta uma solução que vence esse desafio. Ele alavanca a tecnologia dos aparelhos móveis para ajudar equipes de emergência a localizar e acessar vítimas após calamidades. Um dos componentes chaves do sistema iRescue é seu sistema de posicionamento da vítima (VPS), o qual utiliza sinais de Wi-Fi para estabelecer uma trilha de sinais no mapa da edificação. Por essa abordagem, o sistema é capaz de determinar a localização das vítimas com elevada precisão.

O entendimento da localização da vítima, no contexto do aplicativo móvel de botão de pânico, em casos criminais, também se torna de grande importância. Pela incorporação de princípios e técnicas mencionados no artigo, o aplicativo móvel pode fornecer imediata e precisa localização e estado da vítima para equipes de segurança.

A combinação da tecnologia de localização da vítima e o aplicativo do botão de pânico em casos criminais, detêm grande potencial, aumentando a capacidade de resposta das equipes de emergência, provendo recursos informacionais, para que a eficiência e efetividade de operações de emergência possam ser melhoradas substancialmente.

Por isso, propusemos o uso de modelo de aprendizado de (Malekzadeh et al., 2018, pp. 2:1–2:6), treinado a partir de bases de dados de movimentações (Motionsense), com o objetivo de inferir informações sobre o estado da vítima a partir da dinâmica de seus dados de localização.

A base de dados de inclui séries temporais, dados de acelerômetros e giroscópios, gravidade, aceleração e rotação do usuário. Os dados foram coletados utilizando-se um dispositivo Apple Iphone 6S, no bolso frontal de participantes, juntamente com o framework SensingKit, o qual captura informações do processador de movimento de dispositivos iOS.

Com os dados de 24 participantes de diferentes gêneros, idades, pesos e alturas, a base de dados abrange seis atividades (descer escadas, subir escadas, caminhar, correr, sentar e parar em pé), conduzidas em condições similares entre todos.

O objetivo é descobrir diferentes padrões nos dados dos sensores que correspondam a atributos individuas, como gênero ou personalidade. Esses padrões de atributos pré especificados podem ser usados para inferir atividades e outros atributos.

Treinando o algoritmo de aprendizado de máquina com essa base de dados, podemos identificar padrões e classificar os estados do usuário em tempo real. Analisando os dados dos sensores, o modelo é capaz de forma inteligente, habilitar ou desabilitar a função GPS. Dessa forma, a economia de energia pode ser significativa, enquanto a capacidade de manter a localização é mantida.

Por fim, a aplicação proposta envolve o uso de modelos treinados com a base Motionsense para prever o estado do usuário e otimizar a energia gasta durante o uso do GPS. Essa abordagem economizaria energia e acrescentaria o reconhecimento e inferência de atributos pessoais da vítima.

4. Testes e Resultados

4.1. Nuvem IOT

A Nuvem de IoT desempenha um papel crucial na arquitetura, atuando como o elo de comunicação entre clientes e servidores. Portanto, garantir a sua disponibilidade contínua para receber requisições, provenientes tanto do aplicativo móvel quanto do botão de pânico, é de extrema importância. Isso é essencial para assegurar o registro preciso e a transmissão eficiente de todas as solicitações de socorro para a central de comando e controle.

A fim de testar a resiliência do ambiente, foram realizados testes de estresse na API localizada dentro da Nuvem de IoT para garantir que, mesmo sob alto acesso e volumes substanciais de solicitações de SOS concorrentes, o serviço suportaria essa carga.

O teste inicial realizado teve uma duração de aproximadamente 6 minutos e objetivou aumentar progressivamente o número de usuários enviando solicitações simultaneamente. O número total de solicitações enviadas durante o experimento foi de 11.131. O teste iniciou com um único usuário e finalizou com seis usuários. Os resultados obtidos nos testes podem ser observados na Figura 5, enquanto a Figura 6 ilustra os gráficos para “Total de Solicitações por Segundo”, “Tempo de Resposta (ms)” e “Número de Usuários”, respectivamente.

Método	Nome	# Requisições	# Falhas	Média (ms)	Min (ms)	Max (ms)	Tamanho médio (bytes)	RPS	Falhas/s
POST	/sos	11131	0	112	47	938	88	30.7	0.0
	Agragado	**11131**	**0**	**112**	**47**	**938**	**88**	**30.7**	**0.0**

Figura 5 – Resultado do primeiro teste de requisições

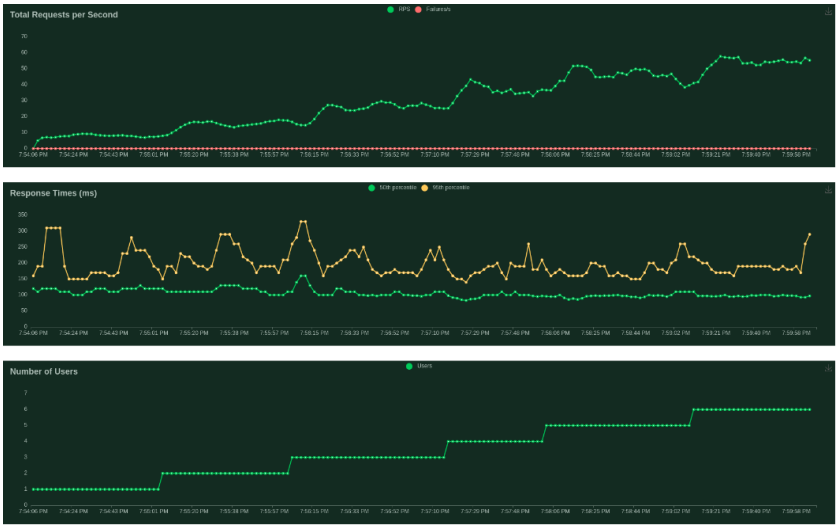


Figura 6 – Resultado do primeiro teste de requisições. O primeiro gráfico se refere ao Total de Requisições por Segundo. O segundo gráfico se refere ao Tempo de Resposta em ms. O terceiro grafo se refere a Quantidade de Usuários.

A partir dos resultados dos testes, pode-se observar que o tempo de resposta da API não sofreu alterações significativas à medida que o número de usuários aumentou, também não sendo detectadas falhas durante o período de teste.

O segundo teste foi realizado simulando o envio de solicitações de socorro por um grupo de usuários, além de outro grupo iniciando a sessão no aplicativo móvel.

O segundo teste teve uma duração de aproximadamente 9 minutos e teve como objetivo aumentar progressivamente o número de usuários enviando solicitações simultaneamente para as rotas de SOS e Sessões. O número total de solicitações enviadas durante o experimento foi de 18.089. O teste iniciou com um único usuário e finalizou com dez usuários. Os resultados obtidos nos testes podem ser observados na Figura 7, enquanto a Figura 8 ilustra os gráficos para “Total de Solicitações por Segundo”, “Tempo de Resposta (ms)” e “Número de Usuários”, respectivamente.

Método	Nome	# Requisições	# Falhas	Média (ms)	Min (ms)	Max (ms)	Tamanho médio (bytes)	RPS	Falhas/s
POST	/sessions	8993	0	166	73	1129	409	16.0	0.0
POST	/sos	9096	0	196	62	1779	89	16.1	0.0
	Agregado	**18089**	**0**	**181**	**62**	**1779**	**248**	**32.1**	**0.0**

Figura 7 – Resultado do segundo teste de requisições



Figura 8 – Resultado do segundo teste de requisições. O primeiro gráfico se refere ao Total de Requisições por Segundo. O segundo gráfico se refere ao Tempo de Resposta em ms. O terceiro grafo se refere a Quantidade de Usuários.

Mais uma vez, os testes mostram que mesmo com um alto número de solicitações por segundo, não há indicação de falha ou instabilidade na API localizada na Nuvem IoT.

Os testes realizados demonstram a robustez e confiabilidade da arquitetura proposta. Mesmo sob cargas elevadas de requisições, tanto para solicitações de SOS quanto para inicializações de Sessões, a API na Nuvem de IoT se mostrou confiável, sem apresentar sinais de falha ou instabilidade. Isso reforça a capacidade do sistema em lidar eficientemente com emergências, garantindo uma resposta rápida e precisa. A integração bem-sucedida entre o aplicativo móvel, botão de pânico e a infraestrutura de segurança da universidade destaca a eficácia do projeto AMORIS em assegurar a segurança e proteção dos membros da comunidade acadêmica da Universidade de Brasília.

4.1. Aplicativo Móvel

O aplicativo móvel por sua vez necessita de uma rápida comunicação com a API para, em caso de emergência, o sinal de SOS ser emitido o mais rápido possível. Para garantir essa entrega rápida, foram realizados testes de tempo de resposta no dispositivo móvel, avaliando todo o processo desde o clique da confirmação da solicitação até o recebimento da resposta, o que garante a entrega do pedido de socorro à aplicação como um todo, logo, à equipe de segurança.

Neste teste, foi utilizado um dispositivo móvel da fabricante Samsung, modelo SM-M625F/DS, sendo realizadas 20 solicitações manualmente. Os tempos obtidos são exibidos na Figura 9. Nota-se um tempo crescente nas 7 primeiras solicitações, uma oscilação entre a 8ª e a 12ª solicitação e por fim uma normalização dos tempos, um possível fator para tal distúrbio é a utilização da rede móvel do celular, assim como possíveis variações no tempo para obter a localização pelo GPS.

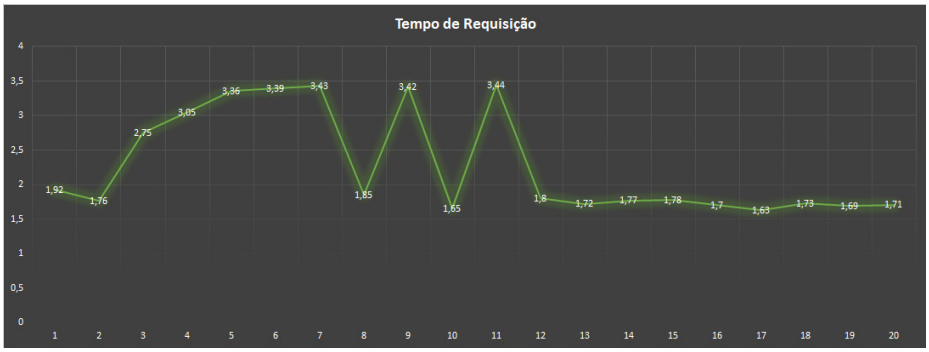


Figura 9 – Tempo de resposta de cada solicitação do teste da aplicação.

Os testes mostraram um tempo médio de resposta de 2,28 segundos, com tempo máximo de 3,44 segundos e o mínimo 1,63. O que mostra possíveis melhorias a serem implementadas no software mas garante o envio da solicitação em tempo hábil. Já considerando apenas as solicitações após a normalização da rede móvel, obteve-se uma média de 1,73 segundos entre a décima segunda e a vigésima solicitação, com máxima de 1,8 segundos e mínima de 1,63 segundos.

5. Conclusão

Os testes realizados demonstram a robustez e confiabilidade da arquitetura proposta. Mesmo sob cargas elevadas de requisições, tanto para solicitações de SOS quanto para inicializações de Sessões, a API na Nuvem de IoT se mostrou confiável, sem apresentar sinais de falha ou instabilidade. Isso reforça a capacidade do sistema em lidar eficientemente com emergências, garantindo uma resposta rápida e precisa.

Foram feitas integrações bem-sucedida entre o aplicativo móvel, botão de pânico e a infraestrutura de segurança da universidade destaca, onde em apenas poucos segundos é possível realizar um pedido de socorro e ter seu pedido visualizado e atendido pela equipe de segurança. Essa integração foi realizada com segurança na comunicação, onde é necessária uma autenticação através de um token JWT para realizar requisições para Nuvem IoT.

É possível então, concluir que, em conjunto, todos esses elementos demonstram o sucesso do projeto AMORIS em criar uma solução abrangente e confiável para garantir a segurança e proteção da comunidade acadêmica da Universidade de Brasília, além de possibilitar o desenvolvimento de soluções agregadas a este trabalho, como por exemplo, a construção de camadas de inteligência dentro na Nuvem IoT, que teriam como funcionalidade a priorização de pedidos de socorro, bem como a atribuição da prestação de socorro à equipe de segurança mais próxima do local do pedido de socorro.

Como trabalhos futuros, têm-se a potencialização da Nuvem IoT e dos botões de pânico, através de uma abordagem para a implementação da funcionalidade de envio e compartilhamento da localização em tempo real, visando aprimorar a precisão na identificação da localização das vítimas. Nesse sentido, é necessário aprimorar a eficiência do botão de pânico para otimizar o consumo de energia, garantindo uma operação contínua e eficaz.

Quanto ao aplicativo móvel, têm-se como objetivo a implementação de uma opção de envio de localização em tempo real, de modo que a equipe de segurança possa atender e acompanhar com mais precisão a todos os tipos de pedidos de socorro. Já visando a segurança e comodidade dos usuários, estuda-se a possibilidade de integração de login diretamente pela conta institucional da universidade ou até mesmo pelo Login Único do governo brasileiro (GOV BR).

Outro caminho promissor é a exploração de técnicas avançadas de inteligência artificial na Nuvem IoT, com o objetivo de priorizar pedidos de socorro de maneira mais inteligente. Sistemas de aprendizado de máquina podem ser empregados para analisar padrões e contextos, proporcionando respostas rápidas e adaptadas a situações específicas, ampliando a eficácia do sistema em situações críticas.

Também pode-se considerar a adaptação do sistema AMORIS para ambientes além do acadêmico. Esta perspectiva amplia o alcance do projeto, possibilitando a sua aplicação em diferentes contextos, como ambientes urbanos, industriais ou de saúde.

Ao direcionar esforços para essas áreas, o projeto pode não apenas consolidar seu papel como solução de segurança eficiente, mas também posicionar-se como uma iniciativa inovadora, adaptável e de impacto em diversos cenários e contextos.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio técnico e computacional do Laboratório LATITUDE, da Universidade de Brasília, ao TED 01/2019 da Advocacia Geral da União (Outorga AGU 697.935/2019), ao TED 01/2021 da Secretaria Nacional de Assistência Social – SNAS/DGSUAS/CGRS ao Decanato de Pesquisa e Inovação - DPI (Outorga 7129 FUB/EMENDA/DPI/COPEI/AMORIS) ao Projeto SISTER City –Sistemas Inteligentes Seguros e em Tempo Efetivo Real para Cidades Inteligentes (Outorga 625/2022), a FAP/DF e ao INDT Instituto de Desenvolvimento Tecnológico

Referências

Agência Brasil. (2023, março). No Brasil, uma mulher é vítima de violência a cada quatro horas. Agência Brasil. https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-03/no-brasil-uma-mulher-e-vitima-de-violencia-cada-quatro-horas

Apple Support. (2023, April). Set up emergency information on my iPhone. https://support.apple.com/en-us/HT208076

Awodeyi, A. I., Moses, O., Opeyemi, M., & Abraham, B.-O. (2018). Design and construction of a panic button alarm system for security emergencies. International Journal of Engineering and Techniques, 4(3), 649–652.

Azman, F., Suraya, Q., Rahim, F. A., Mohd, M. S., & Mohd Ariffin, N. A. (2018). My Guardian: A personal safety mobile application. In 2018 IEEE Conference on Open Systems (ICOS) (pp. 37–41). https://doi.org/10.1109/ICOS.2018.8632808

Biradar, P., Kolsure, P., Khodaskar, S., & Bhangale, K. B. (2020). IoT based smart bracelet for women security. International Journal of Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), 8(11), 688–691.

Damayanti, S. D., Suryanegara, M., Enriko, I. K. A., & Nashiruddin, M. I. (2019). Designing a LoRa-based panic button for Bali Smart Island project. In 2019 7th International Conference on Smart Computing & Communications (ICSCC) (pp. 1–5). https://doi.org/10.1109/ICSCC.2019.8843614

K. Srinivas, S. Gothane, C. S. Krithika, A. Anshika, & T. Susmitha. (2021). Android app for women safety. International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology (IJSRCSEIT), 7(3), 378-386. https://doi.org/10.32628/CSEIT1217368

Malekzadeh, M., Clegg, R. G., Cavallaro, A., & Haddadi, H. (2018). Protecting sensory data against sensitive inferences. In Proceedings of the 1st Workshop on Privacy by Design in Distributed Systems (W-P2DS'18) (pp. 2:1–2:6). ACM. https://doi.org/10.1145/3195258.3195260

Motorola Mobility. (n.d.). Set up emergency information on my Motorola phone. https://en-in.support.motorola.com/app/answers/detail/a_id/133870/~/emergency-information

Nasir, N.H., Lestari, F. and Kadir, A. (2022), "Android-based Mobile Panic Button UI application design development in responding to emergency situations in Universitas Indonesia (UI)", International Journal of Emergency Services, Vol. 11 No. 3, pp. 445-470. https://doi.org/10.1108/IJES-07-2020-0041

Prayogo, S. S., Al Rafi, F., & Mukhlis, Y. (2019). Design and built IoT home panic button for smart city. Journal of Physics: Conference Series, 1175, 012097. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012097

Rave Mobile Safety. (2021, June). Rave panic button. Retrieved April 15, 2024, from https://www.ravemobilesafety.com/products/rave-panic-button

React Native. (n.d.). React Native. https://reactnative.dev/

Samsung NZ. (2022, May). Samsung SOS smart phone emergency message guide. https://www.samsung.com/nz/support/mobile-devices/samsung-sos-smart-phone-emergency-message-guide/

Sumra, M., Asghar, S., Khan, K. S., Fernández-Luna, J. M., Huete, J. F., & Bueno-Cavanillas, A. (2023). Smartphone apps for domestic violence prevention: A systematic review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 20, 5246. https://doi.org/10.3390/ijerph20075246

Sunehra, D., Sreshta, V. S., Shashank, V., & Kumar Goud, B. U. (2020). Raspberry Pi based smart wearable device for women safety using GPS and GSM technology. In 2020 IEEE International Conference for Innovation in Technology (INOCON) (pp. 1–5). https://doi.org/10.1109/INOCON50539.2020.9298449

Swathi, S., Nidhishree, V., RamyaC, V. M., Ashwini, A., & others. (2022). Women safety device using panic button. Journal of Algebraic Statistics, 13(3), 5337–5342.

Thamaraiselvi, K., Rinesh, S., Ramaparvathy, L., & Karthick, V. (2019). Internet of Things (IoT) based smart band to ensure the security for women. In 2019 International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT) (pp. 1093–1096). https://doi.org/10.1109/ICSSIT46314.2019.8987928

U. C. S. Ltd. (n.d.). Red Panic Button app – Safety app for emergency – SOS call app for iOS and Android. https://www.redpanicbutton.com

Yaswanth, B. S., Darshan, R. S., Pavan, H., Srinivasa, D. B., & Murthy, B. T. V. (2020). Smart safety and security solution for women using kNN algorithm and IoT. In *2020 Third International Conference on Multimedia Processing, Communication & Information Technology (MPCIT)* (pp. 87–92). https://doi.org/10.1109/MPCIT51588.2020.9350431

Yoon, H., Shiftehfar, R., Cho, S., Spencer, B. F. Jr., Nelson, M. E., & Agha, G. (2016). Victim localization and assessment system for emergency responders. Journal of Computing in Civil Engineering, 30(2), 04015011. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000483

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/05/2024
Aceitação/Acceptance: 25/07/2024

Implementação de um Sistema de Botão de Pânico baseado em Internet das Coisas, Redes Móveis e Aprendizado de Máquina

Vinícius Salgueiro Costa[1], Matheus Santos Monteiro[1], Igor David Morais[1], João Lucas Araújo França[1], Fábio Lúcio Lopes de Mendonça[1], Francisco Lopes de Caldas Filho[1]

{vinicius.costa; matheus.monteiro;igor.morais;joao.França}@uiot.org; {francisco.lopes; fabio.mendonca }@redes.unb.br

[1] Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro Asa Norte, Brasília-DF, Brasil

Pages: 243-256

Resumo: Este estudo aborda o aumento da violência nas universidades brasileiras, impulsionado por cortes orçamentários. Para combater essa questão, desenvolvemos um dispositivo IoT chamado "Botão de Pânico". Esse dispositivo compacto e acessível permite que estudantes peçam ajuda discretamente em situações de perigo, enviando alertas em tempo real para uma Central de Segurança do campus universitário. Também discutimos estratégias para minimizar o consumo de energia do dispositivo, garantindo maior autonomia. Este trabalho visa promover a segurança nas universidades e oferecer uma solução prática e econômica.

Palavras-chave: IoT, segurança, GPRS, Fog Computing, Middleware, Cloud computing

Implementation of a Panic Button System based on Internet of Things, Mobile Networks and Machine Learning

Abstract: This study addresses the rising violence on Brazilian university campuses, attributed to budget cuts. We propose an IoT-based "Panic Button" to improve student safety. This device facilitates discreet emergency alerts to campus security. Moreover, we discuss methods to optimize battery life. Our research aims to provide a practical and economical solution for enhancing campus security.

Keywords: IoT, security, GPRS, Fog Computing, Middleware, Cloud computing

1. Introdução

Desde a pandemia da Covid-19, as faculdades brasileiras têm seu orçamento reduzido de acordo com o orçamento anual do Brasil (Portal da Transparência, 2020). Dessa maneira, o gasto com a segurança interna dos estabelecimentos universitários tem sido

cada vez menor, e consequentemente, o aumento de casos de violência tem crescido significativamente, como podemos perceber em (Silva, 2021). De acordo com uma pesquisa interna realizada para levantar o cenário da violência na Universidade de São Paulo (USP), 39% dos estudantes responderam ter sido vítimas de algum tipo de violência na universidade, sendo 26% de violência moral, 7% sexual e 3% física (Blay et al., 2018). Em escala nacional, a pesquisa "Violência contra a Mulher no Ambiente Universitário" (Scavone, 2015), que envolveu 1823 universitárias e universitários de todo o país, revelou que 42% das alunas sentiram medo de sofrer violência, enquanto 67% delas afirmaram ter vivenciado algum tipo de violência na universidade ou em festas acadêmicas. Entre as agressões incluíam assédio sexual, coerção, violência sexual, violência física, desqualificação intelectual, agressão moral ou psicológica. Além disso, 38% dos alunos admitiram ter praticado alguma das formas de violência citadas acima contra universitárias. Esses resultados destacam a necessidade urgente de combater a violência e promover um ambiente acadêmico seguro e igualitário.

Nesse contexto de segurança, a tecnologia da Internet das Coisas (IoT) ao longo do tempo vem sendo utilizada para a base de soluções e otimização da segurança pública, devido ao seu caráter inovador no campo das comunicações. Por meio desse modelo, objetos cotidianos são dotados de microcontroladores, transceptores e conectividade à internet, permitindo a comunicação entre diferentes estações e com os usuários finais. Essa integração busca estabelecer uma rede integrada à internet, proporcionando uma infraestrutura de comunicação abrangente (Li, Xu, & Zhao, 2015). Existem diversas aplicações e possibilidades, como por exemplo em, (Qureshi et al. (2021)) onde o sistema proposto busca oferecer um mecanismo de alerta mais seguro, facilitando a interação dos usuários no ambiente escolar e durante seus deslocamentos. Outro exemplo é o uso de câmeras de segurança, como em (Shahid, Blanc, Zhang, & Debar, 2018) que aborda a utilização da Internet das Coisas (IoT) para o reconhecimento e análise de tráfego de rede, com o objetivo de melhorar a segurança, especialmente em ambientes de trânsito. Ou em (Pinto, Cabral, e Gomes (2017)) apresenta o We-care, um sistema de segurança que utiliza a tecnologia da Internet das Coisas (IoT) para garantir o bem-estar e a segurança dos idosos. Isso permite que os idosos vivam de forma mais independente em suas próprias casas, enquanto suas famílias e cuidadores podem monitorar e responder rapidamente a qualquer emergência ou necessidade.

Dessa forma, com o objetivo de reduzir os casos de violência contra mulheres no ambiente universitário, foi desenvolvida uma solução de IoT chamada botão de pânico. Esse dispositivo compacto é produzido em impressora 3D. A solução tem como principal objetivo fornecer um localizador aos estudantes que se sintam ameaçados em alguma situação de perigo dentro do ambiente do campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. Com o objeto produzido no artigo, é possível acionar, de forma independente de um aparelho telefone, um alarme no painel de monitoramento também elaborado no projeto. Esse painel é controlado pelos funcionários de segurança do campus, os quais terão a localização da vítima em tempo real com uma precisão de 5 metros. Assim, tem-se a garantia do monitoramento da vítima em tempo real após o acionamento, diminuindo consideravelmente o tempo de ação dos agentes de segurança responsáveis.

Outro ponto relevante a ressaltar é o tamanho do dispositivo em questão. Visto que é para ser utilizado em situações de perigo ou ataque, é necessário que seja discreto

e pequeno. Os protótipos iniciais foram produzidos em impressora 3D e montados de forma compacta. Consequentemente, o dispositivo pode ser armazenado discretamente em qualquer local, além de contar com uma solução de baixo custo para desenvolvimento, com o intuito de facilitar a tecnologia a todos e diminuir também o custo de produção.

Por fim, um aspecto significativo dessa alternativa tecnológica é a preocupação em minimizar o consumo de energia do dispositivo. Visto que, por ser uma solução compacta e discreta, não terá uma bateria de alta duração. Além disso, passará longos períodos sem cargas, uma vez que o dispositivo é portátil e deve ser acionado esporadicamente. Assim, foram desenvolvidas soluções para minimizar e viabilizar a utilização desta solução sem a preocupação da falta de bateria quando for acionado.

Além desta introdução, este trabalho também contém o seguinte formato: algumas das obras literárias mais relevantes selecionadas na seção 2. A arquitetura proposta é detalhada na seção 3. As imagens utilizadas no algoritmo de detecção fazem parte de um conjunto de dados, conforme apresentado na seção 4. Por fim, a seção 5 contém a conclusão do artigo e sugestões para trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

O uso de IoT para segurança está se tornando cada vez mais comum, tanto para prevenção de acidentes quanto para segurança pessoal, principalmente em cenários onde é necessário o envio de dados de forma imediata. Numerosos esforços de pesquisa e desenvolvimento foram realizados para aumentar a eficácia, facilidade de acessibilidade e versatilidade desses dispositivos. Este tópico tem como objetivo realizar uma revisão de algumas literaturas e realizar uma comparação entre as soluções propostas.

Um dos componentes utilizados foi o GPRS, que é um protocolo que permite a transmissão de informações através de redes móveis, como nos celulares, por exemplo. Um exemplo de uso pode ser visto em (Monteiro et al. (2019)) onde é proposta uma solução para o monitoramento do clima ao redor do perímetro da Universidade de Brasília e do Distrito Federal. O dispositivo IoT é composto por uma estrutura de hardware autônoma, incluindo painel solar, circuito de energia, bateria, sensores para a coleta de dados do clima, além de um microcontrolador e um módulo GSM/GPRS A6. Além desse uso, no presente artigo, se propõe uma solução com objetivo em segurança, mas também faz uso da tecnologia de General Packet Radio Service (GPRS) através do SIM 7600E e conta com um módulo LILYGO, permitindo que o sistema fique mais compacto e seja integrado ao Wi-Fi ou transmita dados por 2G e aumente sua portabilidade.

No artigo (Dese, Ayana, e Simegn. (2022)), foi construído um dispositivo de baixo custo para monitorar mulheres grávidas por meio de GSM. Foi utilizado um microcontrolador Arduino com sensores de temperatura, pressão arterial e pulso. Também foram utilizados componentes como um buzzer, um visor LCD, 3 LEDs, uma bateria de 9V, um painel solar e um módulo GSM/GPRS SIM 800l. No entanto, este dispositivo envia os dados coletados por meio de SMS, limitando assim o monitoramento da mulher grávida a algumas pessoas. Além disso, a proposta não inclui uma antena GPS que mostraria a localização da mulher grávida em caso de perigo. Em contrapartida, a proposta deste artigo visa implementar a detecção de localização e a transmissão de dados via GSM/

GPRS, permitindo um melhor acompanhamento de vítimas de violência no campus da Universidade de Brasília, proporcionando um combate mais rápido e apoio nesse tipo de situação.

Em (Phadatre et al. (2021)), podemos observar que o autor não apenas possui um aplicativo, mas também uma arquitetura IoT que contém sensores de pulso, temperatura corporal, entre outros, com o objetivo de monitorar a saúde dos pacientes. Quando o dispositivo é acionado ou detecta parâmetros corporais fora do padrão, ele envia um alerta para uma lista de contatos cadastrados e para o painel de administração, que pode ser de um hospital, por exemplo, ativando o sistema de localização. O trabalho proposto possui tanto uma solução de aplicativo quanto de hardware em um ambiente de segurança e não possui uma limitação no alcance de até 500 metros da vítima, como o artigo em comparação. Além disso, a solução possui uma opção de conexão Wi-Fi ao estabelecimento.

A aplicação descrita em (Suhas et al. (2022)) consiste em um sistema de segurança portátil para mulheres, com o objetivo de fornecer mais segurança a elas. O dispositivo é capaz de alertar contatos cadastrados e fornecer coordenadas de localização via SMS. No entanto, o artigo não deixa claro como é feito o agrupamento dos componentes para tornar o dispositivo compacto e de fácil transporte. Na solução apresentada neste artigo, foi utilizado o módulo T-SIM7600E, que já possui o ESP32 e vários dispositivos integrados, tornando o dispositivo compacto e fácil de transportar. Além disso, foi desenvolvida uma case em impressão 3D que facilita o uso do equipamento.

Em (Khandoker et al. (2019)), podemos observar um exemplo de aplicações Android com foco em fornecer melhorias de segurança, como gerar alertas, chamadas de emergência, mensagens SMS e acesso à geolocalização. Essa proposta de botão de pânico sugere um hardware independente para que, se o usuário estiver sem o seu dispositivo smartphone ou se ele estiver fora de alcance, ele terá acesso a uma solução para não representar um grande risco em casos de sequestro. A solução via IoT pode ser facilmente escondida ou separada do smartphone, oferecendo uma opção mais robusta em termos de segurança.

Analisando (Monteiro et al. (2021)) percebemos uma solução IoT capaz de monitorar os contêineres de resíduos sólidos e realizar diversos envios através de uma API para informar e comunicar a central que faz o acompanhamento dos dispositivos e contêineres, determinando o melhor momento para a coleta dos materiais. Esse artigo apresenta a utilização do SIM7600E, sendo mais eficiente que o SIM700, e da tecnologia de envio de informações via 2G e localização via GPRS, com foco em segurança pública. Embora este presente trabalho não faça uso da tecnologia Deep Sleep como o artigo em comparação, ela poderia ser facilmente aplicada a esse projeto.

3. Metodologia

3.1. Arquitetura Proposta

A arquitetura proposta para o botão de pânico é composta por um conjunto de componentes que trabalham em conjunto com o objetivo de proporcionar um ambiente

mais seguro aos estudantes no campus universitário. A ideia subjacente ao projeto consiste na aquisição precisa da localização do usuário e, consequentemente, no envio dessas informações pela internet para um servidor encarregado do processamento e disponibilização dos dados. Portanto, como ferramenta, optou-se pela escolha do kit de desenvolvimento LilyGo T-SIM 7600e, pois sua construção disponibiliza todos os módulos necessários para a solução. Seu hardware é composto pelo processador de 32 bits ESP32, que apresenta alto desempenho e capacidade de processamento de dados, além de conectividade Bluetooth e Wi-Fi, é um dos pontos fortes do LilyGo T-SIM 7600e. Esse kit de desenvolvimento possui suporte para a integração de antena GPS, que serve como meio para a obtenção precisa da localização do usuário quando necessário. Além disso, para o envio de dados de forma alternativa, foi incorporado ao hardware um módulo GSM, permitindo a comunicação em áreas onde não é possível conectar-se a uma rede local. Isso garante o acesso à conexão 4G de dados.



Figura 1 – Solução Completa. Dimensões 12x4 cm

A Figura 1 ilustra que o hardware se divide em duas partes principais: o botão encaixado em uma case impressa em 3D usando material plástico ABS e o módulo LilyGo T-SIM 7600e. Em situações de perigo, quando o botão é acionado, o microcontrolador ESP32 utiliza o GPS para obter a localização atual do usuário. Em seguida, o módulo GSM, por meio do cartão SIM, estabelece uma conexão 4G para o envio dessas informações a um middleware IoT, fazendo uso de uma solicitação POST.

Por fim, esses dados são processados e disponibilizados em tempo real a um painel de controle de responsabilidade da equipe de segurança da Universidade de Brasília. O funcionamento dessa proposta é representado no fluxograma abaixo.

O dispositivo LilyGo T-SIM7600E, retratado na Figura 4, constitui um kit de desenvolvimento IoT abrangente, desempenhando um papel central no sistema do botão de pânico, atuando como seu componente principal. Este dispositivo harmoniza diversas funcionalidades cruciais, abrangendo o microcontrolador ESP32-WROVER-E, um módulo GPS, um módulo GSM e suporte para uma bateria externa. Como mencionado em um estudo recente, sua capacidade de se adaptar a alocações compactas torna-o uma escolha apropriada. Além disso, destaca-se pela sua robustez, uma vez que integra múltiplas funcionalidades em um único módulo.

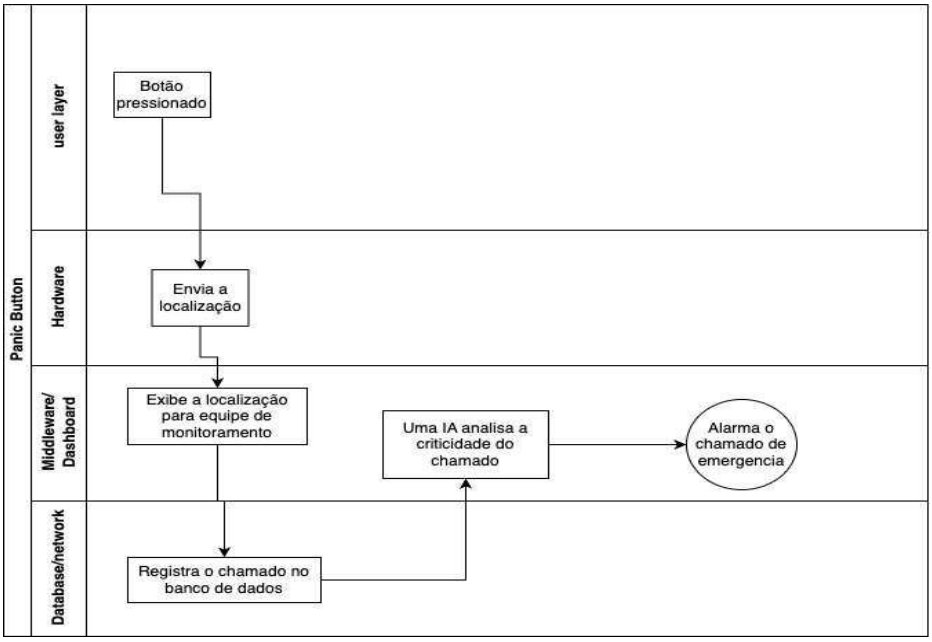


Figura 2 – Fluxograma de funcionamento do dispositivo

3.2. ESP 32

O ESP32, um versátil microcontrolador de desenvolvimento, tem desempenhado um papel fundamental na vanguarda da inovação tecnológica. Combinando potência de processamento, conectividade sem fio e eficiência energética em um único dispositivo, o ESP32 oferece uma plataforma de controle robusta para uma variedade de aplicações. Sua capacidade de se integrar facilmente a redes Wi-Fi e Bluetooth torna-o ideal para projetos de IoT, automação residencial e até mesmo para dispositivos portáteis. Além disso, a comunidade ativa de desenvolvedores e o suporte abrangente disponível tornam o ESP32 uma escolha lógica para aqueles que buscam soluções criativas e flexíveis de controle. Este artigo explora a capacidade do ESP32 como controlador em diversas aplicações, destacando seu desempenho, versatilidade e potencial para impulsionar a inovação tecnológica em uma variedade de setores

3.3. GPS

O módulo GPS é responsável por fornecer informações precisas de localização, permitindo que a central de segurança da universidade possa responder prontamente a situações de perigo, identificando a posição exata do usuário que acionou o botão de pânico. A antena possui um tamanho reduzido de 6x20x4 mm e, mesmo sendo compacta, é capaz de se

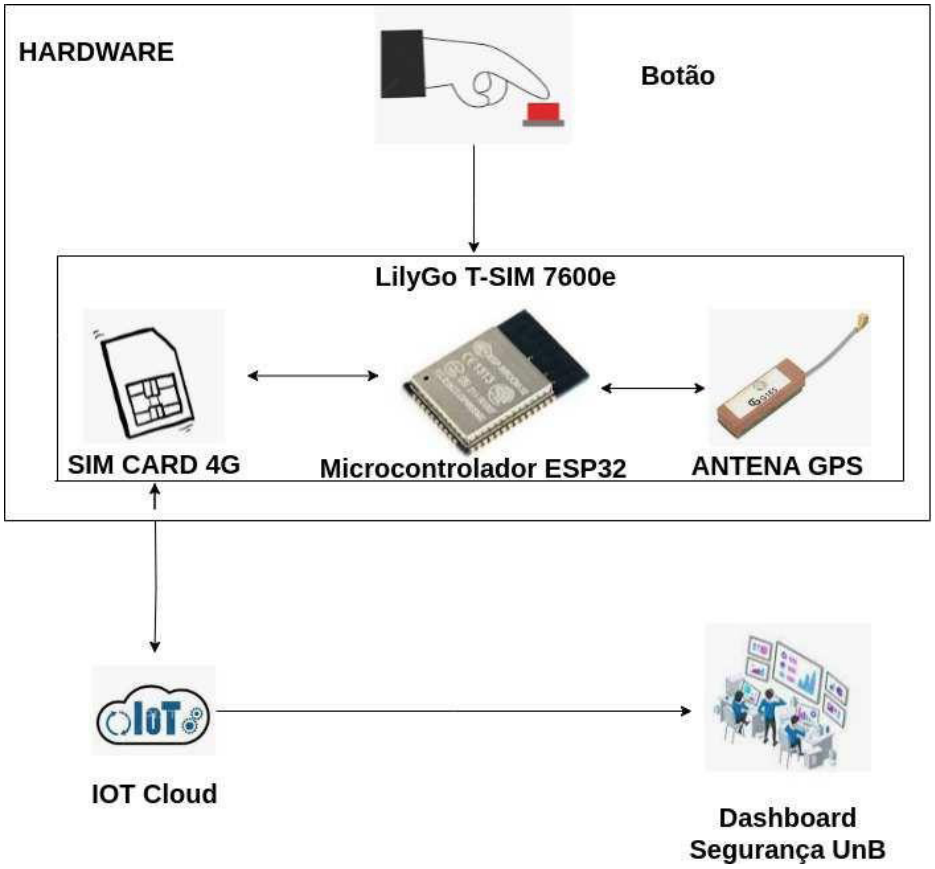


Figura 3 – Proposta de arquitetura

comunicar com uma média de 5 ou mais satélites, conforme (Bharavi, U., & Sukesh, R. M. (2017)) detalhes de um objeto como latitude, longitude e altitude.

Podem ser obtidos com 4 satélites. O módulo GPS inicia a recepção dos sinais dos satélites de posicionamento global e realiza o cálculo da posição atual do usuário por meio da triangulação dos sinais recebidos. É importante ressaltar que a precisão do módulo GPS pode variar devido a fatores externos, como a disponibilidade e qualidade do sinal dos satélites, a interferência de obstáculos físicos e a localização do usuário. Durante o desenvolvimento do botão de pânico, foram realizados testes para avaliar a precisão e confiabilidade do módulo GPS em diferentes situações. No contexto da solução proposta pela IoT, o módulo GPS desempenha um papel crucial ao fornecer informações precisas de localização, permitindo que a central de segurança da universidade possa responder prontamente a situações de perigo, identificando a posição exata do usuário que acionou o botão de pânico.

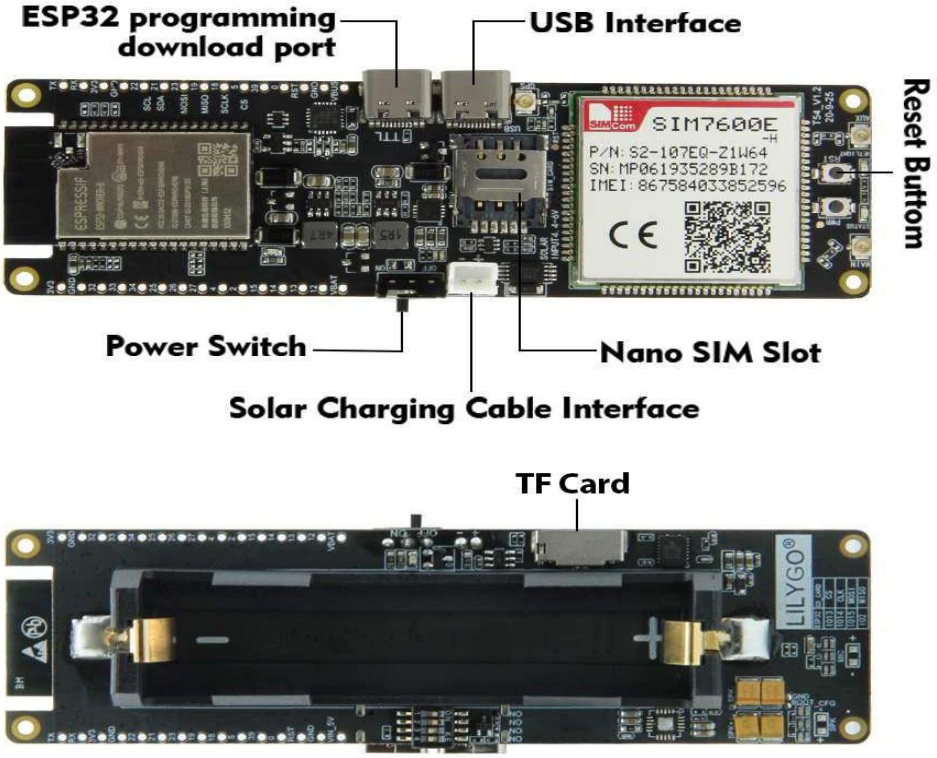


Figura 4 – Fluxograma de funcionamento do dispositivo

3.4. GSM

O módulo GSM é responsável pelo envio das mensagens após o processamento dos dados pelo microcontrolador, que são recebidos pelo GPS. Para garantir a qualidade do sinal, é utilizado um cartão SIM com um plano pré-pago ativado, que fornece a cobertura de internet necessária. Além disso, uma antena LTE Dual-Band é utilizada para receber os sinais na frequência de 2690 MHz. O módulo GSM emprega técnicas de codificação e modulação para enviar os dados de forma confiável pela rede de telefonia móvel, garantindo uma comunicação eficiente e segura. Assim, o sistema é capaz de transmitir as informações relevantes para a central de segurança da universidade, permitindo uma resposta rápida e adequada em situações de perigo.

3.5. Bateria

A incorporação de uma bateria de íons de lítio com capacidade de 2600 mAh neste projeto oferece inúmeras vantagens significativas. Primeiramente, a considerável capacidade de armazenamento de energia permite uma operação prolongada sem a necessidade de recargas frequentes. Isso é particularmente vantajoso em aplicações de IoT e dispositivos

móveis, onde a eficiência energética é primordial. Além disso, as baterias de íons de lítio são conhecidas por sua densidade de energia e vida útil confiável, o que contribui para a longevidade do projeto. A tecnologia de íons de lítio também se caracteriza por ser leve e compacta, facilitando a integração em dispositivos de pequenas dimensões. Essa escolha de bateria oferece, assim, uma solução eficaz em termos de energia para sustentar as operações do projeto de forma prolongada, garantindo a mobilidade e confiabilidade essenciais em muitos cenários de aplicação.

Além disso, as baterias de íons de lítio são conhecidas por sua densidade de energia e vida útil confiável, o que contribui para a longevidade do projeto. A tecnologia de íons de lítio também se caracteriza por ser leve e compacta, facilitando a integração em dispositivos de pequenas dimensões. Essa escolha de bateria oferece, assim, uma solução eficaz em termos de energia para sustentar as operações do projeto de forma prolongada, garantindo a mobilidade e confiabilidade essenciais em muitos cenários de aplicação.

3.6. Middleware e Dashboard

A solução desenvolvida utiliza um hardware com um botão de pânico que, quando pressionado, aciona o microcontrolador para processar os dados. Essas informações são então enviadas em formato JSON para um middleware IoT sediado na Universidade de Brasília, que é responsável por realizar a persistência dos dados em um banco de dados não relacional MongoDB. Isso permite que a universidade tenha um registro seguro dos incidentes ocorridos. A comunicação entre o hardware e o middleware é intermediada por um gateway, que possui a capacidade de lidar com diferentes protocolos, como HTTP, ZigBee e LoRa. Sua função é padronizar os dados recebidos em um formato JSON específico antes de enviá-los para a unidade de armazenamento de dados dentro do middleware. Esses dados são então direcionados aos micros serviços responsáveis pelo tratamento e análise das informações.

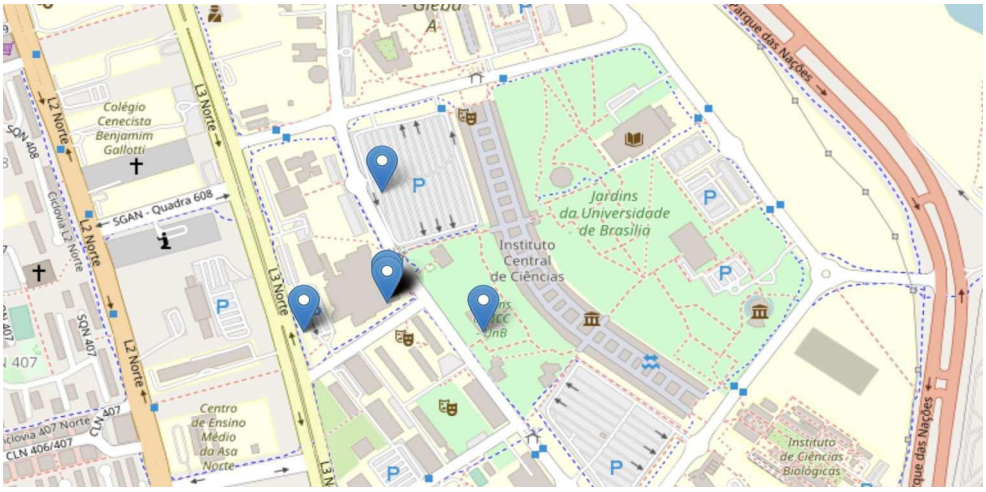


Figura 5 – Dashboard com Pedidos de Socorro

Com o objetivo de apresentar os dados de forma clara e eficiente tanto para a segurança da universidade quanto para os estudantes, foi desenvolvido um dashboard interativo. Esse dashboard permite a visualização gráfica das informações. Recebidas dos usuários, incluindo o nome de identificação, número de contato do SIM card e localização. Utilizando a linguagem Python e o framework Streamlit, o dashboard foi concebido e disponibilizado em um ambiente web, disponibilizando através de um mapa e marcadores a posição dos chamados de socorro recebidos. Uma funcionalidade importante do dashboard é o envio de notificações de alerta sempre que um pedido de socorro é recebido. Isso permite uma resposta imediata por parte da segurança da universidade. Devido ao alto poder de processamento de dados do middleware, é possível receber vários pedidos de socorro simultaneamente e atualizar a situação dos pedidos em andamento.

4. Testes e Resultados

4.1. Vida útil da bateria

O Projeto do Sistema de Botão de Pânico, representado na Figura 1, passou por testes realizados no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, visando uma proposta similar ao cenário para o qual ele foi idealizado, com o objetivo de aumentar a segurança de alunos e servidores que transitam pela universidade à noite, gerando, quando necessário, alertas de segurança. Um dos itens primordiais para garantir o bom funcionamento e sucesso do botão é a duração da bateria. Usamos os cálculos presentes em (Monteiro et al. (2021)) para fazer a estimativa de duração da bateria de acordo com a frequência de uso do dispositivo. Porém, visando ter um maior desempenho do modo deep sleep, optamos por usar um ESP-32 SIM7600E que, em média, o consumo de corrente durante a operação pode variar de 100 *m*A a 400 *m*A ou mais, dependendo das circunstâncias, e um botão para fazer o seu acionamento.

No cálculo original, é considerada uma realimentação advinda de uma placa solar. No caso deste estudo, iremos considerar que Pout, que na fórmula representa a potência máxima, será igual a 0. Sabendo que o circuito completo em modo ativo tem um consumo de aproximadamente 0,1 mA/h No modo de hibernação profunda, a Equação 1 foi usada para determinar o consumo da bateria por dia. Onde *CPD* é a corrente principal no modo deep sleep, em *mA*, é a corrente no modo ativo do dispositivo, em *mA*, *TPD* é o tempo de consumo atual no dispositivo no modo de deep sleep, em horas, e *Tativo* É o tempo de consumo atual no dispositivo no modo ativo, em horas.

$$C_{Total} = \left(\left(C_{DP} \cdot \ T_{DP}\right) + \left(C_{Active} \cdot \ T_{Active}\right)\right) \times \frac{24}{T_{DP} + T_{Active}}$$

Foram elaborados três cenários de operação para o dispositivo proposto, considerando um cenário onde o usuário, quando em situação de perigo, liga o dispositivo e pode necessitar acionar o botão com frequências diferentes dependendo da situação. Nesse cenário de teste, realizamos medidas a cada intervalo de 5, 15 e 40 minutos. O dispositivo, uma vez ligado, passa 1 hora em modo de deep sleep, onde ele, se acionado, enviará o sinal de alerta novamente à central de segurança e, caso contrário, manterá a localização

do usuário visível. Caso não seja possível enviar os dados, o microcontrolador retorna ao modo de deep sleep, independentemente de ter ou não enviado dados.A Tabela 1 apresenta os resultados teóricos do consumo da bateria. esses valores são calculados usando a equação 2, na qual *LH* representa o limite de tempo em horas, C_{Total} é o consumo total em um dia em *mA/h*, e B é a corrente da bateria em *mA/h*

Foram elaborados três cenários de operação para o dispositivo proposto, considerando um cenário onde o usuário, quando em situação de perigo, liga o dispositivo e pode necessitar acionar o botão com frequências diferentes dependendo da situação. Nesse cenário de teste, realizamos medidas a cada intervalo de 5, 15 e 40 minutos. O dispositivo, uma vez ligado, passa 1 hora em modo de deep sleep, onde ele, se acionado, enviará o sinal de alerta novamente à central de segurança e, caso contrário, manterá a localização do usuário visível. Caso não seja possível enviar os dados, o microcontrolador retorna ao modo de deep sleep, independentemente de ter ou não enviado dados.

$$LH = \frac{B}{C_{Total}} \times 24$$

Com base na equação 2 e como anunciado acima, elaboramos os seguintes cenários de teste onde iremos explorar as condições de uso do botão.

Com base na tabela abaixo, podemos perceber que o dispositivo cumpre, entre outras vantagens do dispositivo físico, a vantagem de ter um tempo maior de prolongamento do uso do dispositivo sem se preocupar ou colocar o dispositivo para carregar. Considerando o cenário onde o usuário liga o botão, mas não precisa fazer o envio com tanta frequência, teríamos uma duração de quase cinco horas da bateria sem a necessidade de ser carregada, sendo superior ao tempo de duração da bateria de um celular. Em um cenário mais pessimista o tempo de duração do dispositivo seria em torno de 0,9 dia, que em horas seria 21,6 horas e considerando um botão onde seu uso não é contínuo já e uma duração bem relevante.

Envios por teste	**Duração da bateria (dias)**	**Total diário de consumo (*mAh*)**
5 envios	4,7	556,06
15 envios	1,9	1441,92
40 envios	0,9	2881,44

Tabela 1 – Definição de alguns estilos

4.2. Precisão e localização

Outro aspecto considerado em nosso plano de testes foi a precisão efetiva em relação ao dispositivo e à localização do indivíduo. Esse ponto é relevante, uma vez que, tratando-se de um dispositivo voltado para segurança pública, é imprescindível que ele exiba e registre com precisão a localização e a distância em relação ao indivíduo que está acionando o sinal. Com o auxílio do SIM7600E e a utilização de serviços baseados em Estação Móvel Assistida (EMA), o dispositivo adquire informações disponíveis e as

encaminha para um servidor. Este servidor, com capacidade de processamento avançada e uma recepção de sinais de satélite mais precisa, realiza os cálculos de localização e os transmite de volta ao dispositivo. Por meio desses tipos de serviços, torna-se possível realizar uma localização mais precisa, conforme ilustrado na figura 6.

Neste teste, considerou-se a localização do laboratório de testes deste projeto, localizado na Universidade de Brasília, com latitude igual a -15.7637 e longitude igual a -47.8723, usando-o como ponto de referência. Foram realizadas 10 requisições ao hardware em estudo com o objetivo de compreender a precisão da localização em relação às medidas de referência. Na imagem 6, o campo representado pelo Array com nome, WhatsApp e localização do usuário é utilizado para identificar o acionador do botão.

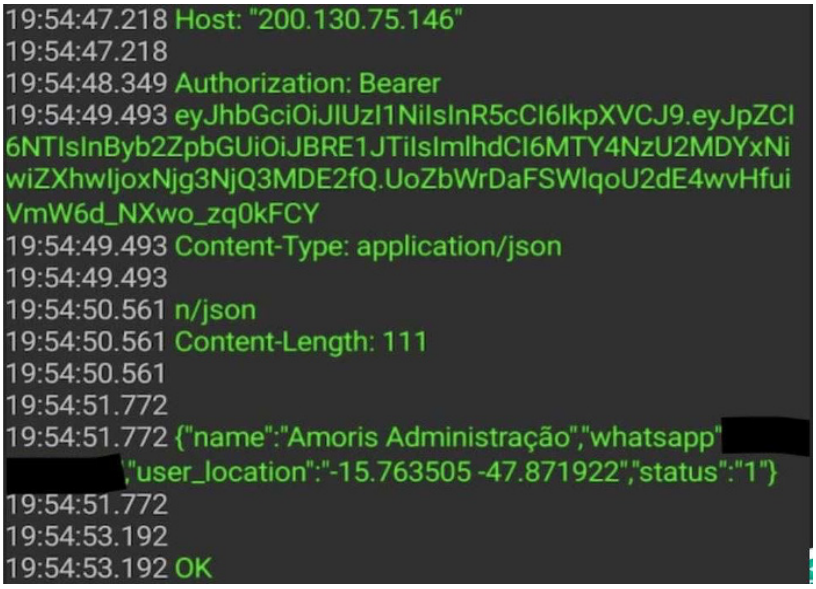


Figure 6 – Logs com as informações do botão de pânico

Com base nos dados obtidos e considerando que o erro de precisão assumido pelo Google Maps é de 20 metros, podemos afirmar que a diferença entre a localização obtida via satélite e a localização gerada pelo GPS foi de apenas 0.0002 em latitude e 0.0004 em longitude. Isso equivale a um pouco mais de 10 metros de diferença. Essa precisão é notável neste modelo, uma vez que ele integra vários sistemas GNSS de posicionamento por satélite de alta precisão, ao contrário de outros modelos da mesma categoria.

5. Conclusão

Este trabalho consistiu em uma proposta para aumentar a segurança no campus universitário por meio de um botão de pânico, o que viabiliza a comunicação mais rápida de casos de violência no mesmo, além do monitoramento de áreas com maior índice

de violência. Com a realização dos testes e os resultados expostos, pode-se reverberar a confiabilidade do dispositivo que entrega com extrema qualidade o que é proposto: segurança, portabilidade e longevidade de bateria.

Durante os testes de localização, é notório que os dados enviados se mantiveram dentro de um desvio padrão muito baixo. Dessa forma, a localização fornecida pelo SIM7600 é confiável. Assim, com uma excelente localização e mantendo-se ativo por mais de metade de um dia mesmo com 40 testes realizados, agrega a robustez da bateria e pode ser utilizado em um momento de perigo por uma vítima.

Para trabalhos futuros, será necessário reduzir ainda mais o consumo de bateria no modo de deep sleep, assim como reduzir o tamanho do botão para melhorar o design do produto e sua portabilidade. Outra frente que queremos avançar é a possibilidade de, por meio de inteligência artificial, ser capaz de reconhecer um chamado real de um erro do sistema e as correlações entre chamados, assim como realizar testes de autonomia com o dispositivo e em maior escala com outros dispositivos pelo campus.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio técnico e computacional do Laboratório LATITUDE, da Universidade de Brasília, ao TED 01/2019 da Advocacia Geral da União (Outorga AGU 697.935/2019), ao TED 01/2021 da Secretaria Nacional de Assistência Social – SNAS/DGSUAS/CGRS ao Decanato de Pesquisa e Inovação - DPI (Outorga 7129 FUB/EMENDA/DPI/COPEI/AMORIS) ao Projeto SISTER City –Sistemas Inteligentes Seguros e em Tempo Efetivo Real para Cidades Inteligentes (Outorga 625/2022), a FAP/DF e ao INDT Instituto de Desenvolvimento Tecnológico.

Referências

Avon, I. (2015). *Violência contra a mulher no ambiente universitário Pesquisa Instituto Avon/Data Popular*.

Bharavi, U., & Sukesh, R. (2017). *Design and development of GSM and GPS tracking module* (pp. 283–288). https://doi.org/10.1109/RTEICT.2017.8256602

Davide Aguiari, Chou, K. S., Tse, R., & Pau, G. (2022). Monitoring electric vehicles on the go. *Proceedings - IEEE Consumer Communications and Networking Conference, CCNC*, 885–888. https://doi.org/10.1109/CCNC49033.2022.9700713

Khandoker, R. R., S. Khondaker, FatihaTusSazia, Nur, F. N., & Sultana, S. (). Lifecraft: An Android Based Application System for Women Safety. *2019 International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/STI47673.2019.9068024

Kokeb Dese, Gelan Ayana, & Gizeaddis Lamesgin Simegn. (2022). Low cost, non-invasive, and continuous vital signs monitoring device for pregnant women in low resource settings (lvital device). *HardwareX*, *11*, e00276. https://doi.org/10.1016/j.ohx.2022.e00276

L, S. M., Kashyap, A., D. Devadiga, Ghoshal, M., & R. S. (). Self Defence and Safety Monitoring System. *2022 4th International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N)*, 1472–1476. https://doi.org/10.1109/ICAC3N56670.2022.10074098

Li, S., Xu, L. D., & Zhao, S. (2015). The internet of things: A survey. *Information Systems Frontiers*, *17*, 2. https://doi.org/10.1007/s10796-014-9492-7

Monteiro, M., Filho, F., Barbosa, L., Martins, L., Menezes, J., & Filho, S. (2019). *University campus microclimate monitoring using IoT*. 1–5. https://doi.org/10.1109/WCNPS.2019.8896242

Monteiro, M., Filho, F., Souza, P., Costa, V., Gustavo, L., Carvalho, L., & Rafael, J. (2021). *Solid waste management and monitoring system for smart cities: development of a lowcost sustainable IoT architecture using GPRS/GSM* (pp. 1–6). https://doi.org/10.1109/WCNPS53648.2021.9626317

Pablo Eduardo Nikolais Teixeira Bonifácio da, S. (2021). *Indicadores de criminalidade relacionados ao gasto com segurança pública nos estados brasileiros*. https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/32849

Phadatre, S., Kudale, R., Ladkat, P., Balshetwar, T., & Shinde, P. (2022). IOT based Social Safety Android Application using Geolocation for Real Time Tracing. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, *10*, 1771–1777. https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.47680

Pinto, S., Cabral, J., & Gomes, T. (). Wecare: An IoTbased health care system for elderly people. *2017 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 1378–1383. https://doi.org/10.1109/ICIT.2017.7915565

Qureshi, K., Naveed, A., Kashif, Y., & Jeon, G. (2021). Internet of Things for education: A smart and secure system for schools monitoring and alerting. *Computers & Electrical Engineering*, *93*, 107275. https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107275

Shahid, M. R., Blanc, G., Zhang, Z., & Debar, H. (). IoT Devices Recognition Through Network Traffic Analysis. *2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 5187–5192. https://doi.org/10.1109/BigData.2018.8622243

Teixeira, F., & Ribeiro, F. (2020). *Repasse de Receitas para as Universidades Federais Mineiras Durante o Período de Pandemia*.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 03/05/2024
Aceitação/Acceptance: 17/07/2024

Emprendimiento Social y Migración Venezolana en Norte de Santander

Julio Alfonso González Mendoza[1], Francisco Esteban Rodríguez[2], Siomara Milena Botía Uribe[3]

alfonsogonzalez@ufps.edu.co; franciscoestebanri@ufps.edu.co; siomaramilenabu@ufps.edu.co

[1] Universidad Francisco de Paula Santander, Código postal 540001, Cúcuta, Colombia, https://orcid.org/0000-0001-6329-3347

[2] Universidad Francisco de Paula Santander, Código postal 540001, Cúcuta, Colombia, https://orcid.org/0000-0003-1523-386

[3] Universidad Francisco de Paula Santander, Código postal 540001, Cúcuta, Colombia

Pages: 257-270

Resumen: Un emprendimiento es el esfuerzo y decisión que toma un individuo o grupo de personas para impulsar un proyecto y poner en práctica una idea de negocio. El emprendimiento social, por su parte, tiene las mismas características, pero la solución es orientada a una problemática social. Con la llegada masiva de migrantes venezolanos, se generaron diversos problemas, no obstante, muchos generaron sus propios emprendimientos dando solución a diversos problemas, especialmente de empleo para ellos y sus familiares. El objetivo de esta investigación, es caracterizar el ecosistema de emprendimiento social de Norte de Santander y determinar el aporte que han realizado los migrantes venezolanos. Los resultados tempranos señalan existen mayores problemas para el migrante emprendedor que para sus pares colombianos, tales como la falta de socios inversores, limitado acceso al crédito, desconocimiento legal y tributario, y la fuerte competencia, lo significa que emprender, es una hazaña de enormes proporciones.

Palabras Clave: Emprendimiento social; emprendimiento de migrantes; modelo cuádruple hélice

Social Entrepreneurship and Venezuelan Migration in Norte de Santander

Abstract: A entrepreneurial venture is the effort and decision made by an individual or group of people to promote a project and implement a business idea. Social entrepreneurship, on the other hand, has the same characteristics, but the solution is oriented to a social problem. With the massive arrival of Venezuelan migrants, several problems were generated, however, many generated their own ventures providing solutions to various problems, especially employment for themselves and their families. The objective of this research is to characterize the social entrepreneurship ecosystem in Norte de Santander and determine the

contribution made by Venezuelan migrants. Early results indicate that there are greater problems for migrant entrepreneurs than for their Colombian counterparts, such as the lack of investment partners, limited access to credit, lack of legal and tax knowledge, and strong competition, which means that entrepreneurship is a daunting feat.

Keywords: Social entrepreneurship; Migrant entrepreneurship, Quadruple helix model.

1. Introducción

Un emprendimiento es el esfuerzo y decisión que toma un individuo o grupo de ellos para impulsar un proyecto, crear una organización, dar solución innovadora a un problema bien sea con o sin ánimo de lucro. Es la acción de poner en práctica una idea de negocio aprovechando oportunidades y fortalezas tanto del mercado como de las capacidades del emprendedor.

El emprendimiento social, por su parte, tiene como propósito la creación de negocios con el fin de dar solución a problemas sociales, es decir que tiene una mayor responsabilidad frente a la sociedad y busca crear valor a partir de la solución de problemas que afecten a las comunidades (Gatica, 2012).

En este sentido el gobierno nacional colombiano en el año 2022 expidió la Ley 2234 que es la base fundamental de la política de emprendimiento para buscar soluciones a problemáticas sociales, culturales y ambientales que ayuden a transformar el desarrollo social, mediante la articulación de esfuerzos de los gobiernos nacional y regional, el sector privado, la academia y la sociedad civil como actores clave en el ecosistema de emprendimiento social. A esta alianza entre estos cuatro actores se le llama alianza de cuatro hélices o alianza cuádruple hélice.

Por otra parte, se hallan los migrantes venezolanos que desde el 2015, por razones políticas y económicas de su país han tenido que salir buscando nuevas oportunidades de trabajo, inversión o emprendimiento. Estos procesos migratorios no son novedosos ni exclusivos de la modernidad, sino que han sino parte de la historia humana, cuyas causas actuales tienen origen en la globalización, como una fase más refinada del capitalismo (Ovejero, 2004; Ovejero, 2005).

En ese sentido y de acuerdo con las cifras de GEIH (2020), en Colombia para el 2020 había cerca de 879.057 migrantes venezolanos trabajando en alguna rama económica y de ellos 177.122 lo estaban haciendo en forma independiente, lo que significa que por cada 10 venezolanos que se encuentran en Colombia trabajando al menos dos tienen su propio emprendimiento, proveyendo trabajo para sí mismo, para los familiares, algunos otros venezolanos o inclusive para personas que viven y residen en Colombia. Por lo que desde este punto de vista la migración contribuye al desarrollo económico y social del país generando empleo, rentas fiscales y e ingresos para los emprendedores y sus empleados o colaboradores.

No obstante, los probables efectos positivos, se conoce que existen diversos problemas que encuentran los emprendedores extranjeros al momento de crear empresa tales como a la falta de socios inversores, limitado acceso al crédito, desconocimiento legal y tributario

y la fuerte competencia del mercado colombiano e incluso la fuerte competencia entre sus compatriotas, lo que dificulta que participar con éxito en el mercado se convierta en toda una hazaña de enormes proporciones.

Respecto de las herramientas diseñadas en materia de emprendimiento por el gobierno de Colombia es la Ley 2234 de 2022, que sirve como base legal y directriz para la construcción de la Política Pública de Emprendimiento Social, que ayude a la solución de los problemas ambientales, culturales y sociales, sirva de motor de desarrollo y de transformación de aparato productivo de las regiones y de la nación. Se pretende, con esta política, articular y fortalecer los esfuerzos entre el Estado, la academia, la empresa privada y la sociedad civil con otros actores estratégicos del ecosistema de emprendimiento social, con el propósito de brindar condiciones adecuadas que faciliten el florecimiento del emprendimiento, dentro de los que se cuenta las iniciativas de migrantes venezolanos.

El emprendimiento social en este sentido, ya sea de capital local o extranjero, contribuye de manera directa con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como son: generar empleo, aumentar la productividad y el crecimiento económico, promover transformaciones económicas y sociales, reducir la pobreza, generar trabajo digno y de calidad, es decir está alineado con al menos con los ODS 8, 9, 10 y 11.

2. Emprendimiento Social y Migración

2.1. Emprendimiento

Existe abundante literatura sobre emprendimiento no obstante para este trabajo se adopta la definición de Monitor de Emprendimiento Global (GEM, por sus siglas en inglés), según la cual se trata de cualquier intento de un nuevo negocio, la creación de empresas o su expansión por una persona o un grupo de personas organizadas para tal fin (GEM, 2014).

De acuerdo (Bolívar & Hormiga, 2012) son dos las principales razones para que las personas inicien un emprendimiento: a) cuando se considera que hay una oportunidad en el ecosistema empresarial y su experiencia en el campo podría generar ingresos superiores. En el caso de los migrantes, han dejado sus trabajos y propiedades en su país de origen y tienen la esperanza de conseguir mejores condiciones en un nuevo país; b) cuando las personas no encuentran oportunidades laborales y consideran que la inversión de recursos puede generar una opción válida para obtener ingresos, lo que se considera autoempleo y probablemente es una opción más atractiva y de mayor control para el migrante.

Cualquiera que sea la motivación para iniciar un emprendimiento, puede llegar a producir un impacto positivo siempre y cuando se formalice el negocio y se busquen las condiciones necesarias para que sea sostenible (Minniti, 2012))

Por otra parte, existen algunos autores que señalan un conjunto de características diferenciadoras y específicas en los emprendedores migrantes. Deakins, Majunder y Paddison (2003) señalan que éstos poseen ciertas peculiaridades que los distinguen de los emprendedores locales, entre ellas: a) la existencia de redes sociales de apoyo

que les permite el acceso al crédito, al margen de las instituciones financieras; b) La contratación de mano de obra inmigrante del país de origen con salarios más bajos que los establecidos en los convenios colectivos; c) el conocimiento la culturas y características de la población migrante, lo cual puede favorecer las relaciones empleador empleado.

2.1.1. Emprendimiento social

Este tipo de emprendimiento tiene como propósito la creación de negocios con el fin de dar solución a problemas sociales, utilizando soluciones innovadoras creadas por los lideres del emprendimiento y aprovechando los beneficios del ecosistema, en otras palabras, tiene una carga importante de responsabilidad y busca crear valor a partir de implementación creativa de soluciones a problemas que afectan a las comunidades y lograr un cambio social (Gatica, 2012).

De acuerdo a la ley 2234 (2022) en emprendimiento social es una clase de emprendimiento adelantado por personas naturales o jurídicas con o sin ánimo de lucro

> *que mediante el empleo de técnicas empresariales y de mercado, busca solucionar problemáticas, así como atender y/o fortalecer procesos que afectan diversos ámbitos de las comunidades, beneficiando principalmente, aunque no de manera exclusiva a comunidades y/o poblaciones en condición de vulnerabilidad. El Emprendimiento Social contribuye al desarrollo sostenible, al fortalecimiento económico de las comunidades, a la generación de oportunidades, así como a la creación de valor económico y/o social y al crecimiento económico sostenible, en muchos casos mediando para ello la innovación*

No obstante, las definiciones de diversos autores y de la ley colombiana existe un debate sobre el aporte social que tiene la empresa privada frente a los problemas sociales y es así como el economista Milton Friedman (Friedman, 1970), considera que la única responsabilidad social de los negocios es incrementar sus utilidades ya que la corporación es un instrumento de los accionistas a quienes pertenece. Cuando una corporación realiza una contribución social, está privando al accionista de ejercer el derecho de decidir sobre sus recursos económicos. Es decir, la contribución a la solución a los problemas sociales debe hacerla los accionistas o empleados de la organización y no a título propio ya que de esa forma es una barrera que impide el libre desempeño de la misma en la búsqueda de su crecimiento y desarrollo (Porter & Kramer, 2002).

Pese a la controversia y sobre las dificultades que puede tener una organización para alcanzar sus objetivos económicos al tener una obligación o responsabilidad, existen diversas normativas en los Estados que permite el desarrollo de los emprendimientos sociales y por esta vía generar desarrollo económico para sus creadores y lideres y un beneficio social mayor para las comunidades que le permiten su accionar.

2.1.2. Emprendimiento social en Colombia

La principal herramienta de política que se tienen en Colombia en materia de emprendimiento social es la Ley 2234 de 2022, que sirve como base legal y directriz para enfocar la investigación y que tiene como propósito "establecer los lineamientos para la construcción de la Política Pública de Emprendimiento Social, para el desarrollo

de soluciones a los problemas sociales, culturales y ambientales, como motor de transformación e innovación a nivel nacional y regional; asimismo, fomentar su reconocimiento y fortalecimiento por parte del Gobierno Nacional, de las entidades públicas, los gobiernos locales y departamentales, el sector privado y otros actores estratégicos del ecosistema de emprendimiento social"

Según la citada ley el Emprendimiento Social es una clase de iniciativa que adelantan las personas naturales o jurídicas con o sin ánimo de lucro que mediante el empleo de técnicas empresariales y de mercado, busca solucionar problemáticas, así como atender y/o fortalecer procesos que afectan diversos ámbitos de las comunidades, beneficiando principalmente, aunque no de manera exclusiva a comunidades y/o poblaciones en condición de vulnerabilidad. El Emprendimiento Social contribuye al desarrollo sostenible, al fortalecimiento económico de las comunidades, a la generación de oportunidades, así como a la creación de valor económico y/o social y al crecimiento económico sostenible, en muchos casos mediando para ello la innovación.

2.1.3. Factores motivadores o inhibidores al emprendimiento social

Respecto las condiciones que pueden favorecer o entorpecer el desempeño del emprendimiento social Pantoja, J. (2013), en el que se plantean algunas condiciones en el ecosistema empresarial, al interior del emprendimiento, como atributo del emprendedor y de los problemas sociales que se intentan resolver. El resumen del modelo se puede observar en la figura 1.

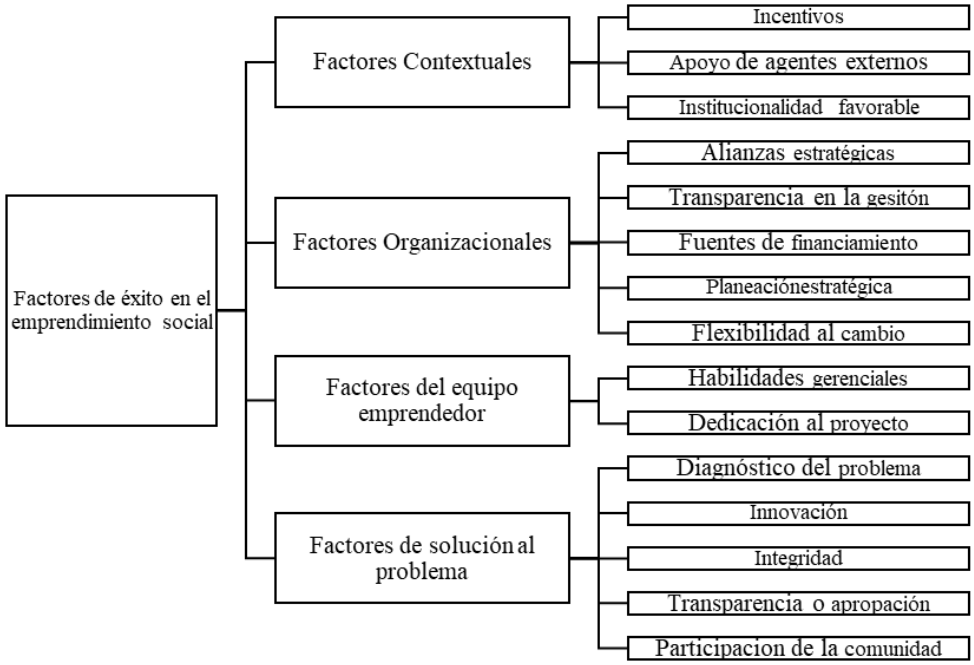


Figura 1 – Factores motivadores o inhibidores el emprendimiento social
Fuente: Pantoja, J. (2013).

El modelo, aunque no lo dice el estudio, resumen las principales características internas y externas a la organización emprendedora, y añade dos dimensiones que permiten determinar algunos atributos individuales del emprendedor y algunas características particulares al problema que se quiere abordar, lo cual constituye el eje central de búsqueda, recolección y análisis de datos, presentación de informes y discusión de resultados.

2.1.4. El emprendimiento y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en la cumbre mundial del 2015 propuso algunos objetivos de desarrollo, con el fin de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todas las personas. A estos objetivos se le denominan Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y se enumeran a continuación:

1) Fin de la pobreza; 2) Hambre cero; 3) Salud y bienestar para todos los individuos de cualquier edad; 4) Educación de calidad; 5) Igualdad de género; 6) Agua limpia y saneamiento; 7) Energía limpia y no contaminable; 8) Trabajo decente y crecimiento económico; 9) Industria, innovación e infraestructura; 10) Reducción de las desigualdades; 11) Ciudades y comunidades sostenibles; 12) Producción y consumo responsable; 13) Acción por el clima; 14) Vida submarina; 15) Vida de los ecosistemas terrestres; 16) Paz, justicia e instituciones sólidas y 17) Alianzas para lograr los objetivos (Ver Figura 1).



Figura 2 – Objetivos de Desarrollo Sostenible
Fuente: Naciones Unidas (2015).

No obstante, el compromiso de la mayor parte de los Estado a nivel global para hacer que estos objetivos sean una realidad, las mismas Naciones son conscientes que

objetivos de paz, seguridad y sostenibilidad no se pueden lograr únicamente con el liderazgo de los gobiernos, por lo que es necesaria la participación y colaboración del tejido empresarial.

Es por eso que el emprendimiento, ya sea de capital local o extranjero, contribuye de manera directa con varios de los ODS al generar empleo, aumentar la productividad y el crecimiento económico, promover transformaciones económicas y sociales, reducir la pobreza, generar trabajo digno y de calidad. Por tanto, el emprendimiento al menos contribuye a logar los ODS 8, 9, 10 y 11.

El hecho de caracterizar los emprendimientos de los migrantes venezolanos, los resultados de esta investigación, se pueden convertir en un insumo clave para la proposición de lineamientos estratégicos y la construcción de una política que ayude a la emergencia y desarrollo sostenible de micros y pequeñas empresas con capital de origen extranjero, que ayuden a la generación de empleo, el trabajo decente, el crecimiento económico, la reducción de desigualdades y la conformación de comunidades sostenibles incluyendo los migrantes.

2.2. Procesos Migratorios

Los procesos migratorios son naturales del ser humano y han existido a lo largo de la historia, aunque en la actualidad se han multiplicado de manera exponencial producto de la globalización, como una fase más refinada del capitalismo (Ovejero, 2004; Ovejero, 2005). Para el proceso de integración de los migrantes existen algunos modelos que tratan de establecer lineamientos para enfrentar el fenómeno migratorio y para aprovechar la mano de obra calificada y la entrada de capital emprendedor.

2.2.1. Modelo asimilacioncita

Consiste en un proceso de adaptación del inmigrante a la cultura, las costumbres y los modos de vida de la sociedad receptora, desplazando los propios. Esto elimina las diferencias interculturales y le permite al migrante ser aceptado y reconocido como uno de los habitantes locales del país. En este modelo, el proceso de adaptación recae únicamente en el migrante y es él quien hace el esfuerzo para encontrar la comodidad en su nueva sociedad, renunciando a su identidad étnica, lingüística y cultural cultural (Retortillo, Ovejero, Cruz, Lucas, & Arias, 2006; Raz, 1994).

Los principios que rigen el modelo asimilacioncita hacen referencia a la homogeneidad cultural, como punto partida y llegada; a la unilateralidad en el proceso de adaptación; a la integración cultural y axiológica del migrante; a la desaparición de prejuicios y discriminaciones después de la adaptación y a la asimilación natural a la nueva sociedad (Malgesini, 1998).

La integración cultural, por su parte, hacer referencia a la relación que debe mantener el inmigrante con la población local, a la asimilación de la cultura, del idioma y del conocimiento del país, adoptándolos como propios. Mediante este camino, el inmigrante puede ir adquiriendo la sensación de seguridad y estabilidad al comprender que va haciendo parte de la sociedad. La vía más rápida para llegar a este fin, son la integración laboral, la capacitación y la adquisición de nuevas habilidades que le hacen sentirse en igualdad de condiciones y perteneciente a un tejido social.

2.2.2. Modelo multiculturalista

Sus máximas expresiones son el pluralismo y la no discriminación por las diferencias étnicas o culturales. Los inmigrantes no deben renunciar a su identidad para ser beneficiarios de los mismo derechos y libertades que los ciudadanos locales, por el contrario, se intenta proteger la diversidad e igualdad con plena participación en la sociedad (Retortillo, Ovejero, Cruz, Lucas, & Arias, 2006)

El modelo del multiculturalismo tiene el propósito fundamental de integrar a la población inmigrante, con todas sus diversidades culturales, dentro de la sociedad receptora con la premisa de permitir la manifestación pública de sus creencias, valores y expresiones. Se intenta construir una sociedad más inclusiva mediante el reconocimiento de la diversidad y la diferencia, otorgando los mismos derechos y privilegios a todos los individuos. Este modelo constituye una filosofía antiasimilacionista y surge precisamente como reacción ante la homogenización cultural impuesta por el esta.

2.2.3. Modelo de exclusión o separación

Se trata de un marco normativo restrictivo hacia el inmigrante en aspectos esenciales como residencia, reagrupación familiar, participación en política o acceso a la nacionalidad (Carrera, 2006). El gobierno del país receptor concibe la inmigración como un fenómeno transitorio que se puede controlar con medidas para restringir la integración del inmigrante a la sociedad, especialmente, respecto de su participación cívica y política, de modo que la persona es tratada como si no fuera miembro de esa comunidad (Castel, 1991).

2.2.4. Modelo de securitización

El término securitización fue acuñado por Ole Waever en los años 90, como reacción a los estudios tradicionales sobre la seguridad nacional que restringía el concepto de seguridad a los conflictos entre países. Para (Waever, 1993) y (Barry & Waver, 1998), la seguridad nacional no depende de las amenazas militares extranjeras sino de otros actores como la migración internacional, por lo tanto, este tema deja de ser de la política ordinaria y se convierte en una política de seguridad nacional.

Se trata de un modelo más reciente, creado a partir de los ataques terroristas del 11 de septiembre, en el que se cree que la migración internacional de indocumentados es una amenaza para la seguridad nacional del estado receptor, principalmente de los Estados unidos. El modelo se cimenta en la necesidad de proteger al Estado receptor y la migración es considerada nociva y, por lo tanto, sus políticas son altamente restrictivas, con el propósito de evitarla (Waever, 1993). La securitización se presenta cuando hay una amenaza extraordinaria que requiere medidas de emergencia y justifica acciones políticas por fuera de las condiciones normales (Buzan, 1991).

2.3. Migración y Emprendimiento

En este apartado se presentan algunas investigaciones relacionadas con el emprendimiento de migrantes desde el contexto global hasta el local, lo cual sirve de base para orientar la investigación e identificar las brechas del conocimiento en la materia.

Zonghui & Johanse (2023), desarrolla una investigación sobre la participación de los migrantes en Estados Unidos y la influencia de la participación familiar en supervivencia del emprendimiento. Los resultados muestran que las pequeñas empresas fundadas por empresarios inmigrantes tienen menos probabilidades de sobrevivir y que la participación familiar debilita la condición de migrante fundador y la supervivencia de las empresas. Además, el efecto moderador positivo asociado con la participación familiar se ve reforzado aún más por el uso de capital inicial externo/préstamo, por lo que las familias inmigrantes que fundaron pequeñas empresas con acceso a capital externo tienen la mayor probabilidad de supervivencia.

Así mismo, Mago (2023) realiza un estudio denominado "Emprendimiento de migrantes, integración social y desarrollo en África", en el que considera que las oleadas de migración han dado lugar a "empresarios migrantes" que a menudo son destacados por contribuir al desarrollo económico, la creación de empleo y la reducción de la pobreza en las regiones de su domicilio.

Si bien muchos estudios han explicado el vínculo entre migración y emprendimiento, Mago explica cómo puede funcionar adecuadamente para integrar socialmente a los locales y a los inmigrantes, lo cual considera que es una herramienta crucial para la integración social de los inmigrantes locales en África. Además, señala que existe un fuerte vínculo entre la migración y el espíritu empresarial y que el emprendimiento es un medio clave para los migrantes en el propositito de obtener un estatus de desarrollo e integración social.

Por su parte, Yeshi, (2022), realiza una investigación denominada "Un hogar lejos del hogar: el emprendimiento de migrantes desplazados en tiempos de Covid-19", en el que considera que existe un agente empresarial distinto que tienen los migrantes desplazados dada su necesidad de adaptarse a una nueva situación y la obligación de generar ingresos.

El investigador plantea cuestiones como i) ¿Cuáles son los desafíos que enfrentan los empresarios migrantes desplazados durante la pandemia de Covid-19? y ii) ¿Cómo están afrontando la pandemia de Covid-19 los empresarios migrantes desplazados?, y para responderlas utilizó un enfoque cualitativo basado en tres dimensiones i) Desconexión de su tierra natal, ii) Desarraigo en el país anfitrión, y iii) Reevaluación del recurso disponible. Los resultados del estudio revelan que los migrantes emprendedores tienen una doble desventaja, a diferencia de otros empresarios, ya que les resulta difícil utilizar los recursos del país de acogida y de origen.

Otro estudio de emprendimiento de migrantes es el realizado por Del-Aguila-Arcentales, Álvarez-Risco, Villalobos-Álvarez, (2022), denominado "Migrantes venezolanos en Perú y su intención emprendedora durante la pandemia de Covid-19". El objetivo de la investigación es comprender la influencia de cómo la actitud, el apoyo del país al emprendimiento y la autoeficacia emprendedora influyen en la intención emprendedora de los migrantes de venezolanos en Perú encontrando que las tres variables tienen una influencia significativa en la intención emprendedora de los migrantes.

Finalmente, Albornoz-Arias y Santafé-Rojas (2023), realizaron una investigación denominada "Atributos emprendedores en migrantes venezolanos establecidos en Colombia", en la que se analiza los atributos emprendedores de migrantes venezolanos

asentados en Gramalote (Departamento Norte de Santander, Colombia) que explican la percepción y capacidad para aprovechar oportunidades y las características sociodemográficas y contextuales. La investigación adoptó un paradigma positivista y un enfoque cuantitativo para obtener datos de una encuesta realizada a 88 migrantes venezolanos. Las recomendaciones del estudio dan cuenta de la necesidad de diseñar políticas públicas en materia migratoria para la inclusión de emprendedores venezolanos en Colombia.

2.4. Emprendimiento de Migrantes Venezolanos

El departamento Nacional de estadística desde el año 2013 viene recolectando información de micronegocios, en la Gran Encuesta Integrada de Hogares. Esta herramienta permite analizar el emprendimiento de extranjeros, principalmente venezolanos, que se encuentra integrados a la vida productiva colombiana de forma independiente. Según el DANE (2019), los emprendedores son trabajadores independientes que tienen alguna de las siguientes características: a) la personas que dirigen su propio emprendimiento, acorde con su oficio o profesión, y dando trabajo a otras personas como empleados; b) la persona que trabaja explota su propia empresa con ayuda o no de otras personas, especialmente familiares, aunque la ayuda no es remunerada. Estas dos categorías se consideran emprendedoras debido a que corren riesgos económicos para desarrollar una actividad productiva (Observatorio del mercado de trabajo y la seguridad social, 2008).

En ese sentido y de acuerdo con las cifras de GEIH (2020), en Colombia para el 2020 había cerca de 879.057 migrantes venezolanos trabajando en alguna rama económica y de ellos 177.122 lo estaban haciendo en forma independiente, lo que significa que por cada 10 venezolanos que se encuentran en Colombia trabajando al menos dos tienen su propio emprendimiento.

Si se compara esta cifra con el caso de los trabajadores colombianos donde 3 de cada diez tienen alguna forma de trabajo independiente, se puede afirmar que la proporción es menor de los migrantes frente a sus pares colombianos. Además, se observó que cerca del 98.8% de los independientes venezolanos son informales frente al 86.4% de los colombianos (USAID, 2020). La informalidad en este caso se refiere a que no tienen registro de cámara de comercio y no cotizan a la seguridad social.

Algunas marcas con capital de origen venezolano que funcionan en la economía colombiana desde hace años son reconocidas como el caso de Locatel o Farmatodo, y que con un modelo de negocio versátil redefinieron el ecosistema de negocios de su sector respectivo y se insertaron con éxito en el mercado.

Si bien la diáspora migratoria proveniente de Venezuela ha tenido un enorme impacto negativo en el mercado laboral, servicios públicos, acceso a la salud y a la educación también ha traído personas con mucha vocación de emprendimiento y que debido a la obligación que tienen de adaptarse a una nueva realidad hace que sus esfuerzos y dedicación superen sus expectativas. De acuerdo a USAID (2020) el 20% de los venezolanos que vienen a Colombia tienen vocación de emprendimiento generando ingresos para sí mismo, sus familiares y coterráneos e incluso utilizando mano de obra colombiana.

Según la misma fuente, los principales problemas que encuentran los emprendedores extranjeros a la hora de crear empresa se refieren a la falta de socios inversores, limitado acceso al crédito, desconocimiento legal y tributario y la fuerte competencia de un mercado colombiano e incluso la fuerte competencia entre sus compatriotas, por lo que participar con éxito en el mercado colombiano es una hazaña de enormes proporciones.

3. Conclusiones

Un emprendimiento es el esfuerzo y decisión que toma un individuo o grupo de personas para impulsar un proyecto y poner en práctica una idea de negocio, aprovechando oportunidades y fortalezas tanto del mercado como las competencias del emprendedor, mientras que el emprendimiento social tiene como propósito la creación de negocios y la generación de valor a partir de la solución de problemas que afecten a las comunidades.

Los procesos migratorios no son novedosos ni exclusivos de la modernidad, sino que han sino parte de la historia humana, cuyas causas actuales tienen origen en la globalización, como una fase más refinada del capitalismo. En el caso de la migración venezolana surgida a partir de del 2015, por razones políticas y económicas de su país, muchas personas han tenido que salir buscando nuevas oportunidades de trabajo, inversión o emprendimiento en diversos países del mundo, dentro de los que se cuenta Colombia. Así, para el 2020 había cerca de 879.057 migrantes venezolanos trabajando en alguna rama económica y de ellos 177.122 lo estaban haciendo en forma independiente, lo que significa que por cada 10 venezolanos que se encuentran en Colombia trabajando al menos dos tienen su propio emprendimiento (DANE, 2020).

Existen diversos problemas que encuentran los emprendedores extranjeros al momento de crear empresa tales como la falta de socios inversores, limitado acceso al crédito, desconocimiento legal y tributario, y la fuerte competencia del mercado colombiano e incluso la de sus compatriotas, lo significa que participar con éxito en el mercado, es una hazaña de enormes proporciones.

La principal herramienta de política que tienen Colombia en materia de emprendimiento social es la Ley 2234 de 2022, cuyo propósito facilitar la creación de empresas a partir de las iniciativas privadas, con el apoyo del Estado, la academia y la sociedad civil, para resolver problemas que afectan a la sociedad, aunque no resuelve los principales problemas del emprendedor migrante.

El emprendimiento, y por ende el emprendimiento social, contribuye de manera directa con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible al generar empleo, aumentar la productividad y el crecimiento económico, promover transformaciones económicas y sociales, reducir la pobreza, generar trabajo digno y de calidad. Por tanto, el emprendimiento al menos contribuye a logar los ODS 8, 9, 10 y 11 y justifica la importancia de esta investigación.

Este artículo es un hallazgo temprano, del proyecto de investigación que se desarrolla en la Universidad Francisco de Paula Santander, denominado “EMPRENDIMIENTO SOCIAL Y MIGRACION VENEZOLANA EN NORTE DE SANTANDER”.

Referencias

Albornoz-Arias, N., & Santafé-Rojas, A. (2023). Entrepreneurial Attributes in Venezuelan Migrants Settled In Colombia. *RAE Revista de Administracao de Empresas, 63*(2), 1-12.

Barry, B., & Waver, O. W. (1998). *A new framework for Analusis*. London: Lynne Rienner Publishers.

Bolívar, A., & Hormiga, E. (2012). La influencia del proceso de migración en la percepción del riesgo de crear una empresa. *Academia Europea de Dirección y Economía de la Empresa, 18*(1), 69-85.

Bowman, E., & Singh, H. (1993). Corporate Restructuring:. *Strategic Management Journal,*(14), 5-14.

Bryman, A., & Bell, E. (2016). *Research methodology: Business and management contexts*. University Press: Oxford.

Buzan, B. (1991). *national Security and the Nature of the State. En: People, State and Fear*. Colorado: Lynne-Rienner Publishers.

Cámara de Comercio de Cúcuta. (2023). *Informe de Gestión 2023*. Obtenido de http://www.cccucuta.org.co/media/transparencia_2017/informe_de_gestion_2017.pdf

Carrera, S. (2006). Programas de integración para inmigrantes: Una perspectiva comparada en la Unión Europea. *Migraciones,, 20*, 37-73.

Castel, R. (1991). *La metamorfosis de la cuestión social. Una crónica del salariado*. Barcelona: Paidós.

DANE. (2019). *Descripción de variables GEIH*. GEIH.

DANE. (2020). *Gran Encuesta Integrada de Hogares - GEIH - 2020*. Bogotá: DANE.

Deakins, D., Majunder, M., & Paddison, A. (2003). Developing Success Strategies for Ethnic Minorities in Business. *New Community, 23*, 325-342.

Del-Aguila-Arcentales, S., Alvarez-Risco, A., & Villalobos-Alvarez, D. (2022). Venezuelan migrants in Peru and their entrepreneurial intention during the Covid-19 pandemic. *Entrepreneurial Business and Economics Review, 10*(4), 7-22.

Dugarte, E. (2010). *Estadística y probabilidad*. . Bucaramanga: Editorial Universidad Pontificia Bolivariana .

Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *En Avances en Medición, 6*, 27-36.

Friedman, M. (1970). *The Social Responsibility of Business Is to Increase Its Profits*. New York Times Magazine, SM17.

Gatica, S. (2012). *La Innovación Social en Chile y el Rol del Estado en su Desarrollo*. Pontificia Universidad Católica de Chile.

GEM. (2014). *Informe GEM Colombia*. Bogota: GEM.

Gibbs, P. (1993). Determinants of corporate restructuring: The relative importance of corporate governance, takeover threat, and free cash flow. *Strategic Management Journal, 14*(51), 51-68.

Hernández, F., Fernández, C., & Batista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-HIll/Interamericana Editores S.A.

Mago, S. (2023). Migrant entrepreneurship, social integration and development in Africa. *Journal of Small Business and Entrepreneurship, 35*(3), 413-449.

Malgesini, G. (1998). *Cruzando fronteras. Migraciones en el sistema mundial, Icaria/ Fundación Hogar del Empleado*. Barcelona: Fundacion para el desarrollo de los pueblos de Andalucia.

Minniti, M. (2012). *El emprendimiento y el crecimiento económico de las naciones*. Fundacion Dialnet.

Naciones Unidas. (2015). *Nueva Agenda de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas.

Observatorio del mercado de trabajo y la seguridad social. (2008). *Caracterización del Trabajo Independiente y su Afiliación a la Seguridad Social en Colombia*. Caracterización del Trabajo Independiente y su Afiliación a la Seguridad Social en Colombia.

Ovejero, A. (2004). *Globalización, sociedad y escuela*. Valladolid: Publicaciones de la Universidad de Valladolid.

Ovejero, A. (2005). *Qué es realmente la globalización y cuáles son sus consecuencias, Lección de Apertura de Curso*. Valladolid: Publicaciones Universidad de Valladolid.

Pantoja, J. (2013). Factores que inciden en el emprendimiento social de la Parroquia San José de Quinchinche Cantón Otavalo-Ecuador. *Revista de Investigación y Cultura, 2*(2), 27-36.

Porter, M., & Kramer, M. (2002). The Competitive Advantage of Corporate Philanthropy. *Harvard Business Review, 80*(12), 56-69.

Raz, J. (1994). Multiculturalism, a liberal perspective. *Dissent, 41*, 67-79.

Republica de Colombia. (2022). *Ley 2234. Por la cual se promueve la politica de emprendimiento Social*. Bogotá: Republica de Colombia.

Retortillo, A., Ovejero, A., Cruz, F., Lucas, S., & Arias, B. (2006). Inmigración y modelos de integración: entre la asimilación y el multiculturalismo. *Revista universitaria de ciencias del trabajo, 7*(1), 123-139.

Taylor, S., & Bodgan, R. (1944). *Introducción a los métidos cualitativos de investigación*. Barcelona: Ediciones Paidos.

USAID. (2020). *Proyecto migración Venezuela*. USAID.

Waever, O. (1993). *Identity, Migration and the New Security Agenda in Europe*. New York: St. Martin's Press.

Yeshi, T. (2022). *"Home Away From Home": Displaced Migrant Entrepreneurship in Times of Covid-19*. Contributions to Management Science.

Zonghui, L., & Johanse, D. (2023). Does family involvement help small migrant businesses survive? A closer examination of family in migrant entrepreneurship. *Journal of Enterprising Communities, 17*(1), 98-124.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 23/05/2024
Aceitação/Acceptance: 27/07/2024

Diseño de un Data WareHouse: Caso de estudio Liderazgo en estudiantes de la región los Chenes

Luz María Hernández Cruz [1], Diana Concepción Mex Álvarez[1], Charlotte Monserrat Llanes Chiquini[2], Heribé Felipe Uribe Santiago[1] y Otniel Elihu Martinez Dionicio[1]

lmhernan@uacam.mx; diancmex@uacam.mx; chmllane@uacam.mx; hefuribe@uacam.mx y al066217@uacam.mx

[1] Universidad Autónoma de Campeche, Facultad de Ingeniería. Predio s/n por Av. Humberto Lanz Cárdenas y Unidad Habitacional Ecológica Ambiental Siglo XXIII, Col. Ex –Hacienda Kalá C.P. 24085 San Francisco de Campeche, Campeche, México.

[2] Universidad Autónoma de Campeche, Facultad de Contaduría y Administración. Av. Agustín Melgar S/N entre Juan de la Barrera y Calle 20 Col. Buenavista. CP 24039, San Francisco de Campeche, Campeche; México.

Pages: 271-279

Resumen: El presente estudio está enfocado en analizar el uso de la metodología Kimball para el diseño y construcción de un repositorio de datos que permita la consolidación y centralización correcta de los datos de una encuesta de Liderazgo a estudiantes de la zona los Chenes para su futuro análisis con una solución de inteligencia de negocios. El objetivo principal es disponer de un proceso sistematizado que permita diseñar un Data warehouse de manera pertinente, precisa, fácil y rápida como repositorio y futuro análisis del estudio de campo realizado. Como valor agregado se exhibe un esquema propio del proceso y se integra el uso de Microsoft SQL Server 2019 como tecnología emergente. El desarrollo del estudio incluye sentencias de código principales que permite dar seguimiento puntual a la implementación del proceso. Los resultados expuestos en la investigación aplicada servirán a los administradores de sistemas de información en la construcción de repositorios de datos y/o soluciones de inteligencia de negocios. Igualmente, se contribuye a la línea de investigación de estudios científicos que integran metodologías o estándares aceptados y reconocidos para el manejo eficiente de grandes volúmenes de datos.

Palabras-clave: Data warehouse, Modelo Kimball, Microsoft SQL, Estudio de campo

Design of a Data WareHouse: Case study Leadership in students from the Los Chenes region

Abstract: The present study is focused on analyzing the use of the Kimball methodology for the design and construction of a data repository that allows the correct consolidation and centralization of data from a Leadership survey of students in the Los Chenes area for future analysis with a business intelligence solution. The main objective is to have a systematized process that allows a Data warehouse to

be designed in a pertinent, precise, easy and quick way as a repository and future analysis of the field study carried out. As an added value, an outline of the process is displayed, and the use of Microsoft SQL Server 2019 is integrated as an emerging technology. The development of the study includes main code sentences that allow timely monitoring of the implementation of the process. The results presented in the applied research will serve information systems administrators in the construction of data repositories and/or business intelligence solutions. Likewise, it contributes to the line of research of scientific studies that integrate accepted and recognized methodologies or standards for the efficient management of large volumes of data.

Keywords: Data warehouse, Kimball Model, Microsoft SQL, Study.

1. Introducción

Las organizaciones o empresas recogen datos, información y conocimiento de modo continuo que se almacenan en sistemas computarizados. El mantenimiento y uso de esos datos y la información se vuelven complejos, sobre todo, cuando se necesitan escalar esos datos a volúmenes de datos mayores. El trabajo y la gestión con múltiples bases de datos integradas se vuelven tareas extremadamente difíciles que cada día requieren sólidos conocimientos técnicos y experiencias.

Un data warehouse es un repositorio de datos estructurados, integrados, de múltiples fuentes, organizados para la creación de informes analíticos. Utilizan múltiples bases de datos para diferentes tipos de almacenamiento de datos tales como ingestión, área de staging y transformación y procesamiento como procesamiento analítico (OLAP) o procesamiento de transacciones en línea (Aguilar, Internet de las cosas: Un futuro hiperconectado: 5G, inteligencia artificial, Big Data, Cloud, Blockchain y ciberseguridad, 2021)

Las características fundamentales de un data warehouse son (Aguilar, Sistemas de Información en la empresa, 2015):

- Orientado a temas (entidades): La orientación a temas proporciona una visión más completa y comprensiva de la organización. Durante el análisis de inteligencia de negocios la orientación hacia temas permite el desempeño o rendimieno de una compañía se pueda evaluar.
- Integrado: Los datos que se producen en las diferentes fuentes se integran y homogenizan a medida que se cargan en un data warehouse.
- Variable con el tiempo: un data warehouse mantiene datos históricos. El tiempo es una dimensión importante que deben soportar todos los data warehouse.
- No volátil. Los data warehouse se actualizan solo a través de procesos de carga (entrada) en lugar de los usuarios.
- Multidimensional. Un data warehouse puede utilizar una estructura relacional o multidimensional. Las bases de datos relacionales almacenan datos en tablas bidimensionales. Que consta de más de dos dimensiones.
- Basados en la web. Los data warehouse se diseñan, para proporcionar un entorno de computación eficaz para aplicaciones basadas en la web.
- Cliente/servidor. Un data warehouse utiliza la arquitectura cliente/servidor para proporcionar acceso fácil a los usuarios finales.
- Tiempo real. Los nuevos data warehouse permiten gestión de datos en tiempo real.

- Metadatos. Un data warehouse contiene metadatos (datos que generan otros datos) que facilitan la gestión de datos complejos.
- Consolidados. Los datos almacenados en un data warehouse se obtienen, normalmente, como resúmenes parciales de datos principales que pertenecen a los sistemas operacionales de los cuales se originaron.

Muchas investigaciones hacen referencia a metodologías o modelos para el diseño e implementación de soluciones de Inteligencia de Negocio, principalmente la Metodología Hefesto y Kimball. Además, existen estudios de investigación que proponen nuevos enfoques, modelos o metodologías. Castillo Rojas, Medina Quispe y Fariña Molina en su artículo titulado "Una Metodología para Procesos Data WareHousing Basada en la Experiencia" proponen una metodología integrada con las siguientes etapas: definición de requerimientos del negocio, modelado dimensional, diseño físico, y diseño e implementación del subsistema ETL (Castillo Rojas , Medina Quispe, & Fariña Molina, 2018).

2. Modelo Kimball

El enfoque de Rall Kimball es un modelo que propone un enfoque ascendente (bottom-up) que emplea el modelo dimensional conocido como enfoque de Data Mart. El modelo Kimball se centra en la expresión "plan big, build small" ("un gran plan, una construcción pequeña). Un Data Mart es un Data warehouse orientado a las peticiones o necesidades de un departamento (tema específico). En consecuencia, es una versión descendente de un Data warehouse. (Aguilar, Inteligencia de negocios y analítica de datos: Una visión global de Business Intelligence & Analytics, 2019)

El modelo Kimball es rápido de implementar, con bajo costo inicial y el nivel técnico requerido es básico, dado que se enfoca a integrar áreas de negocio individuales, pero el mantenimiento es difícil y redundante. (Medina, Big data, una oportunidad de mejora en las organizaciones, 2018) (Medina, Administraci—n, gobernanza del conocimiento y datos, 2029)

La metodología Kimball consta de una serie de tareas que hay que llevar a cabo de forma ordenada y que hay que acometer concurrentemente.

Las Fases del ciclo de vida Kimball son:

- Planificación del Proyecto.
- Definición de los requerimientos del negocio.
- Modelo dimensional.
- Diseño físico.
- Diseño y desarrollo de presentación de los datos.
- Diseño de la Arquitectura Técnica.
- Selección de Productos e Instalación.
- Desarrollo de Aplicaciones para usuarios finales.
- Implementación.
- Especificación de Aplicaciones para usuarios finales.

Es importante resaltar, que los requerimientos de la organización determinarán el alcance de la data warehouse, es decir, qué datos va a contener, cómo can a estar organizados, cuando se llevaran a cabo las actualizaciones de los mismos y quien tendrá permiso o no para acceder a los datos y manipularlos. (Collado, 2015)

3. Análisis e interpretación del ciclo de vida Kimball

La construcción de una solución de DW/BI (Datawarehouse/Business Intelligence) es sumamente compleja, de ahí la importancia de conocer e implementar la metodología Kimball, por esta razón se describe brevemente las tareas involucradas como se muestran en la Figura 1: (Gonzalez, 2021)

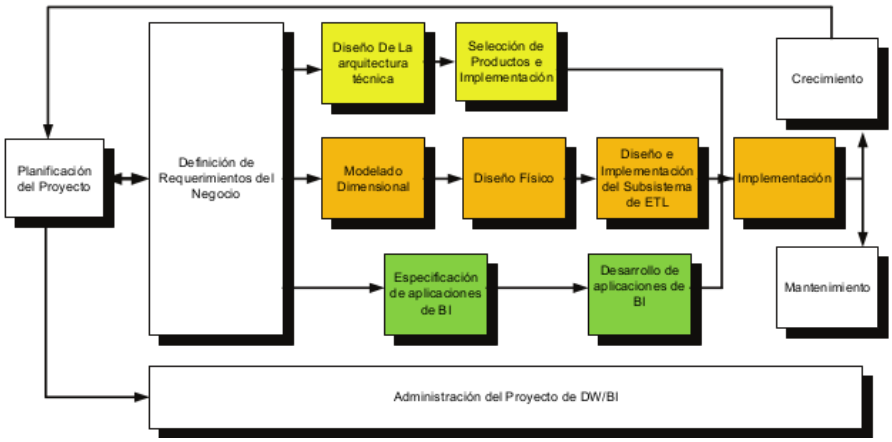


Figura 1 – Ciclo de vida de la metodología Kimball

La tarea principal para iniciar la metodología Kimball "definición de requerimientos del negocio" está centrada en el "*focus on the business*", es la fase dónde se entiende cómo los usuarios operan en su día a día, es decir, conocer detalladamente la situación actual del negocio. En el presente estudio, esa etapa está comprendida con la definición de un Proyecto de Investigación denominado "Diagnóstico del Liderazgo como una habilidad en estudiantes de comunidades indígenas (zona los Chenes)" cuyo objetivo general es realizar un diagnóstico de la evaluación del liderazgo como una competencia en estudiantes de comunidades indígenas en la zona chenera del estado de Campeche.

Con base a lo anterior, se implementará un Data Warehouse que permita consolidar la información recabada de los estudiantes mediante la aplicación de una encuesta para evaluar el nivel y tipo de liderazgo preponderante en cada uno de ellos y poder realizar un análisis posterior, teniendo con fin último tomar medidas que subsanen las deficiencias en el desarrollo de dicha competencia.

Para la implementación del diseño del Data Warehouse se desarrollarán las etapas: Modelado dimensional y Diseño Físico de la Metodología Kimball.

3.1. El Data Warehouse dentro de la metodología Kimball.

3.1.1. El Modelamiento dimensional

El modelamiento dimensional es una técnica de diseño lógico que busca presentar la información en una estructura estándar que es intuitiva y permite acceso de alto desempeño. Está basado en un modelo denominado <<modelo estrella», cuyos principales componentes son tablas de hechos y tablas de dimensiones. Cada modelo estrella tiene como tabla central una tabla de hechos y, a su alrededor, las tablas de dimensiones. Una tabla de hechos es la tabla principal en cada modelo dimensional que está implicada en contener métricas del negocio (ventas, costos. etcétera). Las dimensiones son tablas cuyos atributos corresponden a los criterios por los cuales se desea consultar. La propuesta de un modelo estrella es recorrer el camino inverso al que se hace al diseñar un sistema basado en un criterio de entidad-relación, el cual exige la absoluta normalización de las estructuras de datos. Consideremos el Siguiente modelo estrella, conformado por cuatro tablas dimensionales (tiempo, almacén, producto y promoción) y la tabla de hechos de ventas.

Todas las tablas dimensionales contienen una clave propia para el modelo, la cual representa la clave primaria en cada una de ellas. Esta clave es un numérico autogenerado para este modelo. La clave primaria de la tabla de hechos, salvo excepciones, es la combinación de las claves de las tablas de dimensión.

El modelo mantiene una integridad referencial plena, a través de las claves mencionadas. El lector podrá notar que a la tabla de hechos no podrá ingresar ninguna fila que no contenga valores para las cuatro dimensiones que la rodean.

A partir de un modelo desnormalizado como el mostrado, se buscan rápidas respuestas a las consultas de los usuarios; nótese que en la tabla dimensional de productos se tienen en la misma tabla, además del producto, la marca y la categoría, las cuales, en un modelo entidad.

Relación tradicional, estarían en tablas normalizadas adicionales. En el siguiente diagrama podemos apreciar cómo se guarda la información en el modelo estrella, 10 que permite una adecuada performance de análisis.

El proceso del Modelo Kimball que permite diseñar el Data warehouse es la fase de Modelamiento dimensional. Para el caso de estudio de la recogida de datos de la encuesta de Liderazgo para estudiantes en la región de los Chenes, México se definen las Dimensiones y la tabla Hecho presentadas a continuación.

REPOSITORIO
create database Datawarehouse

Tabla 1 – Definición del Repositorio (Data Warehouse)

TABLAS DE DIMENSIONES PARA EL DISEÑO DEL REPOSITORIO (DATA WAREHOUSE)
IES: almacena los datos de la Institución de Educación Superior a la que está afiliada
PE: almacena los datos del Programa Educativo al que pertenece el estudiante
ESTUDIANTE: almacena los datos del Estudiante encuestado
LIDERAZGO: almacena el resultado de los indicadores correspondiente a los tipos de Liderazgo

Tabla 2 – Tabla de Dimensiones

TABLA HECHO
TH_RECOGIDADEDATOS: almacena los datos de la Institución de Educación Superior a la que está afiliada

Tabla 3 – Tabla de Hecho

3.1.2. Diseño Físico

El proceso del Modelo Kimball que permite diseñar el Data warehouse es la fase de Modelamiento dimensional. Para el caso de estudio de la recogida de datos de la encuesta de Liderazgo para estudiantes en la región de los Chenes, México se definen las cuatro Tabla de Dimensiones (IES, PE, ESTUDIANTE y LIDERAZGO) y la Tabla Hecho (TH_ RecogidaDatos). El Modelo de Estrella diseñado para el Data Warehouse se muestra en la Figura 2.

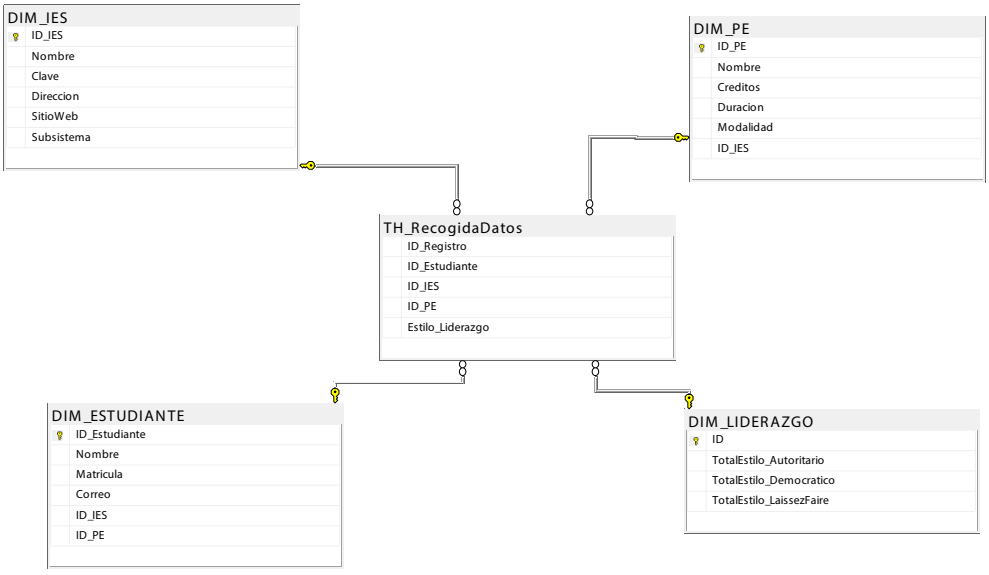


Figura 2 – Modelo estrella del Data Warehouse Liderazgo.

El Modelo físico fue implementado en el sistema gestor de bases de datos Microsoft SQL Server 2019. A continuación se enlistan las sentencia en Lenguaje SQL Transact para la creación del Modelo físico diseñado (Ver Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7).

SQL Transact: create a database
create database Datawarehouse

Tabla 4 – Instrucciones en Lenguaje SQL TRANSACT para crear el Repositorio

SQL Transact: create a dimension table "DIM_LIDERAZGO"
CREATE TABLE [dbo].[DIM_LIDERAZGO]([ID] int NOT NULL, [TotalEstilo_Autoritario] int NULL, [TotalEstilo_Democratico] int NULL, [TotalEstilo_LaissezFaire] int NULL,)

Tabla 5 – Instrucciones en Lenguaje SQL TRANSACT para crear la Dimensión LIDERAZGO

Transact: create a dimension table "TH_RECOGIDADEDATOS"
CREATE TABLE [dbo].[TH_RecogidaDatos]([ID_Registro] int NULL, [ID_Estudiante] int NULL, [ID_IES] int NULL, [ID_PE] int NULL, [Estilo_Liderazgo] int NULL) ON [PRIMARY]

Tabla 6 – Instrucciones en Lenguaje SQL TRANSACT para la tabla Hecho **TH_ RECOGIDADEDATOS**

Relaciones del Modelo estrella
ALTER TABLE [dbo].[TH_RecogidaDatos] WITH CHECK ADD CONSTRAINT [FK_TH_ RecogidaDatos_DIM_ESTUDIANTE] FOREIGN KEY([ID_Estudiante]) REFERENCES [dbo].[DIM_ ESTUDIANTE] ([ID_Estudiante]) GO
ALTER TABLE [dbo].[TH_RecogidaDatos] CHECK CONSTRAINT [FK_TH_RecogidaDatos_DIM_ ESTUDIANTE] GO
ALTER TABLE [dbo].[TH_RecogidaDatos] WITH CHECK ADD CONSTRAINT [FK_TH_ RecogidaDatos_DIM_IES] FOREIGN KEY([ID_IES]) REFERENCES [dbo].[DIM_IES] ([ID_IES]) GO
ALTER TABLE [dbo].[TH_RecogidaDatos] CHECK CONSTRAINT [FK_TH_RecogidaDatos_DIM_IES] GO
ALTER TABLE [dbo].[TH_RecogidaDatos] WITH CHECK ADD CONSTRAINT [FK_TH_ RecogidaDatos_DIM_LIDERAZGO] FOREIGN KEY([Estilo_Liderazgo]) REFERENCES [dbo].[DIM_ LIDERAZGO] ([ID]) GO
ALTER TABLE [dbo].[TH_RecogidaDatos] CHECK CONSTRAINT [FK_TH_RecogidaDatos_DIM_ LIDERAZGO] GO

Relaciones del Modelo estrella
ALTER TABLE [dbo].[TH_RecogidaDatos] WITH CHECK ADD CONSTRAINT [FK_TH_ RecogidaDatos_DIM_PE] FOREIGN KEY([ID_PE]) REFERENCES [dbo].[DIM_PE] ([ID_PE]) GO
ALTER TABLE [dbo].[TH_RecogidaDatos] CHECK CONSTRAINT [FK_TH_RecogidaDatos_DIM_PE] GO

Tabla 7 – Instrucciones en Lenguaje SQL TRANSACT para creación de relaciones en el modelo estrella del Data Warehouse

Así, con los dos procesos Modelamiento dimensional y Modelo físico del Modelo Kimball, se ha diseñado el Data Warehouse como Repositorio de datos en el Proyecto "Diagnóstico del Liderazgo como una habilidad en estudiantes de comunidades indígenas (zona los Chenes)". Al mismo tiempo, se ha creado un elemento crucial para el futuro análisis de la información consolidada que se pudiera recabar.

4. Conclusiones

Exhibir la apropiación de la competencia del Liderazgo en estudiantes de comunidades indígenas con la evaluación mediante un estudio de campo aplicando un instrumento pertinente para la recogida de datos. Un análisis e interpretación de los datos para la futura intervención con base a los hallazgos que emanen de este proyecto de investigación. Asimismo, siendo un proyecto social que fomenta la interculturalidad y la no discriminación.

la investigación sobre el diseño de un Data WareHouse para el liderazgo estudiantil en la región de los Chenes ha sido exitosa en su objetivo de aplicar la metodología Kimball para la consolidación y centralización de datos de encuestas. Destacamos la importancia de un proceso sistematizado y eficiente en el diseño de un Data WareHouse, así como la integración de tecnologías emergentes como Microsoft SQL Server 2019, se subraya la relevancia de mantenerse al día con las tendencias tecnológicas en la gestión de datos. Este enfoque no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también abre nuevas posibilidades para el análisis y la generación de información estratégica. Los resultados obtenidos son de gran utilidad para los administradores de sistemas de información en la construcción de repositorios de datos y soluciones de inteligencia de negocios.

Este estudio no solo proporciona una guía práctica para la implementación de un Data WareHouse en el contexto del liderazgo estudiantil, sino que también ofrece una visión más amplia sobre el potencial de las soluciones de inteligencia de negocios en el ámbito educativo. Al fomentar la investigación en el manejo eficiente de grandes volúmenes de datos y la aplicación de metodologías reconocidas, se allana el camino hacia un futuro donde la información sea un activo clave en la toma de decisiones para mejorar la calidad educativa y el rendimiento estudiantil.

Referencias

Aguilar, L. J. (2015). *Sistemas de Información en la empresa*. México: Alpha Editorial. https://books.google.com.mx/books?id=0HNxEAAAQBAJ&pg=PA211&dq=qu%C3%A9+es+un+data+warehouse&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj_rad6pr8AhW0TjABHZJzCXE4ChDoAX0ECAgQAg#v=onepage&q=qu%C3%A9%20es%20un%20data%20warehouse&f=false

Aguilar, L. J. (2019). *Inteligencia de negocios y analítica de datos: Una visión global de Business Intelligence & Analytics*. México: Alpha Editorial. https://books.google.com.mx/books?id=ifR5EAAAQBAJ&pg=PA165&dq=modelo+Kimball&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjKlMTUmZ78AhWOjbAFHVDZCHMQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q=modelo%20Kimball&f=false

Aguilar, L. J. (2021). *Internet de las cosas: Un futuro hiperconectado: 5G, inteligencia artificial, Big Data, Cloud, Blockchain y ciberseguridad*. México: Marcombo. https://books.google.com.mx/books?id=HE1OEAAAQBAJ&pg=PA168&dq=qu%C3%A9+es+un+repositorio+de+datos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwifn6m56Jr8AhWUQzABHQt5Cnw4ChDoAX0ECAsQAg#v=onepage&q=qu%C3%A9%20es%20un%20repositorio%20de%20datos&f=false

Castillo Rojas, W; Medina Quispe, F. y Fariña Molina, F. (2018). Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (RISTI), No. 26. pp. 83-103.

Collado, M. V. (2015). *UF1884 - Almacenamiento de datos en sistemas ERP-CRM*. España: Editorial Elearning, S.L. https://books.google.com.mx/books?id=DbZWDwAAQBAJ&pg=PA78&dq=ciclo+de+vida+de+negocio++de+Kimball&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwidlsXO0Z78AhW0bDABHfgtCnAQ6AF6BAgDEAI#v=onepage&q=ciclo%20de%20vida%20de%20negocio%20%20de%20Kimball&f=false

Gonzalez, L. (17 de Septiembre de 2021). *La Metodología Kimball para Data Warehouses y BI exitosos*. Obtenido de lituus.cl: https://explodat.cl/Analytics/business-intelligence/la-metodologia-kimball-para-data-warehouses-y-bi-exitosos/

Medina, D. T. (2018). *Big data, una oportunidad de mejora en las organizaciones*. México: Lulu.com. https://books.google.com.mx/books?id=BoydDwAAQBAJ&pg=PA5&dq=modelo+Kimball&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjKlMTUmZ78AhWOjbAFHVDZCHMQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q=modelo%20Kimball&f=false

Medina, D. T. (2029). *Administraci—n, gobernanza del conocimiento y datos*. Lulu.com. https://books.google.com.mx/books?id=N7O9DwAAQBAJ&pg=PA109&dq=modelo+Kimball&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjKlMTUmZ78AhWOjbAFHVDZCHMQ6AF6BAgMEAI#v=onepage&q=modelo%20Kimball&f=false

Plata, E. M. (2015). *Business intelligence: una guía práctica (2a. ed.)*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). https://elibro.net/es/ereader/uacam/41301?page=55

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 21/03/2024
Aceitação/Acceptance: 12/06/2024

Simulación precipitación-escorrentía en la Cuenca Quinindé con HEC-HMS

Lissette Mendoza[1,2], Andy Giler[3], Xiomara Zambrano[3], Diego Mora[4]

[1]Interagua; [2]PUCE-M; [3]Universidad Técnica de Cotopaxi; [4]Universidad de Cuenca

Pages: 280-293

Resumen: Aquí se ejecutó un modelo hidrológico en la cuenca del río Quinindé, provincia de Esmeraldas, aplicando el software HEC-HMS. Se emplearon datos históricos de lluvia extraídos de la plataforma Giovanni del satélite TRMM 3B43 V7 y datos de caudales del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Se empleó el método Soil Moisture Accounting (SMA) para determinar el porcentaje de infiltración y el método de Nash-Sutcliffe (NSE) para conocer el nivel de confiabilidad. Los resultados indican que, en esta zona el suelo permanece saturado de agua todo el año debido a su propiedad de retención, con un caudal de 250m^3/s en épocas lluviosas y un caudal pico de 50m^3/s en épocas secas. Esto indica que el 51% del total de la lluvia se infiltra y el 49% escurre en la superficie. Los resultados NSE muestran una calibración satisfactoria de 0,53 con un rango de fiabilidad entre 0,5 a 0,65.

Palabras-clave: modelo hidrológico, escorrentía, precipitación, Quinindé

Precipitation-runoff simulation in the Quinindé Basin with HEC-HMS

Abstract: Here, a hydrological model was run in the basin of the Quinindé River, province of Esmeraldas, applying HEC-HMS. Some historical precipitation data from the Giovanni platform of the TRMM 3B43 V7 satellite were used for model calibration, while some flow data were collected from the National Institute for Meteorology and Hydrology (INAHMI, for its initials in Spanish). The Soil Moisture Accounting Loss Method (SMA) model was used to determine the percentage of infiltration, and the Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient was used to assess reliability. The results indicate that, in this area, the soil remains saturated with water all year round due to its retention property, with a flow rate of 250m^3/s in rainy seasons and a peak flow rate of 50m^3/s in dry seasons. This indicates that 51% of the total rainfall infiltrates and 49% runs off on the surface. The NSE results show a satisfactory calibration of 0.53 with a reliability range between 0.5 to 0.65.

Keywords: hydrological model, runoff, precipitation, Quinindé

1. Introducción

La implementación de modelos informáticos y matemáticos en modelaciones hidrológicas para simular lluvias y escorrentías superficiales, se ha catalogado como una herramienta útil para poder predecir y analizar flujos de cauces naturales y tomar estos parámetros de diseño para las obras hidráulicas (Wouter & Beven, 2011). Existen modelos informáticos para simular una respuesta hidrológica de una cuenca y que son de dominio público, como el Hydrologic Engineering Center (HEC-HMS), desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU. Para simular un evento de precipitación y analisar caudales picos que se generan en la superficie, las mediciones de caudales y los datos precipitación son datos relevantes para el análisis. Aunque por otro lado, lo que ocurre bajo el suelo aún sigue siendo una incertidumbre, en vista que los parámetros de infiltración o percolación sub-superficial y subterránea son datos tomados mediante mediciones indirectas (Cabrera, 2020), es decir, mediante la aplicación de fórmulas a partir de datos primarios. Todos estos parámetros mencionados que involucran el ciclo hidrológico, afectan las zonas de la cobertura del suelo, provocando cambios en la cobertura vegetal y que son reconocidos como la principal influencia por el comportamiento dinámico de las aguas superficiales (Antueno & J. Gaspari, 2020). Adicional a esto, estos fenómenos generan sequías hídricas, provocando afectaciones para las actividades del agricultor, así como también, excesos de precipitación, causando severos problemas de inundaciones en zonas vulnerables (Olcina, 2009)

Las inundaciones en la provincia de Esmeraldas son provocadas por las fuertes precipitaciones, pendientes pronunciadas que provocan erosión de suelos y arrastre de sedimentos, cambios en su cobertura vegetal y la inexistencia de un sistema de control de inundaciones, lo que dificulta la toma de decisiones. Siendo esta última, debido a la falta de información sobre la gestión de recursos hídricos por parte de los altos mandos de las juntas de agua, falta de tecnología suficiente, como la implementación de modelaciones hidrologicas e hidraulicas que permiten aplicar planes de contingencia y de emergencia ante desastres naturales. Otras de las problemáticas, es que los pobladores por desconocimiento y falta de recursos económicos, ubican sus viviendas junto a la ribera de los ríos, sin conocer las pérdidas humanas y económicas que las inundaciones pueden provocarles. (Vargas Guajala, 2017). La aplicación de modelos hidrológicos se ha extendido a nivel mundial, debido a su gran apoyo para las predicciones de inundaciones ayudando a líderes y especialistas a tomar mejores decisiones y obtener parámetros de diseño para la implementación de obras hidráulicas futuras en espacios determinados. (Estrada Sifontes & Pacheco Moya, 2015). Considerando que los modelos hidrológicos analizan el comportamiento del agua procedentes de precipitaciones pluviales, se utiliza la herramienta Hydrologic Engineering Center (HEC-HMS) para simular la precipitación-escorrentía en la cuenca del Río Quinindé, ubicada en la provincia de Esmeraldas. Para ejecutar la presente investigación y el modelo hidrológico es necesario tener datos de precipitación, los cuales fueron obtenidos de la plataforma Giovanni del satélite TRMM 3B43 V7, debido a que la cuenca en estudio no tiene libre acceso a las mediciones diarias en la página del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), mientras que el caudal si fue obtenido del INAMHI.

El objetivo General es simular de forma continua la precipitación-escorrentía de la cuenca Quinindé para la calibración de los parámetros del modelo hidrológico Soil Moisture Accounting (SMA).

2. Metodología y datos

La metodología aplicada en este proyecto se ha desarrollado en tres fases, con la finalidad de describir los pasos realizados para elaborar un modelo hidrológico de lluvia - escorrentía.

3. Datos

3.1. Zona De Estudio

El estudio fue realizado en la Cuenca del Río Quinindé: Latitud: 00013'33" N y Longitud: 730 26'00" W. Esta zona está ubicada en un terreno llano, con una gradiente altitudinal que está entre 80 - 300 msnm. Las actividades económicas principales del cantón provienen de la agricultura y ganadería, debido a las características del terreno. La cuenca del río Quinindé tiene un área aproximada de 1.509,60 km² y los principales grupos de suelos encontrados en el área de estudio son los Inceptisoles, Alfisoles y Andisoles. (DIAGNÓSTICO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS, n.d.). El clima en el área de estudio se encuentra definido en el Grupo A, como tropical, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen (1984), que especifica que son climas cálidos, lluviosos todo el año, sin estaciones y corresponden al clima de la selva lluviosa. Clasificado como un tipo de clima Af: Ecuatorial, correspondiente a los climas de los bosques tropicales. La zona tiene un periodo aproximadamente seco de julio a noviembre y un periodo húmedo de diciembre a junio, con un promedio significativo de lluvia durante el año, incluso en los meses más secos.

3.2. Datos de precipitación y caudal

La cuenca del Río Quinindé, se encuentra monitoreada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y está ubicada en la Zona Hidrográfica 080.

Los datos hidrológicos disponibles para simular caudales de descarga y niveles, son extraídos de las estaciones hidrológicas del INAMHI.

En este estudio se consideran datos diarios de caudal para el periodo de 2014, 2015 y 2016 de la estación hidrológica H177, debido a que en estos años existe información de caudales y niveles para la construcción de la curva de descarga. La cuenca tiene dos estaciones hidrológicas adicionales, H216 y H1118, ubicadas aguas arriba de la cuenca en estudio, pero estas no cuentan con toda la data completa, por esta razón, solo se consideran los datos observados de la estación hidrológica H177. Para la ejecución de un modelo hidrológico es también fundamental tener datos de lluvia, el modelo que se ejecuta es un modelo continuo, por lo que se requieren datos promedios diarios históricos de precipitación. En esta investigación la lluvia fue extraída por medio de

datos satelitales del Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM 3B42 V7), para el periodo de 2014, 2015 y 2016. (Giovanni NASA, n.d.). La información es extraída de esta plataforma porque los datos diarios de lluvia no son de libre acceso en el INAMHI.

3.3. Cálculos y resultados

3.3.1. Estudio Hidrológico

3.3.1.1. Delimitación de la Cuenca

Para la delimitación de la cuenca, se utilizó la información del Modelo Digital del Terreno (MDT), proporcionada por la página de EarthData, mediante el satélite ASTER. (EarthData, n.d.). También se utilizó el Software ArcGis, como herramienta para realizar la delimitación de la cuenca. (ESRI, 2018). Con el uso de herramientas de Sistema de Información Geográfica (SIG) y el MDT, se define la red de drenaje y la caracterización de la cuenca en estudio. (Bustos & Georgieff, 2020).

3.3.2. Características de la Cuenca del Rio Quininde

De acuerdo a la delimitación generada, se obtiene que la cuenca tiene una área total de 1.509,60 km2. También se ha determinado su longitud, cota mínima y máxima.

Cuenca	*Área (m2)*	*Área (Km2)*	*Cota Máxima (msnm)*	*Cota Mínima (msnm)*	*Longitud del Cauce (km)*	*Pendiente media del cauce (m/m)*
1	182.660.286	182,7	116	88	8,60	0,003

Tabla 1 – Características de la cuenca.

3.4. Hietograma

Se realiza una simulación continua, por lo que se extrae todo el registro de lluvias diarias del periodo de 2014-2016 de la plataforma Giovanni del satélite TRMM 3B43 V7 y así estimarlo como el hietograma para la modelación hidrológica. Para la cuenca en estudio, el INAMHI no cuenta con acceso libre a lecturas diarias de la lluvia, solo presenta datos históricos mensuales, que para esta investigación no son aplicables. Con base a esto, esta plataforma es una alternativa para extraer datos estimados en zonas sin información (Laura et al., 2015) y está diseñada para monitorear y estudiar precipitaciones tropicales y subtropicales. Adicionalmente, los datos son considerados como imprecisos por lo que el uso de esta información puede inferir en los resultados, debido a que son estimaciones de lluvia procedentes de imágenes satelitales. Una vez extraída la data, se tabulan los 365 días del año, de los periodos seleccionados del 2014 al 2016, que en total serían 1.095 datos.

A continuación se muestra la gráfica de los datos:

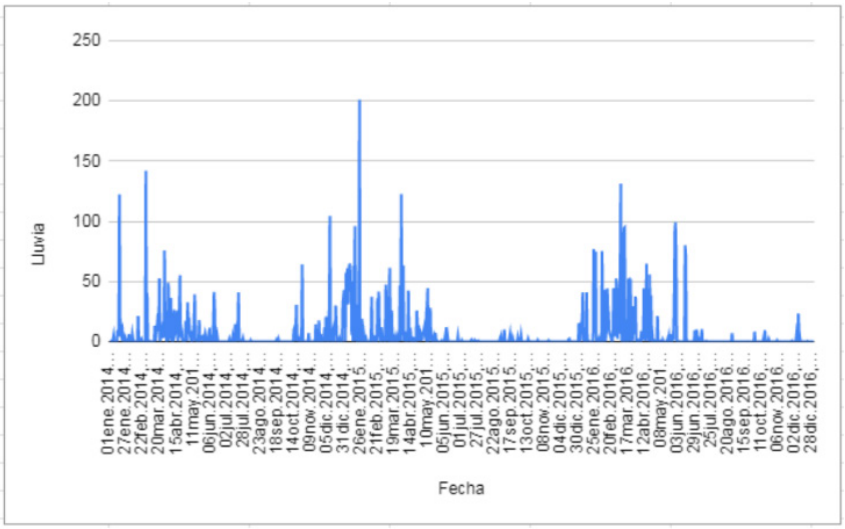


Figura 1 – Datos de lluvia -Satélite TRMM 3B43 V7

3.5. Modelamiento en HEC-HMS

Se realiza la simulación usando la herramienta Hydrologic Engineering Center (HEC-HMS), para determinar caudales de escorrentía e infiltración. En esta investigación se ejecuta una simulación continua, para un periodo de calibración de 2 años (2014-2015) y una periodo de validación de 1 año (2016). La modelación es semi-distribuida. A continuación de detalla los siguiente:

3.6. Cálculos Previos

Para este estudio es necesario definir parámetros importantes para realizar la calibración del modelo, en función de prueba y error.

Se inicia, agregando la red hídrica al software HEC-HMS y se añade las condiciones iniciales del sistema, seleccionando como prioridad el método para determinar las pérdidas de volumen de agua, como consecuencia de la infiltración, es decir, el método Soil Moisture Accounting (SMA). (Gestión sostenida del agua, 2016). El método considera la cuenca como capas de almacenamientos relacionadas entre sí, en donde se intercepta la lluvia, el almacenamiento de depresión superficial, la infiltración, la evapotranspiración y el flujo de aguas subterráneas. (Unidad Nacional Para La Gestión del Riesgo De Desastres – Instituto Geofísico – Universidad Javeriana, 2017).

A continuación se detallan los datos considerados en el modelo para la calibración de la cuenca Quinindé: Se inicia con la selección de las condiciones iniciales para el cálculo de la lluvia, escorrentía e infiltración. Previamente se extrajo información de la cuenca, como el área de aporte de 1.509 km2 con la herramienta ArcGis. Para el estudio, se selecciona el método de transformación de la lluvia: Clark Unit Hydrograph (CUH), para

el cálculo de pérdidas el método Soil Moisture Accounting (SMA). Se considera que el modelo inicia con un flujo base y para ejecutar la calibración se selecciona un caudal base mensual de enero a diciembre.

Para la selección de pérdidas en el suelo con el método Soil Moisture Accounting (SMA), es necesario considerar datos relevantes propios del método utilizado, como caudal de almacenamiento superficial inicial y coeficientes de almacenamientos en cada una de las capas consideradas de la cuenca. Es importante mencionar que los datos que se colocan son en base a prueba y error hasta ajustar los datos simulados con los medidos. En el HEC-HMS existen rangos teóricos que se pueden considerar como datos iniciales para los parámetros seleccionados

Para los datos de medición de caudal, se observó que el hidrograma reflejaba un flujo base en todo los años, por lo que para lograr la calibración, se estimó un caudal base, mediante el uso del parámetro Constan Monthly.

Para la selección del método de transformación de la lluvia, se seleccionó el método Clark Unit Hydrograph porque considera la cuenca como un depósito, es decir, que la cantidad de agua que ingresa se debe reflejar en la salida. En este apartado se indica el tiempo de concentración de la cuenca y coeficiente de almacenamiento. (Sanchez, 2022)

Otro de los métodos seleccionado, es el Surface, por default se selecciona el Simple Surface, en este apartado se debe indicar el porcentaje inicial de almacenamiento y la cantidad máxima de lluvia en milímetros.

En el HEC-HMS existen rangos teóricos que se pueden considerar como datos iniciales para cada parámetro detallado y que varían conforme se va ajustando a la calibración deseada.

Otro dato importante para la calibración del modelo, es la evapotranspiración que para este caso, se seleccionó el método Penman-Monteith, que se basa en cálculos matemáticos para saber la evaporación en una superficie abierta de agua, basado en datos climáticos, como la temperatura, la insolación solar, la humedad atmosférica y velocidad del viento. (Guevara Díaz, 2006).

Se usaron 2 herramientas de apoyo para poder determinar la ETo: CLIMWAT y CROPWAT. El CLIMWAT es un software que contiene base de datos climáticos de estaciones climatológicas del mundo. Este software se utiliza en conjunto con el CROPWAT para calcular variables hídricas de los cultivos. (FAO, n.d.).

Para este caso el CROPWAT, utilizando el método de Penman-Monteith, indica un valor de ETo de 2,67 mm/día.

3.6.1. Ajustes de calibración y validación

Para calibrar se usan datos hidro-climatológicos del periodo 2014-2015 y es validado con datos del 2016. El ajuste del modelo consistió en optimizar los parámetros de entrada, con la finalidad de que los caudales simulados se ajusten a los caudales observados. Para esto, se utilizó la eficiencia Nash-Sutcliffe (NSE). Este criterio es utilizado para saber el poder reproductivo del modelo hidrológico, que consiste en la comparación de la variable del caudal simulado con la variable del caudal observado.

4. Resultados

El objetivo de este estudio fue analizar el modelo hidrológico Hydrologic Engineering Center (HEC-HMS) para conocer la escorrentía superficial de la cuenca del río Quinindé, a partir de datos de lluvia extraídos del radar satelital TRMM 3B42 V7. Se adjunta tabla de resumen de los resultados.

Periodos	Año	Caudal Pico Simulado (m3/s)	Caudal Pico Observado (m3/s)	Volumen Precipitación (mm)	Volumen perdidas (mm)	Volumen excedente (mm)	Volumen Base (mm)	Nash y Sutcliffe
Calibración	2014-2015	1443,50	1205,00	3492,22	1788,37	1703,85	3044,90	0,53
Validación	2016	1239,20	1205,00	6745,46	3042,66	3702,81	4574,79	0,50

Tabla 2 – Resultados de calibración y validación.

4.1. Calibración del modelo

En la **figura 2** se observa, el comportamiento de la creciente máxima simulada o caudal pico simulado, y el volumen simulado de las pérdidas de agua, durante los 2 años seleccionados como calibración (2014 y 2015).

Aplicando la teoría de NSE, la modelación indica que el índice es de 0,53. Según lo indicado por (Moriasi, 2007), para las referencias de los valores NSE entre 0,50 y 0,65 son valores que están dentro de rangos satisfactorios. Por lo tanto, se considera que la calibración realizada, cumple con parámetros satisfactorios.

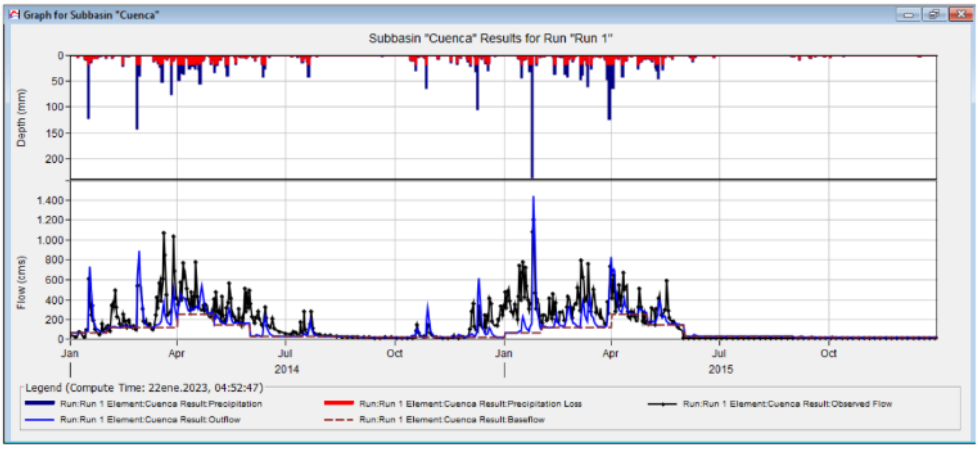


Figura 2 – Calibración - Datos medidos (H177) vs Datos Simulados.

De acuerdo a los resultados, indican que el caudal pico es de 1403,05 m3/s, con un volumen de precipitación de 3492,22 mm, de cuales 1.788,37 mm que corresponde al 51% es un volumen de agua que se pierde. Por otro lado, 1703,85 mm, que corresponden al 49% pertenece a un excedente de volumen de agua que escurre. Es decir, que de acuerdo a los resultados obtenidos la mayor parte del agua que ingresa al sistema se pierde, por medio de infiltración o evapotranspiración.

Adicionalmente, en la gráfica adjunta, se observa que los resultados simulados de los caudales picos, están por debajo de los caudales picos observados. El caudal pico observado es de 1.205 m3/s, es decir, una diferencia de 238 m3/s. Indicando que el modelo no presenta una coherencia para representar los caudales picos medidos para los años seleccionados.

También se puede indicar que el flujo base es predominante para la calibración, con un caudal de 250m3/s aproximadamente en épocas lluviosas, por lo tanto, se estima que el suelo está saturado de agua en tiempos de invierno, teniendo gran capacidad de retención de agua. Para las épocas secas, el flujo base se mantiene por debajo de los 50m3/s.

4.2. Validación del modelo

Para el periodo de validación, se consideró el año 2016, por lo tanto se obtiene lo siguiente:

Para el coeficiente de NSE y conforme a los resultados revisados se obtiene el valor de 0,50 considerando al modelo dentro de los rangos satisfactorios. A continuación en **la Figura 3** se observan los resultados en etapa de validación.

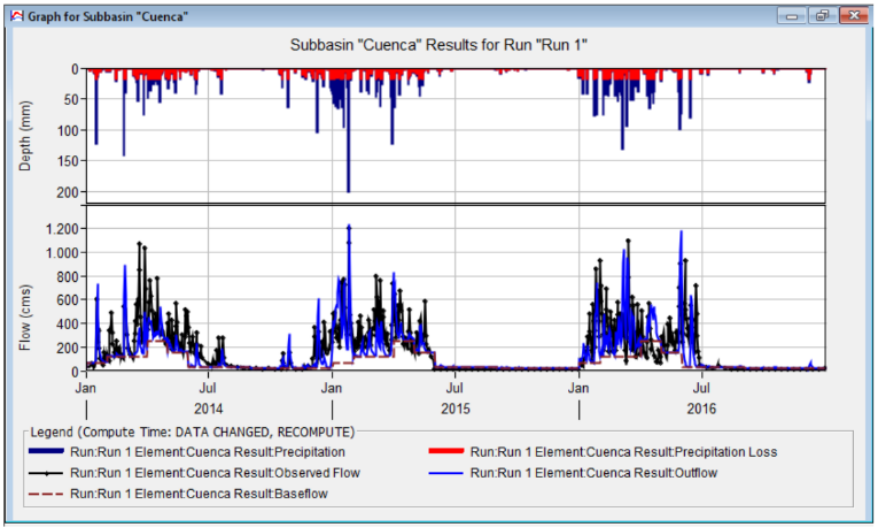


Figura 3 – Validación - Datos medidos (M177) vs Datos Simulados.

En la gráfica adjunta, se observa que para el año de validación 2016, la curva se ajusta moderadamente a lo simulado. Pero los picos de la creciente, se encuentran por debajo de los observado.

Es decir, que con los datos satelitales de TRMM 3B42 V7 no logra ajustar el comportamiento de las crecientes, conforme a los observado.

4.3. Datos hidrometeorológicos, edafológicos, geológicos y de usos del suelo

Con el uso de herramientas del SIG se esquematiza mediante planos el detalle y clasificación de usos del suelo, así como la geomorfología y geopedología que tiene la cuenca del río Quinindé. Ver Anexo 1 y Anexo 2

En el Anexo 1, se muestra las clases de uso de las tierras existentes dentro de la cuenca en estudio, concluyendo que:

En la cuenca baja, presenta usos de suelos de clases establecidas por el MAGAP, en particular las clases II, III y IV, que indican limitaciones de muy ligeras a moderadas; mientras que para la cuenca media predominan usos de suelo de clase VI y VII, que indican limitaciones muy fuertes y tierras de protección; finalmente en la cuenca alta existen usos de suelo de clase VIII, que indican limitaciones severas y tierras de conservación.

Conforme a los resultados del modelo hidrológico versus el detalle de los esquemas, se puede confirmar que la capacidad de retención de agua que tiene la cuenca, es debido a que gran parte de la misma se encuentra en zonas planas, perteneciendo a la categoría de suelos de clase II, III y IV, con pendientes suaves y buena permeabilidad. Debido a esto, el modelo presenta un flujo base constante durante todo el año.

5. Discusión

Algunos de los parámetros utilizados para este estudio son necesarios discutirlos. En primer lugar, el uso de datos provenientes de radares satelitales como TRMM 3B42 V7, fue una alternativa importante porque para la cuenca del río Quinindé no se tenía acceso a datos diarios de lluvias, un parámetro importante para la simulación de un modelo continuo. En comparación con estudios realizados por (Arias-Hidalgo et al., 2012), indica que en la cuenca del río Guayas utilizaron datos satelitales para completar datos pluviométricos, realizando dos simulaciones: una con datos pluviométricos y otra con datos satelitales TRMM, dando resultados aceptables, indicando que el uso de datos TRMM puede aportar mucho en cuencas no aforadas.

Para la presente investigación, el índice de NSE presenta un valor 0,53, estando dentro de los valores satisfactorios, pero en los resultados se observa que, los caudales pico simulados están subestimados, es decir, que no se logra llegar a la creciente máxima observada, debido a que falta intensidad de lluvia en los datos de TRMM 3B42 V7. De acuerdo a la investigación de (Arias-Hidalgo et al., 2012), indica que en las zonas ecuatorianas de poca altitud, los datos de precipitación de radar no coinciden con los datos de precipitación terrestre, pero sí registran el comportamiento espacial. Esta información coincide con esta investigación porque efectivamente los resultados

simulan la conducta del patrón, pero no alcanzan las máximas avenidas medidas por el satélite TRMM 3B42 V7.

Por otro lado, para el cálculo de pérdidas de agua en la cuenca Quinindé, se utilizó el método de Soil Moisture Accounting (SMA). Con este método se pudo identificar la capacidad de infiltración que tiene la cuenca en estudio, debido al flujo base que tiene a lo largo de la época invernal. Si comparamos el estudio con el análisis que hizo Cabrera et al. 2019 en los páramos de las cuencas ecuatorianas, obtuvieron una calibración aceptable y el flujo base fue predominante.

Con los resultados del presente estudio, hay mucha similitud al momento de iniciar la calibración, porque primero se consideró el ajuste del flujo base, y para ello, fue necesaria la calibración de los parámetros referentes como: GW 1 Storage, GW 1 Percolation, GW 1 Coefficient y Soil Percolation y adicional, añadir un flujo base de acuerdo al mes del año. El método empleado concuerda en la forma como inició el ajuste de los parámetros, porque para lograr el valor de ajuste satisfactorio el modelo hidrológico es muy sensible también ante los parámetros mencionados.

6. Conclusiones

- Para realizar la simulación continua del modelo hidrológico, es necesario tener datos diarios históricos de lluvias, pero como en el INAMHI, estos datos no son de libre acceso, se utilizó la Plataforma Giovanni del satélite TRMM 3B42 V7.
- El modelo se ajusta con un coeficiente de NSE de 0,53, dando resultados satisfactorios dentro de los rangos establecidos.
- Al realizar las corridas del modelo, se pudo observar que los datos extraídos del satélite TRMM 3B42 V7 originaron un hidrograma por debajo de lo observado, es decir, generaban muy poco caudal que no permitían alcanzar los picos medidos. Permitiendo confirmar que el uso de estos datos satelitales, son datos poco fiables.
- Fue necesaria la consideración de un flujo base para la calibración del modelo. Se puede deducir que gracias a la capacidad de percolación que tienen los suelos de la zona, pueden retener gran cantidad de agua.
- Existe debilidad para simular con precisión los caudales picos, teniendo subestimaciones en los resultados, sin embargo se obtuvieron resultados satisfactorios, a pesar de que los datos de lluvia, fueron extraídos de radares satelitales.
- Los datos medidos de caudales, no se encontraban completos para todos los años estimados, por esta razón el periodo de calibración es el 2014- 2015 y el periodo de validación el 2016. Se puede usar este documento para la base de la edición final del artículo que se va a enviar.

Referencias

Antueno, L. d., & Gaspari, F, J. (2020). Análisis del efecto del cambio en el uso del suelo sobre el escurrimiento en la cuenca alta del río Sauce Chico, Argentina. Revista Estudios Ambientales, 8(1), 20-42. https://ojs2.fch.unicen.edu.ar/ojs-3.1.0/index.php/estudios-ambientales/article/view/65 9/659

Aparicio, F. (1993). In Fundamentos de hidrología de superficie. Grupo Noriega Editores. https://www.academia.edu/8254237/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_Apar icio

Arias-Hidalgo, A., Bhattacharya, B., Mynett1, E., & van Griensven, A. (2012). Experiences in using the TRMM data to complement rain gauge data in the Ecuadorian coastal foothills. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, (9), 12435–12461. 10.5194/hessd-9-12435-2012

Bonilla, M. (2015, Agosto 15). El Niño motiva un foro climático regional en Esmeraldas. https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/elnino-foro-climatico-esmeraldas.ht ml

Bustos, M. S., & Georgieff, S. (2020). Análisis morfométrico de los principales tributarios del río Salí en la cuenca de Tapia – Trancas a partir del procesamiento en SIG y sensoramiento remoto. Acta Geológica Lilloana, 32(1-2), 27–46. doi:doi.org/10.30550/j.agl/2020.32.1-2/2

Cabrera, J. (2020). Modelacion de Cuencas. http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_1.pdf

Cabrera, J., Timbe, L., & Crespo, P. (2019). Evaluación del modelo HEC-HMS para la simulación hidrológica de una cuenca de páramo. 86(210), 338-344. https://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.70738

Cabrera, J., Timbe, L. L., & Crespo, P. P. (2019, Julio). Evaluation of the HEC-HMS model for the hydrological simulation of a paramo basin. DYNA, 86(210), 338-344. https://www.redalyc.org/jatsRepo/496/49662789043/49662789043.pdf

CISPDR.(2015).PLANHIDRÁULICOREGIONALDEDEMARCACIÓNHIDROGRÁFICA ESMERALDAS. http://suia.ambiente.gob.ec/files/MEMORIA%20DH%20ESMERALDAS.pdf Climas y viajes. (n.d.). Clima - Ecuador.

Climas y viajes. https://www.climasyviajes.com/clima/ecuador Climate-Data.org. (1999-2019). Clima Esmeraldas - Ecuador.

Climate-Data.org. https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-esmeraldas/esmerald as-2961/

Coy, L. (2017). Ajuste y validación del modelo precipitación – escorrentía GR2M maplicado a la subcuenca nevado. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2857/2017luisacoy.pdf?sequenc e=4

Custodio, E., Andreu Rodes, J. M., Aragón, R., Teodoro, E., Ferrer, J., García Aróstegui, J. L., Manzano, M., Rodríguez-Hernández, L., Sahuquillo, A., & Del Villar, A. (2016). Groundwater intensive use and mining in south-eastern peninsular Spain: Hydrogeological, economic and social aspects. Science of the Total Environment, (559), 302-316.

DIAGNÓSTICO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS. (n.d.). http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0860000160001_DIAGN%C3%93STICO%20-%20PDOT%20PROVINCIA%20DE%20ESMERALDAS%2019%20de%20Mayo%202015_19-05-2015_18-22-08.pdf

Duda, P., Hummel, P., Donigian, A., & Imhoff, J. (2012). BASINS/HSPF: model use, calibration, and validation. Transactions of the ASABE, 55(4), 1523-1547.

EarthData. (n.d.). https://search.earthdata.nasa.gov/search

ESRI. (2018). ArcGis 10.5. https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/get-started/introduction/arcgis-tutorials.ht m

Estrada Sifontes, V., & Pacheco Moya, R. (2015). Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba. Revista INGENIERÍA UC, 22(3), 88-104. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382012000100008

GAD. (2017). Nuestr Historia. Gobierno autónomo descentralizado municipal. http://municipiodequininde.gob.ec/municipio/index.php/ciudad

Gestion sostenida del agua. (2016, January 26). Parámetros del método Soil Moisture Accounting (SMA) en HEC-HMS — gidahatari. gidahatari. Retrieved June 18, 2022, from https://gidahatari.com/ih-es/parametros-para-la-aplicacion-del-metodo-soil-moisture-a ccounting-sma-en-hec-hms

Giovanni NASA. (n.d.). Giovanni NASA. Retrieved June 12, 2022, from https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service=ArAvTs&starttime=2000-01-01T00:00:00Z&endtime=2019-12-31T23:59:59Z&shape=state_dept_countries_2017/shp_65 &bbox=-80.6836,-1.2744,-76.7944,1.3184&data=TRMM_3B42_Daily_7_precipitatio n

Guevara Díaz, J. M. (2006). La fórmula de Penman-Monteith FAO 1998 para determinar la evapotranspiración de referencia, ETo. Terra Nueva Etapa, XXII(31), 31-72. https://www.redalyc.org/pdf/721/72103103.pdf

INAMHI. (2007). Mapa de ubicación de la red hidrológica en operación por cuencas hidrográficas del Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. https://www.inamhi.gob.ec/wp-content/MapasBiblioteca/9%20mapa%20ecuador%20estaciones%20hidrologicas%20en%20operacion.pdf

INAMHI-CNRH. (2009). Mapa de ubicación de la red actual de estaciones hidrometeorológicas por cuencas hidrográficas del Ecuador. https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/MapasBiblioteca/12%20mapa%20ecuadorEstaciones%20meteorologicashidrologicasA0.pdf

Köppen, W. (1984). Mapas de zonas climaticas. https://www.biografiasyvidas.com/biografia/k/koppen.htm

Laura, E. L., Obando, O., Lujano, A., & Quispe, J. (2015, Septiembre 14). Validación de la precipitación estimada por satélite TRMM y su aplicación en la modelación hidrológica del rio Ramis Puno Perú. REVISTA INVESTIGACION ALTOANDIN, 17(2), 221-228. https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/1045/Validaci%c3 %b3n-de-la-precipitaci%c3%b3n-estimada-por-satelite-TRMM-y.su-aplicaci%c3%b3 n-en-la-modelaci%c3%b3n-hidrol%c3%b3gica-del-r%c3%ado-Ramis-Puno-Per%c3 %ba.pdf?sequence=1&isAllowed

Marrero, N. (2015). Estudios de pre-factibilidad, factibilidad y diseños definitivos para el proyecto multipropósito Rio Verde. XXXVI(2), 109-123. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TODO%20PARA%20TESIS/articulos%20cientifi co%20cuba.pdf

Mosalve, G. (1995). Hidrológica en la Ingeniería. https://es.scribd.com/document/417576683/Hidrologia-en-La-Ingenieria-2da-EdicionGerman-Monsalve-Saenz

Nouvelot, J., Le Goulven, P., Aleman, M., & Pourrut, P. (1993). Análisis estadístico y regionalización de las precipitaciones en el Ecuador. https://www.researchgate.net/profile/Patrick-Le-Goulven/publication/32973438_Anali sis_estadistico_y_regionalizacion_de_las_precipitaciones_en_Ecuador/links/5ba9231f299bf13e60490e0a/Analisis-estadistico-y-regionalizacion-de-las-precipitaciones-en-E cuador.pd

Olcina, J. (2009). CAMBIO CLIMÁTICO Y RIESGOS CLIMÁTICOS EN ESPAÑA. Investigaciones Geográficas, 197-220. http://hdl.handle.net/10045/14638

Orellana, R. E. (2021). MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE PIURA UTILIZANDO HEC-HMS Y HEC-RAS. http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18304/ORELLAN A_CABELLO_RODRIGO_MODELAMIENTO_HIDROLOGICO_HIDRAULICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ortega, V. (2015). ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO DE URBANIZACIÓN “DUANA”.

Rios, L. E. (2010, Febrero). Incidencia de la variabilidad climática en los caudales mínimos del Ecuador. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1538/1/CD-2721.pdf

SECRETARÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS. (2016). : Inundaciones etapa Invernal en ESMERALDAS. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Informe%20de%20Situacion%2 0Emergencia%20Inundaciones%20etapa%20Invernal%20en%20Esmeraldas.pdf

SOFTWARE CLIMWAT 2.0 PARA CROPWAT DE LA FAO. (n.d.). INGENIUM - WORLD. Retrieved October 19, 2022, from http://world-ingenium.blogspot.com/2014/02/climwat-20-para-cropwat.html

UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES – INSTITUTO GEOFÍSICO – UNIVERSIDAD JAVERIANA (Ed.). (2017). DETERMINACIÓN DE MODELOS LLUVIA ESCORRENTÍA. https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/27207/Prod uctos_Mocoa4_Determinaci%C3%B3n_modelos_lluvia_escorrent%C3%ADa.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Vargas Guajala, G. (2017). RIESGO FÍSICO FRENTE A INUNDACIONES FLUVIALES Y PLUVIALES EN LA CABECERA PARROQUIAL ROCAFUERTE DEL CANTÓN RIOVERDE, PROVINCIA DE ESMERALDAS, ECUADOR. http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14441/RIESGO%20F%C3%8D SICO%20FRENTE%20A%20INUNDACIONES%20FLUVIALES%20Y%20PLUVIALES%20EN%20LA%20CABECERA%20PARROQUIAL%20ROCAFUERTE%20DE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Wouter, B., & Beven, K. (2011). Models as multiple working hypotheses: hydrological simulation of tropical alpine wetlands. HYDROLOGICAL PROCESSES, 25(1784–1799), 1784–1799. doi:10.1002/hyp.7936

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 12/03/2024
Aceitação/Acceptance: 03/06/2024

La difusión cultural a través del diseño de una aplicación móvil: caso de estudio la Fiesta de la Yumbada de Joseguango Alto

Cristian Daniel Gutiérrez-Bonilla[1], Jordan Andrés Gualotuña Chusín[2], Anderson David Hidalgo-Vinocunga[2]

cristian.gutierrez404@utc.edu.ec; jordan.gualotuna9940@utc.edu.ec; anderson.hidalgo4449@utc.edu.ec

[1] Grupo de Investigación Diseño Gráfico y Multimedia para el Desarrollo Humano y Social, Facultad de Ciencias Sociales Artes y Educación, Universidad Técnica de Cotopaxi Latacunga 050102, Ecuador

[2] Facultad de Ciencias Sociales Artes y Educación, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga 050102, Ecuador

Pages: 294-311

Resumen: La interactividad tecnológica como medio de difusión cultural ayuda a la apreciación y preservación de la Fiesta de la Yumbada en la comuna de Joseguango Alto. El objetivo del artículo es la creación de una aplicación móvil para dar a conocer la cultura de dicha festividad. La metodología seleccionada ha sido el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), la cual tiene una conexión directa con los usuarios finales y comprende sus necesidades realizando pruebas del producto. A través de este proceso, se busca no solo crear una aplicación funcional, sino también una experiencia significativa y culturalmente relevante para la comunidad. Los resultados incluyen una aplicación móvil y un folleto que, no solo proporciona información detallada sobre la Yumbada, sus orígenes y prácticas, sino que también despierta la curiosidad por explorar la cultura mediante la interactividad tecnológica. Además, se ha observado un aumento en la conciencia y participación de la comunidad en la preservación de su cultura y tradición.

Palabras-clave: Aplicaciones móviles; realidad aumentada; fiesta de la Yumbada; tecnología y cultura.

Cultural diffusion through the design of a mobile application: case study of the Yumbada de Joseguango Alto festival.

Abstract: Technological interactivity as a means of cultural dissemination helps the appreciation and preservation of the Yumbada festival in the commune of Joseguango Alto. The objective of the article is the creation of a mobile application to publicize the culture of said festival. The selected methodology has been User Centered Design (UCD), which has a direct connection with end users and understands their needs by testing the product. Through this process, we seek to not only create a functional application, but also a meaningful and culturally relevant experience for the community. The results include a mobile application and a brochure that not only provides detailed information about the Yumbada,

its origins and practices, but also sparks curiosity to explore the culture through technological interactivity. In addition, there has been an increase in community awareness and participation in the preservation of their culture and tradition.

Keywords: Mobile applications; augmented reality; Yumbada festival; technology and culture.

1. Introducción

Joseguango Alto es una comuna de la parroquia de Mulaló, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Está ubicado en la parte alta de la planicie suroriental de Mulaló. Limitado al Norte por el ojo de agua Chiriyacu (agua fría en quichua) y Quisinche Alto hasta la quebrada seca del barrio Chinchil de Villamarín. Al Sur colinda con Langualó bajando por la quebrada seca del barrio Pillig. Al Oriente con la parroquia, los páramos de Ashingua hasta las faldas del Cotopaxi. Al Occidente el río Cutuchi

La Yumbada es una tradición única de la comuna de Joseguango Alto, con un baile especial, melodías distintas entonadas con bandas de pueblo y danzantes con pasos originales. Año tras año, en el mes de septiembre, personas de todas las condiciones sociales de la comuna se unen para celebrar este singular día, con una fiesta que se extiende por aproximadamente dos semanas. En la comuna se encuentra una tradición que se viene desarrollando desde hace muchos años atrás, los moradores han heredado estos legados históricos a lo largo de las generaciones, incluso antes de la llegada de los españoles y se dice que el pueblo de la cultura precolombina denominado Yumbo existe antes que los propios Incas.

Esto ha hecho que los habitantes de este sector aprecien esta manifestación cultural en la comuna, manteniéndola a lo largo del tiempo: “Durante la época colonial los españoles denominaban yumbos a cualquier indígena proveniente de las estribaciones de los Andes, especialmente de zonas tropicales, tanto al oriente como al occidente de Quito” (García, 2019, p. 29). Sus vestimentas eran solamente taparrabos, implementos como collares de plumas o colmillos de animales que ellos mismo cazaban, siempre con sus lanzas, que en ese entonces utilizaban como su arma de defensa.

En ese entonces a los pueblos yumbos se los conocía como personas no civilizadas y algo salvajes, incluso en la actualidad se los dice “de forma despectiva, para hacer referencia a lo salvaje, lo que está fuera de la ciudad; también se conocen como yumbos a los danzantes de fiestas tradicionales del Inti Raymi, las yumbadas” (García, 2019, p. 31). Cabe mencionar que cada grupo Yumbo fue considerado como una familia, es decir, la Yumbada de Joseguango Alto es una familia guerrera que defiende a la santísima cruz por el milagro ocurrido en tiempos antiguos y en su honor celebran sus fiestas.

Las dos primeras semanas de septiembre se reservan para conmemorar a la santísima cruz en Joseguango Alto, donde los residentes celebran sus festividades patronales durante seis días. En este evento patrimonial y ancestral característico de la región central de Ecuador, la plaza comunal se llena de color, alegría y devoción con la participación de los personajes de la fiesta como son: yumbos, monos, perros, tigres y payasos. La Yumbada de Joseguango Alto se destaca como uno de los escasos vestigios que aún perduran en el calendario festivo religioso de la zona, siendo un referente importante de la cultura Yumbo.

La fiesta inicia con las vísperas desde el día martes de la primera semana del mes con la adquisición de las compras para la fiesta y la recepción de jochas. En este punto cabe mencionar que, a diferencia de otras manifestaciones, el encargo y compromiso es del prioste mayor; las jochas son donaciones voluntarias retribuidas por el mismo, estos pedidos son un acto sagrado, mismos que van desde pollos, cuyes, bebidas, utensilios de cocina hasta la banda de músicos y/o juegos pirotécnicos. Otro aspecto de gran relevancia es que, si el jochado no logra retribuir con el pedido, la familia será quien apoye para poder pagar y cumplir la jocha (Morales, 2020, p. 52).

Cada cultura necesita apoyo para la difusión y así mantenerla viva, con mayor intensidad, si se trata de tradiciones autóctonas de un país. La Yumbada de la comuna de Joseguango Alto es una expresión cultural ancestral y tradicional donde predomina la historia de los pueblos y nacionalidades indígenas.

Estas festividades tienen una alta acogida de turistas, sin embargo, existe un bajo interés de querer conocer por qué se celebra dicha fiesta. El 100% que corresponde a 10 comuneros participantes de la festividad, quienes fueron entrevistados, manifiestan que no existe ningún recurso tecnológico que tenga como objetivo mostrar esta manifestación cultural. Así mismo 10 visitantes de la fiesta aseguran que existe un desconocimiento sobre el origen, diferentes personajes, roles y significados simbólicos, todo esto debido a la falta de información estructurada, a través de nuevas tecnologías atractivas que se utilizan hoy en día.

En definitiva, los recursos multimedia se han convertido en instrumentos indispensables para la difusión cultural en el mundo actual, permitiendo ampliar el acceso a la cultura, fomentar la participación ciudadana y generar nuevas formas de creación y expresión. Todo esto motiva a querer solucionar esta problemática a través de la generación de productos innovadores con el objetivo de difundir dicha fiesta.

La difusión cultural es muy importante, ya que promueve el conocimiento, la valoración y el respeto por las tradiciones, costumbres, creencias y expresiones artísticas de una comunidad. Esta fiesta puede verse beneficiada si se hace uso de las nuevas tecnologías, como la realidad aumentada (AR), que es una tecnología que superpone información digital a nuestro entorno real, creando una experiencia inmersiva e interactiva. Para entender la importancia de este término se menciona que "La Realidad Aumentada ha demostrado su potencial función pedagógica en museos y centros de interpretación, destacándose como uno de los recursos más vanguardistas" (Simón & Fernández, 2023, p. 2).

Dicha tecnología ha demostrado ser una herramienta poderosa en este sentido, al brindar la posibilidad de enriquecer la experiencia del usuario interactuando con el entorno cultural. A través de esta tecnología se puede acceder a una gran cantidad de información de manera rápida y precisa, lo cual aumenta la accesibilidad a la cultura. Además, permite incorporar elementos interactivos y audiovisuales, lo que potencia el interés y la comprensión del público.

Esta herramienta juega un papel fundamental en la preservación de la cultura, al permitir la digitalización y conservación virtual de obras de arte y sitios históricos, en este caso la modelación de los personajes más importantes de la Yumbada de Joseguango alto como: el Yumbo, mono, perro, tigre, payaso y sobre todo el modelado de la santísima cruz que es la imagen por la cual se realiza estas festividades.

El uso de las aplicaciones móviles en el espacio cultural está marcando un gran impacto. "La generación de nuevos canales de difusión que utilicen la tecnología móvil como una oportunidad de llegar a una audiencia mayor, acorde a sus perfiles y a través de contenidos audiovisuales con noticias, imágenes, videos, entre otros" (Filipp, Lafuente, & Bertone, 2016, p. 338).

El objetivo de esta investigación tiene como propósito la utilización de nuevas herramientas audiovisuales que permitan influir en el conocimiento de las personas sobre la cultura de Joseguango Alto y así dar un salto en la actualidad tecnológica, por esta razón se pretende evocar sensaciones agradables a la vista para revalorizar y fortalecer la cultura de la Yumbada.

Los pobladores de la comuna necesitan nuevas alternativas para el desarrollo de su conocimiento y la difusión de su cultura. La creación de recursos visuales como folletos y el desarrollo de una aplicación móvil junto con la realidad aumentada aplicando la metodología de Diseño Centrado en el Usuario que se enfoca en conocer directamente las necesidades de los usuarios, quienes nos dieron las herramientas necesarias para la creación de este producto, con la finalidad de dar a conocer esta valiosa tradición cultural.

2. Metodología

La metodología que se utiliza en esta investigación, es el Diseño Centrado en el Usuario (DCU).

> *En comparación con otras filosofías de diseño de productos, hay una gran diferencia con el enfoque de diseño centrado en el usuario es que el diseño centrado en el usuario intenta optimizar el producto en torno a la forma en que los usuarios pueden, quieren o necesitan usar el producto, en lugar de tratar de obligar a los usuarios a cambiar su comportamiento para adaptarse al producto. (Doroftei et al., 2017, p. 20)*

Esta metodología juega un papel fundamental en la creación de aplicaciones multimedia, colocando al usuario en el centro del proceso de desarrollo, lo que permite crear aplicaciones que se ajustan a sus necesidades, expectativas y preferencias. Al ser una metodología iterativa nos da un enfoque flexible y adaptable para el desarrollo de los productos multimedia, basándose en un ciclo de desarrollo que se repite varias veces, permitiendo mejoras incrementales al producto a lo largo del proceso.

Esto permite elevar la calidad del producto de acuerdo a los resultados obtenidos durante las etapas de prueba a través de la obtención de datos cuantitativos como cualitativos, estas evaluaciones han permitido tomar decisiones en el proceso de desarrollo con la finalidad de tener un producto final que satisfaga las necesidades para beneficiar la usabilidad y la participación del usuario. (Mendoza et al., 2024, p. 1).

La gamificación es una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo-profesional con la finalidad de tener mejores resultados, ya sea para absorber mejor algunos conocimientos, mejorar alguna habilidad, o bien recompensar acciones concretas, entre otros muchos objetivos. Este importante elemento se utilizará para la creación y desarrollo de este aplicativo móvil. A través de la gamificación, la aplicación puede transformarse en una experiencia más atractiva y dinámica,

especialmente para las nuevas generaciones, atrayendo su interés y fomentando una conexión profunda con la tradición cultural. El aprender jugando "actividad inherente al ser humano, vinculada al gozo, al placer y a la diversión" (Melo & Hernández, 2014, p. 41). A continuación, se presentan las etapas de esta metodología:

2.1. Investigación de usuario y contexto

Entendimiento de la comunidad	Identificación de usuarios clave
Se realizó investigación etnográfica para comprender la comunidad de Joseguango Alto, sus tradiciones y la importancia cultural de la Yumbada.	Se identificaron los diferentes usuarios, como residentes locales, turistas y personas interesadas en la cultura local, que podrían interactuar con la aplicación móvil de realidad aumentada.

Tabla 1 – Proceso de investigación de usuario y contexto

2.2. Definición del problema y objetivos del diseño

Identificación de problemas y necesidades	Establecimiento de objetivos
Se analizó la información recopilada para identificar los problemas y las necesidades relacionadas con la representación de la Yumbada y la interactividad tecnológica.	Se definieron los objetivos específicos para la representación de personajes en realidad aumentada, como preservar la autenticidad cultural y proporcionar una experiencia inmersiva.

Tabla 2 – Proceso de definición del problema y objetivos del diseño

2.3. Ideación y conceptualización

Sesiones de ideación	Selección de herramientas
Se organizaron sesiones de ideación para generar ideas sobre cómo los personajes (Yumbo, mono, tigre, perro, payaso y santísima cruz) pueden ser representados de manera efectiva en realidad aumentada.	Se decidió utilizar el software Blender para modelar los personajes en 3D, Mixamo para la animación, Unity como plataforma de desarrollo para la aplicación móvil de realidad aumentada y por último Adobe Illustrator para la maquetación de la revista y diseño de interfaz.

Tabla 3 – Proceso de ideación y conceptualización

2.4. Prototipado

Aplicaciones	
Blender	Se bocetó a cada uno de los personajes y se los modelo utilizando texturas y colores.
Mixamo	Se animó a cada uno de los personajes siguiendo los rasgos característicos de cómo es su movimiento en el baile.
Unity	Se creó la aplicación móvil en la cual se agregaron: indicaciones de uso, los personajes para la realidad aumentada, reseña, vestimenta y sonido de fondo y voz en off. También se utilizó el SDK Vuforia como complemento para la utilización de realidad aumentada.
Illustrator	Se desarrolló un folleto como elemento visual para la utilización de la aplicación móvil, aquí también se desarrolló los elementos de la UI de interfaz.

Tabla 4 – Uso de aplicaciones para el proceso del prototipado.

2.5. Pruebas con Usuarios Locales

Preparación de pruebas	Recopilación de comentarios
Pruebas específicas para los usuarios locales, permitiéndoles interactuar en la aplicación móvil con los personajes en realidad aumentada durante simulaciones de las festividades de la Yumbada.	Observa y recopila comentarios sobre la autenticidad cultural, la usabilidad y la experiencia general de los usuarios con los personajes en realidad aumentada.

Tabla 5 – Procesos de pruebas con usuarios locales

Para corroborar la funcionalidad de esta aplicación se utilizó el *Focus Group*, por lo que es una herramienta que se emplea para obtener información de calidad y como medio de recolección de datos cualitativos en distintos campos del saber. Una vez conocida la funcionalidad del *Focus Group* y mediante la ayuda del público objetivo que son personas interesadas en el arte, la historia y tecnología, estudiantes, académicos, amantes de la cultura, turistas y cualquier persona que busque aprender y explorar diferentes expresiones culturales, se realizaron pruebas en lapsos de 15 minutos por cada grupo, realizando preguntas para saber en qué se puede mejorar la aplicación, su funcionalidad y sobre todo si es entendible el propósito de la misma.

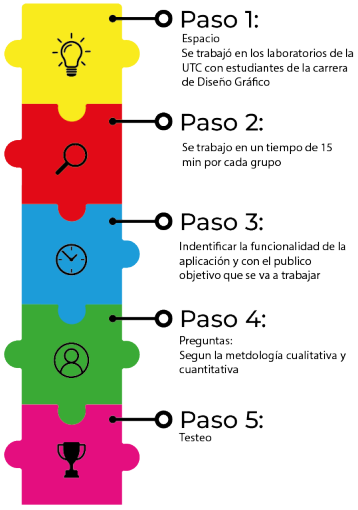


Figura 1 – Proceso de focus group que se utilizó con los estudiantes de la UTC.

2.6. Iteración y refinamiento

Análisis de Resultados	Iteración del diseño
Analiza los resultados de las pruebas y determina acciones de mejora y ajuste tanto en los modelos 3D como en la interfaz de la aplicación móvil.	Realiza ajustes en los modelos 3D y la aplicación móvil según los comentarios de los usuarios, asegurándose de mantener la autenticidad cultural.

Tabla 6 – Proceso de interacción y refinamiento

2.7. Implementación

Desarrollo final
Una vez que los prototipos han sido refinados y validados, se procede con el desarrollo final de la aplicación móvil con realidad aumentada, los modelos 3D, con el objetivo de testear la aplicación a través de una encuesta para obtener resultados finales.

Tabla 7 – Proceso de interpretación

Este artículo de investigación corresponde a un enfoque adaptativo, interactivo e incremental, puesto que busca difundir la historia de la Yumbada de Joseguango Alto mediante las nuevas tecnologías.

Con la ayuda de 18 personas en específico, entre profesores y estudiantes de la carrera de Diseño Gráfico de la Universidad Técnica de Cotopaxi y personas residentes o no de la comuna de Joseguango Alto se pudo hacer el proceso del uso de los métodos de investigación. La investigación cualitativa se emplea para aplicar entrevistas de usabilidad específicas para evaluar la eficacia y la experiencia del usuario al utilizar la aplicación con realidad aumentada, esto busca comprender a fondo las percepciones y sugerencias de los usuarios.

Simultáneamente, la investigación cuantitativa se implementa para cuantificar la aceptación y la viabilidad de la tecnología en la difusión cultural, mediante encuestas que evalúan los porcentajes de participantes que consideran factible el uso de la tecnología en la preservación y promoción de la tradición. Esta combinación de enfoques proporciona una perspectiva integral sobre la efectividad de la interactividad tecnológica en la representación de la Yumbada, permitiendo ajustes específicos y respuestas adaptativas que respalden la preservación cultural y la participación activa de la comunidad en la celebración.

2.8. Evaluación Continua y Mantenimiento

Lanzamiento y evaluación post-implementación	Mantenimiento continuo
Lanza la aplicación y realiza evaluaciones continuas después del lanzamiento para recopilar comentarios y realizar actualizaciones según sea necesario.	Establece un plan de mantenimiento continuo para asegurar que la aplicación y los modelos 3D sigan siendo relevantes y efectivos, y para incorporar nuevas características o mejoras.

Tabla 8 – Proceso de evaluación continua y mantenimiento

Una experiencia enriquecida de la Fiesta de la Yumbada, donde la realidad aumentada no solo preserva la autenticidad cultural, sino que también fomenta la participación activa y la conexión entre la tradición y la tecnología.

3. Resultados

Los resultados obtenidos se presentarán mediante un proceso ordenado, desde la creación de modelados 3D en Blender, la animación en Mixamo, la creación de la

Aplicación móvil en Unity y la generación de un folleto en Illustrator, a continuación, se manifestará en orden descendente.

3.1. Blender

Una vez determinada la metodología y su proceso en cada una de su estructura, se realizó el modelado en 3D de los personajes de la Yumbada de Joseguango Alto como: Yumbos, monos, perros, tigres y payasos y sobre todo la imagen de la santísima cruz, se utilizó Blender que es "la suite de creación 3D gratuita y de código abierto. Es compatible con la totalidad del proceso 3D: modelado, montaje, animación, simulación, renderizado, composición y seguimiento de movimiento, incluso edición de video y creación de juegos" (Blender, s.f.).

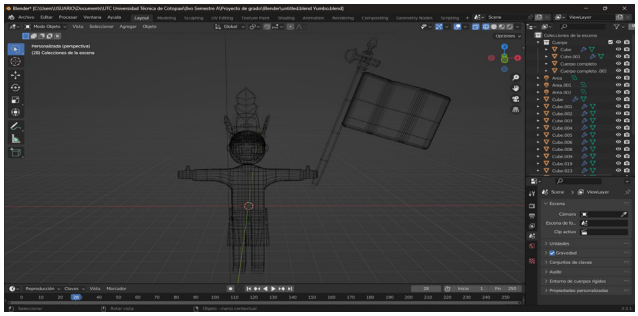


Figura 2 – Proceso de modelado, muestra de objetos en modo estructura.



Figura 3 – Proceso de modelado, muestra de objetos en modo sólido.

3.2. Mixamo

Una vez que se obtienen el modelado 3D el proceso continúa con la animación, para ello se utilizó una aplicación en línea llamada Mixamo que es una herramienta de software que permite a los usuarios modificar rápidamente sus propios personajes y agregar animaciones preestablecidas. "Mixamo aplicará automáticamente el esqueleto humano y el ajuste personalizado a cualquier modelo. Mixamo puede exportar personajes y animaciones en múltiples formatos para Unity, Blender y Unreal Engine" (GetApp, s.f.).

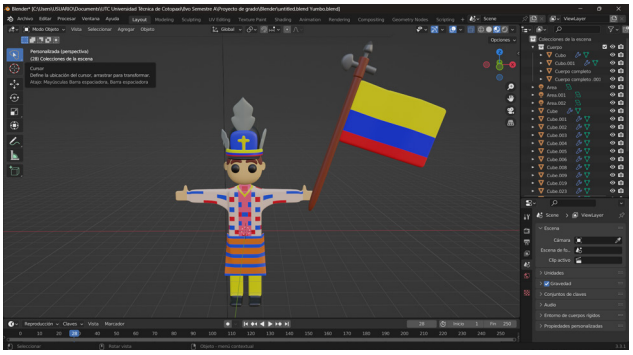


Figura 4 – Proceso de modelado, muestra en modo de pre visualización de materiales.

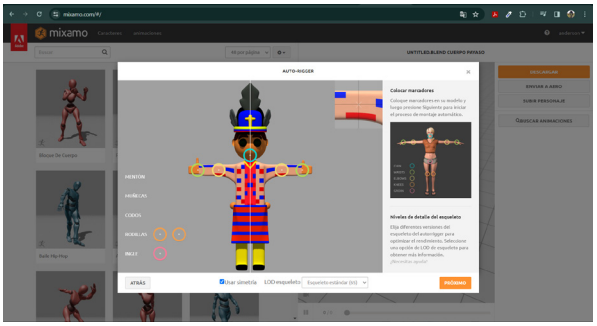


Figura 5 – Sistema esqueleto en Mixamo.

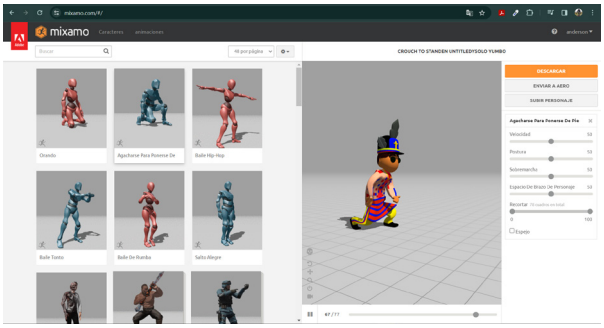


Figura 6 – Automatización de animación de Mixamo.

3.3. Unity

Posteriormente, se desarrolló la aplicación móvil en Unity que es un motor de juegos-multiplataforma desarrollado por Unity Technologies utilizado principalmente para desarrollar aplicaciones en 2D y 3D. Aquí también se utilizó scripts de programación para dar funcionalidad a la aplicación.

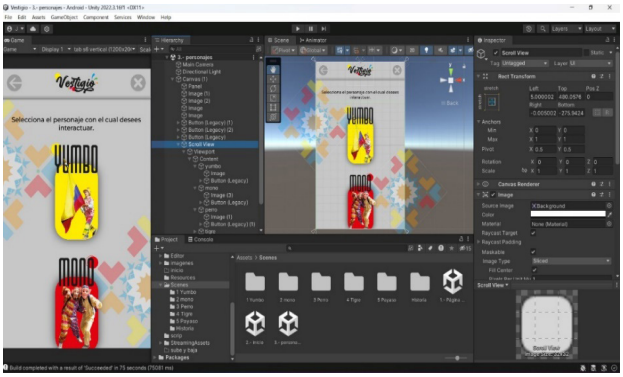


Figura 7 – Creación de la app interactiva en Unity.

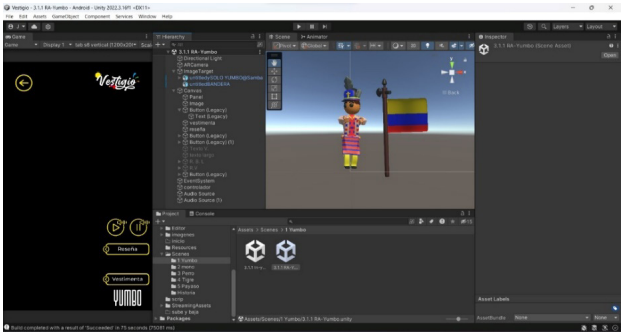


Figura 8 – Importación de modelados en Unity para generar la realidad aumentada.

3.4. Adobe Illustrator

Y finalmente en Adobe Illustrator, que es la aplicación para poder trasmitir un mensaje de manera visual, creativa y atractiva. Aquí se generó el folleto en el cual se encuentra un código Qr para realizar la descarga de la aplicación móvil, este folleto sirve como complemento de la aplicación, con la finalidad que las personas entiendan sobre el desarrollo de la fiesta y personajes de la Yumbada.

De la misma forma, este software ofrece la posibilidad para generar el diseño de elementos de la interfaz como botones, iconos, ilustraciones y tipografía. Es aquí es en donde se realizó el diseño UI de la aplicación móvil denominada Vestigio.



Figura 9 – Generación de la portada del folleto en Illustrator.

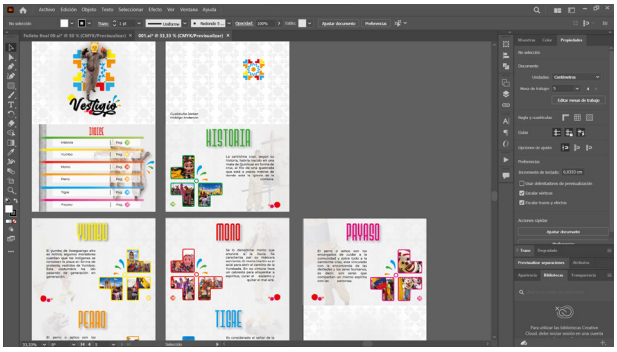


Figura 10 – Folleto terminado utilizando Illustrator.

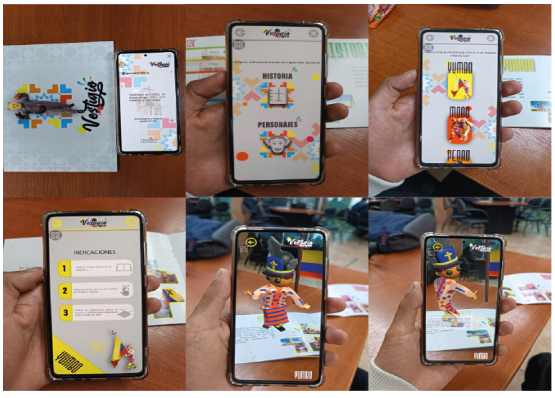


Figura 11 – Aplicación móvil, realidad aumentada con la ayuda del folleto.

Todo este análisis de resultados nos lleva a generar observaciones adicionales durante la ejecución de las pruebas con la finalidad de proporcionar una visión más completa y detallada sobre el rendimiento y la experiencia que tuvieron los usuarios al momento del

manejo del producto. Aquí también se tomó en cuenta el desarrollo de la observación directa para ayudar a identificar aspectos específicos de la experiencia del usuario, detectar posibles problemas de usabilidad y ofrecer nuevos *insights* y retroalimentación importante para el refinamiento de la aplicación. Al utilizar metodologías iterativas tenemos la posibilidad de seguir ejecutando pruebas que nos ayuden a tener mejores resultados.

4. Análisis de resultados

Como resultado se ha logrado tener la interactividad tecnológica esperada sobre la tradición cultural de la fiesta de la Yumbada en Joseguango Alto con los usuarios que fueron testeados. La aplicación de la metodología del Diseño centrado en el Usuario (DCU) ha proporcionado un marco sólido para abordar este desafío, desde la comprensión profunda de las necesidades y experiencias de la comunidad hasta la creación de soluciones tecnológicas innovadoras y culturalmente sensibles. Mediante el método de investigación cuantitativa se agrupa en 5 segmentos para la realización del testeo que a continuación se exponen los resultados de cada una.

4.1. En el segmento de conocimiento cultural

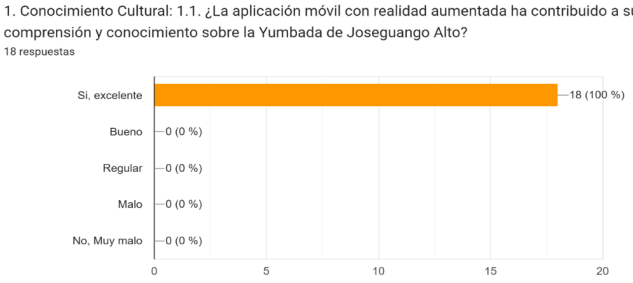


Figura 12 – Estadística porcentual del segmento conocimiento cultural

Los resultados del testeo de la aplicación móvil con realidad aumentada, centrada en la representación de la Yumbada de Joseguango Alto, revelan una transmisión de conocimientos culturales. La primera pregunta obtuvo una respuesta unánime, con los 18 encuestados otorgando un 100% de efectividad excelente. Esta consistencia refleja la capacidad de la aplicación para enriquecer y profundizar la comprensión cultural de los usuarios en relación con la festividad. En cuanto a la segunda pregunta, que indaga sobre la efectividad en la transmisión de la cultura y tradiciones asociadas con la Yumbada, los resultados revelan una sólida aceptación, con un 77.8% calificando la efectividad como excelente y un 22.2% como buena. Estos datos sugieren que la aplicación ha logrado no solo transmitir de manera efectiva los elementos culturales, sino también establecer un vínculo significativo con la audiencia, subrayando su papel vital en la preservación y difusión activa de las tradiciones locales.

4.2. En el segmento de involucramiento comunitario

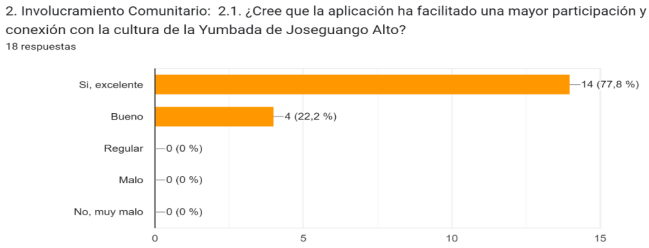


Figura 13 – Estadísticas porcentuales del segmento involucramiento comunitario

En respuesta a la pregunta sobre si la aplicación ha facilitado una mayor participación y conexión con la cultura de la Yumbada, el 77.8% de los encuestados calificaron la efectividad como excelente, mientras que el 22.2% la consideró buena. Estos resultados indican que la aplicación no solo ha fortalecido la conexión de la comunidad con su tradición cultural, sino que también ha logrado involucrar de manera significativa a una mayoría considerable de participantes.

Además, en relación con la percepción del nuevo modelo de difusión cultural mediante realidad aumentada, con un 77.8% calificándolo como excelente y el 22.2% como buena. Este hallazgo sugiere un aumento sustancial en el interés y curiosidad de las personas por este innovador enfoque, consolidando la realidad aumentada como un medio efectivo y atractivo en la difusión de eventos culturales como la Yumbada.

4.3. En el segmento de accesibilidad y difusión

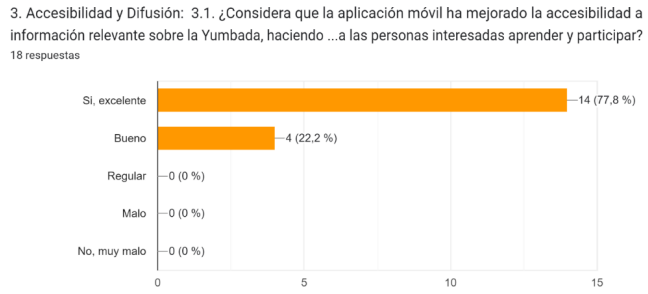


Figura 14 – Estadística porcentual del segmento accesibilidad y difusión

Los resultados de este segmento, reflejan la mejora de la accesibilidad a información sobre la Yumbada, el 77.8% de los encuestados calificaron la efectividad como excelente, mientras que el 22.2% la consideró buena. Estos resultados indican que la aplicación ha

logrado hacer más accesible la información relevante, facilitando así el aprendizaje y la participación de aquellos interesados en la festividad.

En relación con la segunda pregunta sobre la difusión y conciencia de la Yumbada a través de la aplicación, el 66.7% la calificó como excelente, el 22.2% como buena y el 11.1% como regular. Aunque existe una mayoría significativa que destaca la eficacia de la aplicación en la difusión, es esencial abordar las áreas de mejora señaladas por aquellos que la calificaron como regular. Estos resultados resaltan la importancia de seguir refinando y adaptando la aplicación para garantizar una difusión óptima y consciente de la Yumbada.

4.4. En el segmento de interactividad y participación

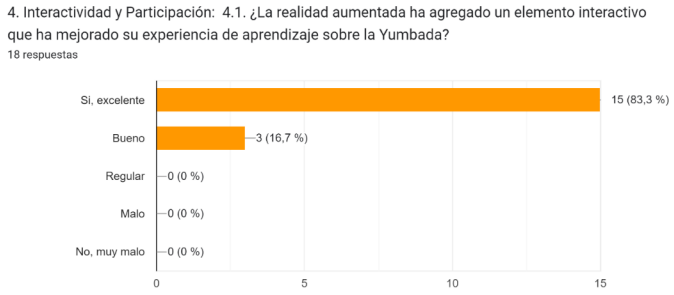


Figura 15 – Estadística porcentual sobre el segmento interactividad y participación

La pregunta sobre si la realidad aumentada ha agregado un elemento interactivo que mejora la experiencia de aprendizaje sobre la Yumbada revela una respuesta mayoritariamente favorable. Un 77.8% de los 18 encuestados calificaron la efectividad como excelente, mientras que un 16.7% la consideró buena.

Estos resultados indican claramente que la implementación de la realidad aumentada ha enriquecido significativamente la experiencia de aprendizaje, proporcionando a los usuarios un elemento interactivo que mejora su comprensión y participación en la rica tradición de la Yumbada. La mayoría de los participantes han experimentado un nivel de interactividad, subrayando así el valor añadido que esta tecnología aporta a la experiencia educativa y cultural.

4.5. En el segmento de impacto cultural percibido:

Para este segmento se utilizó el método de investigación cualitativa para profundizar sobre sus pensamientos de esta nueva interactividad tecnológica, donde los testimonios recopilados reflejan un consenso bueno sobre la aplicación móvil con realidad aumentada dedicada a la representación de la Yumbada de Joseguango Alto.

Los usuarios destacan la efectividad de la aplicación para despertar el interés de las nuevas generaciones mediante la integración de nuevas tecnologías, proporcionando una forma atractiva y moderna de conocer la cultura de la Yumbada. Además, se resalta

el impacto positivo en la preservación y promoción cultural, permitiendo conocer personajes importantes y significados asociados a la festividad.

La aplicación móvil Vestigio se percibe como una valiosa herramienta de difusión cultural que genera un impacto positivo en la comunidad, ofreciendo una experiencia única y entretenida que amplía la comprensión de la cultura y tradiciones de la localidad. Los testimonios de las personas quienes participaron en la etapa de pruebas, aseguran que la aplicación funciona como un medio innovador y efectivo para dar visibilidad y profundidad a la rica tradición de la fiesta, fomentando la apreciación y el conocimiento de esta expresión cultural en la comuna de Joseguango Alto.

5. Discusión

El contexto cultural y la importancia de preservar las tradiciones locales en un mundo cada vez más tecnológico, sirvió de motivación para el desarrollo de la aplicación interactiva denominada Vestigio, destacando la necesidad de mantener viva la esencia de la fiesta de la Yumbada aprovechando las herramientas modernas que permitan explorar nuevas formas de expresión, utilizando lenguajes y formatos innovadores con el objetivo de enriquecer la experiencia.

El uso de las nuevas tecnologías en el campo del Patrimonio Cultural representa actualmente una novedosa y eficiente herramienta para su conocimiento y puesta en valor, lo que ha llevado al desarrollo de importantes proyectos y experiencias, cuyo principal objetivo ha sido potenciar las posibilidades y la difusión del objeto cultural (Ruiz, 2011, p. 3).

Por lo antes expuesto, ha surgido la necesidad de utilizar nuevas tecnologías que nos ayuden en la difusión cultural, enfocándose en este aspecto en la interactividad tecnológica, en este caso con la ayuda de la Realidad Aumentada se permite el enriquecimiento a la experiencia del usuario, esto genera la participación activa y el aprendizaje del público en la difusión cultural.

En este sentido se coincide que “La Realidad Aumentada ha obtenido especial relevancia en los últimos años, especialmente en su aplicación en el campo del Patrimonio Cultural, gracias a su gran atractivo y a las posibilidades que ofrece para su interpretación y puesta en valor” (Ruiz, 2011, p.3). Demostrando además que la interactividad tecnológica es efectiva para difundir la cultura de manera eficiente.

En el desarrollo del artículo, se aplicó la metodología del Diseño centrado en el Usuario (DCU) en todas las etapas del proceso, donde facilita al equipo de diseño y desarrollo la toma de decisiones informadas acerca de los escenarios de uso, considerando la perspectiva del usuario principal. Esta metodología fue seleccionada para el desarrollo de este proyecto por tener una íntima relación con los usuarios, porque “pueden ser una manera efectiva para desarrollar productos materiales más útiles, usables y deseables; basándose en el estudio de los contextos de uso, reduciendo tiempos y la incertidumbre de la aceptación de los productos por parte del usuario” (Trujillo, 2016, p. 232).

La observación directa durante el testeo del producto se considera una herramienta valiosa para mejorar la usabilidad y la experiencia del usuario en las aplicaciones móviles. Al observar cómo los usuarios interactúan con la aplicación en tiempo real,

nos ha permitido identificar problemas de usabilidad, comprender el contexto de uso, obtener retroalimentación cualitativa rica y mejorar la empatía con los usuarios. Esto ha hecho que el desarrollo del producto tenga un diseño de aplicación más centrado en el usuario y una mejor experiencia general para todos.

6. Conclusiones

En conclusión, el desarrollo de la aplicación móvil Vestigio con realidad aumentada, ha demostrado ser un recurso visual importante de apoyo en la difusión cultural de la Yumbada de Joseguango Alto y un modelo de ayuda en la experiencia de aprendizaje, permitiendo una mayor accesibilidad a la información y la experiencia del usuario con esta tradición. Además, esta tecnología contribuye a la preservación de la cultura, proporcionando una forma innovadora de dar a conocer la fiesta en honor a la santísima cruz, acercando las tradiciones culturales a las nuevas generaciones por medio de las nuevas tecnologías.

A pesar de los desafíos y limitaciones, como los costos de implementación y los requerimientos tecnológicos, la realidad aumentada ofrece un futuro prometedor en la difusión cultural. Se espera que los avances tecnológicos continúen mejorando esta herramienta, y su integración con otras tecnologías para brindar más oportunidades de enriquecimiento cultural.

La implementación de esta tecnología ha logrado la comprensión de los usuarios y ha fomentado su participación activa en la tradición de la fiesta. Los participantes encuestados han expresado haber experimentado un nivel de interactividad notable, destacando así el valor adicional que la realidad aumentada aporta. Estos resultados subrayan la eficacia de esta tecnología como una herramienta valiosa para mejorar el aprendizaje, consolidando su relevancia en la comprensión y conexión con las tradiciones culturales.

En el panorama actual, las nuevas tecnologías han asumido un papel fundamental en la difusión cultural, transformando la forma en que se crea, consume y comparte el conocimiento. Su impacto ha sido transversal, modificando los paradigmas tradicionales y abriendo nuevas posibilidades para el acceso y la participación cultural.

Finalmente, se ha verificado que la aplicación móvil, desarrollada con base a la metodología del Diseño Centrado en el Usuario, permite que la aplicación no se estanque, sino que se mantenga en constante cambio de mejora y de actualizaciones.

Referencias

Abanto Vargas, J., & López Regalado, O. (2017, 2 de Febrero). *Software Adobe Illustrator en el desarrollo de la creatividad de los estudiantes*. https://doi.org/10.18050/revucvhacer.v6i1

Blender Foundation. (10 de enero 2024). *About Blender*. https://www.blender.org/about/

Bohorquez Sisa, N. S. (2022). *Guía descriptiva sobre el patrimonio cultural inmaterial en el ámbito cuentos mitos y leyendas en la parroquia Mulaló Cantón Latacunga* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi UTC].http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10253

Castillo-Vergara, M., Alvarez-Marin, A., & Cabana-Villca, R. (2014). *Design thinking: como guiar a estudiantes, emprendedores y empresarios en su aplicación*. Ingeniería Industrial, 35(3), 301-311. http://scielo.sld.cu/pdf/rii/v35n3/rii06314.pdf

Ruiz Torres, D. (2011). *Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural*. http://hdl.handle.net/10481/21792

Pacheco, F. D. R., & Salazar, V. G. P. (2020). *Grupos focales: marco de referencia para su implementación. INNOVA Research Journal*, 5(3), 182-195. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7878893

Filipp, L., Lafuente, G., & Bertone, R. (2016). *Aplicación móvil como instrumento de difusión. Multiciencias, 16*(3), 336-344. https://www.redalyc.org/pdf/904/90453464013.pdf

Doroftei, D., De Cubber, G., Wagemans, R., Matos, A., Silva, E., Lobo, V., ... & Serrano, D. (2017). *User-centered design. Search and rescue robotics. From theory to practice*. IntechOpen, London, 19-36.

Mendoza, K., Villalobos-Daniel, V. E., Jáuregui, A., Valero-Morales, I., Hernández-Alcaraz, C., Zacarías-Alejandro, N., ... & Barquera, S. (2024). *Development of a crowdsourcing-and gamification-based mobile application to collect epidemiological information and promote healthy lifestyles in Mexico*. Scientific Reports, 14(1), 6174. https://www.nature.com/articles/s41598-024-56761-4

Torres, L. C. (2020). *La gamificación como metodología de innovación educativa. In V Congreso Internacional Virtual Sobre La Educación En El Siglo XXI* (Marzo 2020) LA, marzo (pp. 164-175). https://www.eumed.net/actas/20/educacion/13-la-gamificacion-como-metodologia-de-innovacion-educativa.pdf

Melo Herrera, M. P., y Hernández Barbosa, R. (2014). *El juego y sus posibilidades en la enseñanza de las ciencias naturales. Innovación educativa, 14(66), 41-63*. https://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v14n66/v14n66a4.pdf

García Alvarado, K. T. (2019) *Yumbadas: cultura, naturaleza y territorio*. [Tesis de Maestría, Flacso Ecuador]. http://hdl.handle.net/10469/15688

GetApp Mixamo (1 de enero 2024). *Documentación de Mixamo*. https://www.getapp.es/software/2051295/mixamo

Morales Molina, M. G. (2020). *Guía de los usos sociales, rituales y actos festivos de la comuna de Joseguango alto parroquia Mulaló cantón Latacunga*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi UTC]. http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6831

Simón-Sánchez, M. T., & Fernández-Sánchez, M. R. (2023). *Tecnologías emergentes para el proyecto de educación digital: una revisión sistemática sobre realidad aumentada y patrimonio histórico-cultural*. Education in the Knowledge Society (EKS), 24, e30613-e30613. https://doi.org/10.14201/eks.30613

Trujillo, M., Aguilar, J. J. & Neira, C. (2016). *Los métodos más característicos del diseño centrado en el usuario -DCU-, adaptados para el desarrollo de productos materiales*.http://hdl.handle.net/20.500.11912/7541.

Unity Company. (1 de enero 2024). *Documentación de Unity*. https://unity.com/es/our-company

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 01/03/2024
Aceitação/Acceptance: 10/06/2024

Aplicación de redes neuronales en el análisis de gases disueltos para el mantenimiento preventivo de trasformadores de potencia

José David Moposita[1], Deysi Gabriela Pujos[1], Secundino Marrero Ramírez[1], Roberto Salazar Archig[1]

jose.moposita8066@utc.edu.ec; deysi.pujos6170@utc.edu.ec; secundino.marrero@utc.edu.ec; edgar.salazar7619@utc.edu.ec

[1] Carrera de ingeniería en Electricidad. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga. CP 50101. Ecuador

Pages: 312-327

Resumen: El enfoque primordial de la investigación residía en el desarrollo de una herramienta de análisis, de gases disueltos presentes en transformadores, basada en redes neuronales y la norma IEEE C57-104, para la detección e interpretación de fallas. Esto permite contribuir al mantenimiento preventivo, ya que con la aplicación de este método ayuda a reducir hasta en un 90 % en la prevención de fallas El aprendizaje adquirido durante el entrenamiento se valida mediante la matriz de confusión, que abarca cuatro clases de diagnósticos: descargas de baja energía o alta energía, sobrecalentamiento y estado normal. Los resultados muestran una precisión del 94.4 %, con sensibilidad y especificidad del 100 %, y una exactitud del 92.5 %. Finalmente, se incorporó una interfaz de fácil accesibilidad para facilitar el trabajo del personal de mantenimiento.

Palabras-clave: Gases disueltos; Mantenimiento preventivo; Redes neuronales; Transformadores.

Application of neural networks in the analysis of dissolved gases for the preventive maintenance of power transformers.

Abstract: The focus of the research was the development of a specialized tool for the analysis of dissolved gases present in transformers, based on neural networks and the IEEE C57-104 standard, for the detection and interpretation of faults. This allows informed decisions to be made in preventive maintenance. The learning acquired during training is validated by the confusion matrix, which encompasses four classes of diagnostics: low-energy or high-energy discharges, overheating, and normal state. The results show an accuracy of 94.4%, with sensitivity and specificity of 100%, and an accuracy of 92.5%. Finally, an easily accessible interface was incorporated to facilitate the work of the maintenance staff.

Keywords: Dissolved gases; Preventive maintenance; Neural networks; Transformers.

1. Introducción

Un trasformador de potencia se considera uno de los componentes principales de una subestación (Chávez & Montes de Oca, 2021), es un dispositivo que utiliza la inducción electromagnética para convertir la energía eléctrica a niveles de tensión adecuados para su transmisión a lo largo de las líneas de transmisión. (Anglhuber & Krüger, 2019). Para garantizar su correcto funcionamiento es necesario hacer un análisis exhaustivo con periodicidad (Reddy, 2019), en este caso se enfoca en lo que ocurre cuando el aislante de aceite pierde su efectividad, por ello es importante el monitoreo constante a través de las pruebas por un período mínimo de 6 meses, debido a que las perturbaciones que el sistema presenta en el aislante disminuyen su vida útil. (Henao, Fernández, & Gómez, 2020). Mediante un análisis estadístico en transformadores de potencia con respecto a fallas, se obtiene como resultado que el 41 % corresponde a cambiadores de derivaciones, el 19 % a devanados, el 3 % al núcleo, el 12 % a los bushings, el 13 % al tanque y el 12 % a los fluidos con sus accesorios (De la Torre, 2021).

Por esta razón, las empresas eléctricas comercializadoras de energía necesitan implementar estrategias de mantenimiento predictivo aplicado a los transformadores de potencia (Matos, 2023), mediante la cual garantizan que los parámetros de operación de los equipos y el sistema de distribución se mantenga en valores aceptables que brinden la seguridad como también las prestaciones del servicio y su máxima viabilidad para el sistema (Calle Cadme, 2022).

El (AGD) en el aceite de transformadores es una técnica diagnóstica para detectar fallas. Estos eventos pueden provocar una emisión significativa de gases por parte de los transformadores de potencia, y cuando estos se disuelven en el aceite, pueden ocasionar su deterioro. La aplicación del AGD ha demostrado generar un ahorro considerable en los costos asociados con la operación y mantenimiento del sistema. (Zorrilla Henao, Céspedes Fernández, & García Gómez, 2020)

Una red neuronal (RN) se considera una unidad de procesamiento de información que se basa en modelos matemáticos con la intención de simular la estructura cerebral humana. Esta estructura, debido a su amplia capacidad de almacenamiento, se utiliza para establecer relaciones de pronósticos y evaluación, así como para comprender relaciones complejas y no lineales. Una de las principales ventajas de las RN es su tiempo de implementación que no es elevado, también su rápida capacidad para desarrollar modelos, tolerancia de fallos, adaptabilidad y factibilidad de implementación (Carpio, 2024).

La presente investigación consiste en elaborar una herramienta para evaluar desperfectos en transformadores de potencia (Chávez & Montes de Oca, 2021). Este enfoque se basa en un análisis de relación de fallos, utilizando como referencia la normativa IEEE C57.104-2019 (IEEE, 2019), que consiste en relacionar los gases disueltos y compararlos para generar un diagnóstico predictivo en transformadores de potencia de subestaciones. El propósito es contribuir al desarrollo de una red neuronal multicapa que facilite el análisis de gases y la predicción del estado del equipo. El uso de esta técnica se fundamenta en la amplia gama de aplicaciones similares que presentan las RN en el estudio de los sistemas eléctricos desde hace algunos años (Cabrera, Apolo, Moran, & Salazar, 2022).

2. Método y materiales

En este apartado, se detallan las metodologías y normas empleadas para el desarrollo de la herramienta informática y los métodos utilizados. En este contexto, se proporciona una descripción del proceso implementado para asegurar la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados obtenidos en la investigación.

2.1. Metodología

Mediante la Figura 1, se muestra la estrategia empleada para la elaboración de esta investigación. Inicialmente, se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva de trabajos anteriores relevantes. Seguido de esto, se procedió a la obtención de datos directamente de la empresa SSEI CIA. LTDA, especializada en el sostenimiento de transformadores de potencia.

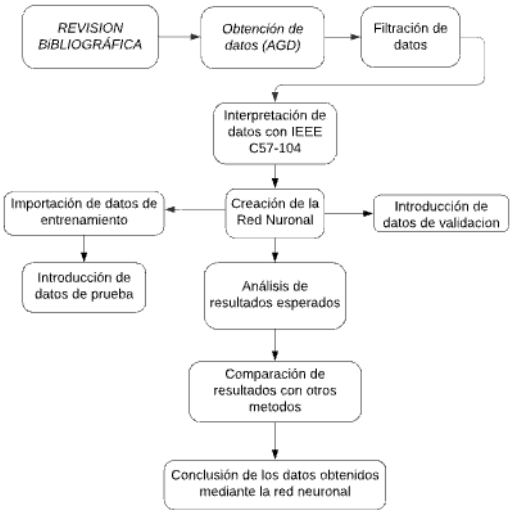


Figura 1 – Flujograma de la estrategia metodológica utilizada.

A continuación, se realizó el filtrado de los datos recopilados, seguido por un análisis detallado en la directriz IEEE C57-104 (IEEE, 2019). Posteriormente, se implementó una red neuronal multicapa, la cual asumió la responsabilidad de analizar los datos siguiendo las pautas establecidas por la normativa IEEE C57-104. Este enfoque permitió integrar la información obtenida de la revisión bibliográfica, los datos de la empresa y las directrices normativas en una herramienta coherente y eficaz para la valoración de desperfectos en transformadores de potencia.

2.2. Gases disueltos

El análisis de gases disueltos (AGD) desempeña un papel crucial en el mantenimiento basado en condiciones. Esta técnica posibilita la identificación temprana de posibles

fallas y la prevención de interrupciones no planificadas en el funcionamiento del transformador. El aceite del transformador contiene niveles de gases que pueden servir como indicadores de una posible falla, y el cambio en estos niveles se convierte en un indicador de la gravedad de la misma.

Gracias al AGD, se logra implementar un mantenimiento preventivo eficaz, permitiendo minimizar el tiempo de inactividad del transformador. Esto, a su vez, conduce a una reducción de costos y a un aumento notable en la eficiencia operativa del sistema (IEEE, 2019).

La Figura 2 presenta la relación en porcentaje relativo de los principales gases generados en el aceite, originados por cambios de temperatura y productos derivados de los distintos tipos de fallas, brindando una visualización esencial para la deducción de los resultados.

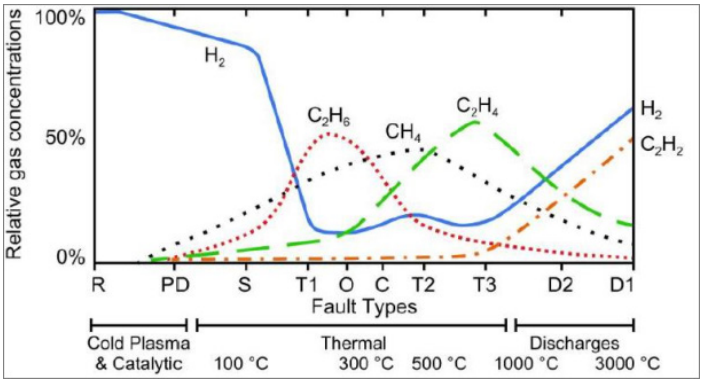


Figura 2 – Relación de los principales gases generados en el aceite originados de los cambios de temperatura y productos de los distintos tipos de fallas.

2.3. Método de muestreo

Para obtener muestras de (AGD) se considera la norma (IEC 60567) (IEC, 2023), titulada ““Guide for sampling gases and electrical equipment filled with oil and for the analysis of free and dissolved gases”. Esta normativa proporciona procedimientos detallados tanto para la toma de muestras de gases como para su posterior análisis, con el objetivo de identificar posibles fallos en el equipo. Es fundamental adherirse rigurosamente a las recomendaciones de la norma ASTM D923 (Chávez & Montes de Oca, 2021) durante el proceso y para obtener una muestra del aceite mineral aislante del transformador, se debe realizar el procedimiento descrito en la norma NMXJ-123-ANCE-2019 (Chávez & Montes de Oca, 2021).

2.3.1. Cromatografía de gases

El objetivo principal es identificar la presencia de gases de avería clave, como hidrógeno (H_2), metano (CH_4), etano (C_2H_6), etileno (C_2H_6), acetileno (C_2H_2), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO_2). Estos gases son subproductos de tensiones térmicas y eléctricas dentro del transformador, como el sobrecalentamiento o la formación de

arcos (IEEE, 2019). La detección de estos vapores es esencial para evaluar la salud y el rendimiento del transformador, debido a que su presencia puede indicar posibles fallas o condiciones anormales que podrían afectar el funcionamiento del equipo.

Métodos de interpretación del AGD.

Los gases inflamables que se han correlacionado directamente con fallas del transformador ocurren como resultado de la descomposición del aceite aislante concurrente en el transformador. Esta alteración produce varias moléculas de gas, incluyendo (H_2), (CH_2), (C_2H_6), (C_2H_6) y (C_2H_2), con concentraciones en partes por millón (ppm). Los tres tipos primordiales de fallas en transformadores de potencia que se permita verificar mediante inspección visual después de que se haya producido la falla son: descarga parcial, sobrecalentamiento térmico y arco eléctrico (Duval & Pabla, 2001).

Las descargas parciales y los arcos voltaicos son tipos de fallas eléctricas que se originan a partir del deterioro del aislamiento, como consecuencia de las altas tensiones eléctricas. Por otro lado, la falla térmica se produce cuando el sistema de aislamiento no puede soportar temperaturas más altas de lo normal, con un incremento en la temperatura por encima del valor estándar. Este aumento de térmico puede ser causado debido a sobrecalentamiento de los conductores, cortocircuitos, sobrecalentamiento de devanados debido a corrientes de Foucault, conexiones sueltas o refrigeración insuficiente (SENOUSSAOUI, 2019).

2.3.3. Método de relaciones de Rogers

Esta regla se fundamenta en concentraciones de gases, en particular Etileno y Acetileno, cuyas proporciones varían en función de la temperatura asociada a la falla. La Tabla 1 muestra la relación específica entre las concentraciones de los gases, indicando que se espera que estén a temperaturas elevadas para su formación (Sarria Arias, Guerrero Bello, & Rivas Trujillo, 2014).

CASO	C2H2/C2H4	CH4/H2	C2H4/C2H6	Diagnóstico de falla
0	<0.1	0.1 a 1.0	< 1.0	Unidad en estado normal
1	<0.1	<0.1	< 1.0	Descarga parcial de baja energía
2	0.1 a 3.0	0.1 a 1.0	> 3.0	Descarga de alta energía
3	<0.1	0.1 a 1.0	1.0 a 3.0	Desperfecto de baja temperatura
4	<0.1	> 1.0	1.0 a 3.0	Desperfecto térmico < 700 °C
5	<0.1	> 1.0	> 3.0	Desperfecto térmico > 700 °C

Tabla 1– Regla de relaciones de Roger

2.3.4. Método de Relaciones de Doernenburg

El método de relaciones de Doernenburg, conforme a la definición establecida por el estándar IEEE C57.104-1991 (IEEE, 2019), emplea cuatro uniones de gases (metano/hidrógeno, acetileno/metano y etano/acetileno) con el objetivo de definir la descomposición térmica, descarga parcial o arqueo. (Matos, 2023). En una primera

etapa, es crucial que los valores de los gases superen la concentración de L1, como se observa en la Tabla 2, para confirmar la existencia de un problema en la unidad.

Key gas	Concentración L1 (µL/L (ppm v/v))
Hidrogeno (H2)	100
Metano (CH4)	120
Monóxido de carbono (CO)	350
Acetileno (C2H2)	1
Etileno (C2H4)	50
Etano (C2H6)	65

Tabla 2 – Límite de densidad de gases disueltos

Posteriormente, se evalúa si hay generación aceptable de cada gas para aplicar la relación de análisis correspondiente, utilizando la Tabla 3, que proporciona información sobre los principales gases y sus concentraciones de L1. (García Vélez & Gaspar España, 2010)

Tipo de falla	**Ratio 1 -R1 (CH4/H2)**		**Ratio 2 -R2 (C2H2/C2H4)**		**Ratio 3 -R3 (C2H2/CH4)**		**Ratio 4-R4 (C2H6/C2H2)**	
Diagnostico	Aceite	Gas	Aceite	Gas	Aceite	Gas	Aceite	Gas
1 – Descomposición térmica	> 0.1	> 0.1	< 0.75	<0.1	< 0.3	< 0.1	> 0.4	> 0.2
2 – Descarga parcial (Corona)	<0.1	< 0.01	No relevante		< 0.3	< 0.1	> 0.4	> 0.2
3 – Arco (alta intensidad PD)	>1.0 --- <1.0	> 0.01 --- > 0.1	> 0.75	> 1.0	> 0.1	> 0.1	< 0.4	> 0.2

Tabla 3 – Combinación para gases claves según Doernenburg.

3. Método de Duval

Michael Duval desarrolló nuevas iteraciones de su triángulo clásico, asignando el primero para aceites minerales, el segundo para cambios de carga, y el tercero para aceites no minerales. Por último, los triángulos 4 y 5 se emplean para la evaluación de fallos a baja temperatura, en los cuales la gasificación dispersa de los aceites puede incidir en el proceso diagnóstico (Sarria Arias, Guerrero Bello, & Rivas Trujillo, 2014).

El método concebido por Duval propuso la utilización de tres gases cuyas concentraciones, según su nivel, señalan un incremento en el contenido energético o térmico. En este contexto, el metano (CH4) se asigna a fallos de baja energía o temperatura, el etileno (C2H4) a fallos de alta temperatura, y el acetileno (C2H2) a fallos de temperatura-energías extremadamente altas o asociadas a arcos eléctricos (Mawelela, Nnachi, Akumu, & Abe, 2020).

3.1. Composición de la red

La aplicación de redes neuronales se considera como un análisis predictivo, específicamente en la valoración de fallas en transformadores. Este proceso implica dos etapas fundamentales. En la primera fase, conocida como el proceso de entrenamiento, la red neuronal recibe patrones de entrenamiento para realizar cálculos y ajustar sus parámetros. En la segunda etapa, denominada proceso de prueba, se suministra un patrón de datos desconocido para comprobar si la salida proporcionada por la red coincide con la salida deseada. Estas etapas permiten que la red neuronal aprenda de manera efectiva y aplique sus conocimientos para el diagnóstico eficiente de fallos.

La red neuronal tiene dos capas ocultas, las mismas pueden ayudar a la red a aprender representaciones complejas y abstractas de los datos de entrada. Cada capa oculta puede capturar diferentes niveles de abstracción, lo que permite a la red modelar relaciones más profundas y sofisticadas entre las características de entrada y las salidas deseadas. Cada una de ellas está compuesta por una capa lineal (nn.Linear) seguida de una capa de normalización (nn.BatchNorm1d) y una función de activación ReLU (nn.ReLU). La primera capa oculta tiene 64 neuronas y la segunda capa tiene tantas neuronas como clases de salida (output_size), que se calcula como la longitud del conjunto de etiquetas única. La inclusión de una capa de normalización (nn.BatchNorm1d) entre las capas lineales y las funciones de activación (ReLU) ayuda a acelerar el entrenamiento de la red y mejora su estabilidad. Por otra parte, la normalización de lotes ayuda a reducir el problema del desvanecimiento del gradiente y permite que la red converja más rápido durante el entrenamiento al mantener la distribución de las activaciones en cada capa más estable.

Para el proceso de adiestramiento, se contó con 177 muestras de gases, empleándose un vector de entrada que abarca las concentraciones de H2, CH4, C2H2, C2H4 y C2H6. Por otro lado, el vector de salida detalla las diferentes condiciones posibles que pueden manifestarse en el transformador, tales como descargas de alta energía, descargas de baja energía, calentamiento térmico y operación normal.

Se empleó una data obtenida de una empresa especializada en realizar pruebas de transformadores para el mantenimiento. Esta base de datos comprende 51 muestras, distribuidas de la siguiente manera: 22 muestras corresponden a casos normales, 10 casos a descargas de alta energía, 5 casos a descargas de baja energía y 14 casos a situaciones de sobrecalentamiento térmico. Además, se incorporó una base de datos adicional que comprende 126 estudios presentados por diversos autores. Estos conjuntos de datos enriquecen la diversidad de escenarios y condiciones evaluadas, proporcionando una amplia gama de información para la robustez y validez del análisis realizado. (Ganyun Lv, 2005), (Sarma & Kalyani, 2004), (Chin-Pao Hung, 2004), (Kanika Shrivastava, 2012).

En la interpretación del (AGD) en aceite dieléctrico, se han definido cuatro clases de diagnóstico, detalladas en la Tabla 4. Con el objetivo de simplificar el procesamiento por parte del algoritmo, se han asignado datos numéricos a los siguientes estados: estado normal, descarga de alta energía, descarga de baja energía, sobrecalentamiento y descarga de baja energía. Estos estados se consideran como resultados de diagnóstico derivados del análisis de gases disueltos, facilitando así la comprensión y aplicación del algoritmo en la evaluación de transformadores.

Clase	Estado
1	Descarga de alta energía
2	Descarga de baja energía
3	Estado normal
4	Sobrecalentamiento

Tabla 4 – Diagnóstico de resultados DGA.

3.2. Arquitectura de la red

En la Figura 3, se representa la arquitectura de la red creada, la cual consta de una capa de entrada con 5 neuronas, dos capas ocultas con 64 neuronas y una capa de salida. La red neuronal multicapa es capaz de realizar tareas como la clasificación y la regresión, y puede utilizarse para problemas en los que la combinación entre entradas y salidas no es lineal, como es el caso que nos ocupa. El algoritmo de entrenamiento utilizado por el Perceptrón Multicapa (MLP) se basa en la retro propagación, el proceso ajusta los pesos de las conexiones de la red con el objetivo de minimizar el error de predicción entre las salidas generadas por la red y las salidas deseadas (Morera, 2018).

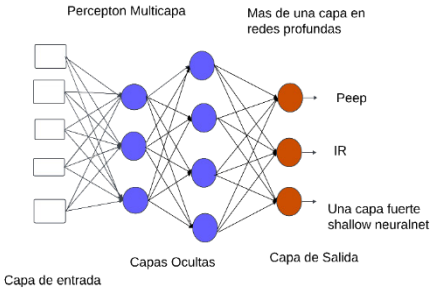


Figura 3 – Arquitectura de la red neuronal multicapa diseñada.

3.3. Procedimiento de entrenamiento y validación

El procedimiento de entrenamiento se describe en la Figura 4, donde se procedió a importar los datos mediante un archivo de Excel en donde primero se comprueba con la norma IEEE C57-104 (IEEE, 2019), en caso de que todos los valores estén por debajo de los límites establecidos, lo que significa que el trasformador opera en estado normal, en cambio, si no cumple dicha condición, pasa a la primera capa de la red neuronal en donde se encuentra la interpretación del AGD, que arroja tres tipos de diagnósticos establecidos por la norma IEEE C57-104 y al mismo tiempo se calculan los porcentajes de los gases para hacer las relaciones en los triángulos de Duval en donde se arrojará el tipo de falla. Entonces dependiendo de esta, se dará una recomendación sobre el mantenimiento, para finalmente, en un resultado final, se dará el diagnóstico

con el tipo de falla y la recomendación sobre el mantenimiento preventivo que se deba dar. Luego del entrenamiento de la red neuronal se efectuó su validación, para ello se utiliza el 6 % de la base de datos total, incluyendo ensayos de los diferentes casos a identificar a través del error cuadrático medio que se determina con la ecuación (1). Donde este error permite evaluar la diferencia entre los valores reales ($\hat{xi}$) y los valores precedidos (xi), considerando que mientras menor sea este valor, mejor será el resultado de la predicción. También la matriz de confusión será utilizada para valorar el nivel de precisión, exactitud y sensibilidad del modelo con vistas a obtener un error menor al 3 % como límite máximo.

$$Error = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(xi - \hat{xi}\right)^2 \tag{1}$$

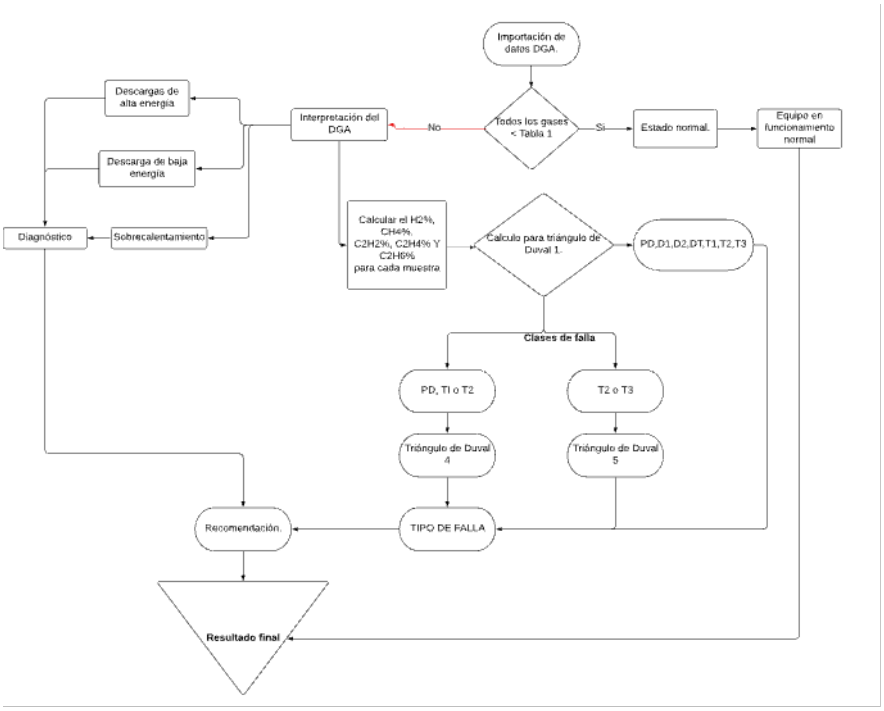


Figura 4 – Flujograma que representa el entrenamiento de la red.

4. Resultados

4.1. Análisis de datos utilizados

Para llevar a cabo el proceso de adiestramiento y prueba, se emplearon los datos detallados en la Tabla 5. Esta tabla proporciona información crucial sobre distintos tipos de diagnósticos realizados y las fallas identificadas en relación con diversas concentraciones

de gases. La utilización de estos datos fue fundamental para la evaluación y validación efectiva de la red neuronal.

	Diagnostico	(H_2)	(CH_4)	(C_2H_2)	(C_2H_4)	(C_2H_6)
Datos de Entrenamiento	Descarga de alta energía	47	47	47	47	47
	Descarga de baja energía	21	21	21	21	21
	Estado Normal	32	32	32	32	32
	Sobrecalentamiento	77	77	77	77	77
Datos de Prueba	Descarga de alta energía	16	16	16	16	16
	Descarga de baja energía	8	8	8	8	8
	Estado Normal	27	27	27	27	27
	Sobrecalentamiento	29	29	29	29	29

Tabla 5 – Distribución de datos por categorías con las concentraciones de gases en ppm.

El análisis de los datos expuestos en la Tabla 5, permite realizar una evaluación del rendimiento de la red neuronal a través de la matriz de confusión, la cual ilustra de manera clara los niveles de acierto y error del algoritmo.

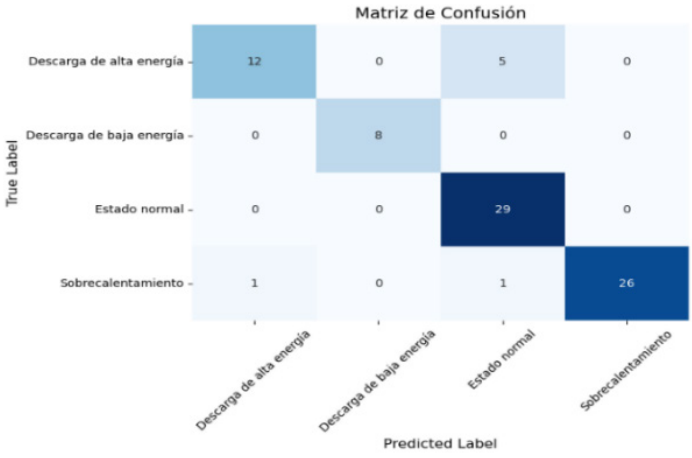


Figura 5 – Matriz de confusión.

La matriz de confusión de la Figura 5, consta de 4 clases, proporcionando una representación directa de los niveles de acierto y error. Los resultados obtenidos del código indican un 0.13 % de error para la clase 1, un 0.14 % de error para las clases 2 y

4, y un 2.1 % de error para la clase 3. Estos resultados se traducen en una precisión del 94.4 %, así como sensibilidad y especificidad del 98.6 %, junto con una exactitud general del 92.5 % para la red neuronal multicapa implementada. Estos indicadores destacan el rendimiento robusto y confiable del modelo en la tarea de diagnóstico de fallas en transformadores basado en el análisis de gases disueltos.

4.2. Análisis Comparativo

En la Tabla 6, se realiza una similitud que destaca una mejora significativa en el número de aciertos en comparación con trabajos de investigación previos. La implementación de la red neuronal multicapa obtenida en el presente trabajo ha logrado reducir considerablemente el margen de error en comparación con investigaciones anteriores. Esta mejora se atribuye a la capacidad de la Red Neuronal Multicapa para utilizar la retro propagación, un proceso que ajusta los pesos de las conexiones de la red con el objetivo de minimizar el error de predicción entre las salidas producidas por la red y las salidas deseadas. Este enfoque de ajuste dinámico de pesos contribuye de manera significativa a la precisión y eficiencia del modelo, superando los límites de error observados en investigaciones anteriores.

AUTORES	**(Freire, Astudillo, Quinatoa, & Arias, 2023)**	**(Freire Freire, 2023)**	**Modelo propuesto**
	Bosque aleatorios	Red neuronal 1 entrenamiento estandarizado	Red neuronal multicapa
CLASE 1	100%	95%	99,87%
CLASE 2	76,9	39%	98,6%
CLASE 3	60%	0%	98,6%
CLASE 4	96,8	98%	97,90%

Tabla 6 – Comparación de datos finales con respecto a otras fuentes.

4.3. Interfaz

Mediante un algoritmo en Python se desarrolla una interfaz amigable que se muestra en la Figura 6, la misma constituye una ayuda importante para el personal que se dedica al mantenimiento preventivo, donde se puede interactuar de una manera fácil, ya que el uso de una entrada por consola puede originar un nivel de equivocación considerable durante el tipeo de datos. Se debe tomar en cuenta que, el uso de este algoritmo requiere instalar un conjunto de librerías que contienen una gran capacidad de memoria ocasionando que no todos los dispositivos sean compatibles. Sin embargo, con una interfaz desarrollada, se pretende facilitar el uso en cualquier PC disponible.

Para comprobar la red mediante el interfaz, se procede a ingresar datos del reporte del (AGD) para diagnosticar el estado de los transformadores, en lo cual se usa la Tabla 6 y donde se muestran los resultados finales que se obtuvieron mediante la interacción de la interfaz.



Figura 6 – Interfaz implementada.

En la Tabla 7, se visualizan los resultados obtenidos mediante la red neuronal, en donde se tienen los datos de entrada, el diagnóstico de la red acorde a lo señalado en la Tabla 4 y la recomendación emitida, dependiendo del estado del transformador según la presencia de gases y la falla presente en el trasformador.

Número	HIDROGENo	METANO	ETANO	ETILELNO	ACETILENO	DIÁGNOTICO DE LA RED NEURONAL	RECOMENDACIÓN EMITIDA POR LA RED NEURONAL
1	11	1	0	0	0	Estado Normal	Ninguna
2	4	0	0	0	0	Estado Normal	Ninguna
3	5	5	4	12	0	Estado Normal	Ninguna
4	20	21	68	5	0	Descarga de Alta Energía	Próxima 3 meses
5	4	2	0	46	0	Sobrecalentamiento	Prueba Inmediata
6	20	44	34	114	0	Sobrecalentamiento	Prueba Inmediata
7	120	23	5	4	0	Descarga de baja energía	Prueba 3 meses
8	38.6	15	6.32	28	7	Descarga de Alta Energía	Prueba Inmediata
9	457	180	71	0	0	Sobrecalentamiento	Prueba 6 meses
10	942	155	38	0	0	Descarga de Alta Energía	Prueba 6 meses

Número	HIDROGENo	METANO	ETANO	ETILELNO	ACETILENO	DIÁGNOTICO DE LA RED NEURONAL	RECOMENDACIÓN EMITIDA POR LA RED NEURONAL
11	91	1,1	888	1,77	0	Sobrecalentamiento	Prueba Inmediata
12	58	17	27	5	2	Descarga de Alta Energía	Prueba Inmediata
13	0	110	15	0	125	Descarga de Alta Energía	Prueba 6 meses
14	0	39	0	0	39	Descarga de Alta Energía	Prueba 6 meses
15	12	13	3	9	0	Estado Normal	Ninguna

Tabla 7 – Datos proporcionados por la empresa SSEI CIA. LTDA.
Concentraciones de gases disueltos en ppm.

Es necesario destacar que los resultados obtenidos en el entrenamiento y el nivel de error en la predicción se encuentra dentro del entorno encontrado en otros trabajos similares, como es el caso de (Freire, Astudillo, Quinatoa, & Arias, 2023) y (Faria, Costa, & Olivas, 2015).

4. Conclusiones

El (AGD) se posiciona como una herramienta favorable para los sistemas de distribución eléctrica. Su función principal es diagnosticar el estado de los transformadores, contribuyendo de manera significativa a su correcto funcionamiento y al aseguramiento de su vida útil. Se ha desarrollado una red neuronal utilizando el lenguaje de programación Python, basada en una extensa base de datos que abarca 177 análisis de transformadores. Esta red neural se erige en un instrumento avanzado que promete mejorar la eficacia y precisión de las evaluaciones de los transformadores, permitiendo una gestión más efectiva del mantenimiento preventivo en el sistema de distribución eléctrica.

El algoritmo de programación ha sido planteado para procesar individualmente los informes de laboratorio derivados. Esta funcionalidad permite la comparación de la evolución histórica de un equipo específico o la evaluación comparativa de condiciones entre diversos transformadores, dependiendo de los esfuerzos eléctricos a los que estén sometidos.

La implementación de la red neuronal multicapa y del algoritmo de entrenamiento se fundamenta en la retro propagación, una técnica que ajusta los pesos de las conexiones de la red. Con 64 neuronas en la capa oculta, este enfoque busca minimizar el error de predicción, proporcionando así una herramienta eficaz para el análisis y diagnóstico de transformadores basado en datos de gases disueltos, lo que es favorable para garantizar

el tiempo de vida útil de la máquina. Obteniendo un margen de error del 0,13% para la primera clase, mientras que en la segunda y cuarta clase presenta un error de 0,14% y finalmente tiene un 2.1% para la tercera clase, garantizando de esta manera que la red neuronal multicapa es favorable para ser puesta en operación en esta aplicación.

Referencias

Anglhuber, M., & Krüger, M. (2019). Análisis dieléctrico de transformadores de potencia. *Omicron*, 13. Obtenido de https://www.omicronenergy.com/fileadmin/user_upload/website/pdf/potm/PotM-2016-07-Dielectric_Analysis_of_Power_Transformers-ESP.pdf

Cabrera, C. H., Apolo, N. P., Moran, D. V., & Salazar, G. I. (2022). Predicción de demanda eléctrica utilizando redes neuronales artificiales para un sistema de distribución de energía eléctrica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 9*(6), 16. Obtenido de https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/2502

Calle Cadme, A. C. (2022). DETECCION DE FALLAS EN BAJANTES DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN,MEDIANTE DE ÁNALISIS DE EP LEARNING, EN IMAGENES TERMOGRÁFICA. *"Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity"*, 10. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21911/1/UPS-CT009579.pdf

Carpio, G. (0 de 2024). Modelos de Fallas de Transformadores. *Cogent Engineering, 5*(1), 15. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7913/1/UPS-CT004758.pdf

Chávez, B., & Montes de Oca, G. (2021). Determinación de fallas en transformadores de potencia inmersos en aceite mineral aislante basándose exclusivamente en el DGA y mediante la evaluación del NEI. *Revista de Ciencias Tecnológicas, 4*(3), 208-223. Obtenido de https://www.omicronenergy.com/download/file/e2079cfc4e552d46b81d0ebb62f9a917/

Chin-Pao Hung, M.-H. W. (2004). Diagnosis of incipient faults in power transformers using CMAC neural network approach. *Electric Power Systems Research, 71*(3), 235-244. doi:https://doi.org/10.1016/j.epsr.2004.01.019

De la Torre, A. A. (2021). ANALSIS DE FALLAS EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE CENTRALES DE GENERACIÓN. *Titulación Maestría en Electricidad*. Guayaquil. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20837/1/UPS-GT003353.pdf

Duval, M., & Pabla, A. (2001). Interpretation of gas-in-oil analysis using new IEC publication 60599 and IEC TC 10 databases. *IEEE Electrical Insulation Magazine, 17*(2), 31-41. doi:https://doi.org/10.1109/57.917529

Faria, H., Costa, J. G., & Olivas, J. L. (2015). A review of monitoring methods for predictive maintenance of electric power transformers based on dissolved gas analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 201-209. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.052

Freire Freire, A. S. (2023). INTERPRETACIÓN DE GASES DISUELTOS EN ACEITE DIELÉCTRICO MEDIANTE REDES NEURONALES PARA LA DETECCIÓN DE ANOMALÍAS EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE LA SUBESTACIÓN NOVACERO. *Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en Electricidad mención*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga. Obtenido de http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10014

Freire, A., Astudillo, J., Quinatoa, C., & Arias, F. (2023). Interpretación de Gases Disueltos en Aceite Dieléctrico Mediante Bosques Aleatorios Para la Detección de Anomalías en Transformadores de Potencia. *Revista Técnica "energía"*, 90-98. Obtenido de https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/544

Ganyun Lv, H. C. (2005). Fault diagnosis of power transformer based on multi-layer SVM classifier. *Electric Power Systems Research, 75*(1), 9-15. doi:https://doi.org/10.1016/j.epsr.2004.07.013

García Vélez, E. O., & Gaspar España, C. O. (2010). Diagnóstico y mantenimiento de transformadores de gran potencia en aceite (aplicado a un transformador de 160MVA, 13,8kv/138kv de la Central Térmica Trinitaria). *Tesis*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Guayaquil. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2109

Henao, J. D., Fernández, A. C., & Gómez, D. F. (2020). TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA. *Revista Chile de Ingeniera, 28*(2), 15. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000200184

IEC, S. 6. (2023). Oil-filled electrical equipment - Sampling of free gases and analysis of free and dissolved gases in mineral oils and other insulating liquids. *Commission, International Electrotechnical*.

IEEE, P. a. (2019). IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Mineral Oil-Immersed Transformers - Redline. *IEEE Electrical Insulation Magazine*, 1-179. doi:https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2019.8890040

Kanika Shrivastava, A. C. (2012). A Novel Association Rule Mining with IEC Ratio Based Dissolved Gas Analysis for Fault Diagnosis of Power Transformers. *International Journal of Engineering Research & Technology, 2*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/265267414_A_Novel_Association_Rule_Mining_with_IEC_Ratio_Based_Dissolved_Gas_Analysis_for_Fault_Diagnosis_of_Power_Transformers

Matos, L. O. (2023). ESTRATEGIA DE DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE FALLAS ELÉCTRICAS PARA SISTEMAS ELECTRICOS DE DISTIBUCION ELECTRICA CON GENERACION DISTRIBUIDA BASADA EN REDES NEURONALES . *Título de Ingeniero Eléctrico* . Universidad Politécnica Salesiana , Quito. Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.14076/11471

Mawelela, T. U., Nnachi, A. F., Akumu, A. O., & Abe, B. T. (2020). Fault Diagnosis of Power Transformers Using Duval Triangle. *2020 IEEE PES/IAS PowerAfrica*, 1-5. doi:https://doi.org/10.1109/PowerAfrica49420.2020.9219802

Morera, A. (2018). Introducción a los modelos de redes neuronales artificiales El perceptrón simple y multicapa. *Trabajo de fin de grado en Matemáticas*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza. Obtenido de https://zaguan.unizar.es/record/69205/files/TAZ-TFG-2018-148.pdf

Reddy, B. K. (2019). Latest Trends In Use Of Transformer Oils. *International Journal of Engineering Trends and Technology, 67*(3), 3. Obtenido de https://ijettjournal.org/assets/Volume-67/Issue-7/IJETT-V67I7P207.pdf

Sarma, D. S., & Kalyani, G. (2004). ANN approach for condition monitoring of power transformers using DGA. *2004 IEEE Region 10 Conference TENCON 2004.*, 444-447. doi:https://doi.org/10.1109/TENCON.2004.1414803

Sarria Arias, T. J., Guerrero Bello, A. N., & Rivas Trujillo, E. (2014). Estado del arte del análisis de gases disueltos en transformadores de potencia. *Revista Facultad de Ingeniería, 23*(36), 105-122. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=413937007010

SENOUSSAOUI, M. E. (2019). Contributions des techniques intelligentes au diagnostic industriel des transformateurs de puissance. *Doctorado en Ciencias en Ingenieria Electrica*. UNIVERSITE DJILLALI LIABBES DE SIDI BEL ABBES, Argelia. Obtenido de http://rdoc.univ-sba.dz/bitstream/123456789/2490/1/D_ETT_SENOUSSAOUI_MohammedElAmine.pdf

Zorrilla Henao, J. D., Céspedes Fernández, A., & García Gómez, D. F. (2020). Técnicas para el diagnóstico de transformadores de potencia: Una revisión crítica. *Scielo, 28*(2), 6. Recuperado el 15 de 03 de 2024, de https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/download/3153/1915

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 06/03/2024
Aceitação/Acceptance: 08/06/2024

Reconocimiento facial mediante Google Colaboratory: Un enfoque de aprendizaje profundo

Luis Navarrete[1], Jefferson Porras[2]

luis.navarrete7284@utc.edu.ec; jefferson.porras0449@utc.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Cotopaxi, Simón Rodríguez, 050120, Latacunga, Ecuador

[2] Universidad Técnica de Cotopaxi, Simón Rodríguez, 050120, Latacunga, Ecuador

Pages: 328-336

Resumen: El análisis automático de la expresión facial representa un desafío significativo en la visión por computadora, con aplicaciones en interacciones humano-computadora, robots sociales y más. Este estudio desarrolla un método innovador para reconocer expresiones faciales utilizando la verificación de elementos móviles y seguimiento de nodos en video. Se genera un gráfico facial por cada marco de video, extrayendo características al medir proporciones en el gráfico. Se clasifican siete expresiones, incluyendo la neutral, mediante máquinas de vectores de soporte y otros clasificadores, utilizando la base de datos JAFFE. Nuestro método no usa unidades de acción, evitando errores de identificación y mejorando la precisión. Los resultados demuestran que este enfoque es eficaz para identificar expresiones mediante el análisis de movimientos faciales.

Palabras-clave: Reconocimiento Facial, Aprendizaje Profundo, Google Colaboratory, Visión por Computadora.

Facial Recognition Using Google Colaboratory: A Deep Learning Approach

Abstract: Automatic facial expression analysis presents a significant challenge in computer vision, with applications in human-computer interactions, social robots, and more. This study develops an innovative method for recognizing facial expressions using the verification of moving elements and tracking nodes in video. A facial graph is generated for each video frame, extracting features by measuring proportions in the graph. Seven expressions, including the neutral one, are classified using support vector machines and other classifiers, utilizing the JAFFE database. Our method does not use action units, thereby avoiding identification errors and improving accuracy. The results demonstrate that this approach is effective for identifying expressions through the analysis of facial movements.

Keywords: Facial Recognition, Deep Learning, Google Colaboratory, Computer Vision.

1. Introducción

En la era de los avances tecnológicos rápidos, el reconocimiento facial ha surgido como una tecnología transformadora con implicaciones significativas en diversos sectores (Khan & Rajwana, 2022). Desde la mejora de las aplicaciones de seguridad hasta el ofrecimiento de experiencias personalizadas a los usuarios, la habilidad de identificar y autenticar automáticamente a individuos basándose en características faciales ha atraído considerable atención. Investigaciones como las de Yang et al. (2019), que exploran el reconocimiento de expresiones faciales basado en unidades de acción facial, destacan la evolución y las aplicaciones potenciales de esta tecnología(Kini et al., 2023) .

En este artículo, profundizamos en el ámbito del reconocimiento facial, explotando la potencia de Google Colaboratory. Google Colaboratory, o Colab, emerge como una plataforma basada en la nube que facilita la computación colaborativa y accesible, ofreciendo un entorno en el que investigadores y desarrolladores pueden acceder a capacidades computacionales significativas sin la necesidad de un hardware extenso. La implementación de sistemas de reconocimiento facial, que operan en la intersección de la visión por computadora y la inteligencia artificial, se beneficia enormemente de estas capacidades, como se refleja en la literatura existente sobre el tema (Xinong, 2023).

La adopción de Google Colaboratory para el reconocimiento facial destaca por su accesibilidad y escalabilidad. La plataforma permite a los investigadores emplear Unidades de Procesamiento Gráfico (GPUs) y Unidades de Procesamiento Tensorial (TPUs) de Google para acelerar el entrenamiento de modelos de aprendizaje profundo, una ventaja significativa para avanzar en la investigación en este campo. Nuestro enfoque, que involucra el uso de técnicas de aprendizaje profundo, refleja un interés creciente en mejorar la precisión y eficiencia del reconocimiento facial, asegurando la robustez y generalización de los modelos desarrollados (Hussien, 2022).

A medida que la tecnología de reconocimiento facial continúa evolucionando, es imperativo seguir explorando y perfeccionando soluciones que no solo sean precisas y justas sino también eficientes. Esperamos que el presente estudio no solo estimule la investigación adicional en este campo vibrante, sino que también fomente una implementación responsable y ética de la tecnología de reconocimiento facial en una variedad de aplicaciones prácticas (Avci & Bidollahkhani, 2023).

Concluyendo, las secciones siguientes del artículo detallarán la metodología empleada, ofrecerán una revisión exhaustiva de la literatura existente, y discutirán los resultados obtenidos, reflexionando sobre las implicaciones de utilizar Google Colaboratory en los esfuerzos de reconocimiento facial, subrayando la relevancia y las oportunidades para futuras investigaciones en este campo (Zhao et al., 2022).

2. Metodología

2.1. Detección de Puntos Faciales

Los métodos para la detección de puntos de características faciales se pueden clasificar como métodos basados en textura o métodos basados en forma. En este estudio, utilizamos un método basado en la forma para verificar 50 puntos faciales, como se

ilustra en la Figura 1. El método propuesto, basado en segmentación de imágenes, es lo suficientemente preciso para permitir el reconocimiento de expresiones de características geométricas. A continuación, se supone que se utilizan imágenes de una base de datos de imágenes faciales para el reconocimiento de expresiones faciales. Los detalles relevantes sobre la base de datos de imágenes faciales se proporcionarán más adelante en la sección 2.3. Los primeros pasos de la extracción de características incluyen la detección de rostros, particionamiento, mejora de imagen, segmentación y detección de puntos, como se muestra en la Figura 1.(Bezabih et al., 2023).

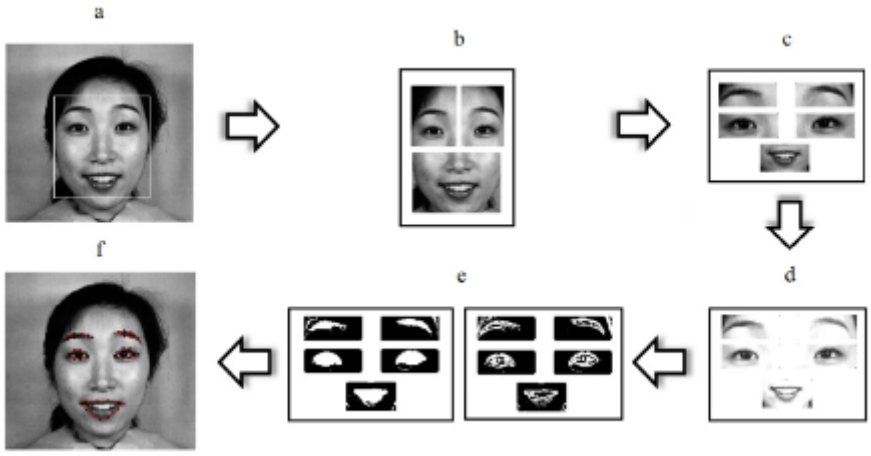


Figura 1 – a) Detector de rostro y eliminador de bordes b) División del rostro en tres partes: superior izquierda, superior derecha e inferior c) División en 5 componentes principales. d) Mejora del contraste e) Detección de bordes y segmentación. f) Detección de límites y puntos faciales.

2.1.1. Normalización de la Intensidad de los Píxeles

Para limitar el área procesada de la imagen solo a las áreas requeridas del rostro, la detección de rostros ha recibido mucha atención. La mayoría de estos métodos enfatizan técnicas de aprendizaje estadístico y utilizan características de apariencia, incluido el detector de rostros de Viola y Jones, que también se utiliza en este estudio. El método primero detecta el rostro y divide la región facial en tres partes principales, para eliminar bordes extras en la imagen, como cabellos, barbilla, etc. La Figura 1.b muestra cómo el algoritmo de preprocesamiento divide cada imagen en tres partes: región superior izquierda, superior derecha e inferior. Las partes superiores contienen los ojos y las cejas, y la parte inferior contiene la boca y los labios. Utilizando el perfil de histograma en escala de grises, se deben aproximar cinco componentes faciales principales en estas regiones. Así, el algoritmo analiza los perfiles de histograma horizontal y vertical en cada una de las tres partes principales. La razón para dividir los componentes faciales es enfocarse en las variaciones locales del color de la piel, los labios, la barbilla, etc. La

Figura 2 muestra un ejemplo de análisis del perfil de histograma vertical para la parte superior izquierda de la imagen facial. (Ren et al., 2023).

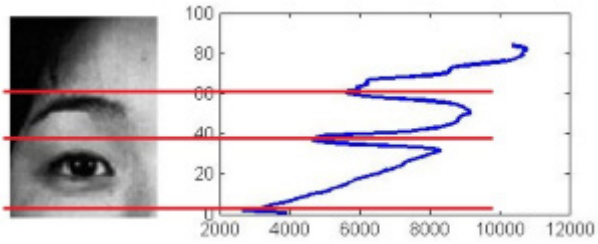


Figura 2 – Perfil de línea en escala de grises de la imagen de entrada, el perfil de línea vertical ilustra el espacio entre el ojo y la región de la ceja.

Utilizando perfiles de línea en escala de grises verticales y horizontales, la Figura 1.c muestra los resultados después de separar los cinco componentes faciales principales.

2.1.2. Mejora Adaptativa del Contraste

La forma más sencilla de detectar componentes faciales es segmentando las áreas de piel y no piel. Nuestros métodos de segmentación propuestos incluyen análisis de textura y color. Además, se ha desarrollado un algoritmo adaptativo para analizar el histograma de imágenes de bajo contraste, y extender el contraste entre áreas de piel y no piel. La Figura 1.d muestra el histograma acumulativo de la imagen, que establece los umbrales del histograma. Nuestro método adaptativo funciona tanto en tonos de piel oscuros como claros. El objetivo principal en este paso es enfatizar los bordes suaves de las partes de las cejas, los rincones oscuros de los ojos y las sombras alrededor de los labios.

2.1.3. Segmentación

La segmentación es el último paso del preprocesamiento y consta de tres etapas: detección de bordes, operaciones morfológicas y extracción de límites. Dado que el color de piel y cabello del sujeto son desconocidos, los métodos de detección de bordes muestran mejores resultados que el umbralizado de la imagen en escala de grises. Además, el uso de métodos de detección de bordes proporciona resultados precisos incluso en presencia de sombras en las esquinas del rostro. Utilizamos un conjunto de operaciones de filtrado morfológico para mejorar los resultados del detector de bordes y conectar los componentes entre sí, como se muestra en la Fig. 1.e. Finalmente, se utilizan los límites del componente más grande en cada región de interés (ROI) para determinar los puntos faciales. La Figura 1 f muestra 10 puntos alrededor de cada componente facial.

Los resultados típicos del algoritmo se ilustran en la Figura 3. El algoritmo detector de puntos proporciona respuestas adecuadas a los cambios en la iluminación. Sin embargo, en casos de cabello en la cabeza o vello facial presentes en las áreas procesadas de la imagen, el detector de puntos puede fallar (Gutiérrez-Pérez, 2023).

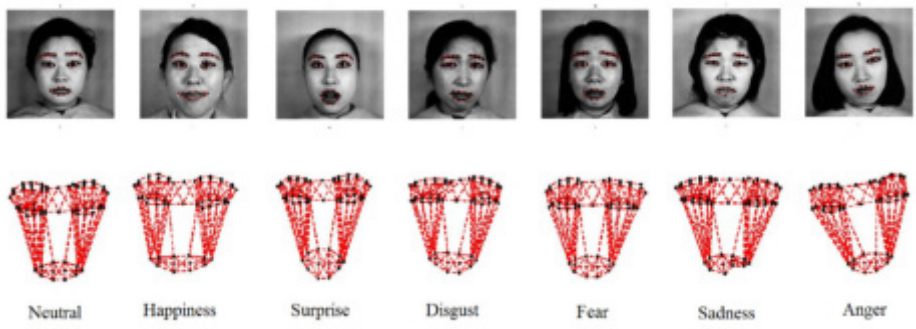


Figura 3 – Fila superior) seis expresiones faciales básicas e imagen de rostro neutral. Fila inferior) gráfico facial calculado para cada una de las siete imágenes.

2.2. Gráfico Facial

Los movimientos geométricos, como los desplazamientos de puntos faciales y los cambios de curvatura de los componentes faciales, juegan un papel importante en la distinción entre expresiones en los sistemas de reconocimiento de expresiones humanas. Por lo tanto, tanto los desplazamientos de puntos faciales como las deformaciones de componentes faciales contienen información valiosa.

El seguimiento de estos cambios a lo largo de una secuencia de video permite capturar los cambios y extraer información de las expresiones. Además, el desplazamiento de los puntos característicos es la principal fuente de error, causado ya sea por el movimiento del cuerpo rígido de la cabeza del sujeto o por deformaciones basadas en la expresión. Para el enfoque propuesto aquí, el algoritmo de seguimiento se basa en un gráfico facial robusto alineado con los componentes faciales. Los vectores de características se extraen de los lados del gráfico en forma de distancia euclidiana, por lo tanto, las ubicaciones de los vértices no se miden en la imagen. Los resultados experimentales demuestran que los lados del gráfico son resistentes contra los desplazamientos de imagen entre cuadros secuenciales y las variaciones de orientación de la cabeza, pero la variación de escala de la imagen sigue siendo una causa de error.

La Figura 4 ilustra el gráfico facial y a continuación se ofrecen breves descripciones de los lados del gráfico:

- v1-v8 = Distancia de las esquinas de la boca a los ojos
- v9-v24 = Curvatura de los labios superiores e inferiores
- v26-v31 = Altura y anchura de la boca
- v32-v39 = Tamaño de la región ocular
- v40-v44 = Desplazamiento interno de las cejas
- v45-v53 = Desplazamiento vertical de las cejas

Se definen un total de 53 vectores de proyección según la siguiente proporción. La ecuación (1) describe las variaciones de forma y apariencia.

$$vi = \frac{v_i^t}{v_i^t} \quad (1)$$

En este contexto, t representa el último y 1 el primer cuadro de vídeo, por lo tanto, v_i evidencia las diferencias entre las imágenes faciales naturales y deformadas para cada vector. En la investigación actual, asumimos que cada rostro neutral de cada sujeto es el primer cuadro y cada una de las siete expresiones deformadas como el cuadro ápice del vídeo.

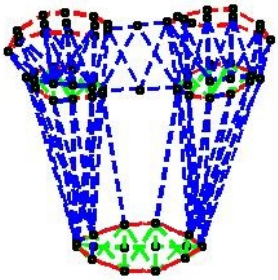


Figura 4 – Gráfico Facial Propuesto. Los vectores de características se extraen de los lados del gráfico.

2.3. Técnica de Reconocimiento Propuesta

El sistema de codificación de acciones faciales (FACS) es el método más utilizado para describir movimientos faciales. Define 46 unidades de acción (AU) diferentes para movimientos faciales no rígidos. Utilizar un sistema de reconocimiento de AU como un nivel intermedio puede actuar como un puente entre las características de bajo nivel y la semántica de alto nivel de la expresión facial. Por otro lado, una desventaja particular del reconocimiento de expresiones faciales basado en AU es el nivel adicional de clasificación de AU antes de realizar cualquier reconocimiento de expresión facial. Los errores en el paso de clasificación de AU se propagarán al paso de reconocimiento de expresión, llevando a una menor precisión. Por lo tanto, proponemos un reconocimiento de expresión facial sin utilizar el sistema de codificación AU. Además, en este estudio se utilizan datos dinámicos en lugar de imágenes estáticas; usamos tanto la imagen neutral como la imagen ápice para la extracción de características. Asumimos que cada rostro neutral de cada sujeto es el primer cuadro y cada una de las seis expresiones deformadas como el cuadro ápice del vídeo. Nuestro enfoque para el reconocimiento de expresiones faciales se basa en tres clasificadores diferentes.

Los clasificadores, incluidos la máquina de vectores de soporte (SVM), bayes ingenuo y Adaboost, han sido probados en los experimentos. La máquina de vectores de soporte (SVM) realiza una mapeo implícito de los datos a un espacio de características de mayor

dimensión y luego encuentra un hiperplano de separación lineal con el margen máximo para separar las características en este espacio de mayor dimensión. El clasificador bayes ingenuo (NB) utiliza el teorema de Bayes para predecir la clase de cada caso, asumiendo que los genes predictivos son independientes dada la categoría. Finalmente, Adaboost es un famoso conjunto de clasificadores. Un conjunto de clasificadores es un conjunto de clasificadores cuyas decisiones individuales se combinan de alguna manera para clasificar nuevos ejemplos. El algoritmo Adaboost ha demostrado ser muy adecuado para esta tarea porque la alta dimensionalidad del espacio de características no afecta el tiempo de entrenamiento. Además, funciona bien incluso si se proporcionan pocos datos de entrenamiento.

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados Experimentales

Todos los resultados se obtuvieron utilizando el software Google Colaboratory. Realizamos el reconocimiento de expresiones faciales independiente de los sujetos usando el gráfico facial propuesto. Para verificar el método propuesto, utilizamos la conocida base de datos JAFFE [24]. Seis expresiones principales (felicidad, sorpresa, disgusto, tristeza, miedo, ira) y neutrales son clasificadas usando un vector de características de 53 dimensiones. La base de datos JAFFE contiene 216 imágenes de 10 modelos femeninas japonesas, incluyendo seis expresiones faciales principales. Dado que utilizamos validación cruzada de 5 pliegues en ambos clasificadores, dividimos cada clase de expresión en una proporción de 5/1 para entrenamiento/pruebas. Para eliminar variaciones entre los resultados, se realizaron 20 rondas de validación usando las divisiones generadas, y el resultado final se calcula promediando todas las rondas.

Las expresiones de felicidad y sorpresa, con características salientes como la boca abierta, pueden ser reconocidas fácilmente. Por el contrario, la tristeza y la ira son mucho menos distinguibles. La Tabla 1 muestra la precisión de reconocimiento por clase de diferentes métodos.

Expresión	Sorpresa	Felicidad	Disgusto	Miedo	Ira	Tristeza	Neutral
SVM	89.9	92.7	83.6	80.8	86.2	76.4	99.2
Naive Bayes	75	83.3	66.5	67.5	69.8	74.6	98.8
Adaboost	86.2	82.3	84.6	75.4	85	76.5	100

Tabla 1 – Precisión de clasificación (%) en diferentes clasificadores con validación cruzada

Como se puede ver en la Tabla 1, SVM ajustado (núcleo RBF) y Adaboost ofrecen resultados aproximadamente iguales para el reconocimiento de expresiones posadas. Mientras que Bayes Naive muestra una precisión relativamente menor. Lo que es notable es que los métodos de clasificación de conjunto logran un rendimiento comparable a otros clasificadores individuales, debido a su naturaleza de votación ponderada. Como ejemplo, aquí solo proporcionamos la matriz de confusión obtenida del clasificador SVM en la Tabla 2.

Sorpresa	Felicidad	Disgusto	Miedo	Ira	Tristeza	
Sorpresa	24	1	2	0	0	0
Feliz	1	24	1	1	0	0
Disgusto	1	1	23	1	1	0
Miedo	1	0	1	22	1	2
Enfadado	0	1	1	1	22	2
Triste	1	0	1	2	2	21

Tabla 2 – Matriz de Confusión para el mejor Resultado del Clasificador SVM

La mejor actuación en la clasificación de las seis expresiones básicas y neutra fue del 84.28% a través del clasificador SVM. Los algoritmos propuestos por (Kuttenreich et al., 2022) y (Khan & Rajwana, 2022), R.A. alcanzaron tasas de reconocimiento del 78.1% y 81.4%, respectivamente, que están cerca de la tasa de reconocimiento de nuestro algoritmo. Sin embargo, cabe destacar que los resultados no son directamente comparables con otros estudios debido a las diferentes bases de datos y configuraciones experimentales utilizadas.

4. Conclusiones

Presentamos un descriptor novedoso para el reconocimiento fiable de expresiones faciales. El marco se basa en la visión humana y el sistema de interpretación del cerebro, y funciona adecuadamente con expresiones posadas. El gráfico facial o modelo de rostro genérico utilizado en esta investigación consta de 53 lados. Los vértices móviles permiten que el gráfico se alinee con los componentes faciales. Se realizaron experimentos con tres clasificadores diferentes para demostrar la eficiencia del método propuesto; NB, SVM y Adaboost. La mejor actuación en la clasificación de las seis expresiones básicas y neutra fue del 84%, obtenida en la base de datos JAFFE a través de SVM. Cabe destacar que los resultados no son directamente comparables debido a las diferentes bases de datos y configuraciones experimentales.

Las expresiones faciales pueden analizarse automáticamente extrayendo características de componentes faciales destacados.

En el modelo de gráfico facial propuesto, estimamos los lados del gráfico y la relación entre los diferentes lados en lugar de medir el desplazamiento de los vértices, lo que causa varios errores debido a las orientaciones de la cabeza.

Las características extraídas de los movimientos de componentes faciales tienen una fuerte capacidad discriminatoria, ya que los resultados de reconocimiento para las siete expresiones universales no se ven tan afectados por la elección del clasificador.

Referencias

Avci, İ., & Bidollahkhani, M. (2023). Real-Time Building Management System Visual Anomaly Detection Using Heat Points Motion Analysis Machine Learning Algorithm. *Tehnicki Vjesnik*, *30*(1), 318 – 323. https://doi.org/10.17559/TV-20220417151954

Bezabih, Y. A., Salau, A. O., Abuhayi, B. M., Mussa, A. A., & Ayalew, A. M. (2023). CPD-CCNN: classification of pepper disease using a concatenation of convolutional neural network models. *Scientific Reports*, *13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-42843-2

Gutiérrez-Pérez, N. (2023). CULTURAL HERITAGE RECOVERY IN RURAL SPAIN THROUGH DIGITAL MEANS OF SURVEYING AND GRAPHIC RECONSTRUCTION. CASE STUDY OF EL PAULAR WOOL COMPLEX. *SCIRES-IT*, *13*(1), 67 – 82. https://doi.org/10.2423/i22394303v13n1p67

Hussien, A. Y. (2022). Image Steganography Based Spatial and Transform Domain Techniques: A Review. *Fusion: Practice and Applications*, *8*(1), 8 – 15. https://doi.org/10.54216/FPA.080101

Khan, M. S. S., & Rajwana, M. A. (2022). Remote Sensing Image Classification Via Vision Transformer and Transfer Learning. *International Journal of Advances in Soft Computing and its Applications*, *14*(1), 212 – 225. https://doi.org/10.15849/IJASCA.220328.14

Kini, A. S., Reddy, P. K. V, & Pai, S. N. (2023). Techniques of deep learning and image processing in plant leaf disease detection: a review. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, *13*(3), 3029 – 3040. https://doi.org/10.11591/ijece.v13i3.pp3029-3040

Kuttenreich, A. M., von Piekartz, H., & Heim, S. (2022). Is There a Difference in Facial Emotion Recognition after Stroke with vs. without Central Facial Paresis? *Diagnostics*, *12*(7). https://doi.org/10.3390/diagnostics12071721

Ren, B., Chen, Y., & Wang, F. (2023). Application Massive Data Processing Platform for Smart Manufacturing Based on Optimization of Data Storage. *ACM Transactions on Management Information Systems*, *13*(4). https://doi.org/10.1145/3508395

Xinong, H. (2023). Image denoising application in visual creation of art design based on intelligent algorithm. *Soft Computing*. https://doi.org/10.1007/s00500-023-08912-4

Zhao, Z., He, X., Xiong, S., He, L., & Sheriff, R. E. (2022). An Optimized Rate Control Algorithm in Versatile Video Coding for 360° Videos. *IEEE Signal Processing Letters*, *29*, 2303 – 2307. https://doi.org/10.1109/LSP.2022.3219359

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 10/05/2024
Aceitação/Acceptance: 15/07/2024

Proyección de la demanda eléctrica en un transformador de distribución

Jessica N. Castillo[1], Bryan Yanchatipan, Eliza Sailema[2], Luigi O. Freire[1], José E. Naranjo[1]

jessica.castillo@utc.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Cotopaxi.

[2] Instituto Superior Tecnológico Universitario Cotopaxi.

Pages: 337-359

Resumen: Claro, aquí tienes una versión mejorada del texto: En este proyecto, se aplicó el método de Monte Carlo para proyectar la demanda eléctrica en un transformador de distribución. Primero, se realizó un estado del arte sobre la proyección de la demanda eléctrica basada en el método de Monte Carlo. Posteriormente, se determinaron los parámetros de cargabilidad mediante mediciones y encuestas dirigidas al personal encargado de los laboratorios de una Facultad. Se recopiló información sobre el número de equipos y sus características, clasificando las cargas en grupos según características comunes y estableciendo la utilidad de cada equipo en un día normal. Se determinó una distribución normal con una media de 4, correspondiente al número de clases desarrolladas durante un día laborable, una desviación estándar de 0.5, correspondiente al promedio de horas de cada clase dividido por la media, y una varianza de 0.25, correspondiente a la variabilidad de los datos. La simulación del método de Monte Carlo se realizó en el software Matlab, utilizando las cargas más representativas: iluminación, computadoras y módulos didácticos. Se crearon un total de cuatro escenarios para validar la aplicación del método de Monte Carlo y proyectar la demanda. En el escenario 1, se alcanzó una demanda pico de 48.72 kW; en el escenario 2, una demanda pico de 59.54 kW; en el escenario 3, la demanda pico fue de 46.96 kW; y en el escenario 4, que consolidó los tres escenarios anteriores, la demanda pico alcanzó los 64.87 kW. Estos escenarios demostraron que la eficiencia de la simulación de Monte Carlo fue aceptable, ya que, al analizar el error en la hora más representativa, se obtuvo un valor del 5% al comparar la curva de demanda real con la simulada.

Palabras-clave: Simulación Monte Carlo, proyección de demanda, distribución probabilística, demanda eléctrica.

Projection of the electrical demand in a distribution transformer

Abstract: In this project, the Monte Carlo method was applied to project the electrical demand in a distribution transformer. First, a state of the art on the projection of the electrical demand based on the Monte Carlo method was carried out. Subsequently, the loadability parameters were determined through measurements and surveys directed to the personnel in charge of the laboratories of a faculty. Information was collected on the number of equipment and their characteristics, classifying the loads in groups according to common characteristics and establishing the usefulness of each equipment in a normal day. A normal distribution was determined with a mean of 4, corresponding to the number of classes developed during a working day, a standard deviation of 0.5, corresponding to the average number of hours of each class divided by the mean, and a variance of 0.25, corresponding to the variability of the data. The simulation of the Monte Carlo method was performed in Matlab software, using the most representative loads: lighting, computers and didactic modules. A total of four scenarios were created to validate the application of the Monte Carlo method and to project the demand. In scenario 1, a peak demand of 48.72 kW was reached; in scenario 2, a peak demand of 59.54 kW; in scenario 3, the peak demand was 46.96 kW; and in scenario 4, which consolidated the three previous scenarios, the peak demand reached 64.87 kW. These scenarios showed that the efficiency of the Monte Carlo simulation was acceptable, since, when analyzing the error in the most representative hour, a value of 5% was obtained when comparing the real demand curve with the simulated one.

Keywords: Monte Carlo simulation, demand projection, probabilistic distribution, electrical demand.

1. Introducción

El estudio de la demanda energética es un proceso importante dentro del sector eléctrico, ya que es una etapa crucial para el desarrollo de cualquier análisis operacional o estudio de planificación, el estudio permite conocer la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda existente dentro de los sistemas eléctricos (Ariza Ramírez, 2013)(Tong et al., 2016), y mediante un análisis adecuado se logra identificar el mejor escenario para una adecuada optimización del consumo energético. El consumo de energía eléctrica es un factor determinante dentro de la sociedad industrializada, convirtiéndose en un elemento esencial para los distintos sectores como son el industrial, comercial y residencial. La demanda de electricidad ha ido creciendo con el pasar de los años, por este motivo la proyección del consumo energético posee una considerable importancia, dentro de la optimización energética (Chong & Aguilar, 2016) . El plan maestro de electrificación (Castillo, Carrillo, et al., 2022) , menciona que la proyección de la demanda futura de energía contribuye a una acción primaria, básica y esencial dentro del proceso de toma de decisiones de las posibles alternativas para la inversión sectorial y del desarrollo a nivel nacional. También, aporta un elemento para la elaboración de presupuestos, estudios de perdidas e inversiones y la realización de cálculos tarifarios (Hong et al., 2018) (Díaz Rodríguez et al., 2020). La Comisión Europea a través de una iniciativa ha permitido implementar un sistema disruptivo, capaz de reducir el consumo de energía eléctrica (CASADOMO, n.d.), el proyecto denominado "EFICONSUMTION", desarrollado por CYSNERGY, mejora la eficiencia energética, basado en el modelamiento y en la gestión inteligente del consumo de electricidad, tomando en cuenta dos aspectos, el ahorro tanto energético como económico, dando

paso a actividades empresariales con un mayor rendimiento u "Operational Efficiency" (Chong & Aguilar, 2016). En el artículo (Riofrío et al., 2019), propone una metodología para evaluar el impacto de las cargas móviles, se basada en la simulación de Monte Carlo, permite la creación aleatoria de escenarios de operación de transporte que considera: el desplazamiento, consumo de energía y condiciones de operación de trenes eléctricos. La propuesta permite la evaluación probabilística de flujos de potencia a través de funciones de densidad de probabilidad (Otero et al., 2021) (Zapata et al., 2004). En (Zapata et al., 2004), se utiliza la simulación de Monte Carlo para evaluar la confiabilidad de los sistemas de distribución de energía eléctrica. Se generan números aleatorios para imitar el comportamiento aleatorio del sistema y obtener los índices de confiabilidad de los puntos de carga (Ivan, n.d.). La simulación ha permite obtener las distribuciones de probabilidad de los índices y evaluar los riesgos asociados con diferentes valores de los índices. En resumen, se utiliza la simulación para evaluar la confiabilidad e identificar los riesgos en el sistema de distribución de energía eléctrica. (Castillo, Resabala, et al., 2022), en el año 2022, elaboran la "Modelización y análisis de la sensibilidad del consumo energético de un edificio mediante el método Monte Carlo", el modelo matemático consiste en un algoritmo que simula la demanda de energía de las principales cargas eléctricas dentro de un edificio. Para el desarrollo se realizaron mediciones iniciales, las cuales representan valores históricos de las características de sus cargas, también se toma en consideración el comportamiento particular y grupal de las mismas. El método ha permitido la creación de perfiles típicos de actividades y de estilo de vida en base a los datos estadísticos, por ello se puede utilizar para predecir la demanda futura de la energía eléctrica dentro de los edificios domésticos del Reino Unido (Ihbal et al., 2011). El análisis predictivo aplica datos históricos, para pronosticar eventos futuros, estos datos se implementan para generar un modelo matemático que capture las tendencias importantes. Este modelo predictivo se usa entonces con los datos actuales para predecir lo que pasará a continuación, también es útil para sugerir acciones para la obtención de resultados óptimos (Carrión et al., 2019).

2. Método Monte Carlo

El término Monte Carlo se destina a un conjunto de métodos matemáticos que se empezaron a usar a partir de 1940 para el desarrollo de armas nucleares en los Álamos. Consiste en solucionar un problema a través de la invención de juegos de azar cuyo comportamiento simula algún fenómeno real gobernado por una distribución de probabilidad. De una forma técnica, se determina que Monte Carlo es un proceso "estocástico" numérico, es decir, una secuencia de estados cuya evolución viene determinada por sucesos aleatorios.

Es un método estadístico "no determinístico" que proporciona soluciones aproximadas a una gran variedad de problemas matemáticos, haciendo factible la realización de experimentos con muestreos de números pseudoaleatorios en una computadora. El método es aplicable a cualquier tipo de problema, ya sea estocástico o determinístico Monte Carlo es un método que combina el uso de los sistemas de información organizacional y la aleatoriedad para estimar la posibilidad de ocurrencia de un evento, es el desarrollo de un modelo lógico-matemático de un sistema, de manera que se obtenga una imitación de un proceso del sistema a través del tiempo.

2.1. Variables de Salida del Modelo de Monte Carlo

La técnica de Monte Carlo se utiliza normalmente para estimar una o más medidas de un sistema. Las simulaciones repetidas pueden considerarse ensayos aleatorios independientes. Para cada evento se puede considerar que se obtiene un parámetro de simulación Y que debe examinarse. La simulación repetida produce los resultados Y1, Y2, ... Yn, que podemos considerar como variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas cuya distribución se desconoce.

$$Y = \frac{Y_1 + Y_2 + \cdots Y_n}{n} \tag{1}$$

Donde n es el número de repeticiones que se realiza. En la mayor parte de los casos, la aproximación "normal" es bastante buena. cuando n ≥ 10.

La distribución normal es una de las formas más común entre todas las distribuciones de probabilidad implementadas en Estadística y tiene importantes aplicaciones en la modelización de variables estadísticas.

3. Descripción De Los Laboratorios Y Consumo Energético

3.1. Recopilación de información de consumo de energía eléctrica

La alimentación en la infraestructura de los laboratorios, la conforma un transformador de 300 kVA, ya que la demanda eléctrica dentro de dichas instalaciones es considerable, la facturación del consumo eléctrico consta de un medidor número 940, cabe mencionar que el consumo eléctrico dentro de las instalaciones es totalmente disperso.

De manera complementaria, dentro de las instalaciones de los laboratorios se desarrolló un caso de estudio, donde se ha realizado ciertas mediciones de potencia durante 5 días en un lapso de 24 horas.

El registro de mediciones se lo ha realizado mediante el uso del analizador de red Fluke 435, los datos han sido obtenidos en tiempo real y con un tiempo de muestreo de 15 minutos. El analizador de red fue instalado en el tablero principal de distribución existente en el sistema eléctrico de los laboratorios. La obtención de la potencia en cada hora del día ha sido conseguida promediando los 4 valores medidos dentro de esa hora.

Las mediciones han sido desarrolladas considerando la norma IEC 61000-4-30 y la norma IEEE 1159, mismas que determinan los días de medición y el tiempo de muestreo. El resultado obtenido son cinco curvas de carga diaria mismas que se encuentran representadas en la figura 1.

3.2. Descripción de las etapas de simulación

Para el desarrollo de la simulación del método Monte Carlo, se ha elaborado un diagrama de las etapas, que sirve para usar los parámetros o información de entrada y salida de cada etapa, esto con la finalidad de obtener las curvas de demandas diarias simuladas. Se han definido un total de tres etapas principales presentadas en la figura 2.

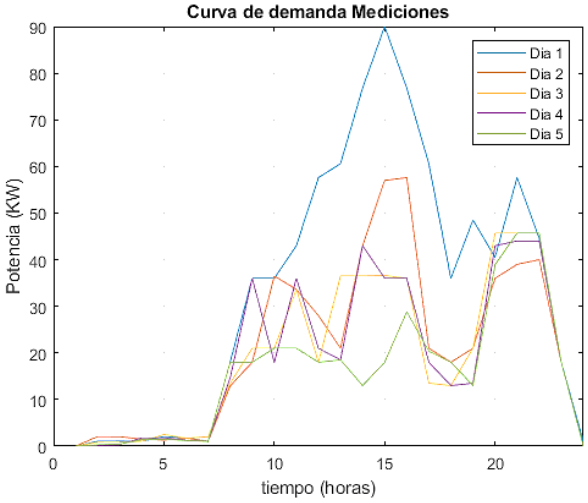


Figura 1 – Curvas de demanda diarias medidas en 5 días consecutivos.

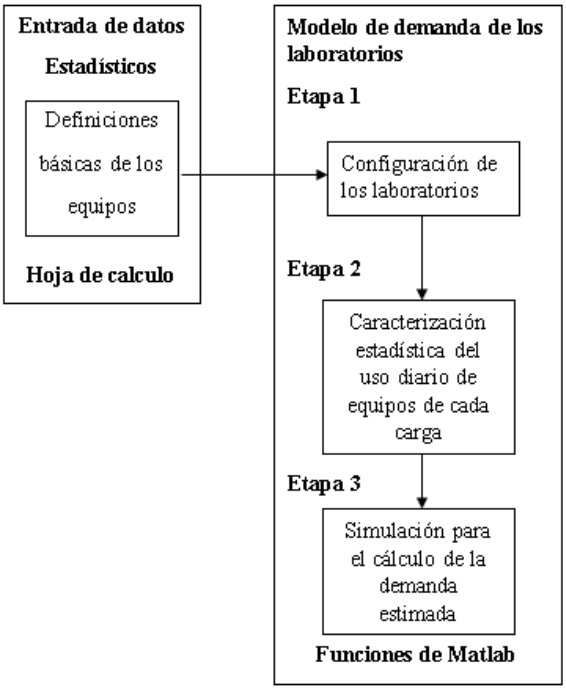


Figura 2 – Diagrama de estructura de la simulación.

3.3. Configuración del sistema eléctrico y caracterización de los equipos

La simulación requiere como entrada una caracterización de equipos que permita agruparlos de acuerdo al comportamiento y consumo de energía similares. También se puede realizar la sensibilidad en torno al uso de aparatos más eficientes, tecnológicos y cambios en la manera en que se usan cada uno de los distintos equipos, tratando de mejorar el consumo de energía eléctrica.

De manera similar a la investigación, donde el grupo de cargas de estudio han sido divididas en grupos de electrodomésticos, esta consideración ha sido tomada en cuenta para aplicarla en el presente estudio de investigación, donde se ha identificado tres categorías de cargas mismas que han sido agrupadas como se logra apreciar en la figura 3. Los tres grupos de carga corresponden a: iluminación, computadoras y módulos didácticos estas cargas han sido consideradas debido al uso de tendencia que presentan a lo largo de la semana.

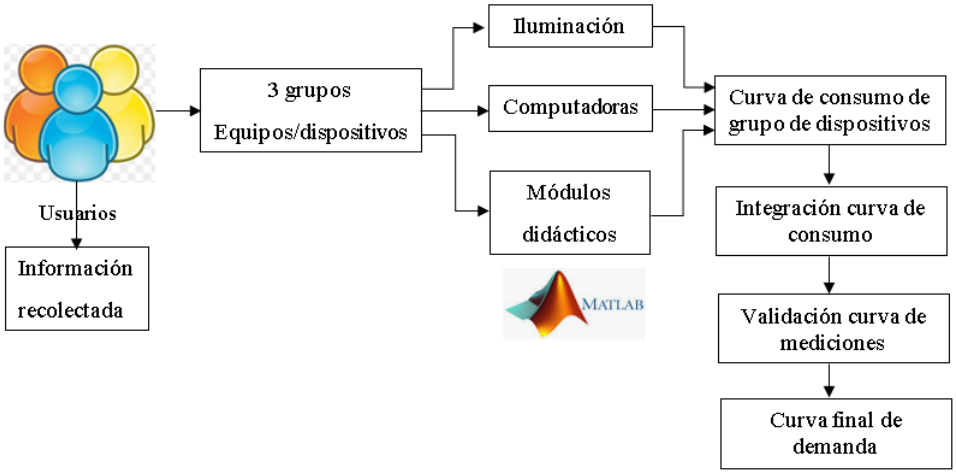


Figura 3 – Esquema general de la categorización de las cargas como entrada para la simulación.

3.4. Desarrollo del perfil de consumo

Para establecer el perfil de consumo, se ha realizado un sondeo a las personas a cargo de las instalaciones de los laboratorios, donde se ha realizado encuestas, para determinar el porcentaje de uso de dichos aparatos, ya que a lo largo del día se ha observado que no se utilizan al 100% como se muestra en la figura 4.

3.5. Comportamiento de las cargas eléctricas

La segunda etapa reúne detalles sobre el número de veces que se usa una carga y la distribución de la probabilidad de la frecuencia de uso durante el día. A través de esta información es posible establecer las horas de encendido de las cargas existentes en los laboratorios, también es posible repartir las veces que se usan en el día de manera aleatoria.

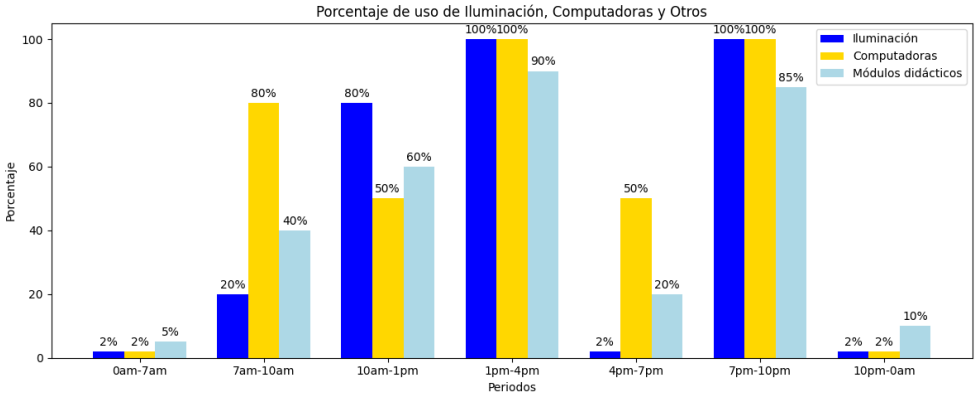


Figura 4 – Perfil de uso de los equipos

La información base para el reconocimiento de los hábitos de uso de los equipos se representa a través de curvas de probabilidad. La distribución de probabilidad se calcula mediante el análisis de las encuestas realizadas al personal a cargo de los laboratorios, donde se ha recogido la información del porcentaje de uso al día de cada uno de los equipos y la cantidad de veces que se usan, la información obtenida es:

- Número de veces que se usa un equipo al día
- Porcentaje de uso al día

Tomando en cuenta estas características se ha desarrollado las curvas de probabilidad de uso al día, mismas que se pueden interpretar en la figura 5.

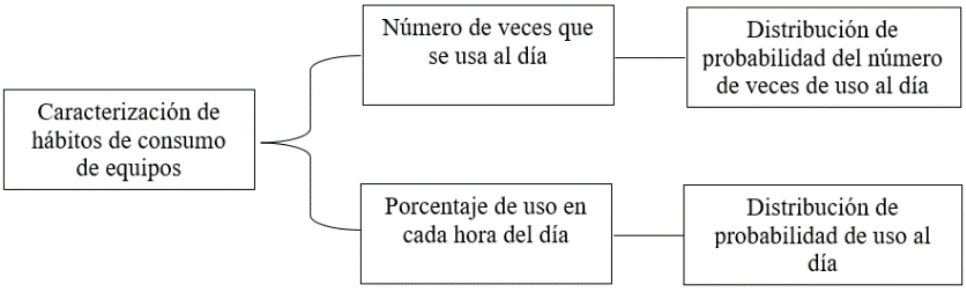


Figura 5 – Estructura general de la encuesta acerca de los hábitos de consumo de los equipos.

3.6. Probabilidad de uso de los equipos durante el día

Para el desarrollo de la probabilidad del uso de los equipos durante un día laborable, se ha considerado las encuestas realizadas al personal a cargo de los laboratorios, las curvas obtenidas siguen las distribuciones de probabilidad. En la figura 6, se presentan las curvas de probabilidad y las curvas de probabilidad acumulada de cada uno de los dispositivos.

Como se puede apreciar cada curva se comporta de una forma distinta, esto se debe al uso que se les da a los distintos equipos.

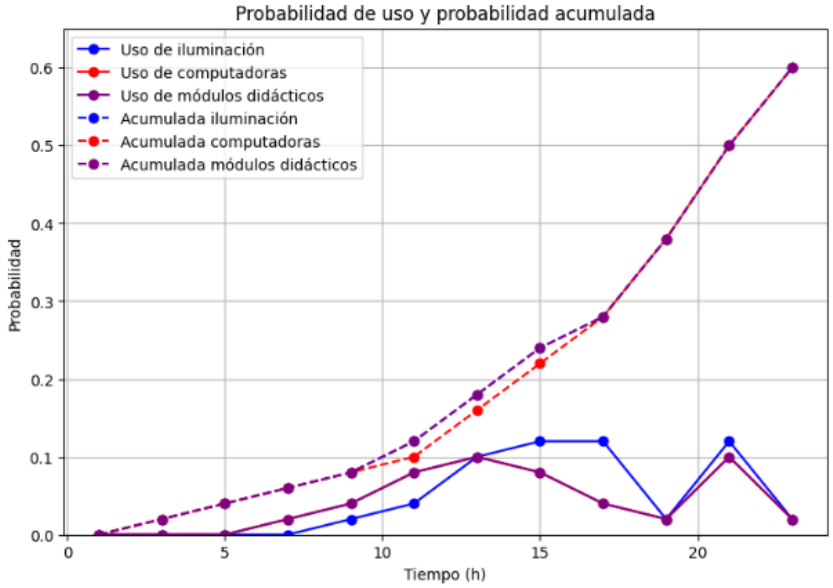


Figura 6 – Gráficas de distribución de probabilidad y probabilidad acumulada de cada equipo

4. Implementación y Simulación Del Método Monte Carlo

4.1. Variables de entrada para la simulación

Las variables de entrada para el desarrollo de la simulación con el método Monte Carlo han sido determinadas en capítulo 4, ya que se ha determinado el perfil de consumo y comportamiento de encendido y apagado de los equipos existentes en las instalaciones. Por ello se ha desarrollado plantillas de Excel que poseen los perfiles de consumo de cada grupo de equipos junto con las variables del comportamiento, mismas que se encuentran resumidas en la tabla 1.

Grupo	Variables
	- Número de lámparas
Iluminación	- Perfil de consumo
	- Probabilidad de uso al día
	- Número de computadoras
Computadoras	- Perfil de consumo

Grupo	Variables
	- Probabilidad de uso al día
	- Probabilidad de número de clases al día
	- Número de computadoras
Módulos didácticos	- Perfil de consumo
	- Probabilidad de uso al día
	- Probabilidad de número de clases al día

Tabla 1 – Variables de entrada para la simulación.

4.2. Determinación de curvas de demanda por día

La determinación de la demanda por día de los laboratorios se logra al sumar la demanda en cada unidad de tiempo de los equipos existentes en cada uno de los grupos determinados anteriormente. El cálculo se obtiene aplicando la ecuación 2.

$$D_{diaria} = \sum_{i=1}^{t} D^{i}_{group1} + D^{i}_{group2} + D^{i}_{group3} \quad (2)$$

Donde:

D^{i}_{group1} : es la demanda de potencia en el tiempo *i* del grupo de iluminación

D^{i}_{group2} : es la demanda de potencia en el tiempo *i* del grupo de computadoras

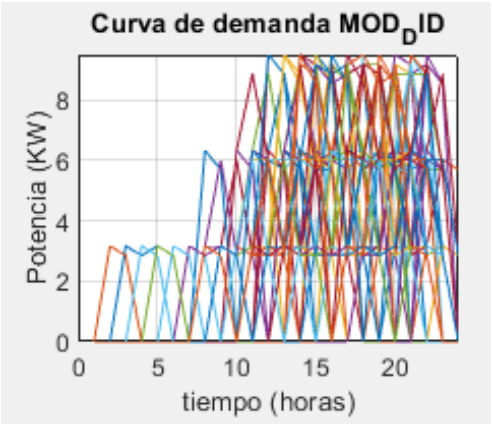
D^{i}_{group3} : es la demanda de potencia en el tiempo *i* del grupo de módulos didácticos

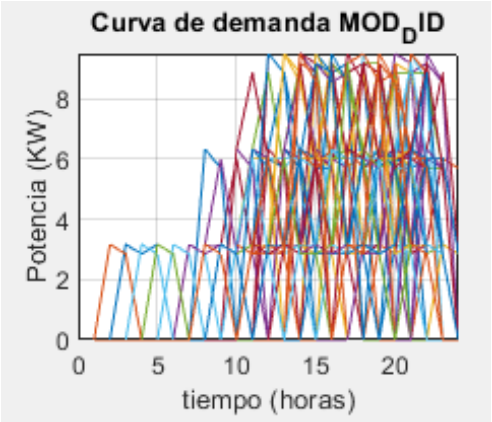
t : corresponde al tiempo de muestreo (24 horas corresponde a 1440 minutos)

4.3. Determinación de las curvas diarias de demanda

Para obtener las curvas de demanda se ha realizado 100 simulaciones, mismas que representan la demanda diaria de cada uno de los grupos de equipos de los laboratorios, como se muestra en la figura 7. En la simulación planteada, al depender de las variables probabilísticas y aleatorias, cada curva generada es diferente al día precedente y a la del día siguiente, este hecho permite desarrollar distintos escenarios posibles para cada día, lo que hace que la simulación se aproxime aún más al comportamiento real del usuario.

Como se desea obtener las curvas de demanda diaria, se procede a sumar las potencias de cada grupo en el mismo instante de tiempo y para cada repetición que representa un día a la vez, dicha suma está representada por la *figura* 8.





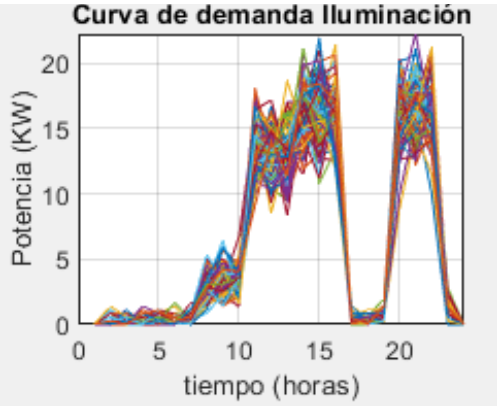


Figura 7 – Curvas de demanda de cada grupo de dispositivos.

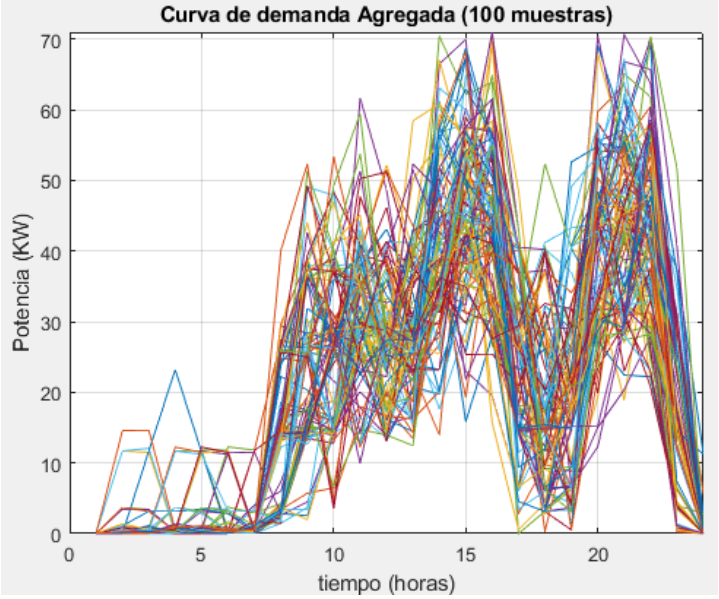


Figura 8 – Demanda de grupos de dispositivos.

Es factible obtener una curva de demanda diaria promedio, que representa los valores de consumo promedio de las instalaciones del laboratorio en un día laborable cualquiera. La curva se la obtiene realizando una media aritmética de cada uno de los puntos de la curva agregada en el mismo instante de tiempo (hora), el resultado es la representación mostrada en la figura 9.

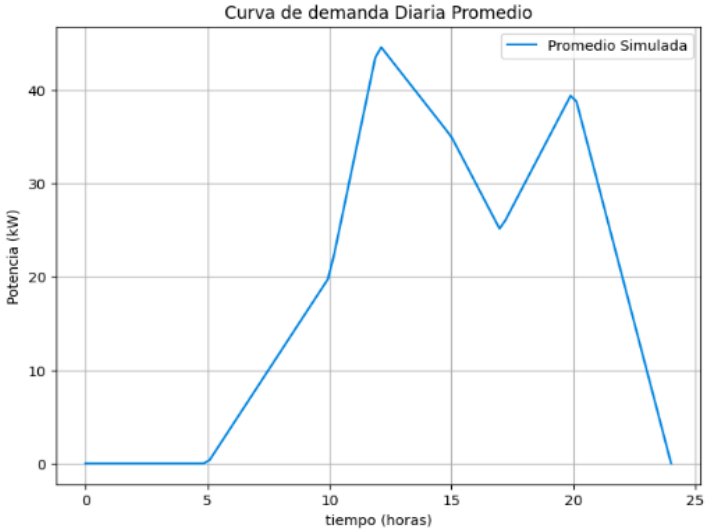


Figura 9 – Curva de demanda promedio de los laboratorios.

4.4.Validación y verificación de la simulación

La validación permite contrastar los resultados de la simulación para darla por aceptada. Sin embargo, este es un proceso cíclico que se desarrolla durante la simulación, en otras palabras, se lo calibra en cada ejecución y ensayos de este para obtener una solución adecuada y lógica. Al tener la simulación terminada se procede a compararla con las mediciones.

Se compara la curva estimada promedio de demanda que fue simulada en Matlab y la curva estimada promedio obtenida a través de las mediciones realizadas con el analizador de red Fluke 435. En la figura 10, se puede apreciar las dos curvas, mismas que presentan cierta similitud en cuanto a su forma, sus picos de potencia y comportamiento, mediante estas observaciones se puede determinar que la simulación desarrollada refleja el comportamiento de consumo de energía existente en las instalaciones de los laboratorios, y es apto para desarrollar variaciones en el comportamiento de las cargas existentes en dichas instalaciones.

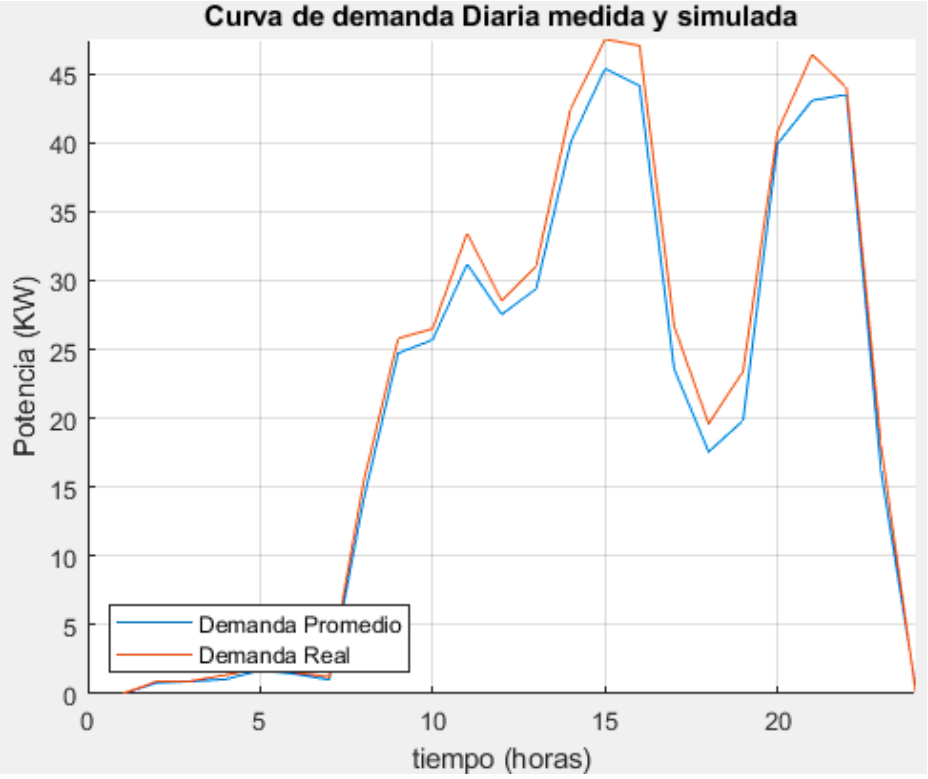


Figura 10 – Comparación de curvas de demanda simulada y real.

Mediante la curva simulada se obtiene el comportamiento de la demanda, esto es posible a través de la simulación de Monte Carlo, como se puede apreciar existe un margen de error, mismo que se aprecia en la tabla 5. En este punto se calculó un error absoluto.

Hora	Valor Curva real (kW)	Valor Curva simulada (kW)	Error
11	33,44	31,19	7%
15	47,52	45,4	5%
21	46,4	43,07	8%

Tabla 2 – Calculo de error.

4.5. Casos de estudio

Dentro del caso de estudio se pretende desarrollar escenarios, donde se plantean cambios en las cantidades de los equipos, la razón de realizar estos cambios es desarrollar la proyección de la demanda dentro de las instalaciones de los laboratorios. Para el desarrollo de la proyección se estima que en un lapso de dos años la universidad considera la adquisición de más equipos para los laboratorios. A través de estos escenarios se valida el funcionamiento de la simulación desarrollada.

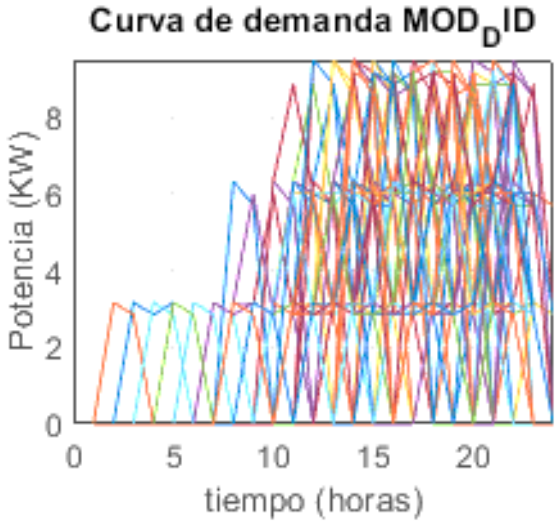
4.5.1. Escenario 1 (aumento de lámparas)

El primer cambio para considerar es el aumento en la cantidad de luminarias correspondiente a la carga de iluminación, se ha considerado un aumento de 80 luminarias dentro del grupo de tipo LED, obteniendo un total de 589, el motivo de realizar esta modificación es para generar una proyección dentro de este tipo de carga. Dentro de la tabla 3 **Tabla** , se aprecian los valores para la proyección.

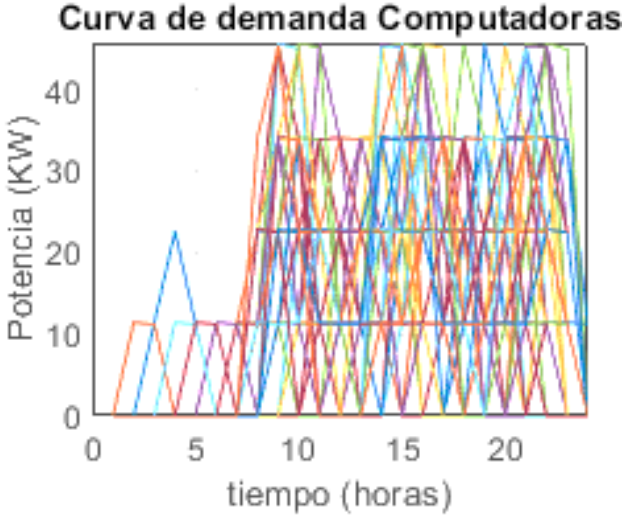
En la figura 10, se puede apreciar la comparación de las curvas de demanda diaria promedio y simulada dentro del escenario 1, como se puede apreciar el consumo de energía al momento de aumentar el número de luminarias ha aumentado, por ello el pico dentro de la demanda simulada tiene un valor de 48,72 kW, y en el caso de las curvas pertenecientes al grupo también se logra apreciar que la magnitud del consumo ha cambiado, lo cual se verifica en la figura (b).

	Cantidad de equiposo
Actual	509
Proyectadas	589

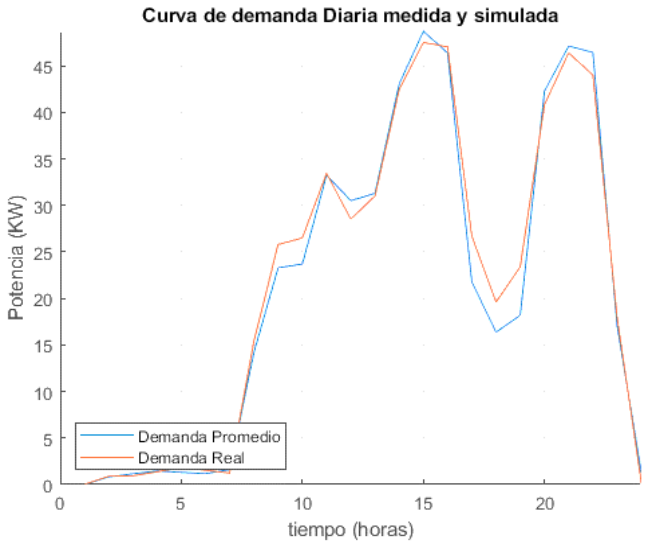
Tabla 3 – Proyección del escenario 1.



a) Curva de iluminación base



b) Curva de iluminación nueva



c) Curvas de demanda diaria medida y simulada

Figura 11 – Comparación de curvas de demanda diaria promedio y simulada. Escenario 1

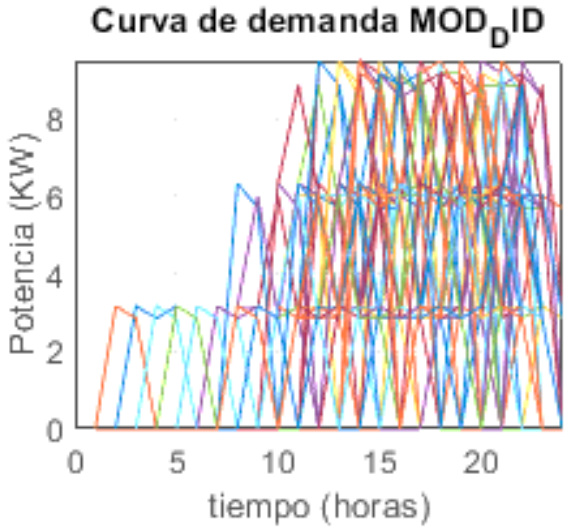
4.5.2. Escenario 2 (aumento de computadoras)

Dentro de este escenario se consideran los nuevos equipos implementados en el laboratorio de simulación 7, este grupo de equipos corresponde al grupo de computadoras, por ello se adicionan 27 dispositivos más, para un total de 73 y se considera que todos los dispositivos poseen las mismas características eléctricas. En la tabla 7, se aprecian los valores para la proyección.

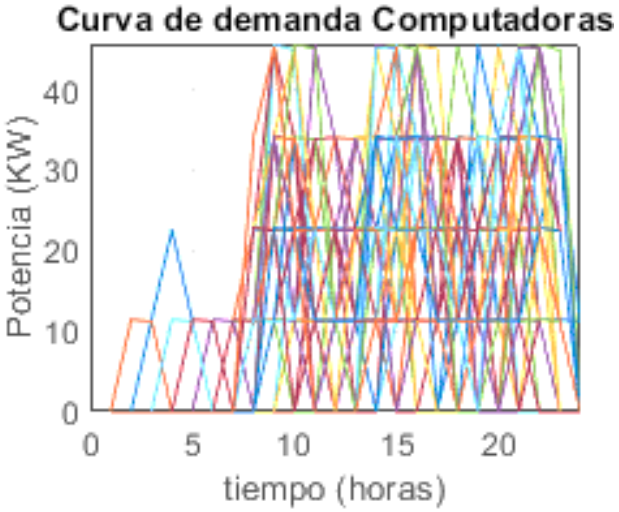
Como se puede apreciar al momento de aumentar el número de equipos la carga tiende a crecer estos cambios se los aprecia en la figura 11, el nuevo valor pico que ha alcanzado la demanda promedio es de 59,54 kW.

	Cantidad de equipos
Actual	46
Proyectadas	73

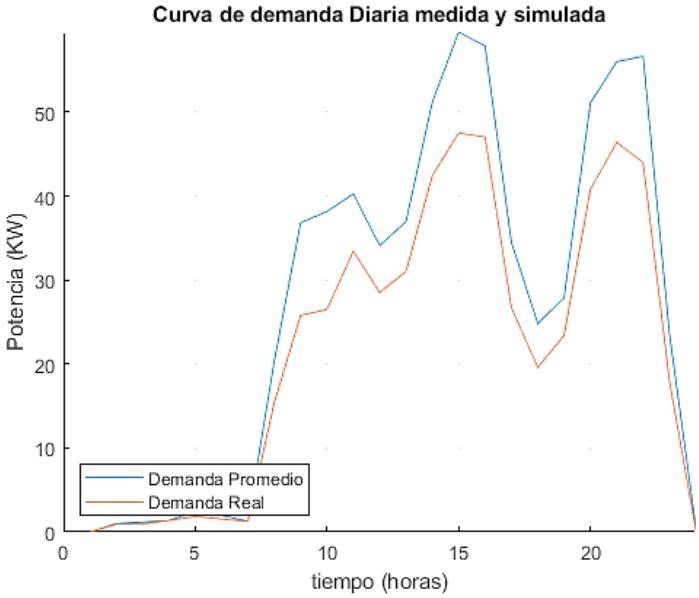
Tabla 4 – Proyección del escenario 2.



a) Curva de computadoras base



b) Curva de computadoras nueva



c) Curvas de demanda diaria medida y simulada

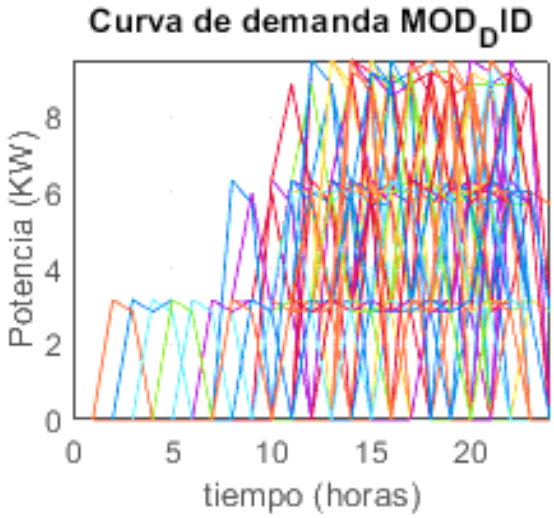
Figura 12 – Comparación de curvas de demanda diaria promedio y simulada. Escenario 2.

4.5.3. Escenario 3 (aumento de módulos didácticos)

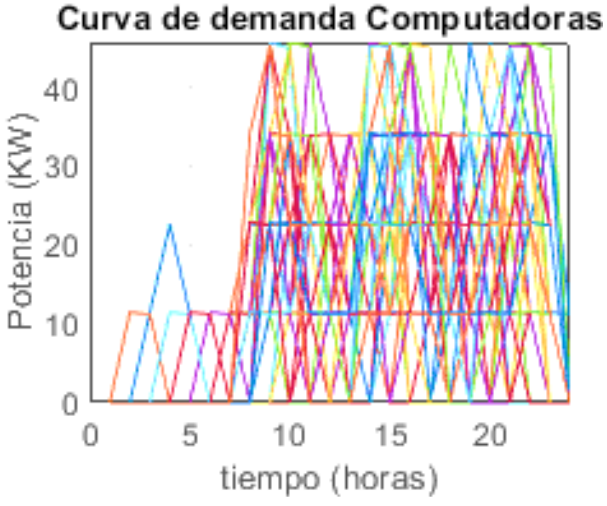
Para el escenario 3 también se considera un criterio similar a los anteriores, donde se ha considerado adicionar 3 módulos didácticos, obteniendo un total de 14 unidades, el aumento de la carga por desarrollar este cambio se aprecia en la Figura 13, la demanda pico obtenida en este escenario es de 46,97 kW.

	Cantidad de equipos
Actual	11
Proyectadas	14

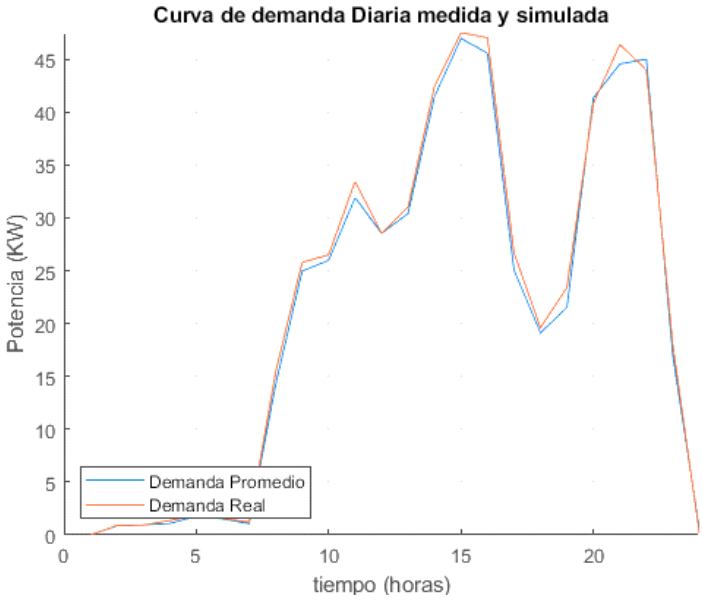
Tabla 5 – Proyección del escenario 3



a) Curva de computadoras base



b) Curva de computadoras nueva



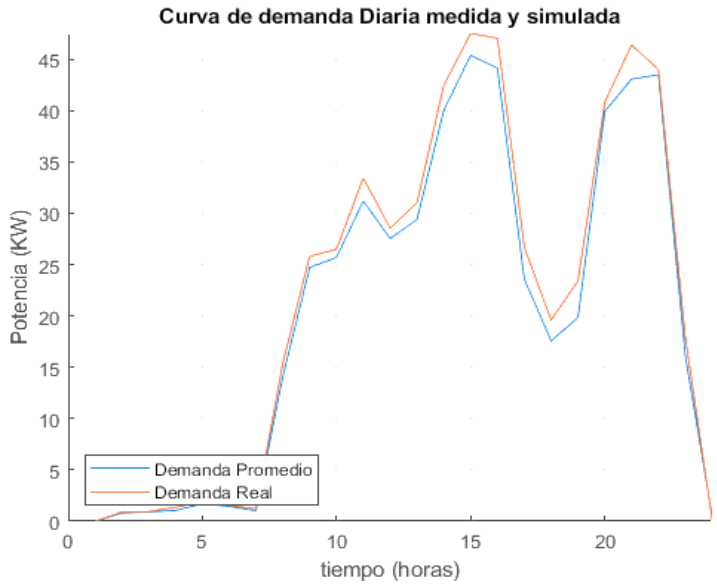
c) Curvas de demanda diaria medida y simulada

Figura 17 – Comparación de curvas de demanda diaria promedio y simulada. Escenario 3.

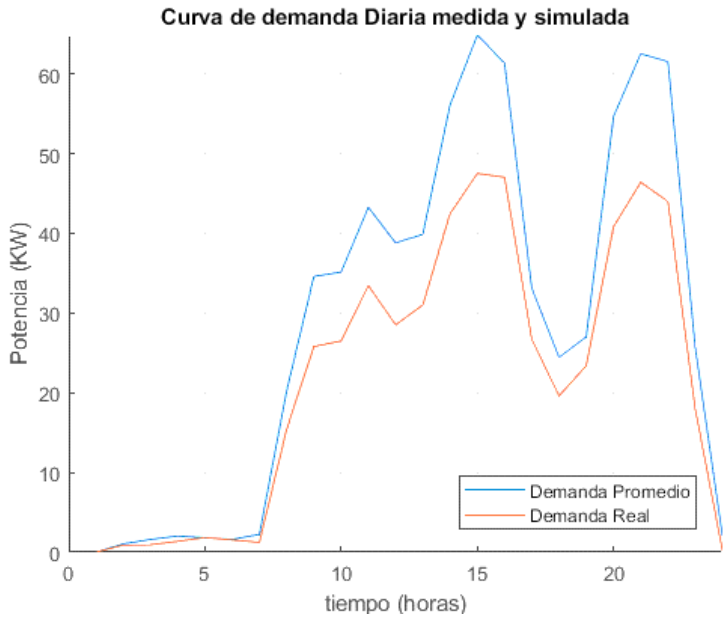
4.5.4. Escenario 4 (curva de demanda total con los cambios)

Dentro del escenario 4 se presenta una comparación entre la curva promedio base y la propuesta a través de los cambios desarrollados en los escenarios anteriores, en cada uno de los escenarios se ha propuesto aumentar el número de equipos dentro de las instalaciones de los laboratorios, ya que se ha determinado anteriormente que el transformador de 300kVA se encuentro sobredimensionado, es por ello que es recomendable aumentar el número de cargas dentro del sistema.

A través de los cambios propuestos se observa un crecimiento de la demanda representado en la figura 18, la demanda pico alcanzada posee un valor de 64,87 kW, el transformador existente necesita un mayor consumo, ya que si la carga se sigue manteniendo en los niveles determinados el sistema eléctrico no es eficiente.



a) Curva de demanda promedio base



b) Curva de demanda promedio propuesta

Figura 14 – Comparación de curvas promedio. Escenario 4.

4.6.Análisis de los resultados obtenidos

En el presente apartado, se describe de una manera global la implementación de la simulación Monte Carlo. A través de esta simulación se ha obtenido el comportamiento del consumo de los laboratorios se ha generado un escenario base, sobre dicho escenario se han desarrollado en total 4 escenarios, donde se ha elaborado la proyección del consumo energético para un lapso de dos años. Con los resultados obtenidos en cada uno de los estudios realizados, se aprecia la diferencia en el comportamiento de la curva, y el aumento en el consumo de energía cuyos resultados se aprecian en la tabla 6.

	Energía Kw/h
Escenario base	10,86
Escenario 1	11,09
Escenario 2	14,30
Escenario 3	11,13
Escenario 4	15,02

Tabla 6 – Energía de los escenarios.

5. Conclusiones

Mediante la búsqueda de información se ha logrado comprender el funcionamiento del método de Monte Carlo, esto ha permitido el desarrollo adecuado del algoritmo.

Mediante la determinación de los parámetros de carga, mismos que han sido levantados a través de mediciones y encuentras, se logró identificar las diferentes cargas, para la aplicación de la simulación de Monte Carlo.

La validación del algoritmo de proyección, se lo ha llevado a cabo mediante pruebas, donde a la simulación se le ha expuesto a distintos escenarios, en el escenario 1 se ha considerado un aumento en el número de lámparas donde se ha obtenido una demanda pico de 48,72 kW, en el escenario 2 se obtiene una demanda pico de 59,54 kW debido al aumento de computadoras, en el escenario 3 debido al aumento de módulos didácticos la demanda pico ha aumentado a 46,96 kW, y dentro del escenario 4 se consideran los cambios mencionado anteriormente donde la demanda pico toma un valor de 64,87 kW, a través de estos escenario se concluye que la aplicación de la simulación de Monte Carlo es eficiente. A través de esta conclusión se evidencia que la hipótesis ha sido respondida adecuadamente.

Al momento de analizar las curvas de demanda tanto promedio como la real, obtenidas mediante la simulación y las mediciones, se ha determinado que el transformador de distribución existente en los laboratorios se encuentra sobredimensionado, la carga generada por los distintos dispositivos no aprovecha la capacidad del transformador.

A través de la simulación Monte Carlo, ha sido posible generar un sinnúmero de curvas, mismas que se han evaluado para obtener una visión global del comportamiento de la curva de demanda.

Gracias a la técnica Monte Carlo se puede identificar el comportamiento que tiene la potencia y energía en diferentes escenarios sin la necesidad de implementarlos.

Referencias

Ariza Ramírez, A. M. (2013). *Métodos utilizados para el pronóstico de demanda de energía eléctrica en sistemas de distribución*. https://hdl.handle.net/11059/3862

Carrión, D., Correa, E., & Garcia, E. M. (2019). Predicción de la demanda eléctrica a corto plazo mediante cadenas de markov y monte carlo. *RISTI-Rev. Iber. Sist. e Tecnol. Inf*, *E30*, 241.

CASADOMO. (n.d.). *Modelos matemáticos multivariables para la optimización de la eficiencia energética en fábricas y en edificios*.

Castillo, J. N., Carrillo, G. G., Freire, L. O., & Corrales, B. P. (2022). Energy modeling and simulation of a building to perform sensitivity analysis of energy consumption. *Energy Reports*, *8*, 659–664. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.197

Castillo, J. N., Resabala, V. F., Freire, L. O., & Corrales, B. P. (2022). Modeling and sensitivity analysis of the building energy consumption using the Monte Carlo method. *Energy Reports*, *8*, 518–524. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.198

Chong, M., & Aguilar, R. (2016). Proyección de Series de Tiempo para el Consumo de la Energía Eléctrica a Clientes Residenciales en Ecuador. *Revista Tecnologica ESPOL*, *29*, 56–76.

Díaz Rodríguez, A. M., Cogollos Martínez, J. B., Peña Acción, J., Cogollos Izaguirre, A., & González Álvarez, R. (2020). Modelo matemático para predecir el consumo de energía eléctrica en la Universidad de Cienfuegos. *Revista Universidad y Sociedad*, *12*(4), 21–31.

Hong, T., Langevin, J., & Sun, K. (2018). Building Simulation: Ten Challenges. *Building Simulation*, *11*. https://doi.org/10.1007/s12273-018-0444-x

Ihbal, A., Rajamani, H. S., Abd-Alhameed, R., & Jalboub, M. (2011). *Statistical predictions of electric load profiles in the UK domestic buildings*. *7*, 345–350.

Ivan, Y. M. B. (n.d.). *Aplicación de la Simulación Monte Carlo en la Proyección de Demanda Eléctrica en un Transformador de Distribución*.

Otero, P., Mera, L., & Calle, E. (2021). Aplicación de la Simulación de Montecarlo para el Análisis de la Implementación de Estaciones de Carga Rápida para Vehículos Eléctricos en la Provincia de Galápagos. *Revista Técnica «energía»*, *17*(2). https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v17.n2.2021.434

Riofrío, A., Chamba, M., Cepeda, J., Lecaro, Y., Chimarro, F., & Mora, M. (2019). Evaluación Probabilística y Gestión del Riesgo de la Cargabilidad de la Red por la Puesta en Servicio del Metro de Quito considerando el Movimiento Estocástico de los Trenes Eléctricos. *Revista Técnica «energía»*, *15*(2). https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v15.n2.2019.370

Tong, X., Lin, J., & Wang, T. (2016). Statistical analysis in transmission lines based on the Quasi-Monte Carlo method. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *E9*, 262.

Zapata, C. J., Piñeros, L. C., & Castaño, D. A. (2004). El Método De Simulación De Montecarlo En Estudios De Confiabilidad De Sistemas De Distribución De Energía Eléctrica. *Scientia Et Technica*, *X*(24), 55–60.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 04/05/2024
Aceitação/Acceptance: 11/07/2024

Evaluación docente en escuelas de Ambato de la eficacia de la gestión y calidad de vida

Rommel Velastegui-Hernández[1], Marcela Garcés-Toro[2], Marcelo V. Garcia[1,2], Jose E. Naranjo[3]

rs.velastegui@uta.edu.ec; mgarces8463@uta.edu.ec; mv.garcia@uta.edu.ec; jose.naranjo0463@utc.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Ambato, 180103, Ambato, Ecuador.

[2] University of Basque Country, UPV/EHU, 48013, Bilbao, Spain.

[3] Universidad Técnica de Cotopaxi, UTC-CIYA. 050102, Latacunga, Ecuador.

Pages: 360-371

Resumen: El trabajo aborda una visión crítica y colaborativa de la gestión educativa (GE) y la calidad de vida (CV). La medición de los niveles de las variables de estudio fue para GE (el cuestionario propuesto por el Ministerio de Educación del Ecuador compuesto por 3 dimensiones, 4 subdimensiones y 55 preguntas) y para CV (la prueba CV - GOHISALO compuesta por 7 dimensiones y 74 preguntas). Se evaluaron veinticinco docentes de una institución educativa de la ciudad de Ambato, Ecuador. Obteniendo resultados "Sobresalientes" (72%) debido al cumplimiento de estándares de calidad para desarrollar su trabajo en escenarios favorables. Por otro lado, el nivel de Calidad de Vida (CV) se ubica entre Alta (48%) y Media (20%) y Baja (34%), lo que indica que no solo abarca los entornos laborales sino también aspectos personales que abarcan en detallar las dimensiones de estudio de los dos instrumentos de recolección de datos.

Palabras-clave: Gestión educativa, calidad de vida, educación.

Teacher Evaluation in Ambato Schools: Management Effectiveness and Quality of Life

Abstract: The work addresses a critical and collaborative vision of educational management (EM) and quality of life (QoL). The measurement of the levels of the study variables was for EM (the questionnaire proposed by the Ministry of Education of Ecuador composed of 3 dimensions, 4 subdimensions and 55 questions) and for QoL (the QOL - GOHISALO test composed of 7 dimensions and 74 questions). Twenty-five teachers from an educational institution in the city of Ambato, Ecuador were evaluated. Obtaining "Outstanding" results (72%) due to the fulfillment of quality standards to develop their work in favorable scenarios. On the other hand, the level of Quality of Work Life (QWL) is between High (48%) and Medium (20%) and Low (34%), indicating that it not only covers work environments but also personal aspects that cover in detail the study dimensions of the two data collection instruments.

Keywords: Educational management, quality of life, education.

1. Introducción

El presente documento aborda una visión crítica y colaborativa, en la que se hace referencia a los directivos educativos que ejercen sus funciones en una unidad educativa local, quienes brindaron información sobre su realidad profesional, así como los desafíos que presentan en cuanto al nivel de calidad de vida. (CV) que perciben, para posteriormente analizar los datos recopilados, con el fin de ampliar la comprensión atribuida a la gestión dentro del sistema educativo.

Los estudios ofrecen un panorama alarmante con respecto a la Gestión Escolar, ya que, a pesar de ser muy relevante, presenta déficits tanto de fondo como de forma. Esto se debe a que carece de los recursos necesarios; Los profesores están sobrecargados de trabajo y tienen poca formación (Abril Martínez, 2019).

Por ello, en los últimos años la GE ha sido concebida como un concepto complejo y poco desarrollado, por lo que en busca de un cambio radical en esta realidad se propone la renovación del proceso pedagógico, la reestructuración de los modelos educativos, la implementación de nuevos paradigmas de la competencia y la cooperación, el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la atención a las nuevas demandas de enseñanza-aprendizaje y el incremento de la oferta académica.

Además, cabe mencionar que GE abarca una serie de procesos sistémicos e interconectados que orientan la toma de decisiones a favor de la gestión eficiente de los recursos disponibles en una institución para lograr sus objetivos. Adicionalmente, la Coordinación de Desarrollo Educativo e Innovación Curricular (2020) explica que comprende la colectividad e individualidad de la comunidad educativa, así como un conjunto de conocimientos generales y específicos. De acuerdo con lo anterior, la GE se propone como un ejercicio indispensable y permanente (Toledo et al., 2020). Por lo tanto, los gestores educativos ejecutan acciones a favor de los requerimientos que demanda el entorno educativo y tratan de solucionar las deficiencias antes mencionadas.

Sin embargo, las implicaciones que representan estos desafíos son mayoritariamente asumidas por los docentes, quienes descuidan su CV de distintas maneras para lograr sus objetivos laborales (Mejía Campó, 2021). Aún cuando se busca alcanzar altos niveles de enseñanza-aprendizaje, el GE ejecuta planes que desarrollan sentimientos de malestar en los docentes, lo que contribuye al escenario antes mencionado (Castilla-Gutiérrez et al., 2021).

Por otro lado, la CV es un constructo de naturaleza compleja y multidimensional que requiere dinamismo y entraña directamente un carácter subjetivo ya que depende de la propia percepción del individuo sobre su realidad. carácter multidimensional que requiere dinamismo e implica directamente un carácter subjetivo ya que depende de la propia percepción del individuo sobre su realidad (Arteaga González et al., 2018).

Además, propone que la CV es el resultado de dos componentes, el objetivo y el subjetivo, el primero se refiere a aspectos que son estáticos y no dependen de la opinión del individuo ya que son verificables e irrefutables, y el segundo se refiere a aquellos aspectos subjetivos. que son interpretaciones resultantes de lo que el sujeto valora en su forma de vivir y pensar, influidas por una raíz sociocultural (Martín Aranda, 2018).

La calidad de vida es un constructo complejo, multifacético y poco estudiado. Es un ideal buscado por todos los gobiernos para mejorar su nivel (Métodos de medición de la calidad de vida basados en estadísticas-Web of Science Core Collection, s.f.). Está constituido por la conexión existente entre la dimensión subjetiva y objetiva percibida por el individuo (PETROVIČ & Murgaš, 2020).

La calidad de vida laboral está relacionada con el sentimiento de satisfacción de una persona con los factores que intervienen en su ejercicio profesional. Asimismo, el ambiente laboral está influenciado por la interacción de elementos gerenciales, sociales y físicos que afectan la calidad de vida de los trabajadores (Parra-Giordano et al., 2020). La calidad de vida se define generalmente como un estado de bienestar; sin embargo, este concepto tiene una connotación que abarca una valoración contextual que enfatiza la percepción de satisfacción en los ámbitos social, físico, emocional, espiritual, intelectual y ocupacional que tiene el individuo en relación con su realidad. Cabe señalar que las necesidades que presenta el sujeto pueden ser individuales y/o colectivas (World Health Organization, 2016).

El presente estudio se organiza en primer lugar, por la búsqueda y exploración de postulados teóricos que permitan la construcción científica del estudio. En segundo lugar, por la medición de los niveles de GE y CV de los docentes de una institución educativa local. En tercer lugar, mediante una discusión de la información recopilada; y como último punto se concluye con un análisis general de las variables estudiadas.

Por lo tanto, la gestión se definirá como las acciones que permiten el logro de objetivos de acuerdo con la misión y visión de la organización, así, en el ámbito educativo se posiciona como una de las actividades más relevantes al orientar los planes a favor de la institución, promoviendo el empoderamiento de los estudiantes en su proceso formativo, ejecución de acciones conjuntas y armónicas por parte de sus colaboradores, considerando los decretos políticos de acuerdo con su cosmovisión, formación docente y otras actividades (Vega Gutiérrez, 2020). También requiere prácticas innovadoras por parte de todos los miembros de la comunidad (gerentes, docentes, estudiantes y padres de familia) (Hernández Mondragón, 2020). Finalmente, busca fortalecer los procesos pedagógicos y enriquecer los proyectos implementados en la institución para responder a los desafíos del entorno (Meza Revatta et al., 2020).

2. Metodología

La metodología utilizada en esta investigación consta de 5 fases para diagnosticar el nivel de GE y VC en una institución de la ciudad de Ambato. El procedimiento utilizado es el siguiente:

2.1. Diseño y población

Para el estudio se tuvo en cuenta como estudio de caso la población total de una unidad educativa ubicada en Ecuador en la provincia de Tungurahua en el cantón Ambato, barrio El Progreso. Población y muestra" se define como una población es una aglomeración formada por el número total de elementos de interés en un estudio que no requiere muestreo (García-García et al., 2013).

Al ser una población "objeto de estudio", según Mucha et. al (2020) y Mucha Hospinal et al. (2021), es necesario considerar criterios de selección previamente establecidos, por lo que los criterios de inclusión fueron: (i) participación voluntaria de los encuestados; (ii) docentes que laboran dentro de la institución educativa durante el ciclo escolar 2022 - 2023; (iii) docentes que han recibido inducción en GE y CV. Los criterios de exclusión fueron (i) docentes que no asistieron a la reunión de socialización; (ii) aquellos que no desearon participar en la investigación; (iii) personas sin contrato que acredite ser colaboradores de la institución. Cabe señalar que, considerando los criterios antes mencionados, los instrumentos fueron aplicados al 100% de la población inicialmente considerada para esta investigación (Posso Pacheco et al., 2021).

Además, se consideró información sociodemográfica como sexo masculino y femenino, historial laboral del participante en la institución, edad, horario de trabajo y lugar de residencia. Finalmente, la población estuvo conformada por 25 docentes.

2.2. Verificación y validez de los instrumentos

Luego de la búsqueda y selección de los instrumentos, se verificó su validez en el territorio nacional con el fin de garantizar la confiabilidad de la información recolectada por los instrumentos.

Para la GE se utilizó como referencia el cuestionario propuesto por el Ministerio de Educación del Ecuador (MINEDUC) en el Manual de Gestión Escolar, Desempeño Gerencial Profesional y Desempeño Profesional Docente. Consta de 55 preguntas divididas en tres dimensiones y 4 subdimensiones cada una. La escala de respuesta es tipo Likert con cuatro opciones de respuesta: No cumplido, En proceso, Satisfactorio y Sobresaliente. Además, el instrumento proporciona las normas que sustentan cada ítem, los medios de verificación y el significado de lo que implica cada opción de respuesta (García-García et al., 2013).

La prueba CV - GOHISALO creada por Raquel González-Baltazar en 2010 Mozo & Osorio (2019). Se utilizó para medir el nivel de calidad de vida. Tiene una confiabilidad global de 0.95, cuenta con validación tanto de contenido como de criterio y de constructo. Su aplicación puede ser tanto individual como colectiva, mantiene una escala de respuesta tipo Likert que va del 0 al 4 correspondiente a las opciones "Nunca" a "Siempre". Tiene 7 dimensiones y 74 preguntas (Gonzalez-Baltazar et al., 2017). Ver Tabla 1.

Dimensión	Indicador	Ítems
Soporte Apoyo institucional al trabajo (SIT)	Supervisión, evaluación y oportunidades de promoción	6, 19, 26, 27, 28, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52.
Seguridad laboral (ST)	Derechos contractuales, procedimientos establecidos, desarrollo profesional	5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 29, 30, 31, 33, 61, 63, 72.
Integración laboral (IPT)	Sentido de pertenencia, motivación y clima laboral	18, 32, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 65.
Satisfacción laboral (SAT)	Orgullo, participación, autonomía, reconocimiento y autoestima en el trabajo	1, 2, 3, 4, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22.

Dimensión	Indicador	Ítems
Bienestar logrado a través del trabajo (BLT)	Identificación con la organización, beneficios, satisfacción, vivienda, salud y nutrición	23, 34, 34, 35, 38, 59, 60, 62, 66, 71, 73.
Desarrollo personal del trabajador (PD)	Logros, expectativas de mejora y seguridad personal	53, 54, 64, 67, 68, 69, 70, 74.
Gestión del tiempo libre (ATL)	Espacio libre	25, 55, 56, 57, 58.

Tabla 1 – Dimensiones de la CV test - GOHISALO

2.3. Evaluación del nivel GE y CV

Inicialmente se realizó una socialización donde se presentaron los términos e implicaciones del problema estudiado y las generalidades de los instrumentos en la institución educativa, con el fin de reducir el riesgo de confusión y fortalecer la confiabilidad de la información recopilada, ya que cada proyecto tiene un carácter específico (Silvius & Schipper, 2018). Los datos fueron recolectados manualmente en la institución y luego tabulados en una hoja de cálculo Excel, para luego exportarse al software Rstudio para su validación. Es necesario verificar la información recopilada mediante la minería de datos ya que esta última nos permitirá predecir el comportamiento de los datos (Castrillón-Gómez et al., 2020).

2.4. Consolidación y validación de información

Una vez que se han obtenido todos los datos, fue necesario validar la fiabilidad de estos datos para comprobar que coincidían con la realidad de los encuestados. Por lo tanto, luego de consolidar la información en una hoja de cálculo de Excel y seleccionar el software Rstudio, se exportó la biblioteca a esa aplicación para realizar un análisis de minería de datos, donde se confirmó que los datos estaban "limpios" y se ajustaban a los requisitos de los instrumentos. Se utilizó el software Rstudio por ser de fácil acceso y uso, el cual integra un entorno de desarrollo que permite realizar análisis estadísticos como los requeridos en esta investigación (Gopal et al., 2018).

2.5. Análisis de los resultados.

Finalmente, a partir de la información obtenida de los cuestionarios y conocimientos previos, se procede a analizar las implicaciones del nivel de GE y CV.

3. Resultados

Una vez aplicada la metodología, a continuación, se presentan los siguientes resultados:

3.1. Diseño y población

Con base en los criterios de inclusión y exclusión, la población estuvo conformada por 25 docentes distribuidos en todos los niveles de educación de la Unidad Educativa que conforman el 100% de la población estudiada, el 60% de ellos son hombres, con edades comprendidas entre 21 y más de 50 años. edad y haber trabajado en la institución un

promedio de 1 a más de 5 años; por otro lado, el 40% son mujeres de 21 a 50 años, que trabajan en la institución educativa de 1 a más de 5 años; todos los participantes residen en la ciudad de Ambato (Tabla 2).

Variable	Response scale	N	%
Sex	Female	11	40
	Male	14	60
Age	21 – 30	13	52
	31 – 40	6	24
	41 – 50	5	20
	Over 51 years old	1	4
Time working at school	0 – 1	10	40
	1 – 2	2	8
	2 – 5	8	32
	More than 5 years	5	20
Place of Residence Ambato	Ambato	25	100
	Other	0	0

Tabla 2 – Sociodemographic characteristics of the participants

3.2. Evaluación, consolidación y validación de información de GE y CV

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por cada participante y los datos generales que permiten un análisis detallado de los resultados obtenidos.

3.2.1. Resultados de cada empleado evaluado

En la Tabla 3 se muestra la matriz GE con las respuestas correspondientes de los participantes en cada una de las dimensiones del instrumento.

NP	D1	D2	D3
1	44	56	46
2	70	82	64
3	71	84	64
4	69	82	64
5	56	76	60
6	65	82	64
7	61	80	58
8	71	83	61
9	54	63	48
10	69	84	64
11	53	58	35
12	69	80	59
13	66	72	55
14	49	60	52

NP	D1	D2	D3
15	62	75	61
16	70	84	64
17	70	84	64
18	57	66	54
19	71	82	62
20	66	81	60
21	54	63	56
22	55	67	48
23	53	63	55
24	57	69	43
25	59	81	63

Tabla 3 – Resultados de la dimensión GE, Desempeño Profesional Gerencial y Docente de cada participante

La Tabla 4 presenta la información correspondiente a las siete dimensiones de CV para cada participante.

SIT	ST	IPT	SAT	BLT	DP	ATL
26	28	28	22	30	20	12
43	44	37	37	39	28	12
49	54	37	42	43	30	17
41	35	38	40	40	25	15
42	30	27	33	39	18	13
46	51	35	44	40	25	10
52	41	37	29	38	28	18
23	36	24	24	34	22	8
25	36	35	25	37	25	9
56	51	35	44	41	32	20
32	28	22	17	26	21	12
44	43	38	38	40	24	11
31	33	31	20	36	17	11
26	20	28	20	33	15	12
27	40	30	32	33	16	7
43	48	34	31	40	20	14
52	46	38	27	38	27	11
32	37	31	25	37	22	10
41	42	37	40	40	26	13

SIT	ST	IPT	SAT	BLT	DP	ATL
49	44	40	36	44	27	17
29	23	27	39	33	23	5
39	42	35	35	40	24	12
27	21	27	29	38	12	14
39	36	29	21	32	25	14
30	36	26	20	30	20	7

Tabla 4 – Resultados por participante para las dimensiones SIT, ST, IPT, SAT, BLT, DP, ATL

3.2.2. Consolidación de resultados de la escuela

La Tabla 5 presenta información sobre el nivel de MS del campus, destacando que en todas las dimensiones existen respuestas que se ajustan a un nivel "Satisfactorio" y "Sobresaliente".

Variable	Escala de respuesta	N	%
Gestión escolar	No cumple	0	0
	En proceso	0	0
	Satisfactorio	6	24
	Sobresaliente	19	76
Desempeño Profesional Directivo	No cumple	0	0
	En proceso	0	0
	Satisfactorio	6	24
	Sobresaliente	19	76
Desempeño Profesional Docente	No cumple	0	0
	En proceso	0	0
	Satisfactorio	5	20
	Sobresaliente	20	80

Tabla 5 – *Cuestionario GE*

En la Tabla 6 se muestra el nivel de CV, donde se destaca que dentro de las dimensiones Integración Laboral, Satisfacción Laboral, Bienestar Alcanzado a través del Trabajo, Desarrollo Personal del Trabajador y Gestión del Tiempo Libre, existe un porcentaje de respuestas que no alcanzan el promedio mínimo propuesto por el instrumento.

Dimensión	Escale	N	%
Apoyo Institucional al Trabajo (SIT)	Alto	14	56
	Medio	5	20
	Bajo	6	24
	Muy bajo	0	0
Seguridad en el Trabajo (ST)	Alto	13	52
	Medio	9	36
	Bajo	3	12
	Muy bajo	0	0

Dimensión	Escale	N	%
Integración Laboral (IPT)	Alto	12	48
	Medio	4	16
	Bajo	8	32
	Muy bajo	1	4
Satisfacción laboral (SAT)	Alto	6	24
	Medio	4	16
	Bajo	5	20
	Muy bajo	10	40
Bienestar logrado a través del trabajo (BLT)	Alto	9	36
	Medio	7	28
	Bajo	2	8
	Muy bajo	7	28
Desarrollo Personal del Trabajador (PD)	Alto	6	24
	Medio	10	40
	Bajo	7	28
	Muy bajo	2	8
Gestión del tiempo libre (ATL)	Alto	2	8
	Medio	3	12
	Bajo	10	40
	Muy bajo	10	40

Tabla 6 – Características de calidad de vida

3.3. Análisis GE y CV de la escuela

Cabe señalar que si bien en la Tabla 5 los resultados indican que existe un nivel de GE "Satisfactorio" y "Sobresaliente" en la institución educativa. Cabe mencionar que una calificación de "Satisfactorio" implica que la oferta educativa que brinda el colegio sigue las ordenanzas del MINEDUC de acuerdo con los estándares de funcionamiento de la institución; asimismo, considerando estos lineamientos, se consolidaron de manera participativa el Proyecto Educativo Institucional (PEI) y la Planificación Curricular Institucional (PCI). La unidad educativa cuenta con procedimientos para el desarrollo de las actividades académicas y administrativas. La capacitación se realiza luego de un diagnóstico de las necesidades de la institución. Se ofrecen actividades de apoyo y acompañamiento pedagógico según las necesidades institucionales. Los méritos y logros docentes son reconocidos bajo lineamientos institucionales. Los registros de información académica y administrativa se almacenan de forma segura y siempre están actualizados y completos. Las líneas de comunicación cuentan con lineamientos previamente establecidos, se caracterizan por ser oportunas y de conocimiento para todos los actores educativos. En cuanto a la infraestructura del establecimiento, ésta debe estar dotada de recursos que contribuyan al proceso de enseñanza-aprendizaje. La Unidad Educativa ofrece servicios complementarios siguiendo la normativa propuesta por el MINEDUC. Brinda servicio de orientación estudiantil con atención a las necesidades pedagógicas y socioemocionales.

Asimismo, presentar un nivel "Sobresaliente" significa que el PEI y PCI fueron construidos de manera participativa y bajo los lineamientos del MINEDUC, en los

que se incluyeron estrategias innovadoras. Además, los procedimientos regulatorios académicos y administrativos son innovadores y eficientes. Luego de conocer las necesidades de la escuela, se realizan espacios de capacitación e intercambio para expresar conocimientos y experiencias que conduzcan a acciones para solucionar estas carencias. Las actividades de apoyo y acompañamiento pedagógico se caracterizan por ser innovadoras. Los registros administrativos y académicos se almacenan de forma segura mediante procedimientos innovadores que demuestran la capacidad de gestionar la información. Además, los medios de comunicación utilizados por los actores educativos son innovadores y se limitan exclusivamente a cuestiones académicas y administrativas. Los servicios complementarios ofrecidos van más allá del cumplimiento de los lineamientos propuestos por el MINEDUC y demuestran capacidad de gestión. El servicio de asesoramiento institucional, además de sus funciones a favor de la institución, colabora con otras instituciones.

Por otro lado, en el cuestionario de calidad de vida existen ciertas dimensiones como las relacionadas con IPT, SAT, BLT, DP y ATL que no alcanzan las puntuaciones mínimas requeridas por el cuestionario, lo que establece un nivel por debajo de lo esperado como mínimo. La siguiente tabla presenta algunas de las características que implican estas dimensiones (Rojas-Torres et al., 2021).

Dimensión	Características
IPT	Resolución de conflictos entre pares, motivación para el desarrollo de su trabajo diario
SAT	Dedicación al trabajo, orgullo, sentido de pertenencia, autoestima, participación activa, autonomía, desarrollo de habilidades y creatividad
BLT	Satisfacción con vivienda, salud, nutrición; disfrute de los bienes y riquezas obtenidos de su trabajo
DP	Logros, Superación Individual, Seguridad Personal
ATL	Organización del tiempo libre y conciliación entre vida laboral y personal

Tabla 7 – Implicaciones de las dimensiones de la prueba CV-GOHISALO con puntuaciones bajas

4. Conclusiones

El objetivo principal de esta investigación es diagnosticar el nivel de GE y CV de los docentes de un colegio de la ciudad de Ambato, el cual ha resultado satisfactorio y beneficioso para la población de estudio y las personas que lo dirigen.

Los resultados del presente estudio establecen que la GE desde la perspectiva del 72% de la población es “Sobresaliente”, lo que implica que la escuela cumple con los estándares propuestos por el MINEDUC y que su comunidad educativa es capaz de adaptar metodologías y estrategias a las necesidades que el contexto requiere, este proceso se realiza con el propósito de garantizar que los integrantes que conforman el colegio puedan desarrollarse en condiciones favorables que garanticen la calidad de vida. El objetivo principal de esta investigación es diagnosticar el nivel de GE y CV de los docentes de un colegio de la ciudad de Ambato, el cual ha resultado satisfactorio y beneficioso para la población de estudio y las personas que lo dirigen.

Los resultados obtenidos de los datos del Cuestionario CV - GOHISALO establecen que la perspectiva de los docentes sobre su nivel de CV se encuentra entre Alta y Media. El 48% afirma que es "Alta", el 20% "Media" y el 34% "Baja". Esto significa que la calidad de vida de los docentes es buena porque nominan y les gusta su actividad laboral. El objetivo principal de esta investigación es diagnosticar el nivel de GE y CV de los docentes de un colegio de la ciudad de Ambato, que ha sido satisfactorio y beneficioso para la población de estudio y las personas que lo gestionan.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato (UTA) y a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) por el apoyo brindado para la realización de este trabajo a través del grupo de investigación PROMOCIÓN DE LA CALIDAD DE VIDA. También agradecemos el proyecto de investigación: GESTIÓN EDUCATIVA Y CALIDAD DE VIDA DE LOS ACTORES DE LAS UNIDADES EDUCATIVAS DE LA COORDINACIÓN ZONAL 3 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN DEL ECUADOR, aprobado mediante Resolución UTA-CONIN-2023-0046-R.

Referencias

Abril Martínez, C. A. (2019). Malestar docente y violencia escolar una relación por definir: Revisión documental de la década del noventa a la actualidad. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, *12*(1). https://doi.org/10.22335/rlct.v12i1.1045

Arteaga González, P., Hermosilla-Ávila, A., Mena Bastías, C., & Contreras Contreras, S. (2018). Una Mirada a la Calidad de Vida y Salud de las Educadoras de Párvulos. *Ciencia & Trabajo*, *20*(61), 42-47. https://doi.org/10.4067/S0718-24492018000100042

Castrillón-Gómez, O. D., Sarache, W., & Ruiz-Herrera, S. (2020). Predicción de las principales variables que conllevan al abandono estudiantil por medio de técnicas de minería de datos. *Formación Universitaria*, *13*(6), 217-228. https://doi.org/10.4067/S0718-50062020000600217

García-García, J. A., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. C. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación en Educación Médica*, *2*(8), 217-224. https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72715-7

Gonzalez-Baltazar, R., Hidalgo-González, B. J., De Sandi, V. I. R.-D., León-Cortés, S. G., Contreras-Estrada, M. I., Aldrete-Rodríguez, M. G., & Hidalgo-Santacruz, G. (2017). Quality of Work Life, Depression and Anxiety in Administrative Staff of an Institution of Higher Education. En R. H. M. Goossens (Ed.), *Advances in Social & Occupational Ergonomics* (Vol. 487, pp. 295-304). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41688-5_26

Gopal, K., Salim, N. R., & Ayub, A. F. M. (2018). *RStudio as a tool to motivate students to learn statistics: A study in a Malaysian public university*. 020027. https://doi.org/10.1063/1.5054226

Hernández Mondragón, A. R. (2020). COVID-19: El efecto en la gestión educativa. *Revista Latinoamericana de Investigación Social*, *3*(1), 37-41.

Martín Aranda, R. (2018). Actividad física y calidad de vida en el adulto mayor. Una revisión narrativa. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, *17*(5), 813-825.

Mejía Campó, N. (2021). Gestión educativa y liderazgo transformacional de los directivos en la educación básica regular. *Revista Publicando*, *8*(29), 79-86. https://doi.org/10.51528/rp.vol8.id2191

Meza Revatta, L. F., Torres Miranda, J. S., & Mamani-Benito, O. (2020). Gestión educativa como factor determinante del desempeño de docentes de educación básica regular durante la pandemia Covid-19, Puno-Perú. *Apuntes Universitarios*, *11*(1), 23-35. https://doi.org/10.17162/au.v11i1.543

Mucha Hospinal, L. F., Chamorro Mejía, R., Oseda Lazo, M. E., & Alania-Contreras, R. D. (2021). Evaluación de procedimientos que se toman para la población y muestra en trabajos de investigación. *Desafios*, *12*(1). https://doi.org/10.37711/desafios.2021.12.1.253

Parra-Giordano, D., Felli, V. A., Saldías Fernández, M. A., Pinto-Galleguillos, D., & Soto Malabrigo, P. (2020). CALIDAD DE VIDA LABORAL Y ESTRATEGIAS DE MEJORA DEL TRABAJO DE LA ENFERMERÍA DOCENTE. *Ciencia y Enfermería*, *26*. https://doi.org/10.29393/CE26-9CVDV50009

PETROVIČ, F., & Murgaš, F. (2020). Holistic and sustainable quality of life conceptualization and application. *Folia Geographica*, *62*(1), 77.

Posso Pacheco, R. J., Pereira Valdez, M. J., Paz Viteri, B. S., & Rosero Duque, M. F. (2021). Gestión educativa: Factor clave en la implementación del currículo de educación física. *Revista Venezolana de Gerencia*, *26*(5 Edición Especial), 232-247. https://doi.org/10.52080/rvgluz.26.e5.16

Silvius, G., & Schipper, R. (2018). Exploring Responsible Project Management Education. *Education Sciences*, *9*(1), 2. https://doi.org/10.3390/educsci9010002

Toledo, M. B., Castillo, S. C., Montecinos, M. V., & Briceño, M. H. (2020). Modelo de gestión educativa para programas en modalidad virtual de aprendizaje. *Revista de Ciencias Sociales*, *26*(2), 286-298.

Vega Gutiérrez, L. V. (2020). Gestión educativa y su relación con el desempeño docente. *Ciencia y Educación*, *1*(2), 18-28. https://doi.org/10.48169/Ecuatesis/0102202008

World Health Organization. (2016). *World Health Statistics 2016 [OP]: Monitoring Health for the Sustainable Development Goals (SDGs)*. World Health Organization. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=-A4LDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=World+Health+Statistics+2016:+Monitoring+Health+for+the+SDGs&ots=ddijYQ9gAG&sig=DsLKC2vzhQnHFWWT1r_Ly83meGg

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 11/03/2024
Aceitação/Acceptance: 19/06/2024

Revisión Sistemática De Literatura De Sistemas Deep Learning Para Navegación Autónoma

Edwin Constante[1], Paulina Ayala[1], Jose E. Naranjo[2] and Marcelo V. Garcia[1,3]

econstante9308@uta.edu.ec; ep.ayala@uta.edu.ec; jose.naranjo0463@utc.edu.ec; mv.garcia@uta.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Ambato, 180103, Ambato, Ecuador.

[2] Universidad Técnica de Cotopaxi, UTC-CIYA. 050102, Latacunga, Ecuador.

[3] University of Basque Country, UPV/EHU, 48013, Bilbao, Spain.

Pages: 372-386

Resumen: Esta revisión sistemática cubre el estado actual del aprendizaje profundo aplicado a los sistemas de navegación autónoma. Se evaluaron artículos relevantes, destacando el uso de redes neuronales convolucionales para la corrección de imágenes, detección de objetos y la estimación de profundidad. Por otra parte, Los algoritmos de aprendizaje por refuerzo profundo, como Twin Delayed Deep Deterministic Policy Gradient (TD3), mejoran la toma de decisiones en entornos complejos. Las aplicaciones importantes están vinculadas a vehículos autónomos, drones, robots móviles y vehículos submarinos. Aunque se pudo lograr algunos avances, todavía hay algunas limitaciones en la interpretabilidad, seguridad y adaptación a condiciones adversas que requieren más investigación. En general, el aprendizaje profundo demuestra un gran potencial para impulsar una navegación autónoma más robusta y eficiente.

Palabras clave: Aprendizaje profundo; navegación autónoma; redes neuronales convolucionales; aprendizaje por refuerzo profundo; percepción del entorno

Systematic Literature Review of Deep Learning Systems for Autonomous Navigation

Abstract: This systematic review covers the current state of deep learning applied to autonomous navigation systems. Relevant articles were evaluated, highlighting the use of convolutional neural networks for image correction, object detection and depth estimation. On the other hand, deep reinforcement learning algorithms, such as Twin Delayed Deep Deterministic Policy Gradient (TD3), improve decision making in complex environments. Important applications are linked to autonomous vehicles, drones, mobile robots, and underwater vehicles. Although some progress could be made, there are still some limitations in interpretability, safety, and adaptation to adverse conditions that require further research. Overall, deep learning demonstrates great potential to drive more robust and efficient autonomous navigation.

Keywords: Deep learning; autonomous navigation; convolutional neural networks; deep reinforcement learning; perception of the environment.

1. Introducción

La inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje profundo (Deep Learning) están transformando rápidamente la forma en que interactuamos con el mundo (QinYuan He, 2023). Los sistemas de navegación autónoma son un ejemplo de esta transformación. Los métodos de Deep Learning pueden aprender patrones complejos y representaciones de datos de manera automática, lo que es una ventaja en la navegación, ya que los entornos pueden ser dinámicos y presentar una amplia variedad de situaciones que un enfoque de programación tradicional podría no anticipar. (Nahavandi, 2022)

La investigación propuesta sobre la revisión sistemática de literatura de sistemas de Deep Learning para navegación autónoma es crucial en el contexto actual de avance de la inteligencia artificial (IA) (Alfonso & Sotelo, 2021). Con el continuo crecimiento de la IA, especialmente en áreas como el Deep Learning, se ha vuelto esencial explorar cómo estos métodos pueden aplicarse de manera efectiva en la navegación autónoma. El enfoque tradicional de programación puede no ser suficiente para anticipar y adaptarse a la complejidad y dinámica de los entornos de navegación. Por lo tanto, comprender y aprovechar las capacidades de aprendizaje automático de los sistemas de Deep Learning puede proporcionar una ventaja significativa en la toma de decisiones en tiempo real y la navegación segura en diversos entornos (Asgharpoor & Sabour, 2023).

Dado el rápido desarrollo y disponibilidad de herramientas y recursos en el campo del Deep Learning, llevar a cabo una revisión sistemática de literatura sobre sistemas de Deep Learning para navegación autónoma es altamente factible. La cantidad de investigación y recursos existentes en este campo proporciona una base sólida para la revisión y análisis comparativo de diferentes enfoques y técnicas (Maki & McKinney, 2020).

Para el análisis del estado del arte del presente trabajo de investigación se utilizará el método Prisma, formulada en el año 2009 como una manera sistemática y precisa de revisar y transparentar la justificación tras la selección y síntesis de fuentes de información para un trabajo de investigación (Urrútia & Bonfill, 2010). La metodología abarca desde la selección de parámetros de búsqueda, filtrado de resultados que coincidieron con dichos parámetros, síntesis de información, evaluación, e interpretación y discusión de los resultados dando una forma más efectiva y optimizada al momento de requerir la información necesaria (Page, M. J., 2021).

2. Metodología

El presente estudio es una revisión del estado del arte de sistemas Deep Learning en la navegación autónoma, en el cual se desarrollará mediante la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis), para alcanzar los objetivos propuestos se planea seguir los siguientes pasos: (a) Preguntas de investigación, (b) Fuentes de información, (c) Estrategia de búsqueda, (d) Criterios de elegibilidad, (e) Riesgo de sesgo, (f) Extracción de datos.

2.1. Preguntas de Investigación

Para el desarrollo de este estudio se expone cuatro preguntas de indagación, que servirán de apoyo para la consecución del objetivo principal de la actual investigación, las mismas

que abordarán temas relacionados con la navegación incluyendo localización, mapeo, y planificación de rutas. En la tabla 1 se presentan las preguntas de investigación.

Número	Pregunta de Investigación	Motivación
PI1	¿Cómo pueden los sistemas de deep learning mejorar la percepción del entorno para una navegación?	Identificar la mejora de sistemas Deep learning en la navegación
PI2	¿Qué tipo de algoritmo utiliza en la navegación?	Determinar los métodos o algoritmos utilizados para la navegación
PI3	¿Qué tipo de herramientas utiliza para la navegación?	Reconocer las herramientas utilizadas por el sistema para realizar la navegación
PI4	¿Para qué entornos fué desarrollado la aplicación?	Identificar los diferentes entornos de navegación

Tabla 1 – Preguntas de investigación.

2.2. Fuentes de información

Se realizó una exhaustiva revisión de la literatura, centrándose específicamente en artículos publicados en revistas científicas. Para este análisis, se seleccionó un rango temporal que abarca desde el año 2020 hasta el 2024, ya que este período se considera idóneo para evaluar los avances más recientes en la tecnología de deep learning aplicada a la navegación autónoma.

Se realizaron búsquedas en una amplia variedad de bases de datos y plataformas de investigación académica, entre las que se incluyen bases de datos especializadas como IEEE Xplore y SCOPUS, editoriales como Springer y Taylor & Francis, buscadores científicos como Web of Science y Science Direct. Dentro de la búsqueda, se priorizó la selección de aquellos documentos que contaban con un identificador digital de objeto (DOI), ya que esto facilitaba un acceso y rastreo más eficiente de los mismos.

Cabe mencionar que la investigación en los diferentes medios digitales se enfocó en utilizar términos específicos de acuerdo con las perspectivas o puntos de vista (PV) relacionados con el tema de sistemas de deep learning para navegación autónoma. Por ejemplo, para el punto de vista PV1: “Deep Learning” AND “Navegación Autónoma” OR “Aprendizaje Automático” OR “Percepción del Entorno””), se utilizaron combinaciones de palabras clave relevantes para identificar artículos relacionados con la aplicación de técnicas de deep learning en la navegación autónoma, incluyendo temas como la percepción del entorno, la planificación de rutas y el aprendizaje automático.

Para el punto de vista PV2 “Redes Neuronales Convolucionales” AND (“navegación autónoma” OR “procesamiento de imágenes” OR “reconocimiento de objetos”), se emplearon términos específicos relacionados con el uso de redes neuronales convolucionales, una arquitectura ampliamente utilizada en deep learning, para abordar tareas de navegación autónoma, como el procesamiento de imágenes y el reconocimiento de objetos.

Finalmente, para el punto de vista PV3 “Navegación Autónoma” AND (“vehículos autónomos” OR “robots móviles” OR “drones” OR “sistemas aéreos no tripulados”),

se buscaron artículos que abordaran la aplicación de sistemas de deep learning en diferentes plataformas y entornos de navegación autónoma, como vehículos autónomos, robots móviles, drones y sistemas aéreos no tripulados. La búsqueda se realizó utilizando estos términos específicos en el título, las palabras clave o el resumen de los trabajos analizados en detalle, con el objetivo de obtener una cobertura amplia y relevante de la literatura científica en el área de sistemas de deep learning para navegación autónoma.

2.3. Selección de Artículos

La elección de referencias pertinentes es un paso crucial en la elaboración de una investigación de calidad. En este apartado, se presenta un enfoque sistemático para identificar y seleccionar las fuentes bibliográficas más relevantes para el tema en cuestión. Este proceso se basa en tres pasos fundamentales: definición de criterios de inclusión y exclusión; análisis del cuerpo del escrito; revisión de la introducción y conclusiones, en la siguiente tabla se muestra los criterios de inclusión y exclusión de selección de artículos.

Criterios	Inclusión	Exclusión
C1	Tipo de publicación: Artículos científicos publicados en revistas revisadas por pares, actas de conferencias relevantes y capítulos de libros de editoriales reconocidas.	Resúmenes de conferencias, artículos de opinión, editoriales, revisiones de libros y material no revisado.
C2	Idioma: Español e inglés, considerando la amplia disponibilidad de información en estos idiomas y el alcance global de la investigación.	Idiomas distintos al español e inglés, a menos que exista una traducción válida al español o inglés.
C3	Fecha de publicación: Artículos publicados en los últimos 4 años, priorizando investigaciones recientes que reflejen los avances más recientes en el campo.	Artículos publicados antes de los últimos 4 años, salvo que representen hitos fundamentales o trabajos seminales en el campo.
C4	Metodología: Estudios que empleen metodologías de deep learning para abordar problemas de navegación autónoma, incluyendo algoritmos de aprendizaje profundo, redes neuronales convolucionales, redes neuronales recurrentes y otras técnicas relevantes.	Estudios que no empleen metodologías de deep learning o que utilicen técnicas de aprendizaje superficial que no sean relevantes para la navegación autónoma.
C5	Tema: Artículos que se centren específicamente en la aplicación de deep learning para la navegación autónoma en diversos entornos, como vehículos autónomos, robots móviles, drones y sistemas aéreos no tripulados.	Artículos que aborden temas relacionados con la navegación autónoma pero que no se centren específicamente en la aplicación de deep learning.
C6	Aporte original: Artículos que presenten contribuciones significativas al campo de la navegación autónoma mediante el uso de deep Learning, incluyendo nuevos algoritmos, mejoras en el rendimiento, aplicaciones innovadoras y análisis comparativos.	Artículos que no presenten contribuciones significativas al campo de la navegación autónoma mediante el uso de deep learning, como revisiones generales o descripciones superficiales de técnicas existentes.

Tabla 2 – Criterios de inclusión y exclusión de selección

Se muestra a continuación el diagrama de flujo PRISMA, el cual representa gráficamente el proceso de selección de los artículos. Este diagrama parte de los documentos identificados inicialmente y los va filtrando de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión establecidos previamente.

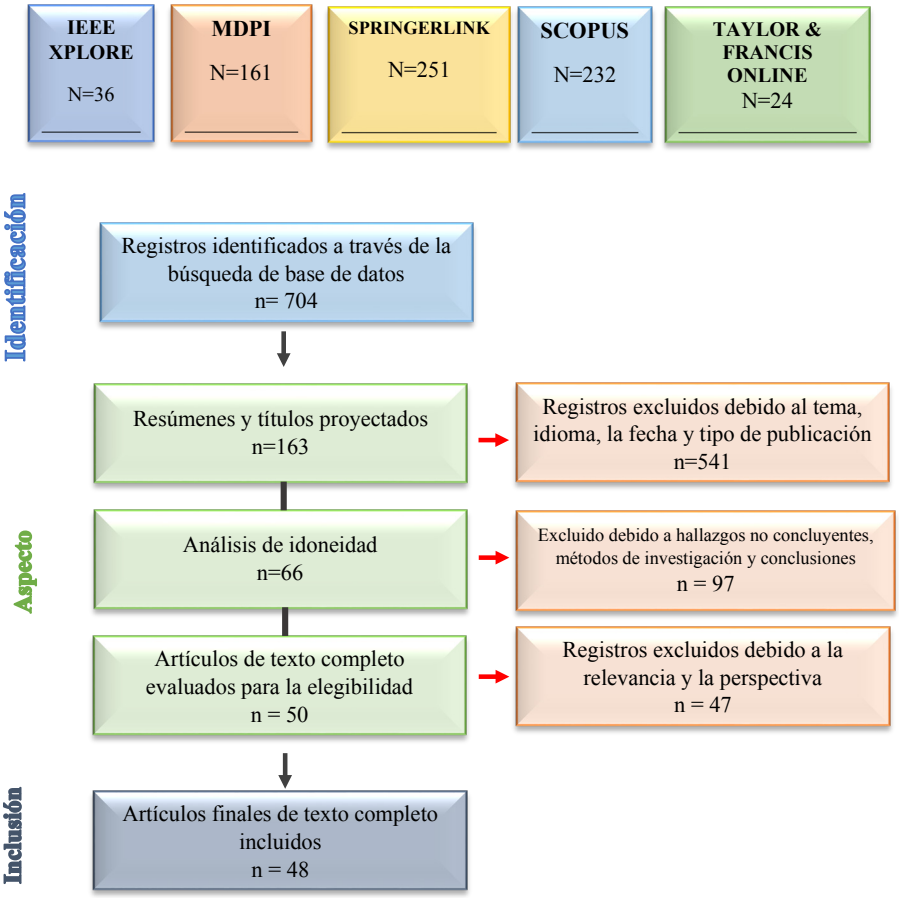


Figura 1 – Diagrama de flujo PRISMA

2.4. Extracción de Datos

Se realizaron búsquedas electrónicas en las siguientes bases de datos: IEEE Xplore (N=36), MDPI (N=161), SpringerLink (N=251), SCOPUS (N=232) y Taylor & Francis Online (N=24), figura1. Inicialmente, se identificaron un total de 704 registros a través de la búsqueda en estas bases de datos. Después de proyectar los resúmenes y títulos, se excluyeron 541 registros debido al tema, idioma, fecha y tipo de publicación. Posteriormente, se realizó un análisis de idoneidad, donde se excluyeron 97 registros debido a hallazgos no concluyentes, métodos de investigación y conclusiones.

Adicionalmente, se excluyeron 47 registros más por falta de relevancia y perspectiva. Los 66 artículos de texto completo restantes fueron evaluados para su elegibilidad. Finalmente, se incluyeron 48 artículos de texto completo en esta revisión sistemática después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión establecidos.

3. Resultados

3.1. Análisis Bibliométrico

El análisis de palabras clave de la Figura 2 revela que los términos centrales y más recurrentes son “deep learning”, “autonomous navigation”, “deep reinforcement learning”, “autonomous vehicles” y “decision making”. Esto sugiere que la investigación revisada se enfoca principalmente en la aplicación de técnicas de Deep Learning, como el aprendizaje por refuerzo profundo, para abordar desafíos en la navegación autónoma de vehículos. Otros términos destacados como “real-time”, “trajectories” y “sensor fusion” indican que aspectos como la toma de decisiones en tiempo real, la planificación de trayectorias y la integración de datos de sensores son también áreas clave exploradas.

Por otro lado, el análisis de autoría Figura 3 muestra una red de colaboraciones entre autores, con algunos nodos centrales que sugieren investigadores líderes en este campo. Esta estructura de co-autoría indica una comunidad de investigación activa y colaborativa trabajando en temas relacionados con la navegación autónoma y el aprendizaje profundo.

Estos hallazgos bibliométricos, obtenidos mediante herramientas como VOSviewer y bases de datos como Scopus, brindan una visión general de las tendencias, temas centrales y patrones de colaboración en la literatura revisada sobre sistemas de Deep Learning para navegación autónoma.

3.2. Revisión Literaria

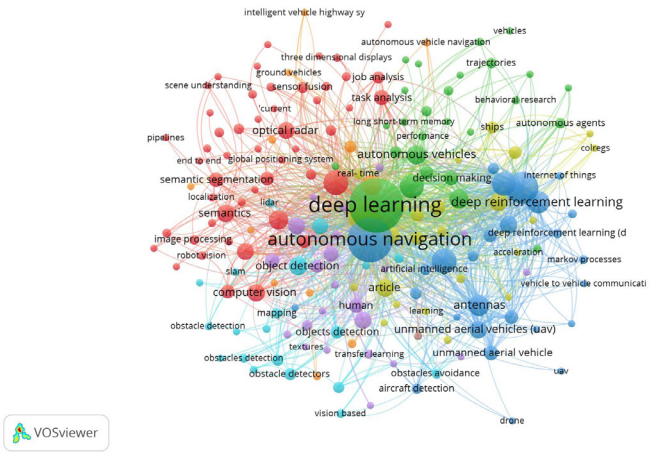


Figura 2 – Palabras clave

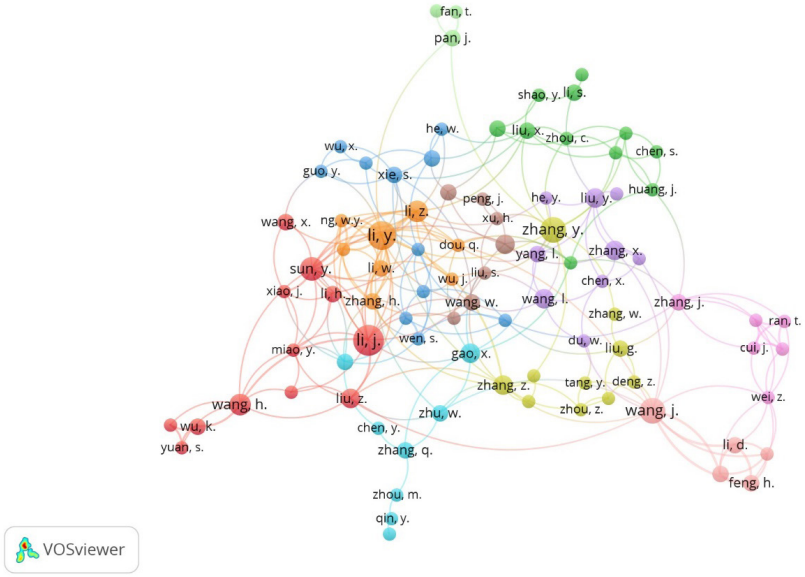


Figura 3 – Autores

A continuación, se presenta el resumen de los trabajos seleccionados, los cuales han sido revisados teniendo en cuenta los puntos de vista PV1, PV2 y PV3 mencionados en la Sección 2.2.

Deep Learning La inteligencia artificial, en particular el deep learning, se ha vuelto en un componente esencial para abordar los desafíos de la navegación autónoma. Dada la afluencia de datos a menudo no estructurados y la incertidumbre que está inevitablemente presente en entornos en tiempo real, la capacidad de proceso de los sistemas AI basados en deep learning también se convierte en un catalizador. (Zhu & Hayashibe, 2023).

Navegación Autónoma Las técnicas de Deep Learning desempeñan un papel fundamental en la navegación autónoma, y se basan en el uso de arquitecturas complejas de redes neuronales profundas como las Redes Neuronales Convolucionales (CNN) y las Redes Neuronales Recurrentes (RNN) (Gao et al., 2020).La navegación autónoma de vehículos aéreos no tripulados (UAV) ha avanzado significativamente en los últimos años, impulsada por el desarrollo de tecnologías de inteligencia artificial (IA) y, en particular, el método Deep Learning (Rezwan & Choi, 2022).

Percepción del Entorno Con las mejoras recientes en una variedad de tareas, como la identificación y localización de objetos, la segmentación de imágenes y el reconocimiento de profundidad, el Deep Learning ha sido utilizado exitosamente por varios investigadores para alcanzar un alto nivel de autonomía en los UAV. En este contexto, se han examinado diversas arquitecturas de redes neuronales profundas, como

las redes de consenso de vecindad, los descriptores locales profundos y los mecanismos de atención, aplicadas a tareas como la detección de objetos y la localización precisa, mejorando significativamente la precisión en la navegación autónoma (Mughal, 2024).

Redes Neuronales Convolucionales (CNN) Además, se han propuesto enfoques específicos, como el clasificador CNN basado en Drone-STM-RENet, que incorpora procedimientos basados en regiones y bordes para abordar desafíos como la baja variación de contraste, la alta variación de textura, la variación significativa en el tamaño, la forma y la posición de los objetos, y las condiciones de baja iluminación, aprovechando las capacidades de minería de patrones de las CNN profundas para la extracción automatizada de características (Arshad, 2022).

Procesamiento de imágenes Los algoritmos de aprendizaje por refuerzo profundo, como el Twin Delayed Deep Deterministic Policy Gradient (TD3) combinado con técnicas como Prioritized Experience Replay (PER), mejoran el rendimiento en espacios de acción continua y mitigan sobreestimaciones (AlMahamid, 2024). Además, el uso de imágenes de mapas de profundidad (DMIs) permite una navegación visual mejorada al estimar con precisión la información de profundidad de los objetos (AlMahamid, 2024).

Desafíos y trabajo futuro Los mayores desafíos actuales en la navegación autónoma es la interpretabilidad de los modelos de deep learning, lo cual es crucial para asegurar que los sistemas autónomos tomen decisiones justificables y seguras en entornos dinámicos. Además, subrayan la importancia de mejorar la seguridad y la resiliencia de estos sistemas frente a ataques y fallos. Como líneas futuras de investigación.

Además, la seguridad es otra preocupación importante, ya que los sistemas deben ser capaces de manejar de manera segura situaciones inesperadas y condiciones adversas. En cuanto al trabajo futuro, se sugiere la integración de datos multimodales, como la fusión de información visual y lidar, para mejorar la robustez del sistema. También se propone la adaptación de los modelos a condiciones climáticas adversas, lo cual es crucial para aplicaciones en entornos agrícolas donde las condiciones pueden variar drásticamente (Jo & Kim, 2020).

3.3. Selección de Documentos

Entrando en detalles en los documentos seleccionados, y tomando en cuenta los puntos de vista PV1, PV2 y PV3 mencionados en la Sección 2.2. En la figura 4 se puede notar que el punto de vista PV3 tiene la mayor cantidad de artículos seleccionados, con un total de 25 (aproximadamente el 52.08% del total). Le sigue el punto de vista PV2 con12 artículos (aproximadamente el 25%), y finalmente el punto de vista PV1 con 11 artículos (aproximadamente el 25%). Los temas que más destacan son el uso de técnicas de deep learning como redes neuronales convolucionales y aprendizaje por refuerzo para la navegación de drones/vehículos aéreos no tripulados, navegación de vehículos terrestres autónomos en entornos desafiantes, deep learning para la navegación de robots móviles en interiores, exteriores, entornos agrícolas y logísticos y deep learning para vehículos aéreos y submarinos no tripulados.

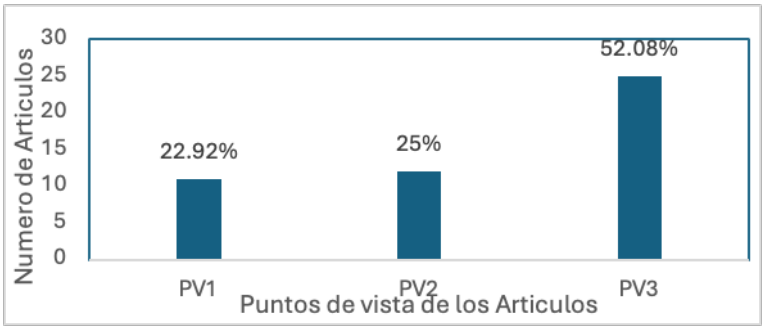


Figura 4 – Puntos de vista de los Articulos

Analizando detalladamente los documentos Seleccionados, también observamos que la data recolectada proviene de diversas fuentes confiables y especializadas, como IEEE Xplore, MDPI Open Access Journals, SpringerLink, Scopus y Taylor & Francis Online. Esto garantiza que utilizamos materiales académicos y científicos de alta calidad en este campo de estudio.

Al examinar los años de publicación, como se nota en la figura 5, hay un marcado incremento a partir de 2021, con un pico en 2023 y 2024 (año proyectado en varios artículos). Esto indica que la navegación autónoma basada en deep learning es un campo en rápido crecimiento y de gran interés actual en la comunidad científica y tecnológica.

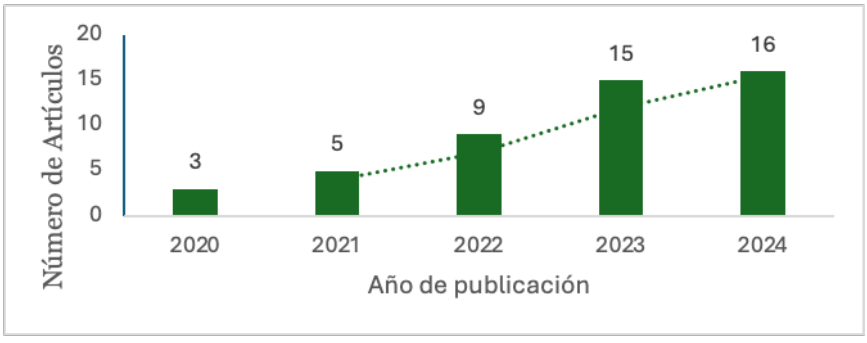


Figura 5 – Numero de artículos por año

En resumen, esta revisión sistemática revela un campo vibrante y en constante evolución, con contribuciones provenientes de múltiples fuentes académicas de renombre. Los investigadores están abordando una amplia gama de desafíos y aplicaciones mediante el uso de técnicas de deep learning para lograr una navegación autónoma más robusta, eficiente y adaptable en diversos entornos y plataformas. Esta revisión sienta las bases para comprender el estado actual del arte y ayudará a identificar áreas de oportunidad y futuras direcciones en este emocionante campo de investigación.Es importante destacar que la cantidad de artículos por año ha ido en aumento, lo que sugiere un creciente

interés en la navegación autónoma de drones y robots, así como en el uso de inteligencia artificial y Deep Learning en este campo.

4. Discusión

4.1. Preguntas de Investigación

Esta sección detalla respuestas específicas a cada una de las preguntas propuestas en la segunda parte del documento.

PI1 ¿Cómo pueden los sistemas de deep learning mejorar la percepción del entorno para una navegación?

Los avances en el Deep Learning han generado una mejora notable en la comprensión del entorno para la navegación. Esto se logra mediante el uso de redes neuronales convolucionales para procesar imágenes, identificar objetos, segmentar y estimar profundidades, así como algoritmos de aprendizaje por refuerzo profundo para tomar decisiones óptimas.

PI2 ¿Qué tipo de algoritmo utiliza en la navegación?

Redes Neuronales Convolucionales (CNN) se utilizan para analizar imágenes y extraer características visuales, además, se aplican técnicas de atención y mecanismos de consenso vecinal para mejorar la precisión en tareas como la detección de objetos. Las CNN constan de múltiples capas jerárquicas que van desde la detección de características simples, como bordes, hasta características más complejas, como formas y objetos completos. Este proceso jerárquico permite que los sistemas basados en deep learning tengan una comprensión detallada y precisa del entorno, lo cual es fundamental para tomar decisiones en tiempo real.

Por otro lado, las Redes Neuronales Recurrentes (RNN) son ideales para procesar secuencias de datos. En cuanto a los Algoritmos de Aprendizaje por Refuerzo Profundo, como Twin Delayed Deep Deterministic Policy Gradient (TD3) y Prioritized Experience Replay (PER), se emplean en la toma de decisiones en entornos complejos.

PI3 ¿Qué tipo de herramientas utiliza para la navegación?

Imágenes de mapas de profundidad (DMIs) para estimar información de profundidad de objetos, combinación de datos de múltiples sensores, como cámaras y LiDAR, para obtener una percepción más robusta del entorno, técnicas de minería de patrones y extracción de características automatizadas a través de CNN profundas y Marco de simulación y conjuntos de datos anotados para entrenar modelos de Deep Learning.

PI4 ¿Para qué entornos fué desarrollado la aplicación?

Está diseñada para entornos complicados y cambiantes que requieren una gran precisión en la percepción y toma de decisiones. Específicamente, se menciona su aplicación en situaciones como Vehículos autónomos terrestres en entornos urbanos, rurales, drones y aeronaves no tripuladas (UAV) para navegación tanto en espacios abiertos como cerrados, robots móviles para moverse dentro de edificios, al aire libre, en entornos

agrícolas y logísticos. Vehículos submarinos autónomos para exploración y mapeo subacuático.

5. Conclusiones

Esta revisión demuestra que la aplicación de sistemas de Deep Learning en la navegación autónoma representa un avance significativo en la tecnología para percibir el entorno y tomar decisiones en tiempo real. La detección de objetos, la estimación de profundidad y la toma de decisiones son aspectos cruciales para lograr una navegación autónoma sólida y segura.

Se han estudiado el desarrollo y aplicaciones de éxito diversos algoritmos de Deep Learning, como CNN, RNN, TD3 y PER, junto con herramientas como imágenes de mapas de profundidad, fusión de datos sensoriales y entornos simulados para abordar los desafíos que presenta la navegación autónoma en diferentes plataformas y escenarios. Esta integración tecnológica augura un futuro en el que la autonomía y precisión se conviertan en estándares comunes en la navegación a través de una variedad de entornos desafiantes.

Referencias

QinYuan He, HuaPeng Yu & YuChen Fang (2023). Deep Learning-Based Inertial Navigation Technology for Autonomous Underwater Vehicle Long-Distance Navigation—A Review. Gyroscopy and Navigation, 14, 267–275. https://doi.org/10.1134/S2075108723030070

Nahavandi, S., Alizadehsani, R., Nahavandi, D., Mohamed, S., Mohajer, N., Rokonuzzaman, M., & Hossain, I. (2022). A Comprehensive Review on Autonomous Navigation. https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.12808

Alfonso, J., & Sotelo, L. (2021). Deep Learning Teoría y Aplicaciones. Alpha.

Asgharpoor Golroudbari, A., & Sabour, M. H. (2023). Recent Advancements in Deep Learning Applications and Methods for Autonomous Navigation: A Comprehensive Review.

Maki, J.N., Gruel, D., McKinney, C., et al. (2020). The Mars 2020 Engineering Cameras and Microphone on the Perseverance Rover: A Next-Generation Imaging System for Mars Exploration. *Space Science Reviews*, 216, 137. https://doi.org/10.1007/s11214-020-00765-9

Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. Medicina Clínica, 135(11), 507-511. DOI: 10.1016/j.medcli.2010.01.015

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Rezwan, S., & Choi, W. (2022). Artificial Intelligence Approaches for UAV Navigation: Recent Advances and Future Challenges. IEEE Access, 10, 26320-26339. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3157626.

Mughal, M. H., Khokhar, M. J., & Shahzad, M. (2021). Assisting UAV Localization Via Deep Contextual Image Matching. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 14, 2445-2457. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2021.3054832.

Zhu, W., & Hayashibe, M. (2023). Autonomous Navigation System in Pedestrian Scenarios Using a Dreamer-Based Motion Planner. IEEE Robotics and Automation Letters, 8(6), 3838-3845. https://doi.org/10.1109/LRA.2023.3273514

Arshad, M. A., et al. (2022). Drone Navigation Using Region and Edge Exploitation-Based Deep CNN. IEEE Access, 10, 95441-95450. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3204876.

AlMahamid, F. &. (2024). A Modular Off-Policy Deep Reinforcement Learning Framework for Vision-Based Autonomous UAV Navigation in 3D Dynamic Environments. *Drones*, vol 8(173). .

Jo, H., & Kim, E. (2020). New Monte Carlo localization using deep initialization: A three-dimensional LiDAR and a camera fusion approach. IEEE Access, 8, 74485-74496. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988464

Kim, T., Lim, S., Shin, G., Sim, G., & Yun, D. (2022). An open-source low-cost mobile robot system with an RGB-D camera and efficient real-time navigation algorithm. *IEEE Access*, 10, 127871-127881. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3226784

Gao, H., Cheng, B., Wang, J., Li, K., Zhao, J., & Li, D. (2020). Gated Recurrent Fusion to Learn Driving Behavior from Temporal Multimodal Data. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 5(2), 4224-4231. https://doi.org/10.1109/LRA.2020.2975719

Bruno, D. R., Berri, R. A., Barbosa, F. M., & Osório, F. S. (2023). CARINA project: Visual perception systems applied for autonomous vehicles and advanced driver assistance systems (ADAS). *IEEE Access*, 11, 69720-69749. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3287491

Chronis, C., Anagnostopoulos, G., Politi, E., Dimitrakopoulos, G., & Varlamis, I. (2023). Dynamic navigation in unconstrained environments using reinforcement learning algorithms. *IEEE Access*, 11, 117984-118001. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3326435

Lee, H., & Park, S. (2024). Sensing-aware deep reinforcement learning with HCI-based human-in-the-loop feedback for autonomous nonlinear drone mobility control. IEEE Access, 12, 1727-1736. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3346917

Chen, L., Liu, Y., Dong, P., Liang, J., & Wang, A. (2023). An intelligent navigation control approach for autonomous unmanned vehicles via deep learning-enhanced visual SLAM framework. *IEEE Access*, 11, 119067-119077. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3326754

Mathur, P., Sharma, C., & Azeemuddin, S. (2024). Autonomous inspection of high-rise buildings for façade detection and 3D modeling using UAVs. *IEEE Access*, 12, 18251-18258. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3360209

Tan, J. (2023). A Method to Plan the Path of a Robot Utilizing Deep Reinforcement Learning and Multi-Sensory Information Fusion. Applied Artificial Intelligence, 37(1). https://doi.org/10.1080/08839514.2023.2224996

Singh, A., Kalaichelvi, V., Karthikeyan, R., & Darwish, A. H. (2022). A survey on vision guided robotic systems with intelligent control strategies for autonomous tasks. Cogent Engineering, 9(1). https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2050020

AlMahamid, F., & Grolinger, K. (2024). VizNav: A modular off-policy deep reinforcement learning framework for vision-based autonomous UAV navigation in 3D dynamic environments. Drones, 8(5), 173. https://doi.org/10.3390/drones8050173

Aghi, D., Mazzia, V., & Chiaberge, M. (2020). Local motion planner for autonomous navigation in vineyards with a RGB-D camera-based algorithm and deep learning synergy. Machines, 8(2), 27. https://doi.org/10.3390/machines8020027

Sadeghi Esfahlani, S., Sanaei, A., Ghorabian, M., & Shirvani, H. (2022). The deep convolutional neural network role in the autonomous navigation of mobile robots (SROBO). Remote Sensing, 14(14), 3324. https://doi.org/10.3390/rs14143324

Lee, A., Yong, S. P., Pedrycz, W., & Watada, J. (2024). Testing a vision-based autonomous drone navigation model in a forest environment. Algorithms, 17(4), 139. https://doi.org/10.3390/a17040139

Zhou, J., Geng, S., Qiu, Q., Shao, Y., & Zhang, M. (2022). A deep-learning extraction method for orchard visual navigation lines. Agriculture, 12(10), 1650. https://doi.org/10.3390/agriculture12101650

Yuan, X., Yuan, C., Tian, W., Liu, G., & Zhang, J. (2023). Path planning for ferry crossing inland waterways based on deep reinforcement learning. Journal of Marine Science and Engineering, 11(2), 337. https://doi.org/10.3390/jmse11020337

Ramezani Dooraki, A., & Lee, D.-J. (2022). A multi-objective reinforcement learning based controller for autonomous navigation in challenging environments. Machines, 10(7), 500. https://doi.org/10.3390/machines10070500

Gong, H., Wang, X., & Zhuang, W. (2024). Research on real-time detection of maize seedling navigation line based on improved YOLOv5s lightweighting technology. Agriculture, 14(1), 124. https://doi.org/10.3390/agriculture14010124

Bin Issa, R., Das, M., Rahman, M. S., Barua, M., Rhaman, M. K., Ripon, K. S. N., & Alam, M. G. R. (2021). Double deep Q-learning and Faster R-CNN-based autonomous vehicle navigation and obstacle avoidance in dynamic environment. Sensors, 21(4), 1468. https://doi.org/10.3390/s21041468

Ou, J., Guo, X., Lou, W., & Zhu, M. (2021). Quadrotor autonomous navigation in semi-known environments based on deep reinforcement learning. Remote Sensing, 13(21), 4330. https://doi.org/10.3390/rs13214330

Jeng, S.-L., & Chiang, C. (2023). End-to-end autonomous navigation based on deep reinforcement learning with a survival penalty function. Sensors, 23(20), 8651. https://doi.org/10.3390/s23208651

Xue, H., Hein, B., Bakr, M., Schildbach, G., Abel, B., & Rueckert, E. (2022). Using deep reinforcement learning with automatic curriculum learning for mapless navigation in intralogistics. Applied Sciences, 12(6), 3153. https://doi.org/10.3390/app12063153

Leordeanu, M., & Paraicu, I. (2021). Driven by vision: Learning navigation by visual localization and trajectory prediction. Sensors, 21(3), 852. https://doi.org/10.3390/s21030852

Lee, M.-F. R., & Yusuf, S. H. (2022). Mobile robot navigation using deep reinforcement learning. Processes, 10(12), 2748. https://doi.org/10.3390/pr10122748

Kalidas, A. P., Joshua, C. J., Md, A. Q., Basheer, S., Mohan, S., & Sakri, S. (2023). Deep reinforcement learning for vision-based navigation of UAVs in avoiding stationary and mobile obstacles. Drones, 7(4), 245. https://doi.org/10.3390/drones7040245

Doukhi, O., & Lee, D.-J. (2021). Deep reinforcement learning for end-to-end local motion planning of autonomous aerial robots in unknown outdoor environments: Real-time flight experiments. Sensors, 21(7), 2534. https://doi.org/10.3390/s21072534

Chang, C.-L., Chen, H.-W., & Ke, J.-Y. (2024). Robust guidance and selective spraying based on deep learning for an advanced four-wheeled farming robot. Agriculture, 14(1), 57. https://doi.org/10.3390/agriculture14010057

Zhao, Y., Xiao, P., Wang, J., et al. (2023). Semi-autonomous navigation based on local semantic map for mobile robot. Journal of Shanghai Jiaotong University (Science). https://doi.org/10.1007/s12204-023-2678-8

Wu, Y., Chen, N., Fan, G., et al. (2024). NAVS: A neural attention-based visual SLAM for autonomous navigation in unknown 3D environments. Neural Processing Letters, 56, 61. https://doi.org/10.1007/s11063-024-11502-6

Gayathri, R., Uma, V., & O'Brien, B. (2024). Waypoint reduction to improve autonomous navigation using deep neural networks and path planners. Sādhanā, 49, 137. https://doi.org/10.1007/s12046-024-02459-2

Zhou, Y., Wang, D., & Liu, L. (2024). Exploring unknown environments: motivated developmental learning for autonomous navigation of mobile robots. Intelligent Service Robotics, 17(197–219). https://doi.org/10.1007/s11370-023-00504-3

Zhou, B., Yi, J., Zhang, X. et al. An autonomous navigation approach for unmanned vehicle in off-road environment with self-supervised traversal cost prediction. Appl Intell 53, 20091–20109 (2023). https://doi.org/10.1007/s10489-023-04518-3

Saha, A., & Dhara, B. C. (2024). 3D LiDAR-based obstacle detection and tracking for autonomous navigation in dynamic environments. International Journal of Intelligent Robotics and Applications, 8(39–60). https://doi.org/10.1007/s41315-023-00302-1

Huang, Y., Shi, X., Zhou, Y., et al. (2023). Autonomous navigation of mobile robot in radiation environment with uneven terrain. International Journal of Intelligent Robotics and Applications, 7(497–509). https://doi.org/10.1007/s41315-022-00255-x

Machkour, Z., Ortiz-Arroyo, D., & Durdevic, P. (2023). Monocular based navigation system for autonomous ground robots using multiple deep learning models. International Journal of Computational Intelligence Systems, 16, 79. https://doi.org/10.1007/s44196-023-00250-5

Chen, D., Zhuang, M., Zhong, X., et al. (2023). RSPMP: Real-time semantic perception and motion planning for autonomous navigation of unmanned ground vehicle in off-road environments. Applied Intelligence, 53(4979–4995). https://doi.org/10.1007/s10489-022-03283-z

Jiang, F., Wang, Z., & Yue, G. (2024). A novel cognitively inspired deep learning approach to detect drivable areas for self-driving cars. Cognitive Computation, 16(517–533). https://doi.org/10.1007/s12559-023-10215-7

Ghafourian, A., et al. (2024). Hierarchical End-to-End Autonomous Navigation Through Few-Shot Waypoint Detection. IEEE Robotics and Automation Letters, 9(4), 3211-3218. https://doi.org/10.1109/LRA.2024.3365294

Eskandari, M., & Savkin, A. V. (2023). Deep-Reinforcement-Learning-Based Joint 3-D Navigation and Phase-Shift Control for Mobile Internet of Vehicles Assisted by RIS-Equipped UAVs. IEEE Internet of Things Journal, 10(20), 18054-18066. https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3277598

Prabhu, A., Liu, X., Spasojevic, I., Wu, Y., Shao, Y., Ong, D., Lei, J., Green, P. C., Chaudhari, P., & Kumar, V. (2024). UAVs for forestry: Metric-semantic mapping and diameter estimation with autonomous aerial robots. Mechanical Systems and Signal Processing, 208, 111050. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2023.111050.

Tang, Z., Cao, X., Zhou, Z., Zhang, Z., Xu, C., & Dou, J. (2024). Path planning of autonomous underwater vehicle in unknown environment based on improved deep reinforcement learning. Ocean Engineering, 301, 117547. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.117547.

Yang, L., Ye, J., Zhang, Y., Wang, L., & Qiu, C. (2024). A semantic SLAM-based method for navigation and landing of UAVs in indoor environments. Knowledge-Based Systems, 293, 111693. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2024.111693.

WANG, F., ZHU, X., ZHOU, Z., & TANG, Y. (2024). Deep-reinforcement-learning-based UAV autonomous navigation and collision avoidance in unknown environments. Chinese Journal of Aeronautics, 37(3), 237-257. https://doi.org/10.1016/j.cja.2023.09.033.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 16/05/2024
Aceitação/Acceptance: 18/07/2024

Aplicación de Realidad Aumentada para Optimizar la Usabilidad y Funcionalidad de Sistemas SCADA en la Industria

Paulina Ayala[1], José Cruz-Cando[1], Marcelo V. Garcia[1,2], Jessica N. Castillo[3], Edison P. Salazar[3], Jose E. Naranjo[3]

ep.ayala@uta.edu.ec; jcruz1341@uta.edu.ec; mv.garcia@uta.edu.ec; jessica.castillo@utc.edu.ec; edison.salazar@utc.edu.ec; jose.naranjo0463@utc.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Ambato, 180103, Ambato, Ecuador.

[2] University of Basque Country, UPV/EHU, 48013, Bilbao, Spain.

[3] Universidad Técnica de Cotopaxi, UTC-CIYA. 050102, Latacunga, Ecuador.

Pages: 387-400

Resumen: La Industria 4.0 ha transformado el sector industrial mediante tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), big data y la inteligencia artificial, mejorando la conectividad y eficiencia de los procesos. La realidad aumentada (RA) en sistemas SCADA introduce el concepto de "Gemelo Digital", integrando el mundo físico y digital para optimizar el control de procesos industriales. Esta integración facilita la toma de decisiones y la supervisión remota, reduciendo riesgos y mejorando la productividad.El estudio propone una herramienta de RA para la estación de distribución del Sistema de Producción Modular (MPS) de Festo, utilizando gafas Meta 2 para visualizar datos en tiempo real, lo que mejora la eficiencia operativa. La metodología incluye el diseño de arquitectura de comunicación y validación mediante evaluación de usabilidad y análisis estadístico. Los resultados muestran que la RA en sistemas SCADA mejora la monitorización y control de procesos, ofreciendo una experiencia de usuario intuitiva y efectiva.

Palabras-clave: Realidad Aumentada (AR); Supervisión Remota; Industria 4.0; Optimización de Procesos

Application of Augmented Reality to Optimize the Usability and Functionality of Industrial SCADA Systems

Abstract: The implementation of Industry 4.0 has revolutionized the industrial sector through technologies such as the Internet of Things (IoT), big data, and artificial intelligence, significantly enhancing connectivity and process efficiency. Augmented Reality (AR) in SCADA systems introduces the concept of a "Digital Twin," which integrates the physical and digital worlds to optimize industrial process control. This integration facilitates decision-making and remote supervision, reducing risks and improving productivity. The study proposes an AR tool for the distribution station of Festo's Modular Production System (MPS), using

Meta 2 glasses to visualize real-time data, thereby enhancing operational efficiency. The methodology involves designing a communication architecture and validating it through usability evaluation and statistical analysis. The results indicate that AR in SCADA systems improves process monitoring and control, providing an intuitive and effective user experience.

Keywords: Augmented Reality (AR); Remote Monitoring; Industry 4.0; Process Optimization

1. Introducción

El crecimiento de la industria durante las últimas décadas ha llevado al desarrollo de nuevas tecnologías destinadas a mejorar la monitorización y el control de procesos, con el objetivo final de aumentar la eficiencia, la seguridad y la productividad en la industria. El paso a la Industria 4.0, impulsado por tecnologías como el Internet de las cosas (IoT), el big data y la inteligencia artificial, ha marcado cambios significativos en el sector, impulsando la conectividad entre dispositivos para una retroalimentación eficiente en todo el proceso(Antonijević et al., 2018).

En este contexto, la investigación encaminada a transformar la industria existente hacia la Industria 4.0 ha dado lugar a proyectos dirigidos a diferentes áreas como la educación y la formación del personal operativo (Wang et al., 2022). Estos esfuerzos se centran en desarrollar e implementar herramientas tecnológicas avanzadas que permitan la interacción con entornos de realidad aumentada (RA) para brindar una capacitación eficaz sin exponer a los trabajadores a riesgos físicos inherentes a los entornos industriales, especialmente los entornos peligrosos.

Las fábricas inteligentes se basan en sistemas ciberfísicos (CPS) que se comunican a través de una red con varias partes de una planta industrial, incluidas máquinas, sensores, actuadores, módulos de software y personal para mejorar la productividad mediante un control eficaz (Carrera-Monterde et al., 2021). Sin embargo, monitorear los procesos industriales tradicionales conlleva desafíos como alertas perdidas debido a información redundante en los sistemas SCADA, interacción limitada con los procesos en la ubicación física e incompatibilidad del software con hardware de diferentes proveedores, lo que aumenta la complejidad y el costo de implementación (Byvaltsev, 2020).

Para abordar estos desafíos, la Industria 4.0 y el Internet de las Cosas representan avances significativos en la recopilación de datos, compatibilidad y la interacción con hardware, facilitando la conectividad entre máquinas, equipos e información (GIMENO et al., 2019). A su vez, el uso de la realidad aumentada en los sistemas SCADA introduce el concepto de “Gemelo Digital”, permitiendo la integración del mundo físico con el mundo digital (Opoku et al., 2021). Dicha integración permite llevar información de sistemas físicos a sistemas virtuales para su análisis y modelado, ayudando a mejorar el seguimiento y optimización de los procesos industriales (Pires et al., 2019).

Integrar modelos 3D con interactividad a través de sistemas SCADA en realidad aumentada es un importante paso adelante para mejorar la disponibilidad, el control y la optimización de los procesos industriales. Esta conectividad proporciona un acceso más eficiente a la información en el campo y facilita el procesamiento analítico de datos,

permitiendo así predicciones más precisas del comportamiento futuro de los sistemas en el mundo real (De Prada et al., 2022; Varas Chiquito et al., 2020). Este enfoque integrado proporciona una base sólida para mejorar la toma de decisiones y el rendimiento en entornos industriales complejos.

Dichos avances no consisten sólo en introducir nuevas tecnologías, sino también en cambiar las percepciones y los procesos de trabajo tanto en los trabajadores como en las empresas. Es importante reconocer la importancia de capacitar y formar a los empleados en el uso de estas herramientas para garantizar una transición exitosa al nuevo modelo industrial. En este sentido, aspectos importantes a considerar son la investigación y el desarrollo de métodos de formación adaptados a las necesidades específicas de la Industria actual.

Esta investigación ha desarrollado la herramienta de realidad virtual que se tiene como objetivo integrar de manera efectiva el espacio físico de una planta industrial con información y controles virtuales. De esta manera, se brinda a los usuarios una experiencia totalmente inmersiva dentro de un entorno de realidad aumentada. Esta herramienta está diseñada para complementar y mejorar las capacidades de la planta industrial, sin necesidad de que los operarios realicen manipulaciones físicas. Esto a su vez contribuye a reducir los riesgos inherentes a las operaciones industriales y facilita la supervisión y el control remoto de dichas operaciones. La creación de esta herramienta representa un avance importante en la modernización de los procesos industriales, ya que permite una interacción más intuitiva y segura con el entorno de trabajo. Además, al integrar elementos de realidad aumentada, se fomenta la adopción de tecnologías emergentes en el sector industrial.

2. Antecedentes

La integración de tecnologías digitales emergentes está transformando rápidamente la forma en que se desarrollan y operan los sistemas de control en diversas industrias. En particular, la combinación de Gemelos Digitales (Digital Twins, DT) y Realidad Extendida (XR) está ganando atención como una estrategia para mejorar los sistemas de control y adquisición de datos. Al explorar posibles aplicaciones de los Gemelos Digitales en la Realidad Extendida para sistemas de control, encontramos lo siguiente:

En varios estudios se analiza el potencial de los gemelos digitales (DT) en el contexto de la realidad extendida (XR) para sistemas de control cuyo objetivo es explorar cómo estas tecnologías pueden aplicarse en entornos industriales, comenzando con aplicaciones de capacitación y expandiéndose hacia el control y la supervisión de datos en tiempo real. En una primera investigación se realiza una revisión exhaustiva de la literatura para establecer el marco teórico y la motivación detrás del uso de XR y DT en la industria. Luego, se presenta un estudio piloto donde se utiliza un modelo de laboratorio en tiempo real de un sistema de múltiples tanques como caso de estudio. Ademas, se desarrolla un gemelo digital con todas las interacciones necesarias y se conecta a la planta real para realizar experimentos en tiempo real de hardware en bucle (HIL) (Jagatheesaperumal & Rahouti, 2022).

Otros estudios se enfocan más en la implementación inicial de aplicaciones de capacitación en realidad extendida (XR) y gemelo digital (DT). La intención es expandir

hacia aplicaciones de control y adquisición de datos supervisora (SCADA). Aunque hay similitudes con el primer artículo en términos de metodología y objetivos generales, el enfoque principal aquí es establecer las bases para futuras aplicaciones industriales. Esto se logra mediante el desarrollo y la evaluación de un gemelo digital en un entorno de laboratorio controlado. Ambos artículos comparten una visión sobre el potencial de los DT en XR para sistemas de control industrial. Sin embargo, difieren en sus enfoques específicos. Uno destaca la viabilidad técnica a través de experimentos en tiempo real, mientras que el otro se centra en la preparación inicial para aplicaciones industriales más amplias a través de la capacitación en XR (Jeršov & Tepljakov, 2020).

La Realidad Virtual (RV) se ha estudiado como una herramienta educativa donde varios estudios científicos han analizado cómo la RV puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes (Flotyński et al., 2023). Se ha estudiado cómo el uso de gafas de RV y entornos virtuales personalizados puede ayudar a los alumnos a comprender mejores conceptos complejos. Los resultados mostraron una mejora significativa en la retención de conocimientos. Además, se analizado cómo la RV puede adaptarse al nivel de conocimiento de cada estudiante. Al utilizar sistemas de seguimiento ocular y simulaciones interactivas, los investigadores encontraron que los alumnos mostraban mayor retención de información y estaban más motivados. Con el uso se sistemas de seguimiento ocular y las simulaciones interactivas que ayudan a los estudiantes a recordar información y sentirse motivados. Los estudios demuestran que la RV puede mejorar las experiencias de aprendizaje. Ofrece herramientas que funcionan junto con los métodos habituales. A la hora de elegir la tecnología y los enfoques, hay que tener en cuenta los objetivos educativos y las necesidades de los alumnos.

En el contexto de estos avances, es importante destacar los sistemas de virtualización de procesos y fábricas industriales mediante el diseño en tercera dimensión, donde la virtualización de una industria implica la creación de una réplica de una instalación física en 3D y su inmersión en realidad virtual a través de tecnologías como Oculus Rift 2 (Navarro & Vallejo, 2020). Estos sistemas de monitoreo no solo permiten la familiarización con equipos y máquinas industriales, sino que también se utilizan para la capacitación en seguridad, donde la Realidad Aumentada (RA) se considera una tecnología de apoyo a operarios e ingenieros en el lugar de trabajo, facilitando la inspección y detección de errores mediante la superposición de objetos 3D.

Por otro lado, las aplicaciones de RA con sistemas SCADA permiten la creación de paneles virtuales asociados con la toma de señales para controlar y monitorear en el lugar de la planta (Kranzer et al., 2017). Estas herramientas guardan relación con los prototipos de sistemas SCADA aplicados a entornos de realidad aumentada, que utilizan un sistema multilenguaje para obtener eventos disparados con el propósito de diagnosticar el estado de los equipos de la planta y brindar asistencia al supervisor en la toma de decisiones (Priyanga et al., 2019).

Asimismo, los sistemas de monitoreo que integran dispositivos móviles, como Tablet y HoloLens con tecnología IoT, permiten el monitoreo en el lugar de la maquinaria y la recopilación de datos históricos para predecir mantenimientos o comportamientos de las variables monitoreadas Estas tecnologías se enmarcan dentro de las antologías informáticas de la Industria 4.0, que establecen tecnologías contemporáneas de

automatización como el intercambio de datos, las fábricas virtuales y el IoT en aplicaciones industriales (Rosales et al., 2021; Soete et al., 2015).

3. Caso de Estudio

La integración de la tecnología de realidad aumentada (RA) en entornos de formación y producción industrial ha despertado un interés significativo debido a su potencial para mejorar la eficiencia operativa, la seguridad y la transferencia de conocimientos. Este estudio propone el desarrollo de un sistema de RA específicamente diseñado para la estación de distribución del Sistema de Producción Modular (MPS) de Festo, una línea de producción modular y flexible ampliamente utilizada con fines educativos y de formación en el ámbito de la automatización industrial.

El sistema de RA propuesto aprovecha las capacidades de las gafas Meta 2, un dispositivo portátil de última generación que integra perfectamente el contenido digital con el mundo físico. Al establecer un enlace de comunicación entre la aplicación de RA y el Controlador Lógico Programable (PLC) Siemens S7-1200 que gobierna la estación MPS, se puede visualizar información de datos y procesos en tiempo real directamente en el campo de visión del usuario. Este enfoque inmersivo fomenta una comprensión más profunda de los procesos de producción y facilita una toma de decisiones más informada. Ver Figura. 1.

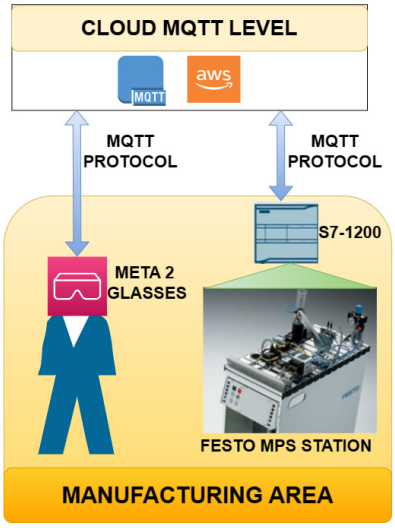


Figura 1 – Caso de estudio

Un aspecto clave del sistema de RA es su capacidad de control interactivo, que permite a los usuarios manipular paneles de control virtuales, interruptores e interfaces utilizando gestos manuales intuitivos o comandos de voz. Estos controles virtuales están mapeados a las entradas y salidas correspondientes del PLC, lo que permite la monitorización y el control remoto de los procesos de la estación MPS. La integración del protocolo MQTT,

un estándar de mensajería ligero ampliamente adoptado en los dominios de Internet de las Cosas (IoT) y automatización industrial, asegura un intercambio de datos eficiente y en tiempo real entre la aplicación de RA, el PLC y otros dispositivos conectados.

4. Metodologia

En la Fase 1 se definió los requisitos y las herramientas fundamentales para el desarrollo del sistema SCADA en Realidad Aumentada (RA). Primero se identificó los requisitos de usuario (RU) que aseguraron una experiencia de usuario óptima y una fácil interpretación de los datos de la planta industrial automatizada. Estos requisitos incluyen la navegación intuitiva del menú, la visualización clara de la información relevante, y el acceso garantizado al sistema SCADA desde la interfaz en RA. Además, se estableció los requisitos funcionales (RF) que permitieron la lectura y el control eficientes de las variables del sistema, tales como la capacidad de lectura de variables de tipo bool y word, así como la escritura de variables en el PLC para su operatividad.

Simultáneamente, en esta fase, se determinó la herramienta de la Tecnología Operativa de la Información (OIT) más adecuada, optando por el protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). Esta elección se basó en su amplio desarrollo en código abierto en lenguajes como C++ y C#, lo que nos proporcionó una integración eficiente con las plataformas de desarrollo de la interfaz RA,como Unity3D. Además, Unity3D ofrece la flexibilidad necesaria para implementar scripts en los lenguajes mencionados mediante plataformas IDE como Visual Studio, lo que facilita el desarrollo de la interfaz y la conexión con el sistema SCADA en RA. En la segunda fase se diseñó la arquitectura de comunicación que permitió establecer una conexión eficiente entre los distintos componentes del sistema, incluyendo el PLC, el PC y el Broker, implementando un enfoque basado en el lenguaje de programación C# utilizando el editor de código Visual Studio. Ver Figura 2.

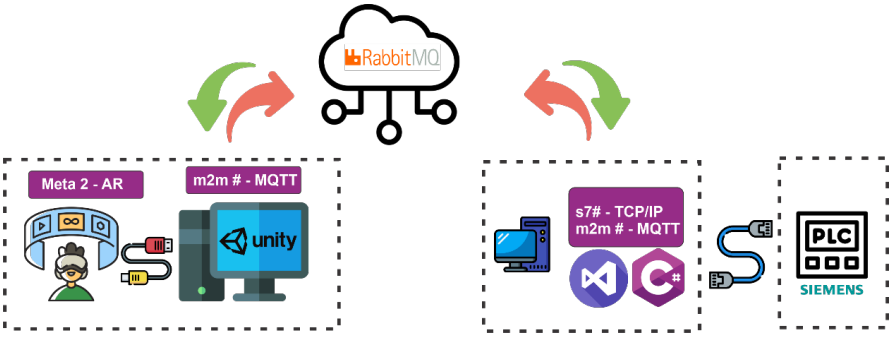


Figura 2 – Arquitectura de comunicación

Para la comunicación con el PLC, se empleó la librería S7netplus, encargada de manera efectiva tanto de la lectura como la escritura de datos en el PLC. Para la comunicación con el Broker, se utilizó la librería M2MqttDotnetCore, la cual facilitó la publicación y suscripción a los diferentes temas (tópicos) necesarios para la transmisión de datos

(Ver Figura 3.b). En la clase Form1, principal componente del programa, se integró estas dos librerías principales (s7.net y M2MqttDotnetCore). Mediante el código de programación, se estableció las direcciones de las variables que serán monitoreadas y controladas, y luego se utilizó la librería M2Mqtt para crear los tópicos y enviar la información correspondiente hacia el servidor Rabbit MQ. Esta etapa inicial se centra en la captura de datos y su envío hacia la nube para su posterior procesamiento y análisis.

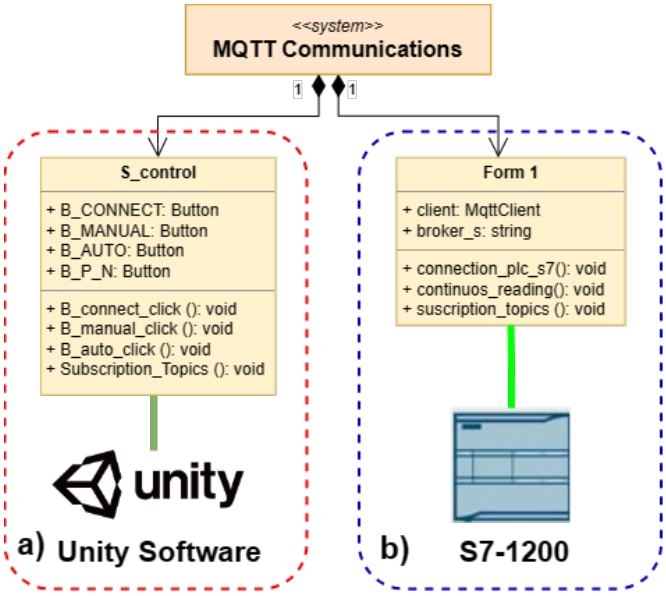


Figura 3 – Diagrama de clases UML de comunicación a) Software Unity a broker MQTT, b) PLC a broker MQTT

Además, en esta fase, se desarrolló un programa para establecer el control y la comunicación entre un Broker y un suscriptor de software Unity. En la Figura 3.a, se pueden observar varios elementos, como botones y cadenas, que formaban parte del script para gestionar conexiones, autenticaciones y recepción de mensajes en un sistema de comunicación basado en MQTT. Los botones etiquetados como "B_CONNECT," "B_MANUAL," "B_AUTO," y "B_P_N" están vinculados a funciones específicas que permiten al suscriptor interactuar con el sistema y recibir información a través de los temas suscritos. Además, variables como "client," "code," "broker_s," "port_s," "pass_s," y "user_s" están relacionadas con la configuración y autenticación del suscriptor.

La manipulación de objetos 3D se llevó a cabo utilizando clases predefinidas del SDK diseñadas específicamente para interactuar con objetos tridimensionales. Estas clases son esenciales para aplicaciones de realidad aumentada (AR), ya que permiten a los usuarios interactuar intuitivamente con objetos virtuales en el entorno tridimensional. En la manipulación de objetos 3D, se utilizaron las siguientes clases: La clase "Two Hand Grab Scale," que permite escalar el objeto 3D asignado mediante la interacción de dos puntos reconocidos por las manos del usuario. Mientras tanto, la clase "Two Hand Grab Rotate" rota el objeto 3D asignado mediante la interacción de dos puntos reconocidos

por las manos del usuario. Estas relaciones, al formar parte del menú de navegación, tienen una relación de agregación. Esto significa que una clase es parte de otra debido al acceso que la clase principal proporciona a las otras clases. Estas relaciones se ilustran en la Figura 4.

La manipulación de objetos en 3D se llevó a cabo mediante el uso de clases predefinidas del SDK diseñadas específicamente para interactuar con objetos tridimensionales. Estas clases son fundamentales para la aplicación de realidad aumentada (RA), ya que permiten al usuario interactuar de manera intuitiva con los objetos virtuales en el entorno tridimensional. En la manipulación de objetos en 3D, se utilizaron: La clase “Two Hand Grab Scale” que permite escalar el objeto 3D asignado mediante la interacción de dos puntos reconocidos por las manos del usuario. Mientras tanto, la clase “Two Hand Grab Rotate” rota el objeto 3D asignado mediante la interacción de dos puntos reconocidos por las manos del usuario. Al formar parte del menú de navegación estas relaciones, tienen una relación de agregación. Esto significa que una clase es parte de otra debido al acceso que la clase principal proporciona a las demás clases. Estas relaciones se ilustran en la Figura 4.

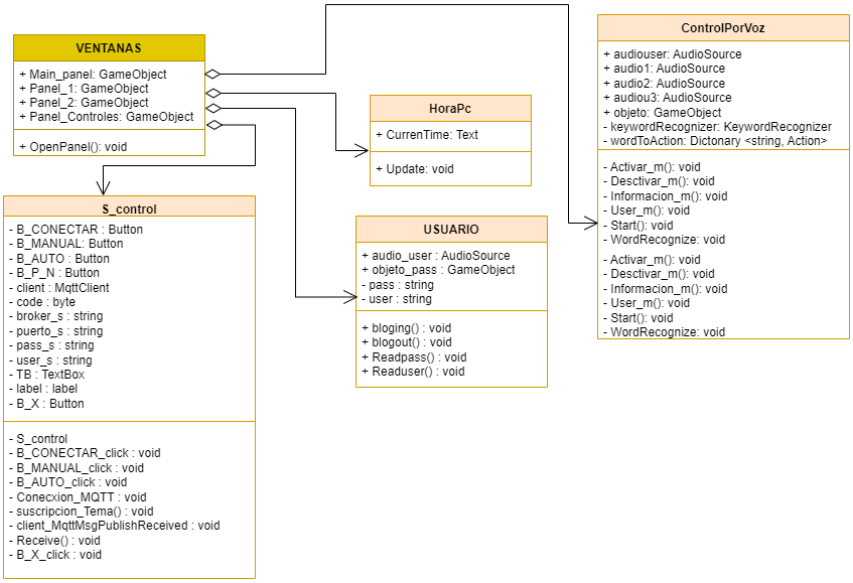


Figura 4 – Diagrama UML - relaciones

El sistema comienza con una pantalla de acceso, que permite la calibración de las gafas de realidad aumentada (RA) que se están utilizando. Una vez calibradas las gafas, se debe ingresar un nombre de usuario y una contraseña para obtener acceso completo al sistema de manipulación de la estación industrial. Al ingresar correctamente el nombre de usuario y la contraseña, se le concede al usuario acceso a la pantalla de comunicación MQTT, que muestra estadísticas de comunicación (ver Figura. 5).

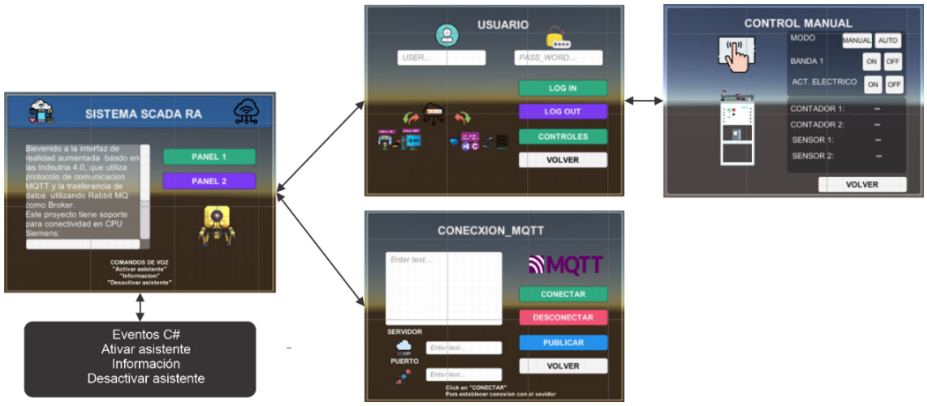


Figura 5 – Diagrama de integración de interfaz

La pantalla de comunicación MQTT proporciona una visualización en tiempo real del intercambio de datos entre el sistema de RA, los controladores industriales (PLC) y otros dispositivos conectados. Esta pantalla permite a los operadores monitorear la salud y el rendimiento de la red de comunicación, asegurando una integración y flujo de datos sin problemas entre los componentes virtuales y físicos del sistema.

La siguiente pantalla es para la operación remota del equipo industrial, similar a una interfaz hombre-máquina que permite una operación precisa sin retrasos, gracias al protocolo MQTT utilizado. A través de esta interfaz, los operadores pueden interactuar con paneles de control virtuales, interruptores y botones directamente dentro del entorno de RA utilizando gestos de mano o controladores. Esta función permite el control y ajuste remoto de maquinaria, válvulas y otros equipos industriales, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo la necesidad de presencia física en áreas potencialmente peligrosas.

Este sistema también ofrece la opción de utilizar un simulador con fines de formación, permitiendo a los usuarios familiarizarse con la operación del proceso industrial en un entorno seguro y controlado. El simulador proporciona una representación virtual realista de la planta industrial, permitiendo a los aprendices practicar diversos escenarios, resolver problemas y adquirir experiencia práctica sin arriesgar interrupciones en las operaciones reales.

Al incorporar nuevas tecnologías como la realidad aumentada, el Internet de las Cosas (IoT) y los gemelos digitales, este sistema facilita la operación de los sistemas SCADA ampliamente utilizados en entornos industriales. Proporciona un medio más intuitivo, seguro y colaborativo de interactuar con procesos industriales complejos, lo que en última instancia conduce a una mejora en la productividad, eficiencia y seguridad en las operaciones industriales.

La consistencia en el diseño de la navegación es crucial. Permite a los operadores navegar sin problemas entre las diferentes secciones de la aplicación, minimizando la curva de aprendizaje y reduciendo la probabilidad de errores. Además, esta coherencia asegura que los usuarios puedan realizar tareas complejas de manera precisa y eficiente.

La aplicación puede integrarse perfectamente con los sistemas existentes y adaptarse a las necesidades industriales cambiantes. Las actualizaciones regulares y el soporte técnico aseguran un rendimiento óptimo y una adaptabilidad continua a los desafíos emergentes.

5. Discuciòn de Resultados

5.1. Validación del Sistema SCADA en Realidad Aumentada (RA)

En la fase de validación del sistema SCADA implementado en un entorno de Realidad Aumentada (RA), se empleó un enfoque de investigación centrado en la usabilidad del sistema. Este método implica la recopilación de datos de un grupo de usuarios que comparten el propósito principal del software. Se definen términos como la usabilidad, entendida como la facilidad de uso de un sistema informático o software, y la evaluación de usabilidad, que consiste en verificar si una aplicación cumple con los estándares de usabilidad establecidos.

Para esta metodología, se establecen objetivos claros de la aplicación, como la implementación de indicadores de variables en RA para facilitar el monitoreo del usuario, la capacidad de posicionar los indicadores libremente para mejorar la visualización de datos y la adquisición de datos en tiempo real para un control óptimo de la estación industrial. Los usuarios de la aplicación incluyen operarios de control, estudiantes y docentes con interés en la automatización industrial y la aplicación de tecnologías como IoT y RA en el monitoreo de plantas industriales. Se establecen roles y responsabilidades para los usuarios, como revisar el estado de la planta industrial, interactuar con dispositivos y controlar el proceso industrial de forma remota. Ver Figura 6.

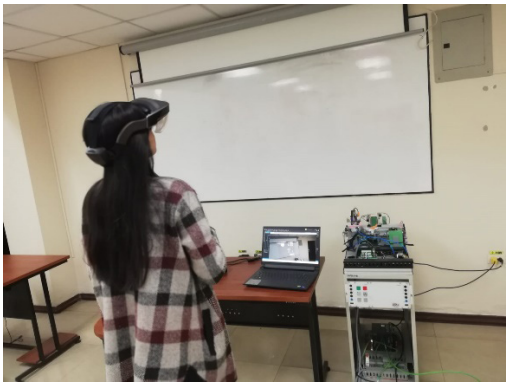


Figura 6 – Validación del sistema

Se eligen tareas específicas y representativas del control industrial para evaluar la usabilidad, tales como establecer la conexión de la planta industrial con la nube, visualizar el estado de las variables y controlar los actuadores de la planta. Los criterios de evaluación sirven como métrica para determinar si la aplicación cumple con los

objetivos propuestos para el usuario. Estos criterios están directamente relacionados con los objetivos de la aplicación y se fundamentan en la facilidad de uso, el logro de los objetivos de la aplicación y las tareas que validan la usabilidad de la misma.

Una vez establecidos los parámetros previos de usabilidad, se integran aquellos criterios de valoración mediante un cuestionario aplicado al tamaño de muestra para el análisis de la validación del funcionamiento de la aplicación. La encuesta se realizo después de que el usuario ha interactuado con la aplicación y completado las tareas previamente establecidas. Para el análisis de los resultados, se emplea una estadística no paramétrica debido a las características cualitativas de la encuesta. Se realiza una correlación entre variables ordinales utilizando el coeficiente de correlación de Spearman mediante el software IBM SPSS.

5.2. Resultados.

Se llevó a cabo un análisis no paramétrico de las variables cuantitativas relacionadas con la funcionalidad y el desempeño de la aplicación. Para evaluar la usabilidad de la aplicación, se planteó la hipótesis nula de que el sistema SCADA en RA no cumple con los parámetros de usabilidad, frente a la hipótesis alternativa de que sí los cumple. Se aplicó una encuesta con 8 preguntas, cuyas respuestas se agruparon para determinar la funcionalidad y el desempeño de la aplicación. Antes de la encuesta, se realizó una prueba piloto para evaluar la confiabilidad del instrumento, utilizando el coeficiente de Alfa de Cronbach, el cual arrojó un valor aceptable de 0.719 para un total de 8 elementos. Los datos recopilados no mostraron una distribución normal, como se evidencia en la Figura 7

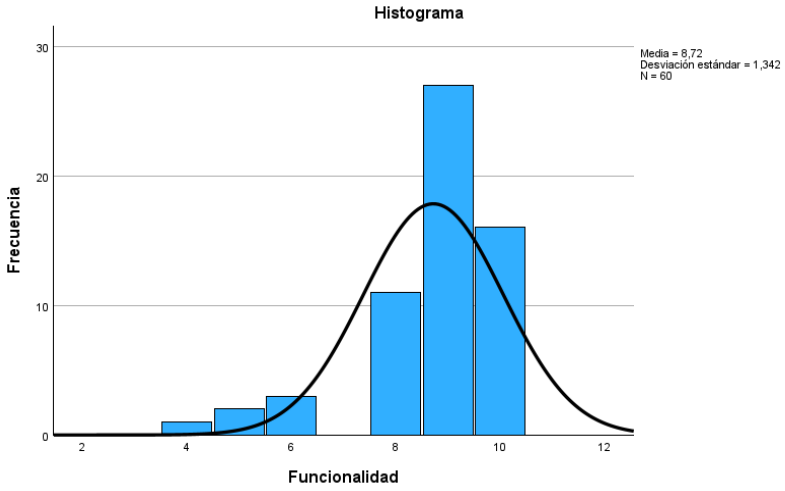


Figura 7 – Prueba de normalidad variable 1

Posteriormente, se analizaron las correlaciones entre las variables de funcionalidad y desempeño utilizando el software IBM SPSS. Los resultados, muestran una correlación

positiva moderada (Rho de Spearman = 0.26) entre ambas variables, con un valor de significancia estadística (Sig. bilateral p) de 0.048, menor al nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, demostrando que la aplicación cumple con los parámetros de usabilidad.

Los gráficos de barras presentados en la Figura 8 muestran los resultados detallados de las variables de funcionalidad donde se observa que 54 participantes estuvieron de acuerdo con la funcionalidad de la aplicación, destacando su facilidad de uso y navegación, así como la utilidad del asistente de voz. Sin embargo, 6 participantes expresaron desacuerdo debido a problemas externos a la aplicación, como la calibración de las gafas META 2.

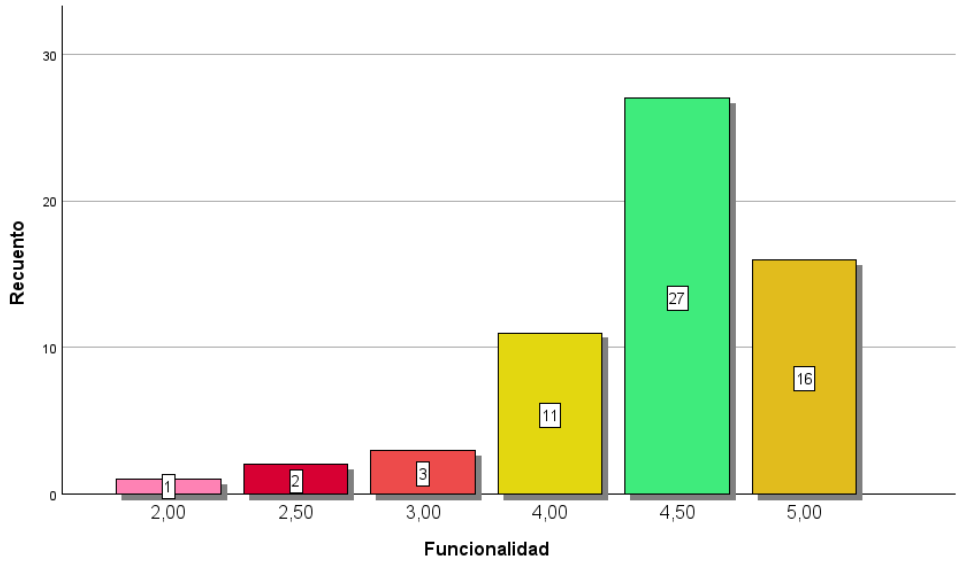


Figura 8 – Variable de funcionalidad

6. Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación respaldan la viabilidad y el potencial de integrar tecnologías de Realidad Aumentada (RA) en los sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) utilizados en entornos industriales. La exitosa aplicación del sistema SCADA en RA presenta nuevas oportunidades para mejorar la monitorización y el control de procesos industriales, ofreciendo una experiencia de usuario más inmersiva y facilitando la interacción con los datos y la maquinaria.

La usabilidad y funcionalidad del sistema SCADA en RA han sido validadas mediante un proceso riguroso de evaluación, que incluyó encuestas y análisis estadísticos. Los resultados confirman que la aplicación cumple con los parámetros de usabilidad establecidos, proporcionando una interfaz intuitiva y efectiva para los usuarios, así como un desempeño satisfactorio en el control y monitoreo de variables industriales.

La implementación del sistema SCADA en RA ha demostrado tener un impacto positivo en la eficiencia operativa de las plantas industriales. Los usuarios, que incluyen operarios de control, estudiantes y docentes, han destacado la facilidad de uso y la utilidad de la aplicación para el monitoreo y control de procesos industriales en tiempo real. Esta mejora en la eficiencia operativa se traduce en un mejor rendimiento y una mayor seguridad en las operaciones industriales.

Este estudio identifica áreas de mejora y posibles direcciones para futuras investigaciones en el campo de la integración de RA en sistemas SCADA. Se sugiere explorar opciones para ampliar la capacidad de monitoreo y control de variables, así como investigar soluciones para mitigar desafíos técnicos, como la calibración de dispositivos de RA. Además, se recomienda evaluar la viabilidad de implementar el sistema SCADA en RA en diferentes sectores industriales y analizar su impacto en términos de eficiencia, seguridad y rentabilidad.

Agradecimientos: *Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato (UTA) y a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) por su apoyo en la realización del proyecto PFISEI32. Además, los autores desean expresar su gratitud a la red de investigación INTELIA, apoyada por REDU, por su valiosa ayuda a lo largo de este trabajo.*

Referencias

Antonijević, M., Sučić, S., & Keserica, H. (2018). Augmented Reality Applications for Substation Management by Utilizing Standards-Compliant SCADA Communication. *Energies*, *11*(3), 599. https://doi.org/10.3390/en11030599

Byvaltsev, S. V. (2020). Augmented reality for SCADA. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *862*(5), 052022. https://doi.org/10.1088/1757-899x/862/5/052022

De Prada, C., Galán-Casado, S., Pitarch, J. L., Sarabia, D., Galán, A., & Gutiérrez, G. (2022). Gemelos Digitales en la Industria de Procesos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, *19*(3), 285-296. https://doi.org/10.4995/riai.2022.16901

Flotyński, J., Sobociński, P., Śliwicki, M., & Maik, M. (2023, septiembre). Future and Backward Exploration of XR Environments. *Proceedings of the 18th Conference on Computer Science and Intelligence Systems*. https://doi.org/10.15439/2023f2375

GIMENO, J., CASAS, S., PORTALES, C., & FERNANDEZ, M. (2019). Un Nuevo Sistema De Realidad Aumentada Para La Supervisión In Situ De Maquinaria Con Sistema Scada. *Dyna Ingenieria E Industria*, *94*(1), 155-160. https://doi.org/10.6036/8738

Jagatheesaperumal, S. K., & Rahouti, M. (2022). Building Digital Twins of Cyber Physical Systems With Metaverse for Industry 5.0 and Beyond. *IT Professional*, *24*(6), 34-40. https://doi.org/10.1109/MITP.2022.3225064

Jeršov, S., & Tepljakov, A. (2020). Digital Twins in Extended Reality for Control System Applications. *2020 43rd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*, 274-279. https://doi.org/10.1109/TSP49548.2020.9163557

Kranzer, S., Prill, D., Aghajanpour, D., Merz, R., Strasser, R., Mayr, R., Zoerrer, H., Plasch, M., & Steringer, R. (2017, marzo). An intelligent maintenance planning framework prototype for production systems. *2017 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*. https://doi.org/10.1109/icit.2017.7915520

Navarro, J., & Vallejo, L. (2020). *Realidad Virtual bajo una visión modular de Industria 4.0*.

Opoku, D.-G. J., Perera, S., Osei-Kyei, R., & Rashidi, M. (2021). Digital twin application in the construction industry: A literature review. *Journal of Building Engineering*, *40*, 102726. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102726

Pires, F., Cachada, A., Barbosa, J., Moreira, A. P., & Leitao, P. (2019, julio). Digital Twin in Industry 4.0: Technologies, Applications and Challenges. *2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*. https://doi.org/10.1109/indin41052.2019.8972134

Priyanga, S., Gauthama Raman, M. R., Jagtap, S. S., Aswin, N., Kirthivasan, K., & Shankar Sriram, V. S. (2019). An Improved Rough Set Theory based Feature Selection Approach for Intrusion Detection in SCADA Systems. *Journal of Intelligent &; Fuzzy Systems*, *36*(5), 3993-4003. https://doi.org/10.3233/jifs-169960

Rosales, J., Deshpande, S., & Anand, S. (2021). IIoT based Augmented Reality for Factory Data Collection and Visualization. *Procedia Manufacturing*, *53*, 618-627. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.06.062

Soete, N., Claeys, A., Hoedt, S., Mahy, B., & Cottyn, J. (2015). Towards Mixed Reality in SCADA Applications. *IFAC-PapersOnLine*, *48*(3), 2417-2422. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.450

Varas Chiquito, M., García Plua, J. C., Bustamante Chong, M. E., & Bustamante Chong, C. (2020). Gemelos digitales y su evolución en la industria. *RECIMUNDO*, *4*(4), 300-308. https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).noviembre.2020.300-308

Wang, P., Li, Z., Wang, X., Wang, G., Li, M., & Yao, S. (2022, septiembre). Assisting Production Decision Technology in Gas Storage Operation Based on Digital Twin Technologies. *Day 3 Wed, October 05, 2022*. https://doi.org/10.2118/210056-ms

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 12/05/2024
Aceitação/Acceptance: 23/07/2024

Arquitectura RAMI 4.0 para Robots Colaborativos en Entornos Industriales

Suárez Cadena Paúl Sebastián[1], Paulina Ayala[1], Marcelo V. Garcia[1,2], Luigi O. Freire[3], Jose E. Naranjo[3]

psuarez4164@ute.edu.ec; ep.ayala@uta.edu.ec; mv.garcia@uta.edu.ec; luigi.freire@utc.edu.ec; jose.naranjo0463@utc.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Ambato, 180103, Ambato, Ecuador.

[2] University of Basque Country, UPV/EHU, 48013, Bilbao, Spain.

[3] Universidad Técnica de Cotopaxi, UTC-CIYA. 050102, Latacunga, Ecuador.

Pages: 401-416

Resumen: Este artículo propone desarrollar una arquitectura basada en RAMI 4.0, proporcionando un modelo que permita la transformación de una arquitectura lógica del sistema en su implementación práctica. La Industria 4.0 ha promovido el avance de sistemas tecnológicos en el sector industrial, para lo cual el Modelo de Arquitectura de Referencia Industrie 4.0 (RAMI 4.0) surge como una guía fundamental en el desarrollo de arquitecturas industriales. No obstante, su implementación enfrenta desafíos debido a la falta de formalización. Mediante la aplicación de un caso de estudio, se busca demostrar la integración y gestión más eficiente de los componentes industriales en un entorno automatizado siguiendo las directrices propuestas por RAMI 4.0.

Palabras-clave: Industria 4.0, RAMI 4.0, cobots, visión artificial, máquina de estados.

RAMI 4.0 Architecture for Collaborative Robots in Industrial Environments

Abstract: This article proposes developing an architecture based on RAMI 4.0, providing a model that enables the transformation of a system's logical architecture into its practical implementation. Industry 4.0 has driven the advancement of technological systems in the industrial sector, for which the Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0) emerges as a fundamental guide in developing industrial architectures. However, its implementation faces challenges due to a lack of formalization. By applying a case study, the aim is to demonstrate the more efficient integration and management of industrial components in an automated environment, adhering to the guidelines proposed by RAMI 4.0.

Keywords: Industry 4.0, RAMI 4.0, cobots, artificial vision, state machine.

1. Introducción

En la última década, con el inicio de la cuarta revolución las industrias han cambiado significativamente su forma de producir, esto se debe a que la Industria 4.0 busca incorporar la digitalización de los procesos y la convergencia de sistemas y tecnologías(Munoz et al., n.d.). Esta se sustenta en tres pilares esenciales: personas, procesos y tecnologías. La implementación de nuevas tecnologías tiene el potencial de intensificar la conectividad a lo largo de las cadenas de valor de la manufactura, generando mejoras en la calidad y una reducción de costos. Específicamente, el Internet de las Cosas Industrial (IIoT) ofrece beneficios notables, tales como la optimización de procesos y productos, un incremento en la productividad, la minimización de desechos y fallos, así como la auto optimización de líneas de producción(Salimbeni, 2022).

La incorporación de diversas tecnologías y sistemas en la producción industrial puede presentar desafíos, como la falta de interoperabilidad entre tecnologías diversas y la complejidad asociada a la administración de procesos y sistemas. En consecuencia, resulta crucial desarrollar procedimientos que faciliten la integración y administración efectiva de los procesos y sistemas en el entorno de la producción industrial(Palma-Tafur et al., 2022). Ante esta problemática emerge RAMI 4.0, el cual es un marco que define la base para el desarrollo de productos y modelos comerciales futuros dentro del contexto de la Industria 4.0. misma que funciona como un modelo tridimensional que proporciona un enfoque estructurado para la implementación de la Industria 4.0. Su principal objetivo es establecer un lenguaje común para todos los actores involucrados en la Industria 4.0. Este enfoque busca facilitar la identificación de estándares característicos para este tipo de industrias(Shcweichhart, n.d.).

En el marco de la I4.0. Los robots colaborativos o también llamados "cobots" son sistemas diseñados para operar en entornos compartidos con humanos mientras mantienen una interacción segura y eficiente(Moctezuma et al., 2018). Estos robots incorporan sensores avanzados, controladores programables y actuadores precisos con la finalidad de ejecutar tareas específicas. Son un ejemplo de sistemas mecatrónicos avanzados, combinando mecánica, electrónica, control y software para asegurar esta interacción segura en los entornos de trabajo compartido aportando seguridad, eficacia y eficiencia en distintas tareas(Salimbeni, 2022; Tabuenca Alcusón, 2017). Los robots desempeñan un papel fundamental en abordar de manera significativa los desafíos mencionados anteriormente. Es crucial realizar una distinción entre los Robots Colaborativos (Cobots) y los Robots Industriales. La distinción fundamental radica en que los Cobots colaboran con los humanos y comparten el mismo entorno de trabajo, mientras que los sistemas robóticos son colaborativos y cooperativos. Los robots industriales están confinados por jaulas de seguridad y sensores, que a menudo resultan costosos e impiden un acceso sencillo. En contraste, los Cobots son accesibles para los operadores humanos, su mantenimiento es más sencillo, tienen costos más bajos y ofrecen mayores niveles de seguridad(Perdomo & Ordónez Ávila, 2019). Es esencial destacar que una parte significativa de la implementación de Cobots se llevará a cabo en estaciones de trabajo ya existentes en pequeñas y medianas empresas.

Teóricamente, RAMI 4.0 presenta una arquitectura orientada a servicios (SOA), permitiendo que los elementos de una aplicación ofrezcan servicios a otros componentes mediante un protocolo de comunicación en una red, sin depender de proveedores,

productos o tecnologías específicas (Barbie et al., 2020). Su objetivo es descomponer procesos complejos en elementos más simples, buscando lograr flexibilidad en sistemas y máquinas, distribución de funciones en la red, interacción entre niveles jerárquicos, comunicación entre componentes y la integración de productos en la red, todo esto definido por la estructura RAMI 4.0 (Ferrer, 2020a). Sus ventajas incluyen mayor flexibilidad en la producción, fábricas modulares para eficiencia en la fabricación personalizada, productos inteligentes que generan datos para nuevos servicios y una logística optimizada mediante algoritmos de enrutamiento eficiente y automatización del flujo de materiales(Ramírez et al., 2019). Por lo tanto, este artículo propone el modelado de un caso de estudio, el cual busca aprovechar los principios y directrices establecidos por RAMI 4.0 para asegurar la interoperabilidad, la conectividad y la colaboración efectiva entre los robots y otros sistemas dentro de un entorno industrial. Para lo cual se buscará y analizará aspectos importantes de la normativa RAMI enfocados en cobots para desarrollar una arquitectura aplicable a entornos industriales.

En la Sección II se presentan antecedentes investigativos y una descripción general de RAMI 4.0, contribuciones al concepto de cobots y visión artificial. Posteriormente, en la Sección III, se detalla el caso de investigación relacionado con la elaboración de la arquitectura, mientras que la aplicación del caso de estudio se establece en la sección IV. Finalmente, en la Sección V se presentan los resultados, hallazgos y se da una conclusión.

2. Antecedentes investigativos

En la época de la Industria 4.0 se debe dimensionar las ventajas que su inclusión aporta a la industria, ya que se considera clave la automatización de procesos para la seguridad y producción. Cabe recalcar que la inclusión de las nuevas tecnologías son clave para el desarrollo de las industrias, ya que, con esto se busca optimizar recursos y aumenta su competitividad y fiabilidad, mientras que, su integración con otros sistemas se torna sencilla en la industria. En la investigación elaborada por Tabuenca et al. se desarrolló un sistema que evalúa el rendimiento de equipos en empresas, incorporando principios de la Industria 4.0. Se destaca la facilidad de uso e integración con otros sistemas y se concluye con la importancia de la inclusión de la Industria 4.0 como puente para una transición fluida hacia la transformación digital, utilizando la infraestructura existente(Tabuenca Alcusón, 2017).

2.1. RAMI 4.0

El modelo tridimensional RAMI 4.0, desarrollado por Platform Industry 4.0, está estructurado en un cubo tridimensional, visualizado en la Figura 1, y busca proporcionar una base común para crear un entendimiento compartido de los sistemas de fabricación industrial (Shcweichhart, n.d.). RAMI 4.0 abarca estándares, casos de uso, normas y otros aspectos relevantes, cubriendo todo el proceso de valor añadido y manteniendo consistentes todos los datos técnicos, administrativos y comerciales. El cubo tridimensional de RAMI 4.0 permite abordar diferentes aspectos del sistema a desarrollar, facilitando una vista detallada de las partes manejables del sistema y permitiendo discutir tareas y procesos a lo largo de todo el proceso. Esto incluye la dimensión vertical, que se organiza en capas: Negocio, Función, Información, Comunicación, Integración y Activos, y que

aborda diferentes aspectos del sistema industrial para considerar a diversas partes interesadas.

Además de la dimensión vertical, RAMI 4.0 integra dos dimensiones adicionales, explicando así el "ciclo de vida y cadena de valor", en este eje basado en la norma IEC 62890, se considera el ciclo de vida del sistema y sus participantes, así mismo en esta dimensión, se distingue entre "tipo" e "instancia", clasificando un producto como tipo durante su desarrollo y como instancia cuando se puede identificar concretamente. Mientras que, la dimensión denominada "clasificación de componentes dentro de la fábrica", se deriva de las normas IEC 62264 e IEC 61512, este eje especifica un esquema de clasificación que abarca desde el mundo conectado hasta las unidades de trabajo específicas. Esto permite clasificar los sistemas ciberfísicos (CPS) dentro del modelo según su funcionalidad y estado (Binder et al., 2020).

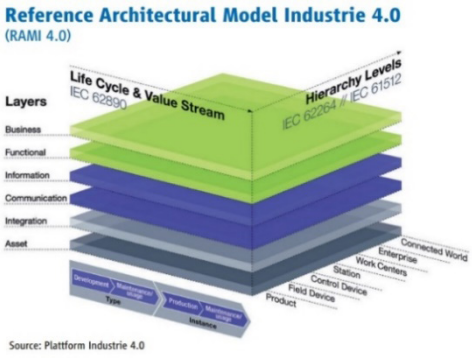


Figura 1 – Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0) (Shcweichhart, n.d.).

2.2. Cobots

La gradual adopción de cobots promueve la productividad y seguridad laboral, impulsando el crecimiento de las empresas hacia mercados más amplios. A pesar de la resistencia inicial, se debe tomar en cuenta que la implementación en la industria reduce la fatiga laboral, mitiga riesgos y mejorar la eficiencia en la producción los hace una inversión valiosa. Uno de los artículos científicos que más detallan la utilidad de los cobots es la investigación elaborada por Sampedro et al, se llegó a la conclusión de que los robots colaborativos (cobots) son una opción asequible y adaptable para pymes, ya que no requieren vallados de seguridad y se integran con trabajadores humanos (Sampedro Guamán et al., 2022).

La importancia del estudio de la implementación de robots colaborativos radica en que esta es vital para el desarrollo industrial a futuro, con la finalidad de ejecutar tareas de forma autónoma. En el caso de la investigación desarrollada por Cruz, et al., se presentan ejemplos con robots tele operados como punto inicial, para posteriormente profundizar en el conocimiento sobre robots colaborativos y sus ventajas, en esta, se presenta una clasificación de robots colaborativos basada en su interacción física y

diversas capacidades, detallando niveles de colaboración. Estos robots heterogéneos colaboran para ampliar áreas exploradas usando diversas herramientas. Destacando la capacidad de estos para superar obstáculos, similares a equipos de rescate (Cruz Ulloa et al., 2022).

2.3. Visión artificial

La visión artificial, o visión por computador, es la programación de computadores para procesar y entender imágenes o videos. Descrito también como la transformación de datos de un fotograma o video en decisiones o nuevas representaciones. El proceso según Alvear et al. está distribuido por fases, el cual comienza por; adquisición de imagen, esta es la encargada de la captura y digitalización; posteriormente la fase de preprocesamiento, en esta fase se efectúa la mejora y limpieza de la imagen; se procede con la detección de bordes, fase en la que se busca obtener la separación de objetos de interés con el fondo; al hacer la selección de píxeles según RGB o HSV estaríamos en la fase de selección; se efectúa la extracción de características; mediante algoritmos de triangulación se efectúa la clasificación de objetos en el espacio, siendo esta la fase de reconocimiento y localización; y finalmente interpretación (Alvear-Puertas et al., 2017).

La visión artificial es esencial para los robots de inspección, permitiéndoles percibir su entorno, identificar objetos de interés y tomar decisiones informadas. La integración de algoritmos avanzados de visión por computadora y técnicas de optimización es esencial para potenciar el desempeño de los robots de inspección en entornos industriales. Estos algoritmos permiten mejorar la eficiencia operativa al detectar y clasificar objetos en tiempo real, incrementar la precisión al identificar y segmentar defectos y características con alta exactitud, y adaptarse a diversas condiciones manteniendo un rendimiento robusto. Mediante el análisis detallado de imágenes y la capacidad de tomar decisiones rápidas en entornos variables, los robots equipados con estas tecnologías pueden realizar tareas de inspección con una precisión y eficiencia que superan los métodos tradicionales, lo que resulta fundamental para mantener la calidad y productividad en la industria (Vasquez Salazar & Cardona Mesa, 2019).

2.4. Cinemática

La cinemática robótica se enfoca en el análisis del movimiento de mecanismos articulados sin considerar las fuerzas que lo generan. Estas pueden ser calculadas mediante cinemática directa o cinemática inversa. La cinemática directa determina la posición y orientación del efector final del robot a partir de las variables articulares. Mientras que la cinemática inversa determina las variables articulares necesarias para alcanzar una posición y orientación deseada del efector final, esta considerada más compleja debido a que presenta métodos analíticos y numéricos. Las soluciones analíticas de cinemática inversa son basadas en métodos algebraicos y geométricos y se recomienda su aplicación cuando es posible obtener una solución cerrada. Las soluciones numéricas son más generales, pero requieren mayor cómputo debido a la no linealidad. Estas soluciones pueden ser representadas mediante matrices de rotación 3x3, matrices de transformación homogénea 4x4 o mediante el método de Denavit-Hartenberg, con la finalidad de modelar la cinemática de forma compacta(Ahmed et al., 2022).

En el entorno de ROS, los cuaterniones son una estructura matemática utilizada para representar rotaciones en un espacio tridimensional de manera compacta y eficiente. Se componen de cuatro números reales (x, y, z, w) juntamente con una composición de rotaciones. Esta estructura nos permite representar la orientación de un robot o un objeto en el espacio 3D. El entorno de ROS proporciona varias clases y funciones para trabajar con cuaterniones, en C++ y en Python(Zelenak, 2022).

3. Caso de investigación

3.1. Capa de integración

En RAMI 4.0 la capa de integración es la encargada de interconectar el mundo real con el entorno virtual, permitiendo así una arquitectura lógica que soporte la operación eficiente del sistema. Para ello es necesario desarrollar diferentes modelos o soluciones con la finalidad de cumplir con restricciones y requisitos del producto. Estos describen componentes lógicos que cumplen las instrucciones brindadas en la capa de función, la información detallada en la capa de información o los servicios de la capa de comunicación. Estos objetos del mundo real se deben transformar en eventos que puedan ser virtualizados. Por lo tanto, la capa de integración puede tratar con varias arquitecturas, mismas que describen el sistema que se va a operar (Binder et al., 2023). Según la ISA, en esta capa se pueden presentar varias soluciones y se elige la mejor. En esta capa se almacenan las propiedades y funciones relacionadas con el proceso que hacen que los activos, en el caso de investigación un robot xArm, sea utilizable bajo la arquitectura propuesta. En esta capa se debe proporcionar la representación del recurso real del activo mediante información sobre si mismo, objetos externos, software, hardware, etc. Así mismo se deben describir los elementos técnicos, tales como sensores. Y por último una interfaz hombre-máquina (HMI). De este modo, las consideraciones importantes son que no se abordan detalles técnicos, ya que estos se encuentran detallados en la capa de activos(Ferrer, 2020b).

Dentro de la capa de integración es fundamental considerar aspectos como la configuración, es recomendable para próximas investigaciones implementar módulos de identificación, eficiencia y monitoreo de la arquitectura.

Capa	Concepto
Capa de función	Máquina de estados
	Recolección
	Paletizado
Cada de comunicación	Comunicación
Capa de integración	Configuración
	Rviz
	Detección

Tabla 1 – RAMI 4.0 Capas vs conceptos asignables

En la capa de integración presente esta investigación vamos a encontrar, la configuración de la arquitectura, el módulo de detección, compuesto por la cámara web. Así mismo la herramienta Rviz, misma que nos va a permitir observar cómo se va ejecutando la arquitectura, así mismo, estos van a poder ser observados en la terminal de Ubuntu y por último el cobot xArm Lite 6.

3.2. Capa de función

En esta capa se deben describir las funciones lógicas del activo, es decir, la funcionalidad técnica con respecto al papel que va a cumplir según la industria 4.0. En esta capa se deben describir las funciones, la plataforma para la integración horizontal de distintas funciones. Así mismo, el tiempo de ejecución y entorno de modelado para servicios y finalmente, el entorno de ejecución para aplicaciones y funcionalidad técnica(Binder et al., 2023). En esta capa vamos a encontrar la programación que nos va a permitir la recolección y paletizado de los objetos previamente detectados.

3.3. Capa de activos

La capa de activos es definida por RAMI 4.0 como la capa inferior de la arquitectura. En esta capa se representan todos los activos que realmente existen en el mundo físico, es decir, en este se representa de forma real lo que se están efectuando virtualmente en capas superiores. Para cade elemento relevante en esta capa, debe estar correlacionado a nivel digital en capas superiores. Esta capa es encargada en representar el mundo físico, interfaz entre operadores y la arquitectura y la conexión de los activos a la capa de integración. En la ingeniería de sistemas basada en modelos, se modelan tanto los componentes del sistema como sus interconexiones. Los componentes físicos deben reflejar soluciones que satisfagan los requisitos, funciones o componentes lógicos previamente definidos. Estos modelos forman la base para la implementación del sistema, y la mayoría de las interfaces entre RAMI 4.0 y robots colaborativos se fundamentan en ROS(Ferrer, 2020b).



Figura 2 – Estructura de la arquitectura. rqv_graph

En esta capa se deben especificar los componentes de del sistema de fabricación, mismos que se describen con la ayuda de diagramas internos del lenguaje de modelado

en ROS. Esto permite detalles elaborados en varios niveles jerárquicos y permite así la posibilidad de considerar la composición o descomposición. La utilidad determinar esta capa es que la información de ingeniería puede ser utilizada después en otras diciplinas, como arquitectura para sistemas de productos, procesos y recursos. Finalmente, las interfaces físicas y la interconexión entre los componentes se modelan dentro de la vista de conexión física.

4. Implementación

La arquitectura desarrollada va a trabajar en dos grandes capas, la capa de integración y la capa de función conectadas mediante la capa de comunicación. Cómo vemos en la Figura 2., en la capa de integración vamos a digitalizar la obtención de los datos mediante la detección de la cámara web y la creación de una base de datos de las figuras detectadas en el área de trabajo. Como parte de la capa de integración tenemos la configuración inicial del cobot xArm.

Mientras que, en la Capa de función, se presenta la inicialización de la arquitectura, la asignación de tareas, la herramienta "pose_plan" y el funcionamiento de la pinza al vacío.

4.1. Capa de Integración

En la capa de integración RAMI 4.0, integramos los activos físicos en el mundo virtual. Se puede considerar una arquitectura lógica que hereda componentes que no forman parte del sistema pero que se encargan de la virtualización de la información. Esta capa define los componentes lógicos del sistema para abordar los elaborado previamente. Por lo que se deben cumplir los requisitos, así mismo la ejecución de funciones también es importante. En caso de investigación encontramos como interfaz la herramienta propia de ROS, Rviz, en la cual vamos a visualizar de forma gráfica el plan y trayectoria y también en la terminal de Ubuntu se puede evidenciar. En este caso los activos podrían ser especificados en la capa de activos directamente. Sin embargo, en la mayoría de los casos es necesario investigar diferentes soluciones. En este caso, al desarrollar la capa de integración debemos especificar la arquitectura como propuesta de solución, como se muestra en la Figura 3., la capa de integración desempeña un papel fundamental en el sistema desarrollado desde cero. Como vemos en la imagen, la arquitectura consta de varios elementos, tales como, la detección de los objetos mediante la webcam, la configuración del robot, el movimiento de los servomotores y del efector final, en este caso un vacuum gripper.

- Detección de los objetos

Es necesario determinar el sistema de posicionamiento global, para esto, es necesario conocer la posición de cada uno de los objetos, los límites del área de trabajo, para así calcular su distancia con respecto a la base del robot, y calcular la trayectoria que el cobot debe recorrer. Para determinar este sistema, se emplean distintos nodos de adquisición y acondicionamiento de imagen, siendo su proceso así. Partimos con la adquisición de la imagen y su almacenamiento en una variable. Se aplica un filtro Gaussiano para suavizar la imagen, seguido de la conversión a escala de grises y la detección de bordes mediante el algoritmo de Canny, etapas críticas para reducir el ruido y destacar las características

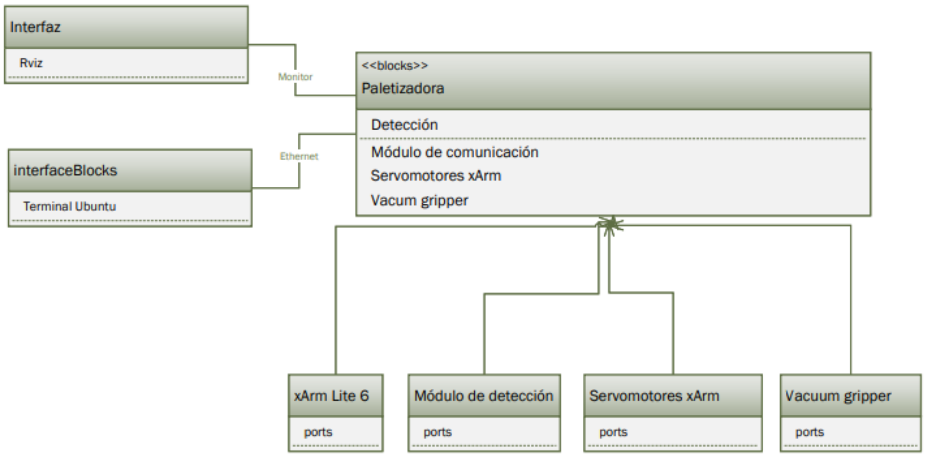


Figura 3 – Capa de integración del estudio de caso

relevantes. Luego, se delimita el área de trabajo y se previsualiza para asegurar la precisión del área de interés. Los vértices se detectan mediante aproximación polinomial y se cuentan para identificar la figura geométrica, lo que permite el cálculo del centroide del contorno. Finalmente, los datos del centroide se almacenan en una matriz para su posterior uso.

4.2. Capa de función

- Máquina de estados

El funcionamiento esencial de la arquitectura está almacenado en el nodo central de la arquitectura, ya que, en este se programa la máquina de estados detallada en la Figura 4, misma que se utiliza para realizar la recolección y paletizado de las figuras previamente detectadas.

En el caso del nodo central, en la máquina de estados, se van a establecer los siguientes estados:

- 'HOME'
- 'OBTENER_DATOS'
- 'ASIGNAR_TAREAS'
- 'RECOGER'
- 'DESPLAZAR'
- 'PALETIZADO'
- 'RECONFIGURACION'

En el estado 'HOME', se efectúa la adquisición de las figuras, la configuración inicial del robot, es decir, se establece el estado y modo en 0, y se traslada el robot xArm a su posición "Home".

Tras cumplirse con esto, procederíamos al estado 'OBTENER_DATOS', en este estado se configura la arquitectura, se almacenan las posiciones de los objetos detectados por la cámara en un diccionario y finalmente, se determina el orden mediante un algoritmo de ordenamiento basado en la distancia euclidiana del centroide del objeto con respecto a la base del robot.

Posteriormente pasamos al estado 'ASIGNAR TAREAS', en este estado se importa la base de datos de las figuras a paletizar, y se ordena el diccionario.

En el estado 'RECOGER' el robot se traslada a un punto especifico antes de efectuar el movimiento hacia la figura que va a ser recogida, se calcula la trayectoria mediante el servicio "xarm_pose_plan", posteriormente se ejecuta el plan de trayectoria mediante el servicio "xarm_exec_plan".

En el estado 'DESPLAZAR', El robot se traslada a la posición de la primera figura a ser paletizada, obtenemos las posiciones en "x" y "y", se calcula la trayectoria del robot mediante los servicios "xarm_pose_plan" y "xarm_execute_plan", y cuando el efector final llega a esta posición, se llama al servicio para activar el vacuum gripper, permitiendo así que la pieza sea succionada y pueda ser desplazada, se eleva el componente para evitar colisiones y se devuelve al punto inicial.

En el estado 'PALETIZAR' el objeto va a ser desplazado a una locación determinada por el usuario para ser depositada y cuando se llega al lugar de destino se desactiva el vacuum_gripper y finalizaría la tarea de paletizar el objeto, al momento de efectuar un nuevo paletizado de una figura similar, se aumenta 0,25cm al eje z para que se organizar las figuras.

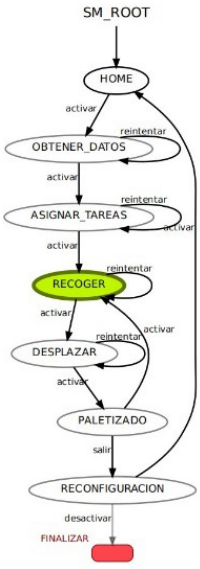


Figura 4 – Estructura de la máquina de estados. smach_viewer.

Finalmente, el último estado es 'RECONFIGURACION' el cual está destinado a setear la máquina de estados en 'HOME', en caso de que haya nuevos elementos se ejecutaría el mismo procedimiento.

Cabe recalcar que los estados 'RECOGER', 'DESPLAZAR' y 'PALETIZADO' se van a ejecutar en bucle hasta que se paleticen todos los objetos dispersos en la mesa de trabajo.

4.3. Capa de activos

Como se mención previamente, se busca cumplir con las funciones preestablecidas mediante componentes reales. Aquí es donde se aplica la arquitectura. En ella se indican las funciones que cumplen cada componente y viceversa, es decir, que componente cumple con la función asignada a este. Esta capa es útil, ya que, aquí vamos a determinar si es necesario desarrollar nuevas funciones con sus debidos componentes o si es que se podrían utilizar las ya existentes. Dado que este estudio parte de cero, se deberán especificar los activos que van a estar involucrados para cumplir con el objetivo de la arquitectura previamente detallada. En el estudio de caso, como se ve en la Figura 5., vemos cada una de las partes que componen el sistema físico Esto significa que la capa de activos RAMI 4.0 contiene varios elementos físicos. Podemos evidenciar que la Paletizadora cuenta con tres componentes separados, la webcam, involucrada en la detección de los objetos, el cobot xArm Lite 6, encargado netamente del movimiento de las figuras y finalmente el efector final, el cual es un vacuum gripper, que va a facilitar la recolección de las piezas que van a ser paletizadas. Estos componentes están interconectados con interfaces que pueden virtualizarse dentro de la capa de integración.

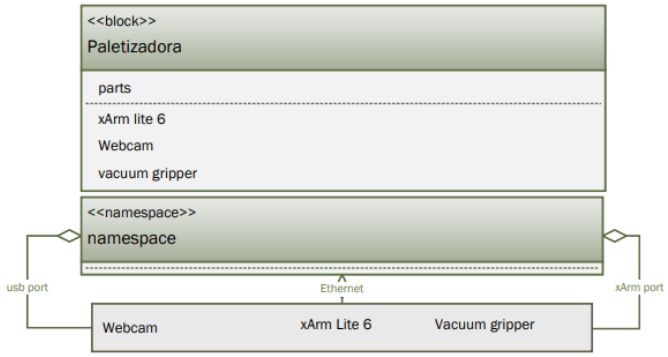


Figura 5 – Capa de activos del estudio de caso.

El resultado de la capa de activos representa el sistema tal y como está implementado. Esto quiere decir que los elementos físicos reflejan con precisión lo que se ejecuta de manera virtual. Dentro de esto cabe destacar la utilidad de ROS para modelar arquitecturas dentro del entorno RAMI 4.0 debido a su versatilidad y flexibilidad. En conclusión, el modelado de arquitecturas en el entorno de ROS ofrece la posibilidad de incorporar nuevas funciones en arquitecturas previamente modeladas, con la finalidad de perfeccionarlas.

5. Resultados

Después de implementar la arquitectura desarrollada, se visualizará en el monitor el nodo correspondiente a la detección de la cámara, como se ilustra en la Figura 6. Este nodo mostrará las figuras que se deben paletizar, distribuidas en el área de trabajo.

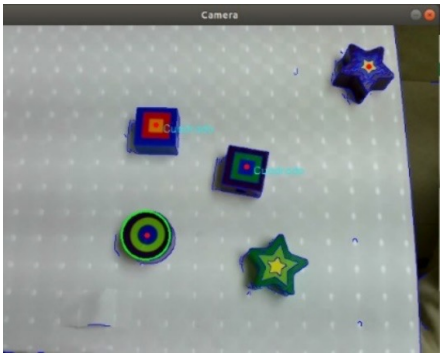


Figura 6 – Detección de figuras.

Así mismo, se visualizará en pantalla la herramienta Rviz, la cual permitirá observar la trayectoria que seguirá el robot xArm al recoger y paletizar los objetos previamente detectados por la cámara, como se muestra en la Figura 7.

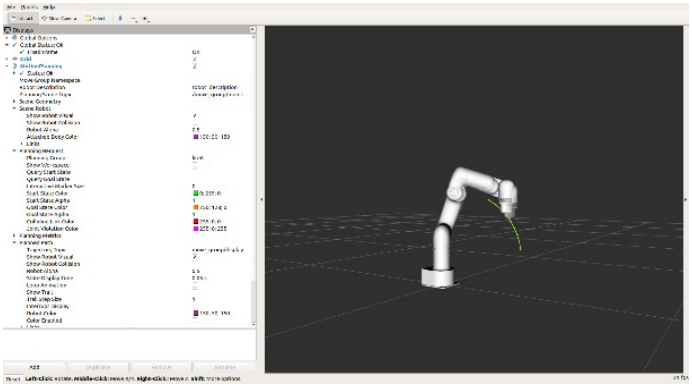


Figura 7 – Interfaz visual. Rviz.

En la Figura 8, se puede observar el espacio de trabajo de la paletizadora, el cual está compuesto por la webcam, el robot xArm Lite 6 de Ufactory, y el efector final conectado a este, que en este caso es el vacuum gripper.

Finalmente, en la Figura 9, se puede evidenciar el funcionamiento de la paletizadora. Este sistema, tras detectar los objetos dispersos en el área de trabajo, recoge y paletiza los objetos basándose en sus características físicas. Esta operación automatizada demuestra

la capacidad del sistema para integrar la detección visual y la manipulación robótica, optimizando la eficiencia y precisión en la paletización.



Figura 8 – Activos de la arquitectura.

La aplicación de RAMI 4.0 en el desarrollo de la arquitectura para robots colaborativos en entornos industriales demuestra su efectividad para abordar los desafíos de integración y gestión de sistemas complejos. RAMI 4.0 proporciona un marco estructurado que facilita la implementación de la Industria 4.0 al establecer un lenguaje común entre los diferentes actores involucrados. Su enfoque tridimensional, que abarca las capas de negocio, función, información, comunicación, integración y activos, permite una visión integral del sistema y la identificación de los estándares y requisitos necesarios para asegurar la interoperabilidad.

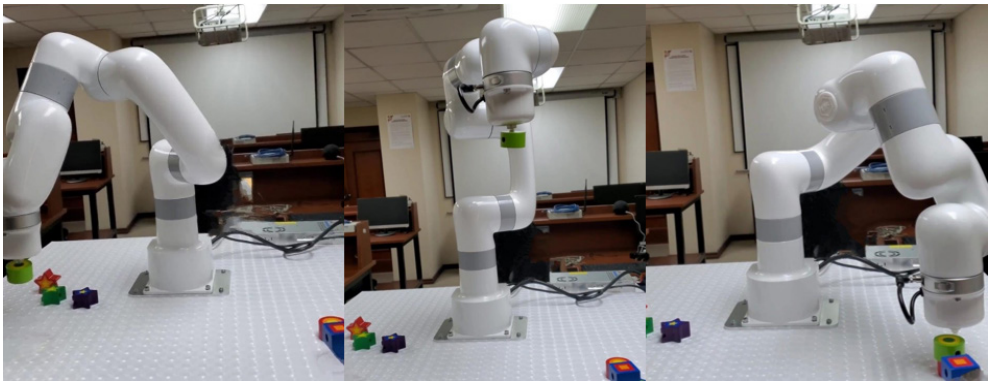


Figura 9 – Paletizado figuras.

En el caso de estudio presentado, la arquitectura desarrollada siguiendo los lineamientos de RAMI 4.0 logra una integración eficiente de los componentes industriales, incluyendo

el robot colaborativo xArm Lite 6, la cámara web y el software de visualización Rviz. La definición de las capas de función, integración y activos permite modelar de manera clara las funcionalidades, la configuración y la representación física del sistema, facilitando su implementación y operación.

Además, la aplicación de RAMI 4.0 en este contexto demuestra su versatilidad para adaptarse a diferentes entornos industriales y tecnologías, como la visión artificial y las máquinas de estado, lo que resalta su potencial para guiar el desarrollo de arquitecturas robustas y escalables en el marco de la Industria 4.0.

6. Conclusiones

Mediante la integración del caso de estudio, se concluye que el modelado basado en RAMI 4.0 permite elaborar una arquitectura uniforme y consistente en cada una de sus capas, estableciendo así un estándar esencial para la implementación de la Industria 4.0. RAMI 4.0 proporciona un marco estructurado que facilita la alineación y la interoperabilidad entre componentes físicos y virtuales, cubriendo desde la capa de activos hasta la capa de negocio. Este enfoque estandarizado no solo asegura la cohesión y la eficiencia en la integración de sistemas, sino que también ofrece una metodología robusta para abordar y resolver problemas en tecnologías e industrias emergentes. RAMI 4.0 sirve como una guía sistemática para desarrollar soluciones innovadoras, asegurando que los sistemas puedan adaptarse y escalarse conforme a los requisitos dinámicos y los avances tecnológicos de la Industria 4.0.

Según los resultados de esta investigación, proyectos nuevos o de seguimiento pueden beneficiarse significativamente de esta evaluación. La arquitectura de detección, recolección y paletizado puede ser perfeccionada para su implementación en cadenas de producción que requieran la clasificación de objetos basándose en características físicas, esto juntamente con la implementación de redes neuronales para poder detectar objetos con mayor grado de complejidad. Es crucial profundizar en el desarrollo de la automatización e implementar módulos de retroalimentación para aumentar la eficiencia de la arquitectura. Además, el desarrollo continuo de RAMI 4.0 es esencial para compensar la falta de formalización en su especificación actual, esto con la finalidad de proporcionar mayores posibilidades de automatización. Esto facilitará a los usuarios no experimentados el uso de RAMI 4.0 en el modelado de sistemas, mejorando la accesibilidad y la eficacia en el marco de la Industria 4.0.

Agradecimientos: *Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato (UTA) y a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) por su apoyo en la realización del proyecto PFISEI32. Además, los autores desean expresar su gratitud a la red de investigación INTELIA, apoyada por REDU, por su valiosa ayuda a lo largo de este trabajo.*

Referencias

Ahmed, A., Yu, M., & Chen, F. (2022). Inverse Kinematic Solution of 6-DOF Robot-Arm Based on Dual Quaternions and Axis Invariant Methods. *Arabian Journal for Science and Engineering*, *47*(12), 15915–15930. https://doi.org/10.1007/s13369-022-06794-6

Alvear-Puertas, V., Rosero-Montalvo, P., Peluffo-Ordóñez, D., & Pijal-Rojas, J. (2017). Internet de las Cosas y Visión Artificial, Funcionamiento y Aplicaciones: Revisión de Literatura. *Enfoque UTE*, *8*(1), 244–256. https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.121

Barbie, A., Hasselbring, W., Pech, N., Sommer, S., Flogel, S., & Wenzhofer, F. (2020). Prototyping Autonomous Robotic Networks on Different Layers of RAMI 4.0 with Digital Twins. *2020 IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/MFI49285.2020.9235210

Binder, C., Brankovic, B., Neureiter, C., & Luder, A. (2020). Lessons Learned from developing Industrial Applications according to RAMI 4.0 by applying Model Based Systems Engineering. *2020 25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 883–888. https://doi.org/10.1109/ETFA46521.2020.9211892

Binder, C., Calà, A., Vollmar, J., Neureiter, C., & Lüder, A. (2023). From Model to Implementation: Engineering of flexible Production Systems with RAMI 4.0. *2023 IEEE 32nd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/ISIE51358.2023.10228107

Cruz Ulloa, C., del Cerro, J., & Barrientos, A. (2022). Robótica colaborativa de búsqueda y rescate, una clasificación basada en interacción física. In *XLIII Jornadas de Automática: libro de actas: 7, 8 y 9 de septiembre de 2022, Logroño (La Rioja)* (pp. 679–686). Servizo de Publicacións da UDC. https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498418.0679

Ferrer, J. (2020a, January 30). *El modelo de arquitectura de referencia para la industria 4.0 (RAMI 4.0). (1° parte)*. ISA Selección Española.

Ferrer, J. (2020b, February 6). *El modelo de arquitectura de referencia para la industria 4.0 (RAMI 4.0) (2° parte)*. ISA Selección Española.

Moctezuma, S., Cruz, A., Galicia, R., & Oliva, L. (2018). Desarrollo de plataforma para implementación de robots colaborativos. *Visión Electrónica*, *12*(1), 22–31.

Munoz, E., Sunny, S. H., Rulik, I., Sanjuan, J. D., Caro, D., & Rahman, M. H. (n.d.). *Kinematics and Workspace Analysis of xArm6 Robot for Activities of Daily Living*.

Palma-Tafur, J., Garay-Santos, E., & Bernal-Pacheco, J. (2022). Productive impact on plastic manufacturing companies in Latin America: a systematic literature review. *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-Pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions."* https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.179

Perdomo, M. E., & Ordónez Ávila, J. L. (2019). Simulación con robots colaborativos para prácticas de sistemas de información logística con estudiantes de ingeniería. *Innovare: Revista de Ciencia y Tecnología*, *8*(2), 116–119. https://doi.org/10.5377/innovare.v8i2.9086

Ramírez, M., Macías, I., & Ibáñez, K. (2019). *Arquitectura de la Industria 4.*

Salimbeni, S. (2022). Análisis de viabilidad técnica para el uso de Cobots en pymes manufactureras: un caso de estudio . *Revista Internacional de Ingeniería Industrial*, *1*(3), 5–20.

Sampedro Guamán, C. R., Machuca Vivar, S. A., Palma Rivera, D. P., Villalta Jadan, B. E., Sampedro Guamán, C. R., Machuca Vivar, S. A., Palma Rivera, D. P., & Villalta Jadan, B. E. (2022). Automatizar procesos de producción repetitivos en las PYMES con robots colaborativos. *Revista Universidad y Sociedad*, *14*(2), 220–227. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000200220&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Shcweichhart, K. (n.d.). *Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0)*. Plattform Industrie 4.0.

Tabuenca Alcusón, D. (2017). *Implantación de robots colaborativos en linea de producción*. Universidad de Valladolid.

Vasquez Salazar, R. D., & Cardona Mesa, A. A. (2019). Dispositivos de asistencia para la movilidad en personas con discapacidad visual: una revisión bibliográfica. *Revista Politécnica*, *15*(28), 107–116. https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n28a10

Zelenak, A. (2022, October 6). *Quaternion Basics*. Creative Commons Attribution 3.0.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 23/05/2024
Aceitação/Acceptance: 27/07/2024

Sistemas domóticos como estrategia para la seguridad barrial

Luigi O. Freire[1], Jessica N. Castillo[1], Xiomara A. Zambrano[1], Byron P. Corrales[1], José E. Naranjo[1]

luigi.freire@utc.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Cotopaxi.

Pages: 417-427

Resumen: La seguridad barrial se fortalece mediante la integración de sistemas domóticos innovadores y estrategias colaborativas. Este estudio examina la instalación de 215 alarmas comunitarias en Latacunga, Ecuador, y su impacto en la reducción de incidentes perjudiciales. Se analizaron patrones y tendencias de activaciones de alarma, destacando que las tardes y noches presentan mayor actividad. Los datos recolectados permiten a los líderes comunitarios y a la policía local diseñar estrategias proactivas de seguridad. La incorporación de tecnología domótica en Telegram y la sincronización con IFTTT y Smart Life ofrece una comunicación directa entre residentes y una respuesta rápida ante incidentes, lo que puede transformar significativamente la seguridad y el bienestar comunitario.

Palabras-clave: sistemas domóticos; alarma comunitaria; Telegram; IFTTT, Smart Life.

Domotic systems as a strategy for neighborhood security

Abstract: Neighborhood security is strengthened through the integration of innovative home automation systems and collaborative strategies. This study examines the installation of 215 community alarms in Latacunga, Ecuador, and their impact on reducing harmful incidents. Patterns and trends of alarm activations were analyzed, highlighting that afternoons and evenings present higher activity. The data collected allows community leaders and local police to design proactive security strategies. Incorporating home automation technology into Telegram and syncing with IFTTT and Smart Life offers direct communication between residents and rapid incident response, which can significantly transform community safety and well-being..

Keywords: home automation systems; community alarms; Telegram; IFTTT, Smart Life.

1. Introducción

La relevancia de incorporar tecnologías domóticas en la seguridad comunitaria ha sido ampliamente discutida en trabajos previos(Dammert et al., 2017);(Jaitman et al.,

2017), destacando su potencial para automatizar respuestas ante emergencias, facilitar la comunicación entre residentes y autoridades, y optimizar el monitoreo y análisis de datos de seguridad(Haz et al., 2019)(D'amato et al., 2016). Sin embargo, a pesar de la creciente adopción de soluciones tecnológicas, persisten interrogantes sobre la efectividad de estas integraciones en contextos barriales específicos, la accesibilidad de estas tecnologías para todos los residentes, y la protección de la privacidad y datos personales(Barua et al., 2022)(Agudelo et al., 2019)(Quiñonez et al., 2019).

La introducción de un bot de Telegram personalizado para la comunicación de alertas de seguridad representa una innovación relevante en este ámbito(Cahyono et al., 2022), permitiendo la difusión instantánea de información crucial durante emergencias. A su vez, la automatización de dispositivos mediante IFTTT y Smart Life ha demostrado ser efectiva para la activación de sistemas de seguridad en tiempo real(Rahmati et al., 2017), aunque la integración y gestión eficiente de estos sistemas siguen siendo un área de investigación abierta. Además, el empleo de Google Scripts y Google Sheets para el manejo de datos y estadísticas de seguridad abre nuevas vías para el análisis y la mejora continua de estrategias de seguridad(Ury et al., 2016)(Freire et al., 2023).

Este trabajo se propone abordar estas lagunas existentes, ofreciendo una evaluación detallada de la implementación y el impacto de sistemas domóticos integrados en la seguridad barrial. Se realiza una revisión bibliográfica exhaustiva (Chinchilla & Vorndran, 2018) (Al Día Online, 2021)para asegurar la originalidad y relevancia del estudio, reconociendo que la innovación tecnológica en este campo avanza a un ritmo acelerado. A través de esta investigación, se busca responder a la pregunta de cómo la integración de tecnologías domóticas específicas puede contribuir de manera efectiva a la seguridad comunitaria, identificando áreas de mejora y recomendando prácticas para una implementación exitosa(Hassan & Eassa, 2022).

El objetivo de este estudio es explorar la efectividad de una integración de sistemas domóticos en la mejora de la seguridad barrial, analizando el impacto de plataformas y herramientas tecnológicas específicas en la prevención y respuesta ante incidentes de seguridad(Egan, 2005). Desde la implementación de microcontroladores(Myint & Tun, 2020) y sistemas de telecontrol, hasta la adopción de redes de sensores inalámbricos basadas en el estándar IEEE 802.15.4(Vacacela & Freire, 2021) (Rojas et al., 2020), este estudio se basa en una amplia gama de fuentes y experiencias previas para ofrecer una visión holística y práctica sobre el potencial transformador de la domótica en la seguridad comunitaria.

2. Metodología

Los sistemas de alarma actúan como guardianes silenciosos que, aunque no previenen directamente situaciones peligrosas, cumplen un papel crucial al alertar y movilizar a la comunidad ante cualquier incidente, sirviendo como un fuerte elemento disuasivo ante potenciales amenazas (Hollender & Beuthel, 2007). Las alarmas comunitarias se instalan estratégicamente en comunidades residenciales urbanos o rurales, permitiendo a los vecinos activarlas según la situación que se presente. Esto facilita una rápida movilización comunitaria y la pronta respuesta de los servicios de emergencia, fortaleciendo así la seguridad del barrio(Bravo et al., 2010).

Este sistema no solo busca reducir los tiempos de respuesta ante situaciones de riesgo, sino también fomentar la cohesión comunitaria a través de alertas sobre eventos de interés común como actividades comunitarias.

El prototipo consta de una aplicación móvil conocida como Telegram, compatible con sistemas Androir o IOs y un dispositivo electrónico conocido como smart switch. La aplicación permite activar alertas en tiempo real mediante un teclado creado previamente en consenso con la comunidad quienes conocen la realidad del sector en cuanto a los problemas comunes, mientras que los dispositivos, colocados en varios puntos estratégicos de la comunidad, emite sonidos específicos para cada tipo de alerta.

Una innovación de esta propuesta es la integración con Telegram que ofrece una plataforma de comunicación directa y efectiva entre los residentes del barrio, permitiendo la identificación y respuesta oportuna a incidentes evitando falsos positivos en las activaciones de la alarma. La aplicación móvil presenta una interfaz intuitiva con botones específicos para cada tipo de alerta, simplificando el proceso de notificación y asegurando una respuesta rápida y adecuada a cada situación.

Este enfoque holístico hacia la seguridad comunitaria, que combina tecnología accesible con la participación de la comunidad y el apoyo de los servicios de emergencia, promete transformar la manera en que los barrios enfrentan y gestionan las amenazas a su seguridad y bienestar.

En la Figura 1, se presenta una representación gráfica del funcionamiento general del prototipo, detallando los pasos necesarios para emitir alertas desde la aplicación móvil Telegram.

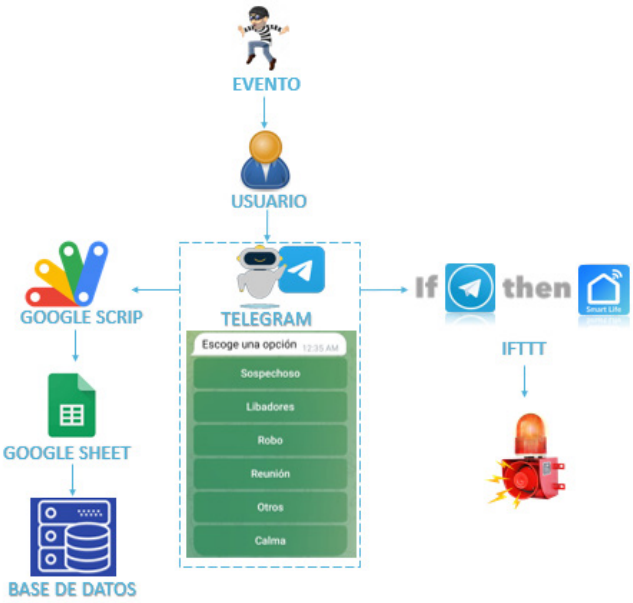


Figura 1 – Esquema alarma comunitaria

2.1. Sistema domótico

El sistema SmartLife es una aplicación domótica diseñada para el control remoto de diversos dispositivos en el hogar. Una de sus funciones principales es la activación de un smart switch, al que se puede conectar una sirena, estableciendo un sistema de alarma comunitaria. La aplicación permite la conexión y agrupación de múltiples smart switches, lo que facilita que, al activar una sirena, se pueda accionar todo el grupo previamente configurado. Esto no solo amplía el rango de alcance de la alarma, sino que también mejora significativamente la agilidad en el tiempo de respuesta.

Esta funcionalidad adicionalmente permite integrar la configuración con la plataforma Telegram, simplificando y automatizando aún más los procesos de control y monitoreo. Gracias a esta integración, los usuarios podrán recibir notificaciones y controlar sus dispositivos de manera más eficiente y rápida, haciendo de SmartLife una solución integral para la gestión domótica y la seguridad del hogar, en la figura 2 se muestra la configuración de la aplicación.

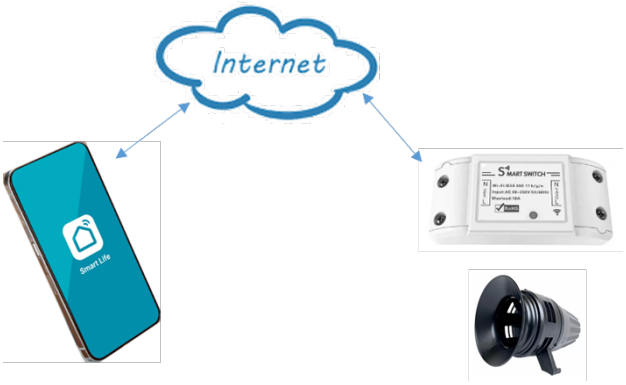


Figura 2 – Esquema alarma comunitaria

2.2. Bot en Telegram

En el mundo actual, las plataformas de mensajería desempeñan un papel crucial facilitando la interacción entre grupos de personas. Telegram va más allá, ofreciendo la capacidad de integrar otras aplicaciones de manera fluida, ampliando así sus posibilidades y enriqueciendo la experiencia del usuario.

La implementación de procesos o funciones estandarizadas es vital, pues minimiza cualquier posible confusión durante su manejo. En este sentido, el uso de Bots en Telegram es fundamental, ya que permite automatizar y administrar tareas específicas de manera eficiente. Estos Bots ofrecen interfaces intuitivas mediante teclados personalizados con opciones preseleccionadas, lo que contribuye a reducir significativamente las posibilidades de falsos positivos en la activación de la alarma.

Google Script, en sinergia con los Bots de Telegram, eleva esta personalización a otro nivel, permitiendo adaptar los teclados a las necesidades específicas de cada comunidad.

Esto es particularmente valioso, ya que las necesidades de un barrio urbano pueden diferir significativamente de las de una comunidad rural.

Cada botón en el teclado personalizado está programado con un comando que, aunque transparente para el usuario, actúa como el disparador de acciones determinadas. Esta programación facilita la interacción, garantizando respuestas efectivas y rápidas ante variadas circunstancias, tal y como se muestra en la figura 3. Estos comandos se enlazan directamente con IFTTT, que ofrece una versión de demostración con capacidades limitadas pero suficientes para este propósito. IFTTT recibe el comando enviado desde Telegram y mediante un Applet que se conecta con SmartLife, en donde ya se han configurado previamente escenas para la activación de varios interruptores inteligentes. Estos, a su vez, activan las sirenas situadas a lo largo del sector.

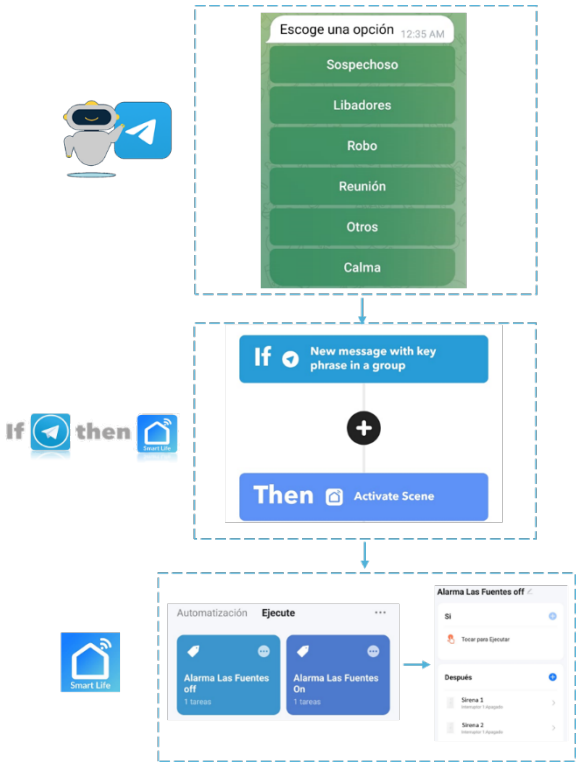


Figura 3 – Configuración disparador Bot Telegram con IFTTT y Smart Life

2.3. Base de datos

En el entorno actual, donde la información constituye la columna vertebral de la eficiencia operativa, la gestión adecuada de los datos se convierte en un elemento crucial para distinguir cada proceso. Por ello, incorporando principios de mejora continua y aprovechando el conocimiento profundo que la comunidad tiene sobre sus desafíos

específicos, se hace imprescindible registrar meticulosamente las activaciones de la alarma comunitaria.

Extendiendo esta metodología, mediante la integración del Bot de Telegram con Google Script, establecemos un enlace directo con una hoja de cálculo de Google. Esta conexión resulta completamente transparente para el usuario promedio. En esta base de datos digital se registran detalles esenciales como la fecha, hora, la identidad del activador y el motivo de la activación. Esta recopilación detallada de datos no solo facilita una gestión proactiva de la seguridad comunitaria sino que también empodera a los administradores del barrio con información valiosa para la toma de decisiones. A través de este enfoque, se fomenta un ciclo virtuoso de análisis y acción, permitiendo una respuesta comunitaria más informada y coordinada frente a incidentes de seguridad, al tiempo que se promueve un ambiente de transparencia y responsabilidad colectiva. Este sistema avanzado de gestión de datos demuestra cómo la tecnología moderna, aplicada con sensibilidad hacia las necesidades comunitarias, puede transformar de manera significativa la seguridad y el bienestar de un barrio.

La figura 4 muestra la configuración de la estructura para la creación de la base de datos.

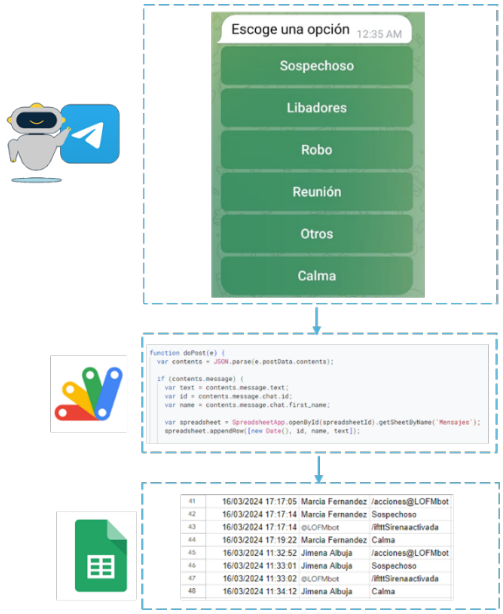


Figura 4 – Configuración base de datos

3. Resultados

La iniciativa lanzada por la academia para atender las crecientes demandas de organización y seguridad en los barrios ha tenido una recepción notable. En respuesta a esta necesidad, se han instalado 215 alarmas comunitarias en todo el cantón de Latacunga, en la provincia de Cotopaxi, Ecuador. Este esfuerzo coordinado está visualmente capturado en el mapa de la figura 5.

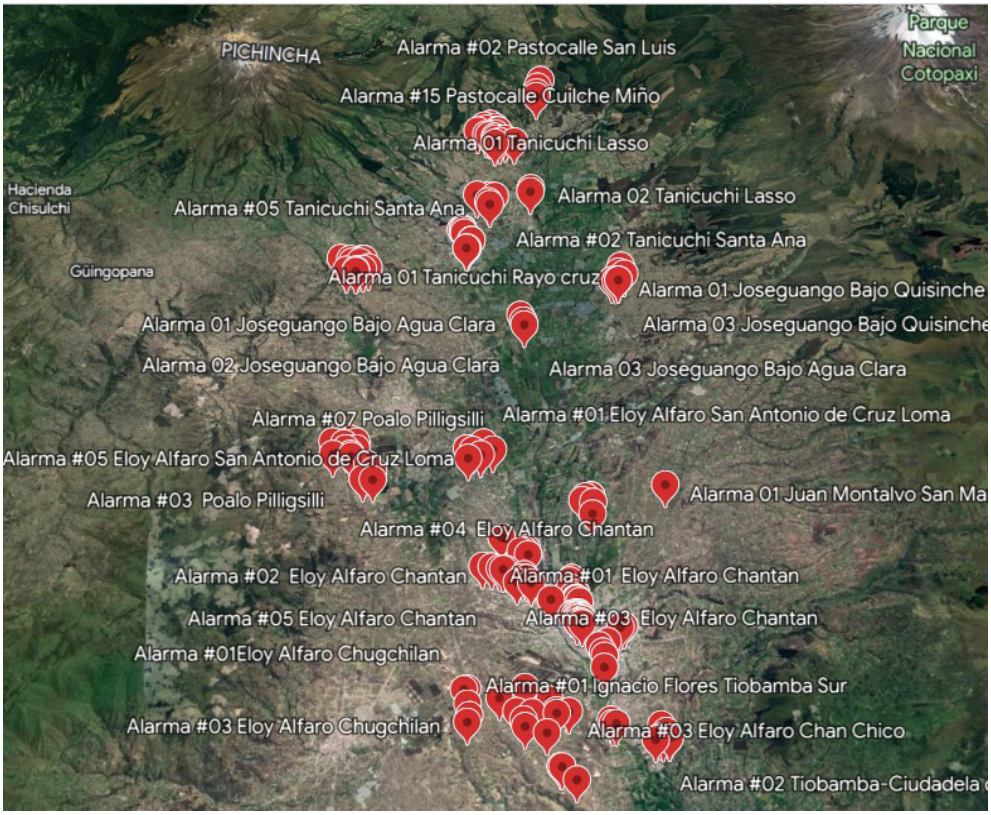


Figura 5 – Mapa de alarmas comunitarias

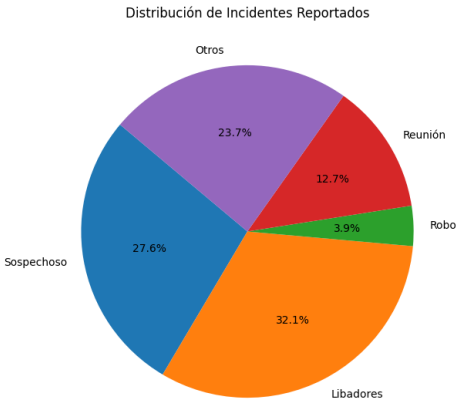


Figura 6 – Distribución de incidentes reportados periodo julio-diciembre 2023

Un análisis diario permite identificar cuáles son los días más activos en términos de alertas de seguridad, tal como se detalla en la figura 7.

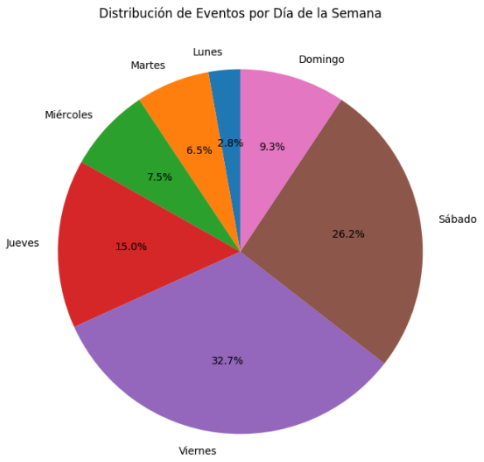


Figura 7 – Distribución de eventos reportados por días de la semana periodo julio-diciembre 2023

Profundizando aún más, al examinar la información por franjas horarias, observamos que las tardes y noches son los periodos con la mayor frecuencia de activaciones de alarma, como se evidencia en la figura 8.

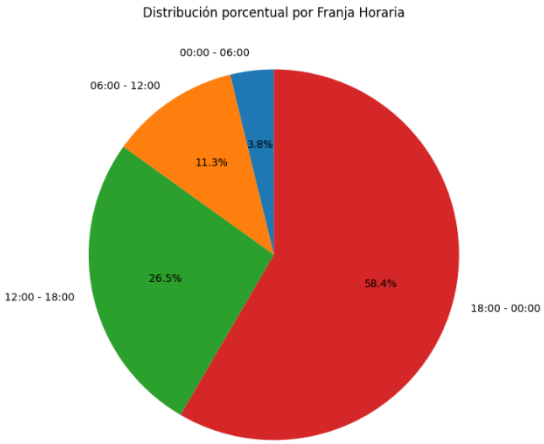


Figura 8 – Distribución de eventos reportados por franjas horarias periodo julio-diciembre 2023

Con este valioso conjunto de datos, los líderes comunitarios y la policía comunitaria de cada área están diseñando estrategias con el objetivo común de reducir la incidencia de eventos perjudiciales y fortalecer la seguridad de la comunidad. Estos esfuerzos son vitales para mejorar la calidad de vida de los residentes y crear un ambiente más seguro para todos.

4. Conclusiones

La implementación de tecnologías domóticas en los barrios demuestra un impacto positivo en la seguridad comunitaria, ofreciendo un enfoque innovador que va más allá de la prevención tradicional al potenciar la vigilancia y la reacción ante incidentes.

La sinergia entre las alarmas comunitarias y las plataformas de mensajería instantánea, como Telegram, complementada con la automatización proporcionada por IFTTT y Smart Life, constituye un salto cualitativo en la eficiencia de los sistemas de alerta, permitiendo una gestión más ágil y participativa de las situaciones de emergencia.

El análisis exhaustivo de la data recogida de las alarmas activadas es crucial para el desarrollo de políticas de seguridad específicas y adaptadas. Este enfoque basado en evidencia posibilita una mejor asignación de recursos y la implementación de estrategias preventivas más efectivas para abordar las preocupaciones de seguridad a nivel local.

Referencias

Agudelo, D. M. D., Timaná, D. F. G., Golondrino, G. E. C., & Villalba, K. M. (2019). Arquitectura IoT para la identificación de personas en entornos educativos. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *E17*, 841–853.

Al Día Online. (2021, July 15). *Comité provincial de seguridad define estrategias de control*.

Barua, A., Al Alamin, M. A., Hossain, M. S., & Hossain, E. (2022). Security and Privacy Threats for Bluetooth Low Energy in IoT and Wearable Devices: A Comprehensive Survey. *IEEE Open Journal of the Communications Society*, *3*, 251–281. https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2022.3149732

Bravo, L., Guenni, D. E., Hernandez, R. J., Llatas, I., & Salcedo, A. (2010). Desarrollo de un sistema de alerta temprano comunitario en el estado Vargas, Venezuela. *Revista Temas de Coyuntura*, *61*, 169–178. https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/temasdecoyuntura/article/view/1928

Cahyono, F. Y. A., Suharto, N., & Mustafa, L. D. (2022). Design and Build a Home Security System based on an ESP32 Cam Microcontroller with Telegram Notification. *Journal of Telecommunication Network (Jurnal Jaringan Telekomunikasi)*, *12*(2), 58–64. https://doi.org/10.33795/JARTEL.V12I2.296

Chinchilla, L., & Vorndran, D. (2018). *Seguridad ciudadana en América Latina y el Caribe*.

D'amato, J. P., Dominguez, L. D., Perez, A. J., & Rubiales, A. J. (2016). *Plataforma abierta de gestión de cámaras IP y aplicaciones móviles para la seguridad civil ciudadana*.

Dammert, L., Mujica, J., & Zevallos, N. (2017). *Balance de Investigación en Políticas Públicas 2011 – 2016 y Agenda de Investigación 2017 – 2021 Seguridad Ciudadana*.

Egan, D. (2005). The emergence of ZigBee in building automation and industrial controls. *IEE Computing and Control Engineering*, *16*(2), 14–19. https://doi.org/10.1049/CCE:20050203

Freire, L. O., Bonilla, B. A., Corrales, B. P., & Villarroel, J. L. (2023). Hardware in the Loop of a Level Plant Embedded in Raspberry. In *Lecture Notes in Electrical Engineering: Vol. 984 LNEE*. https://doi.org/10.1007/978-981-19-8493-8_47

Hassan, S. A. Z., & Eassa, A. M. (2022). A Proposed Architecture for Smart Home Systems Based on IoT, Context-awareness and Cloud Computing. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *13*(6), 89–96. https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130612

Haz, L., Carrera, I., Molina, M. F., & Bernal, G. V. S. (2019). Prototype of smart community alarm for monitoring events and incidents related to citizen safety. *2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–4. https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760645

Hollender, M., & Beuthel, C. (2007). Sistema inteligente de alarmas. *Revista ABB, ISSN 1013-3135, Nº 1, 2007 (Ejemplar Dedicado a: El Ser Humano En El Proceso), Págs. 20-23*, *1*, 20–23. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2265422&info=resumen&idioma=SPA

Jaitman, L., Caprirolo, D., Ochoa, R. G., Keefer, P., Leggett, T., Lewis, J. A., Mejía-Guerra, J. A., Sutton, H., & Torre, I. (2017). *Los costos del crimen y de la violencia: nueva evidencia y hallazgos en América Latina y el Caribe (Resumen ejecutivo)*. Inter-American Development Bank. www.iadb.org

Myint, H., & Tun, M. Z. (2020). Secure Door Control System using RFID Card. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, *06*(04), 69–73. https://doi.org/10.31695/IJASRE.2020.33787

Quiñonez, Y., Lizarraga, C., Peraza, J., & Zatarain, O. (2019). Sistema inteligente para el monitoreo automatizado del transporte público en tiempo real. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *31*, 94–105.

Rahmati, A., Fernandes, E., Jung, J., & Prakash, A. (2017). *IFTTT vs. Zapier: A Comparative Study of Trigger-Action Programming Frameworks*. https://arxiv.org/abs/1709.02788v1

Rojas, C. A. T., Chanch\'\i, G. E. G., & Villalba, K. M. (2020). Propuesta de una Arquitectura IoT para el control domótico e inmótico de edificaciones. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *E27*, 28–40.

Ury, B., Ho, M. P. Y., Brawner, S., Lee, J., Mennickenz, S., Picard, N., Schulze, D., & Littman, M. L. (2016). Trigger-action programming in the wild: An analysis of 200,000 IFTTT recipes. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 3227–3231. https://doi.org/10.1145/2858036.2858556

Vacacela, S. G., & Freire, L. O. (2021). Implementation of a Network of Wireless Weather Stations Using a Protocol Stack. In *Smart Innovation, Systems and Technologies: Vol. 213 SIST*. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4443-3_49

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 12/03/2024
Aceitação/Acceptance: 22/06/2024

Evaluación Detallada de los Patrones Hidrodinámicos en Turbinas de Vórtice con Eje Vertical para Aplicaciones Sostenibles

Luis Navarrete[1], Jefferson Porras[2]

luis.navarrete7284@utc.edu.ec; jefferson.porras0449@utc.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Cotopaxi, Simón Rodríguez, 050120, Latacunga, Ecuador

[2] Universidad Técnica de Cotopaxi, Simón Rodríguez, 050120, Latacunga, Ecuador

Pages: 428-441

Resumen: El objetivo principal de este estudio es desarrollar una simulación segura de un sistema hidráulico sostenible que se adapte a las necesidades de análisis energético, reduciendo costos y maximizando beneficios. Utilizando la herramienta ANSYS, se busca evaluar la eficiencia de la simulación de un sistema de turbinas de vórtices gravitacionales a escala real. La motivación detrás de este trabajo radica en la exploración de nuevos métodos para la generación de energía que contribuyan a la conservación ambiental. Este estudio propone el diseño y la simulación de un innovador sistema de turbinas de vórtices gravitacionales, basándose en geometrías identificadas en la literatura y estudios previos. El dispositivo diseñado incluye un impulsor de vórtice diseñado para resistir la erosión y los sedimentos, permitiendo así la generación de un vórtice gravitacional con una significativa potencia hidráulica. Tras definir la geometría de la turbina, se procede a modelarla en el software ANSYS para analizar el comportamiento del vórtice y establecer la configuración geométrica óptima, que además operará bajo el concepto de "arrastre".

Palabras-clave: ANSYS; modelo; turbina de vórtice; impulsor; rotación.

Iberian Journal of Information Systems and Technologies: Format guidelines to write articles

Abstract: The main objective of this study is to develop a safe simulation of a sustainable hydraulic system that meets the needs of energy analysis, reducing costs and maximizing benefits. Using the ANSYS tool, the aim is to evaluate the efficiency of the simulation of a gravitational vortex turbine system at a real scale. The motivation behind this work lies in exploring new methods for energy generation that contribute to environmental conservation. This study proposes the design and simulation of an innovative gravitational vortex turbine system, based on geometries identified in literature and previous studies. The designed device includes a vortex impeller designed to withstand erosion and sediment, thus enabling the generation of a gravitational vortex with significant hydraulic power.

After defining the turbine's geometry, it is modeled in ANSYS software to analyze the vortex behavior and establish the optimal geometric configuration, which will also operate under the concept of "drag."

Keywords: ANSYS; model; vortex turbine; impeller; rotation.

1. Introducción

Este estudio explora los fenómenos hidrodinámicos en una versión modificada de una turbina de vórtice de eje vertical, con el objetivo de optimizar su rendimiento. La modificación, fácil de implementar, aprovecha el flujo de agua en áreas rurales. Gracias a avances en Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), las soluciones numéricas han progresado significativamente, empleando métodos de cálculo y algoritmos cada vez más precisos. El análisis de la energía hídrica requiere extensos recursos computacionales debido a las complejas y grandes geometrías que necesitan mallas móviles con un elevado número de elementos (Shiraghaee et al., 2024). A nivel global, la energía hidroeléctrica es una de las principales fuentes de electricidad, proporcionando cerca del 16% en América Latina y el Caribe, que poseen el 20% del potencial hídrico mundial (Velásquez et al., 2024). Sin embargo, en Ecuador, aproximadamente el 1.2% de la población carece de servicio eléctrico, especialmente en zonas rurales (Shiraghaee et al., 2024), lo que ha impulsado a algunos a optar por energías renovables, como las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH). Estas centrales, debido a su baja emisión de gases y alto rendimiento a bajo costo, ofrecen una alternativa viable para la producción de energía renovable (Velásquez et al., 2023). Dentro de las PCHs, se encuentra la Turbina de Vórtice Gravitacional (TVG), que opera con la corriente natural del río, en condiciones de cabeza de entre 0.5 a 2m y caudales de 0.1 a 2 m^3/s, para capacidades de generación de entre 0.2 a 40 kW de potencia eléctrica (Hafizh et al., 2023). Además de suministrar energía, contribuyen a la reducción de la contaminación fluvial por descomposición de materia orgánica gracias a la oxigenación del agua inducida por el vórtice artificial, aunque su eficiencia es relativamente baja, en torno al 38% (Badr et al., 2023; Obozov et al., 2023). Por tanto, las investigaciones sobre estas turbinas buscan principalmente aumentar su eficiencia hidráulica, encontrándose que los parámetros geométricos del tanque impactan directamente en la eficiencia y, por ende, en la generación de energía eléctrica, siendo la geometría del tanque uno de los factores más influyentes según estudios recientes.

Las turbinas de vórtice gravitacional, que utilizan la hidrodinámica y la dinámica de vórtices para generar electricidad, son un enfoque innovador con potencial para satisfacer la demanda creciente de fuentes de energía renovable (Xu et al., 2023). Estas turbinas, compuestas por una estructura cilíndrica con una abertura en la parte inferior, permiten que el agua fluya y gire en espiral alrededor del eje central, creando un vórtice que mueve palas o paletas para generar electricidad. Su capacidad para operar con cabezales y caudales bajos las hace ideales para pequeños ríos o arroyos, ofreciendo múltiples ventajas sobre las turbinas hidroeléctricas tradicionales, incluyendo un menor impacto ambiental y costos reducidos de instalación y mantenimiento. No obstante, enfrentan limitaciones como menor eficiencia comparada con las turbinas tradicionales

y sensibilidad a variaciones en el caudal o la velocidad del agua, lo que puede interrumpir la generación eléctrica o dañarse por escombros o sedimentos (Betancour et al., 2023).

Las aplicaciones potenciales de las turbinas de vórtice gravitacional abarcan desde la generación eléctrica en comunidades remotas hasta la integración con otras fuentes de energía renovable para crear sistemas energéticos híbridos más resilientes y sostenibles (Zhang et al., 2023).

2. Metodologia

Para la realización de este estudio, se ha diseñado una metodología que se divide en dos fases principales, cada una compuesta por cuatro etapas específicas. Estas etapas están detalladamente ilustradas en la Figura 1 del documento.

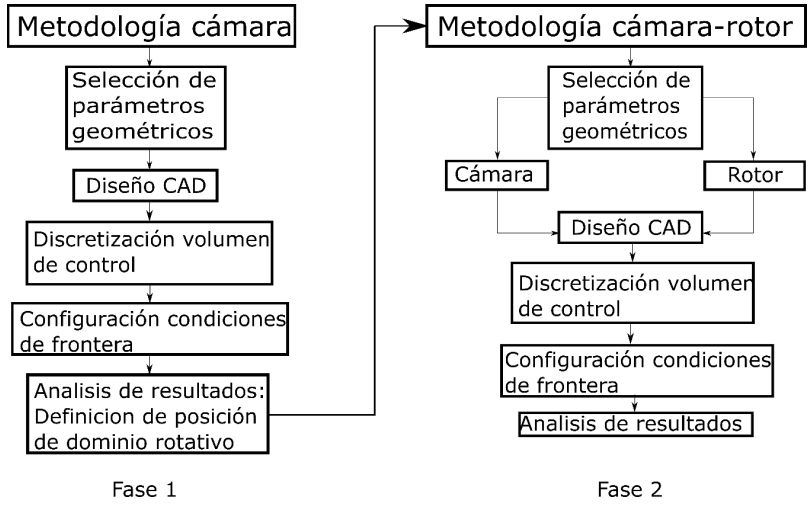


Figura 1 Diagrama de flujo metodología aplicada**.**

2.2. Diseño de la Cámara de Turbina

En la primera fase de la metodología propuesta, se procedió al diseño de la geometría de la cámara siguiendo las directrices establecidas por(Dhakal et al., 2015; Edirisinghe et al., 2023; Velásquez et al., 2022), utilizando el módulo SpaceClaim de ANSYS® V19.1. Se realizaron modificaciones en el canal de salida, optando por una configuración de geometría cónica. Esto se debe a que la geometría cónica ha demostrado ser más eficiente al facilitar velocidades rotacionales más altas en comparación con la geometría cilíndrica. Además, se ajustó el diámetro de salida a una proporción del 14%, 16% y 18% del diámetro del tanque para los casos A, B y C respectivamente, incorporando también una reducción del área del canal antes de su conexión con el tanque, según lo documentado por (Edirisinghe et al., 2022; Saleem et al., 2020). La Figura 2(a) ilustra las dimensiones del tanque y del conducto de entrada para cada configuración

propuesta, mientras que la Figura 2(b) detalla la altura del canal y las dimensiones del tanque cónico. En todos los escenarios, la altura del tanque se mantuvo constante.

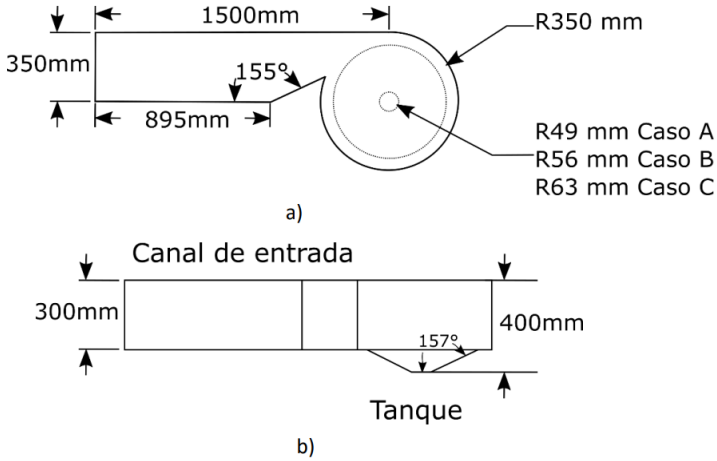


Figura 2 Dimensiones cámara para cada modelo propuesto

2.3. Análisis del Comportamiento del Vórtice

El vórtice en estudio gira autónomamente sin necesidad de una fuerza externa aplicada. La dinámica de este fenómeno puede ser descrita matemáticamente por la siguiente ecuación diferencial que relaciona la presión y la fuerza centrífuga en el fluido:

$$-\frac{d}{dr}\left(p + y \times z\right) = -\rho\frac{V}{2r} \tag{1}$$

donde:

- p representa la presión sobre la superficie del fluido,
- y es el producto de la densidad multiplicada por la aceleración gravitacional,
- z es la altura,
- ρ denota la densidad del fluido,
- V es la velocidad del fluido,
- r es la distancia al eje de rotación del vórtice.

2.4. Comportamiento de la altura y radio del vórtice

El comportamiento de la altura y el radio del vórtice se modela mediante las siguientes ecuaciones, que describen cómo la altura varía en función del radio:

$$z(r) = z_{\infty} - \frac{B^2}{2gr^2} \tag{2}$$

$$z(r) = -\frac{W_o^{\,2}}{2g} r^2 \tag{3}$$

donde:

- z_{∞} es la altura máxima del vórtice, correspondiente a la mayor distancia desde el eje de rotación,
- B es una constante específica del modelo,
- w_o es la velocidad angular inicial del vórtice,
- g es la aceleración de la gravedad,
- r es la distancia al eje de rotación.

Estas ecuaciones permiten entender cómo las propiedades geométricas del vórtice influyen en su comportamiento dinámico, fundamental para el diseño y optimización de turbinas de vórtice gravitacional.

2.5. Análisis del Canal de Alimentación

La dinámica del canal de alimentación refleja altas velocidades, lo que invalida la suposición de un flujo totalmente despreciable. El fenómeno observado es el de un vórtice libre, evidenciado en estudios sobre canales abiertos de flujo hidráulico, descrito por el número de Froude:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}} \tag{4}$$

donde:

- Fr es el número de Froude, adimensional,
- v es la velocidad del fluido en metros por segundo (m/s),
- g es la aceleración debida a la gravedad (m/s²),
- y es el tirante hidráulico en metros (m).

2.6. Área del Caudal

El objetivo es mantener un flujo supercrítico para maximizar la energía y minimizar el tirante hidráulico, manteniendo una velocidad de flujo hasta 2.7 m/s con un caudal constante de 2 m³/s. La relación área-velocidad se determina como:

$$A = Q/v \tag{5}$$

donde:

- v es la velocidad (m/s)
- Q es el caudal volumétrico (m³/s),

- A es el área transversal del flujo (m²).

2.7. Tirante Hidráulico

El tirante hidráulico, que es la distancia vertical desde el punto más bajo de la sección transversal del canal hasta la superficie libre del agua, se calcula mediante:

$$y = \sqrt{A/2} \tag{6}$$

donde:

- y es el tirante hidráulico (m)

2.8. Ancho de la Base del Canal

Para secciones regulares y simples del canal, el ancho de la base se relaciona con el área y el tirante hidráulico:

$$b = A / y \tag{7}$$

donde:

- b es el ancho de la base del canal (m)

2.9. Longitud de Transición

Esta medida es crucial para la transmisión de potencia dentro de la estructura y se define como:

$$Lt = \frac{b - be}{2\left(tan\left(12.5\right)\right)} \tag{8}$$

donde:

- Lt es la longitud de transición (m)
- be es el ancho de la base de la entrada a la cámara de vórtice

2.10. Cámara de Vórtice

Un diseño con piso plano en la cámara de vórtice minimiza la captura de materia orgánica y orienta hidráulicamente los sedimentos hacia el depósito inferior:

$$D_t = 0.27 * H_b \tag{9}$$

donde:

- Hb es la altura de la cámara de vórtice

- *Dt* es el diámetro de la cámara de vórtice

2.11. Orificios de Descarga

El diseño del orificio de descarga se calcula como un porcentaje del diámetro de la cámara:

$$Do = 0.16 * Dt \tag{10}$$

donde:

- *Do* es el diámetro del orificio de descarga (m)

2.12. Entrada de la Cámara de Vórtice

La base de la entrada a la cámara se ajusta proporcionalmente al diámetro del orificio de descarga:

$$be = 0.52 * Do \tag{11}$$

donde:

- *be* es el ancho de la base de la entrada a la cámara de vórtice (m)

2.13 Dimensiones Óptimas de la Cámara de Vórtice

Se establecen las dimensiones óptimas de la cámara basándose en estudios previos:

$$Dc = 0.45 * Dt \tag{12}$$

$$Hc = 0.36 * Hb \tag{13}$$

donde:

- *Dc* es el diámetro del cono de descarga (m)
- *Hc* es la altura del cono de descarga (m)

2.14. Escalamiento del Modelo

El escalamiento se aborda en la fase final, definiendo las características del prototipo y validando el modelo en el simulador ANSYS:

$$\frac{Frp}{Frm} = \frac{\left(\frac{V^2}{yg}\right)p}{\left(\frac{V^2}{yg}\right)m} = 1 \tag{14}$$

3. Resultados y discusión

En el desarrollo del estudio, se inició con un modelado en 2D en el plano X, utilizando las dimensiones específicas del árbol de transmisión como se muestra en la figura 3.

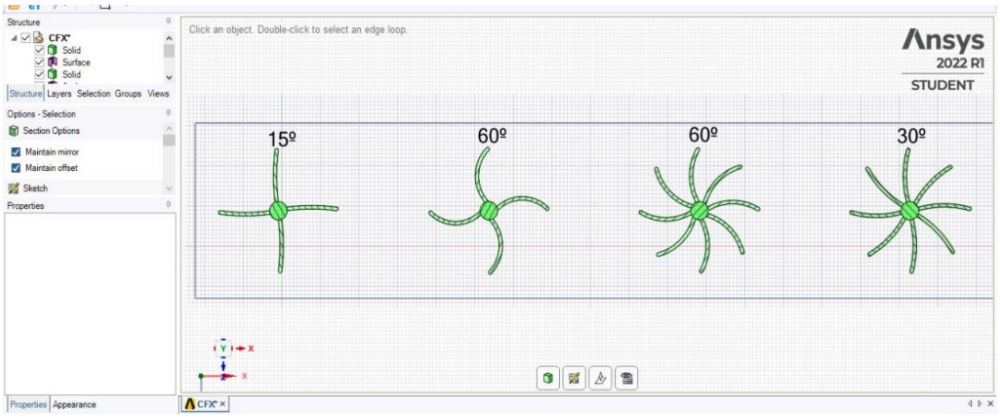


Figura 3 – Modelado en 2D del árbol de transmisión.

Posteriormente, se establecieron las dimensiones adecuadas para el árbol de transmisión y se procedió al diseño de las turbinas, cada una con un ángulo distinto de inclinación de los alabes como podemos apreciar en la figura 4.

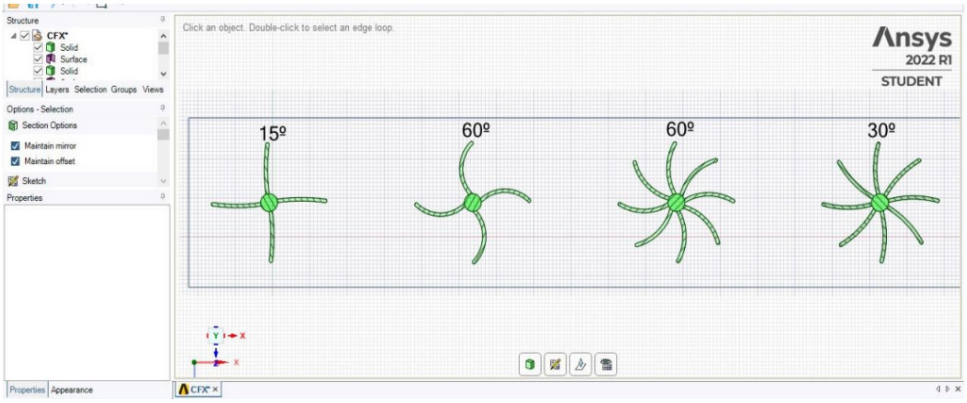


Figura 4 – Diseño de las turbinas.

3.1. Turbina de 4 alabes con 15° de ángulo

Se realizó un análisis detallado de la turbina de 4 alabes con un ángulo de 15°, determinando los esfuerzos generados durante el diseño. A través de los resultados gráficos y los cálculos realizados por el software, se evaluó la eficiencia de esta configuración como podemos observar en la figura 5.

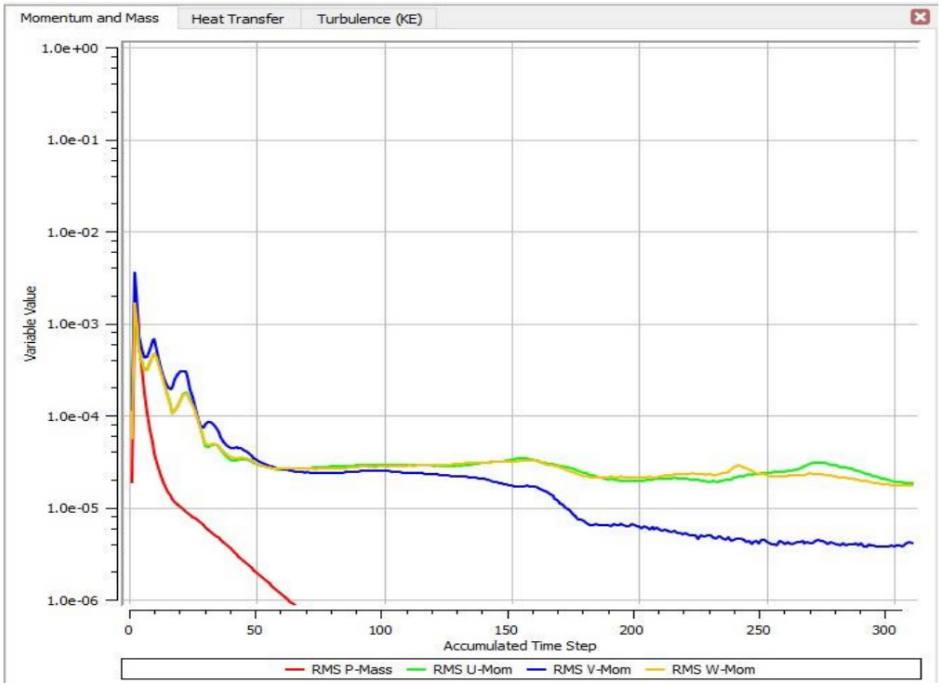


Figura 5 – Análisis de la turbina de 4 alabes con 15° de ángulo.

3.2. Turbina de 4 alabes con 60° de ángulo

Continuando con la evaluación, en la figura 6 se analizó una turbina de 4 alabes con 60° de ángulo. Se examinaron los esfuerzos implicados y se verificaron los resultados a través de gráficas y cálculos proporcionados por el software, permitiendo así evaluar la eficiencia de esta configuración.

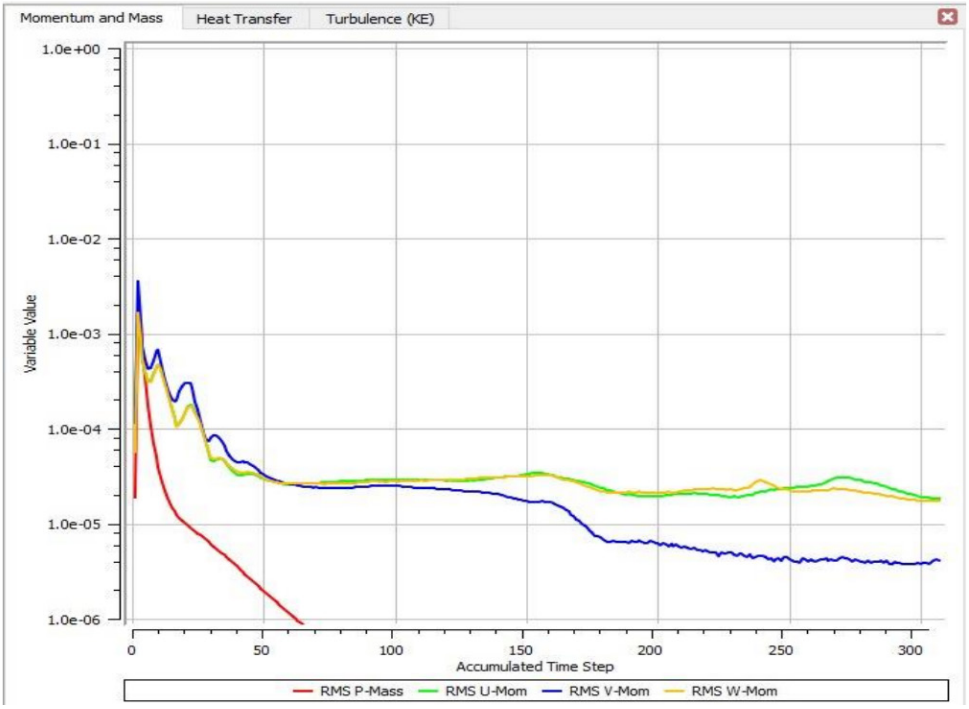


Figura 6 – Turbina de 4 alabes con 60° de ángulo.

3.3. Turbina de 8 alabes con 60° de ángulo

El análisis se extendió a una turbina de 8 alabes con un ángulo de 60°. Similar a los casos anteriores, se determinaron los esfuerzos y se corroboraron los datos con los resultados gráficos y los cálculos del software, verificando la eficiencia de este diseño como se muestra en la figura 7.

3.4. Turbina de 8 alabes con 30° de ángulo

Finalmente, se realizó el análisis de una turbina de 8 alabes con un ángulo de 30°. Este estudio permitió determinar los esfuerzos y verificar la eficiencia a través de la evaluación de los resultados gráficos y los cálculos realizados por el software como podemos apreciar en la figura 8.

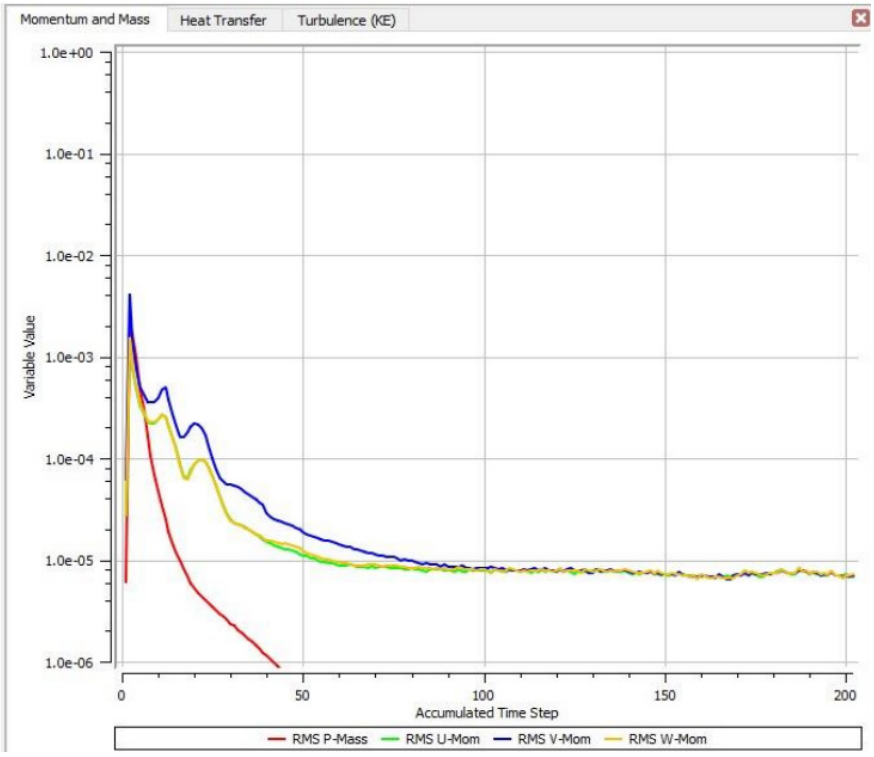


Figura 7 – Turbina de 8 alabes con 60° de ángulo.

Cada uno de estos análisis contribuye al entendimiento comprensivo del comportamiento y la eficiencia de diferentes configuraciones de turbina bajo variados ángulos de alabes, ofreciendo insights valiosos para futuras aplicaciones y mejoras en el diseño de turbinas de vórtice gravitacional.

4. Conclusiones

- Al analizar individualmente los diseños de varias turbinas, se observó que las turbinas de 4 álabes con ángulos de 15° y 60° no capturan eficientemente la energía cinética generada por el vórtice en la simulación. En contraste, la turbina de 8 álabes con un ángulo de 30° demostró ser la más efectiva, dada su versatilidad ante los datos de simulación y su capacidad para aprovechar de manera óptima la energía cinética generada por las corrientes inducidas.
- Se identificó que un mayor diámetro de salida intensifica la formación del vórtice gravitacional, lo que mejora la formación de remolinos y reduce la posibilidad de recirculación del líquido, minimizando así las pérdidas hidráulicas.

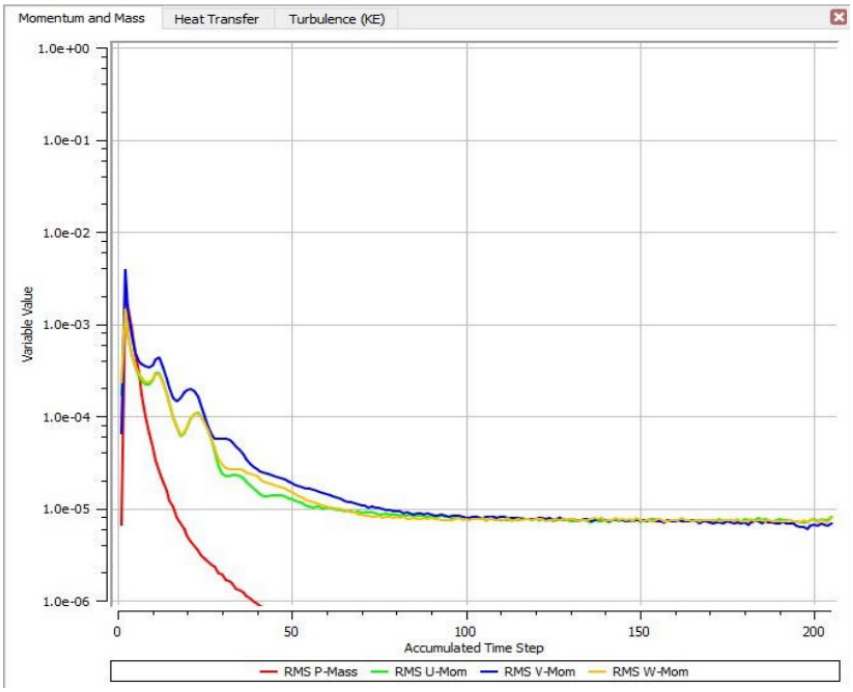


Figura 8 – Turbina de 8 alabes con 30° de ángulo.

- La implementación de herramientas tecnológicas avanzadas ha sido crucial para evaluar los materiales utilizados y asegurar la viabilidad estructural en implementaciones reales.
- Se recomienda experimentar con variaciones en la velocidad angular para explorar cómo afecta la generación de torque, y se sugiere realizar montajes experimentales para comparar y validar los resultados obtenidos en este estudio de manera más efectiva.
- Es vital considerar el enfoque inicial del proyecto, ya que permite adaptar la simulación a las necesidades específicas de las comunidades, optimizando los recursos y reduciendo costos significativos en modificaciones futuras.

Referencias

Badr, A. A., Ahmed, O. K., & Alomar, O. R. (2023). Performance of solar vortex engine integrated with the PV panel: Experimental assessment. *Renewable Energy*, *216*, 119073. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119073

Betancour, J., Romero-Menco, F., Velásquez, L., Rubio-Clemente, A., & Chica, E. (2023). Design and optimization of a runner for a gravitational vortex turbine using the response surface methodology and experimental tests. *Renewable Energy*, *210*, 306–320. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.04.045

Dhakal, S., Timilsina, A. B., Dhakal, R., Fuyal, D., Bajracharya, T. R., Pandit, H. P., Amatya, N., & Nakarmi, A. M. (2015). Comparison of cylindrical and conical basins with optimum position of runner: Gravitational water vortex power plant. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *48*, 662–669. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.030

Edirisinghe, D. S., Yang, H.-S., Gunawardane, S. D. G. S. P., Alkhabbaz, A., Tongphong, W., Yoon, M., & Lee, Y.-H. (2023). Numerical and experimental investigation on water vortex power plant to recover the energy from industrial wastewater. *Renewable Energy*, *204*, 617–634. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.01.007

Edirisinghe, D. S., Yang, H.-S., Gunawardane, S. D. G. S. P., & Lee, Y.-H. (2022). Enhancing the performance of gravitational water vortex turbine by flow simulation analysis. *Renewable Energy*, *194*, 163–180. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.053

Hafizh, M., Muthalif, A. G. A., Renno, J., Paurobally, M. R., Bahadur, I., Ouakad, H., & Sultan Mohamed Ali, M. (2023). Vortex induced vibration energy harvesting using magnetically coupled broadband circular-array piezoelectric patch: Modelling, parametric study, and experiments. *Energy Conversion and Management*, *276*, 116559. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.116559

Obozov, A., Akparaliev, R., Mederov, T., Ashimbekova, B., Tolomushev, A., & Orazbaev, K. (2023). Research and development of a gravitational water vortex micro-HPP in the conditions of Kyrgyzstan. *Energy Reports*, *10*, 544–557. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.06.041

Saleem, A. S., Cheema, T. A., Ullah, R., Ahmad, S. M., Chattha, J. A., Akbar, B., & Park, C. W. (2020). Parametric study of single-stage gravitational water vortex turbine with cylindrical basin. *Energy*, *200*, 117464. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117464

Shiraghaee, S., Sundström, J., Raisee, M., & Cervantes, M. J. (2024). Extending the operating range of axial turbines with the protrusion of radially adjustable flat plates: An experimental investigation. *Renewable Energy*, *225*, 120232. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120232

Velásquez, L., Posada, A., & Chica, E. (2022). Optimization of the basin and inlet channel of a gravitational water vortex hydraulic turbine using the response surface methodology. *Renewable Energy*, *187*, 508–521. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.113

Velásquez, L., Posada, A., & Chica, E. (2023). Surrogate modeling method for multi-objective optimization of the inlet channel and the basin of a gravitational water vortex hydraulic turbine. *Applied Energy*, *330*, 120357. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120357

Velásquez, L., Romero-Menco, F., Rubio-Clemente, A., Posada, A., & Chica, E. (2024). Numerical optimization and experimental validation of the runner of a gravitational water vortex hydraulic turbine with a spiral inlet channel and a conical basin. *Renewable Energy*, *220*, 119676. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119676

Xu, H., Wang, C., Wei, Y., Cao, W., & Wang, W. (2023). On the evolution of supercavity geometry and unsteady behavior of supercavitation flow during the development of a twin-vortex supercavity. *Ocean Engineering*, *276*, 114213. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114213

Zhang, Z., Liu, J., Liao, R., & Cheng, F. (2023). Experimental study of swirling flow pneumatic liquid-carrying characteristics in the vortex tool inserted tube under liquid loading conditions. *Experimental Thermal and Fluid Science*, *147*, 110954. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2023.110954

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 09/03/2024
Aceitação/Acceptance: 15/06/2024

Realidad aumentada con Unity y Vuforia para mejorar la experiencia educativa

Luis René Quisaguano Collaguazo[1], Gladys Geoconda Esquivel Paula[2], Mirian del Rosario Quisaguano Collaguazo[3], Williams Santiago Esquivel Paula[3]

luis.quisaguano1@utc.edu.ec; gladys.esquivel9@utc.edu.ec; myriamquis82@yahoo.es; williamsesquivel24@gmail.com

[1] Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). Avenida Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido Sector San Felipe, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

[2] Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). Avenida Los Almendros y calle Pujilí sector La Virgen, La Maná, Cotopaxi, Ecuador.

[3] Ministerio de Educación del Ecuador. Av. Amazonas N34-451 y Av. Atahualpa, Quito, Pichincha, Ecuador.

Pages: 442-458

Resumen: La realidad aumentada (RA) es una tecnología que combina elementos virtuales dentro del mundo real mayormente utilizada para actividades de ocio y entretenimiento. En esta propuesta se desarrolla un prototipo con RA mediante Unity y Vuforia para contribuir en la experiencia educativa de una escuela de Quito, Ecuador. Se aplicó la metodología Kanban junto con las fases por hacer, en proceso, en revisión y completado para controlar el desarrollo del prototipo. Se define un grupo de control conformado por 36 estudiantes de 6to año de educación básica quienes respondieron un cuestionario sobre su percepción de la realidad aumentada en actividades educativas. Se concluye que la RA es capaz de mejorar significativamente el interés, preferencia, motivación y entendimiento de los estudiantes gracias a la interacción con modelos 3D. La aplicación resultante funciona exclusivamente en equipos Android a pesar de que existe un grupo reducido de personas que utilizan iOS.

Palabras-clave: modelos 3D, Kanban, aplicación móvil, cámara RA, disparadores.

Augmented reality with Unity and Vuforia to enhance the educational experience

Abstract: Augmented reality (AR) is a technology that combines virtual elements within the real world, mainly used for leisure and entertainment activities. This proposal develops a prototype with AR using Unity and Vuforia to contribute to the educational experience of a school in Quito, Ecuador. The Kanban methodology was applied together with the to-do, in-progress, review, and completed phases to control the prototype development. A focus group was defined consisting of 36 students in the 6th grade of basic education who answered a questionnaire about their perception of augmented reality in educational activities. It is concluded that AR is capable of significantly improving the interest, preference, motivation, and

understanding of students thanks to the interaction with 3D models. The resulting application works exclusively on Android devices despite the existence of a small group of people who use iOS.

Keywords: 3D modeling, Kanban, mobile application, AR camera, triggers.

1. Introducción

El término realidad aumentada (RA) define de manera perfecta y casi literal lo que se logra con la combinación de una visión de un entorno del mundo real y el aporte de elementos virtuales para crear una nueva imagen o nueva realidad (Vidal et al., 2017). Este término puede parecer nuevo; sin embargo, desde hace tiempo atrás las cadenas de televisión, propagandas, aplicaciones y varios sistemas brindan información en tercera dimensión sobre una zona determinada. La sociedad ha estado en constante interacción con la RA, aunque pocas personas conocen a ciencia cierta su concepto, inclusive se podría pensar que la RA es algo nuevo.

Esta tecnología ha ganado popularidad gracias al uso de los celulares y algunas aplicaciones de entretenimiento, como el famoso Pokemon Go, videojuego lanzado en el 2016 que consiste en buscar, atrapar, y entrenar a los Pokémones que se encuentran dispersos en el mundo por medio de la realidad aumentada (Flores et al., 2019). Una fortaleza de la realidad aumentada es que capta la atención de las personas sin importar la edad, debido a su capacidad para mejorar la interacción entre los usuarios y su entorno, brindando experiencias inmersivas y enriquecidas.

A pesar de la gran popularidad que tiene la RA se evidencia la problemática de que esta tecnología se aplica más para fines de entretenimiento que para cuestiones productivas. Esto se debe a la limitada inversión y falta de desarrollo de aplicaciones que fuera del ocio podrían tener un impacto importante en sectores estratégicos como la educación, la medicina o la industria. Esta falencia indica una subutilización del potencial disruptivo de la RA.

Las aplicaciones con realidad aumentada dentro de los dispositivos móviles inteligentes son relativamente nuevas, aunque con el pasar de los años han obtenido popularidad dada su versatilidad, fluidez y realismo. Un número considerable de usuarios usan RA, aunque no son conscientes de ello, sin embargo, esta tecnología en la actualidad podría tener muchos campos de aplicación como: La fabricación, el mantenimiento y reparación de maquinarias, equipos y componentes, el entretenimiento, la publicidad, la educación y la medicina (Vidal et al., 2017).

En diversas áreas como la educación, conforme las tecnologías avanzan, los procesos para interactuar también lo hacen, de ahí que el ser humano se encuentre inmerso en una dinámica de cambio constante (Ballesteros & Bernal, 2017). A pesar de las limitantes económicas que pueden tener las instituciones, estas deben buscar la forma de incluir recursos tecnológicos como parte importante de los procesos educativos en el aula, sin importar el nivel académico (escuela, colegio o universidad).

El objetivo de la investigación es desarrollar un prototipo con realidad aumenta mediante el uso de Unity y Vuforia para contribuir en la experiencia educativa, teniendo en cuenta

que la versatilidad de los teléfonos inteligentes los han convertido en dispositivos tecnológicos comunes de disponer tanto para docentes como para los estudiantes. Se debe aclarar que la tecnología en el aula no debe convertirse en un distractor, más bien debe aportar en el aprendizaje y conocimiento de los estudiantes (García, 2017). El prototipo busca contribuir en la mejora de la experiencia educativa para esto se usa Unity y Vuforia que son herramientas de desarrollo de RA capaces de generar aplicaciones móviles interactivas con el potencial de captar la atención de los estudiantes y fomentar un ambiente de aprendizaje participativo basado en tecnología.

La relevancia de esta propuesta se basa en que las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) tienen el potencial de apoyar la generación de estrategias innovadoras o metodologías pedagógicas capaces de captar la atención de los estudiantes, siendo la realidad aumentada una de las tecnologías emergentes más destacadas en los últimos años. Dicha tecnología está abriéndose un espacio como recurso innovador en el terreno educativo (Berumen López, Efrén et al., 2021). La consolidación de la tecnología de RA, se debe en gran medida a la existencia de herramientas de desarrollo fáciles de aprender y utilizar por los programadores, entre estas se puede destacar a Unity y Vuforia.

Por otro lado, dentro del Ecuador el Ministerio de Educación consciente de la importancia de la tecnología en la formación de los alumnos de las unidades educativas primarias y secundarias de este país, ha propuesto que incorporen el enfoque interdisciplinario STEM en el currículo con la finalidad de generar un aprendizaje que remueva barreras integrando cuatro disciplinas: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Cabe señalar que STEM viene de las siglas en inglés (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), esta práctica apareció en Estados Unidos durante el año 2008 y se puede citar dos casos, el Rhode Island Design School aclara que su visión de STEAM se basa en el concepto tradicional de STEM, agregando las artes centradas en el proceso de diseño. Otro caso es el concepto de STEM+Arts o también llamado TEAMS (Technology, Engineering, Arts, Mathematics and Science) usado por Jim Brazell donde las artes son parte esencial de la creatividad e innovación en el proceso de creación de nuevas tecnologías (Villavicencio, 2021).

El enfoque STEM hace que las unidades educativas incluyan contenidos transversales a los indicados en el currículo, como por ejemplo temas de ingeniería automotriz que deben ser adaptados al nivel de comprensión y experiencia de los estudiantes. El punto de partida para estudiar mecánica automotriz es que los alumnos adquieran capacidades básicas para identificar y comprender las partes básicas de un motor, desarrollando una comprensión fundamental de cómo funciona un motor a gasolina.

Este trabajo parte de una revisión conceptual de herramientas de desarrollo, componentes y tipos de realidad aumentada. Se detalla la aplicación de la metodología Kanban para la implementación del prototipo, se recopila y analiza datos obtenidos con base a las percepciones dadas por el grupo de control conformado por estudiantes de una Unidad Educativa quienes respondieron una encuesta luego de interactuar con los modelos 3D y elementos multimedia disponibles en la aplicación móvil con RA.

2. Conceptos y Herramientas para el Desarrollo de Realidad Aumentada

2.1. Realidad Aumentada

La realidad aumentada de manera formal se define como una tecnología que se superpone a una imagen real obtenida a través de una pantalla, imágenes, modelos 3D u otro tipo de informaciones generados por un ordenador (Prendes, 2015). Al ser un campo de estudio amplio la RA involucra varios elementos para posibilitar su implementación en la (Figura 1) se detalla cada uno de ellos:

DISPOSITIVOS DE VISUALIZACIÓN Y ENTRADA	GENERACIÓN Y SUPERPOSICIÓN DE CONTENIDO	SEGUIMIENTO Y RECONOCIMIENTO DE OBJETOS
Pueden ser gafas, cascos, smartphones, tablets y otros dispositivos específicos. Estos dispositivos pueden tener pantallas, sensores y sistemas de seguimiento para proporcionar una experiencia inmersiva.	La RA implica la generación y superposición de contenido virtual en el entorno real. Esto puede incluir gráficos, imágenes, videos, modelos 3D, información contextual y otros elementos que se integran con la realidad física.	Seguimiento y reconocimiento de objetos del mundo real para superponer información virtual de manera precisa. Esto implica técnicas de visión por computadora, detección de marcadores, seguimiento de puntos de referencia,etc.

Figura 1 – Elementos de la Realidad Aumentada (Prendes, 2015).

Los elementos requeridos para el desarrollo de realidad aumentada, incluyen aspectos a nivel de software y de hardware. El primero, se encarga de hacer las transformaciones necesarias para facilitar la información aumentada una vez que la cámara visualice y detecte el disparador, el segundo tiene la función de capturar algún elemento real sobre el cual se incluye o superpone algún contenido virtual principalmente 3D y/o multimedia, el nexo entre el software y hardware se conoce como "trigger" o activador de la información. El disparador puede ser: una imagen, un elemento del entorno físico, un marcador, un objeto o un código QR.

2.2. Activadores de Realidad Aumentada (Trigger)

Un trigger (Figura 2) se define como un objeto o función que se ejecuta de manera automática en respuesta a un evento específico ocurrido en el sistema, en el caso de RA una vez que se reconozca el disparador se presentará algún elemento virtual sobre el mundo real en el dispositivo que se esté utilizando.

La RA utiliza mayoritariamente objetos 3D para generar interactividad. Un objeto 3D, es una representación gráficas de elementos reales en forma tridimensional dentro de un espacio virtual, estos pueden ser creados mediante programas de modelado 3D, como AutoCAD, Blender o SketchUP. Consisten en una colección de puntos en el espacio que

se conectan para formar una figura en tres dimensiones con ancho, altura y profundidad (impresion3d, 2022). Una vez que dichos elementos 3D hayan sido reconocidos por las cámaras de las aplicaciones con realidad aumentada, estos pueden ser girados, agrandados, reducidos y en generales manipulados lo cual les permite a los usuarios tener una experiencia interactiva.

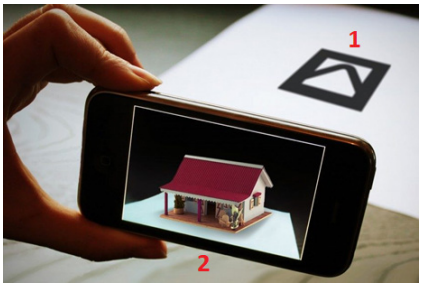


Figura 2 – Ejemplo de disparador o activador (trigger) en realidad aumentada.
Adaptado de (Ardev, 2023)

2.3. Tipos de Realidad Aumentada

Dependiendo del trigger que se considere utilizar se puede clasificar en tres tipos: 1. Basada en reconocimiento de patrones o marcas, 2. Basada en el reconocimiento de imágenes o markeless del mundo real y 3. Basada en la geolocalización. La RA basada en el reconocimiento de patrones o marcas es aquella donde el sistema o app identifica símbolos principalmente códigos QR (Figura 3) que cuando son reconocidos van a superponer algún elemento virtual sobre la realidad, para ello se debe realizar un seguimiento (tracking) del patrón. Este tipo permite que los elementos virtuales puedan moverse o girarse sobre la pantalla de los dispositivos.

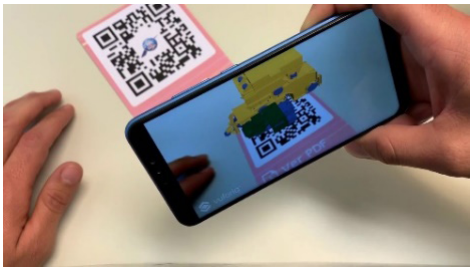


Figura 3 – Realidad aumentada basada en el reconocimiento de patrones o marcas
(IMASA, 2023).

Por su parte la realidad aumentada basada en el reconocimiento de imágenes o markeless se acciona cuando el dispositivo reconoce una imagen del entorno físico (Figura 4), es decir una imagen del mundo real actúa como activador para que los contenidos virtuales aparezcan. Respecto a la RA basada en geolocalización se puede indicar que esta requiere

de un dispositivo capaz de ubicarse mediante coordenadas que permitan establecer puntos de interés (Figura 5) que harán que en la pantalla del dispositivo aparezcan los elementos virtuales, es decir el activador es el posicionamiento del usuario.



Figura 4 – Realidad aumentada basada en el reconocimiento de imágenes o markeless (Gavilán, 2017).

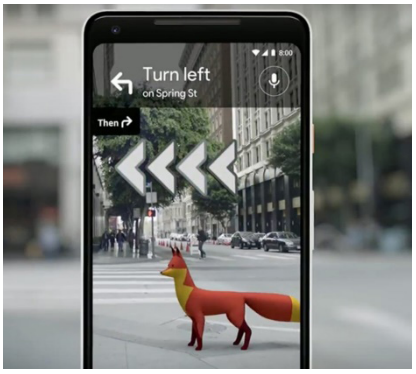


Figura 5 – Realidad aumentada basada en geolocalización (Two Reality, 2018).

De las tres tipologías descritas anteriormente, en este trabajo se ha optado utilizar la RA basada en el reconocimiento de imágenes mediante Unity 3D y Vuforia con el fin de desarrollar un prototipo de app móvil capaz de generar elementos interactivos que sean llamativos para los estudiantes considerando que la educación debe adoptar tecnologías vanguardistas que mejoren la experiencia educativa en un mundo donde las personas sin importar edad utilizan cada vez más dispositivos electrónicos como parte de su diario vivir. Esto hace fundamental que esta tecnología no sea utilizada solo para actividades de ocio sino que también puedan ser un aporte para que los estudiantes adquieran mayor interés por aprender cualquier temática empleando realidad aumentada. Cabe mencionar que la propuesta también considera al constructivismo como teoría y método de enseñanza debido a que esta postura orienta la realización de actividades mediante las cuales, el estudiante puede tener acceso a la información que el docente desea compartir y así, ampliar sus conocimientos sobre un tema, lo cual favorecerá su adaptación en el medio que le rodea (Ortiz Granja, 2015).

2.4. Unity

Unity es un motor de creación de videojuegos multiplataforma, esto quiere decir que está disponible para los sistemas operativos Microsoft Windows, Mac OS y Linux con soporte de compilación con diferentes tipos de plataformas, con Unity se puede crear y entregar experiencias 3D envolventes en tiempo real para realidad aumentada, realidad virtual (VR), computadoras de escritorio, dispositivos móviles android o iOS y aplicaciones web (Unity Technologies, 2023). Un aspecto destacable de Unity es la sencillez que brinda para generar proyectos tanto de 2D como de 3D, revolucionado el segmento de videojuegos. Esta plataforma tiene aplicaciones dentro de diferentes ámbitos como el cine, animación digital, salud, educación, industria automotriz, entre otros, dado a que posibilita la generación de experiencias de realidad virtual y realidad aumentada.

2.5. Vuforia

Vuforia es un SDK (Software Development Kit) que facilita el desarrollo de aplicaciones móviles con Realidad Aumentada, simplifica considerablemente las líneas de código que deben emplearse en el desarrollo (Schmalstieg et al., 2011). Las siglas SDK corresponden a un kit de desarrollo de software que incluye características pre implementadas para realizar actividades específicas. En el caso de Vuforia estas características corresponden al desarrollo de sistemas o aplicaciones dotadas de RA a través de la cámara fotográfica de los dispositivos, sin influir que sistema operativo dispongan ni que sean computadores o teléfonos móviles. Este tipo de SDKs han permitido que los desarrolladores de software sean capaces de crear sistemas que incorporen características de realidad aumentada. El reto está en aprovechar de esta tecnología vanguardista y llevarla a fines educativos, lo cual se considera un objetivo viable dado que la RA se hace muy llamativa para cualquier persona y con más razón para los estudiantes.

3. Metodología y diseño de la investigación

Se realiza un estudio de caso con la finalidad de conocer la viabilidad de desarrollar aplicaciones con realidad aumentada para mejorar la experiencia educativa en una unidad educativa pública de la ciudad de Quito. Se ha iniciado con un proceso de investigación documental destinado a disponer de información relacionada con las definiciones, tipos, características y herramientas de desarrollo de RA para finalizar con la implementación de un prototipo de app móvil. Como metodología técnica se ha optado por Kanban que sigue un enfoque de desarrollo ágil con la premisa de valorar más el software funcional sobre la documentación exhaustiva mediante la utilización del tablero Kanban (Tabla 1).

Por Hacer (To Do)	En proceso (In Progress)	En revisión (Review)	Completado (Done)
En esta columna se incluyen todas las funcionalidades y características (tareas) que se debe implementar en el prototipo.	Aquí se ubican las tareas que están siendo trabajadas por el equipo.	Dentro de esta columna se incluyen las tareas para su revisión por parte de los miembros del equipo.	A esta columna llegarán todas las actividades luego de haber pasado por los estados anteriores sobre todo la revisión.

Tabla 1 – Fases de Kanban a utilizar para el desarrollo de un prototipo de App móvil con realidad aumentada

La columna de actividades por hacer de (Tabla 1) será completada con cada una de las funcionalidades que debe incorporar una aplicación con realidad aumentada que presente recursos multimedia de interés para captar la atención de los estudiantes mediante la utilización de tecnología, en especial los teléfonos celulares. Cada actividad irá moviéndose a la derecha conforme se vaya realizando una a una. El tipo de realidad aumentada a utilizar en este trabajo es la basada en reconocimiento de imágenes aplicando el enfoque de desarrollo iterativo incremental para optimizar el tiempo (Peña et al., 2023). Las fases se describen en (Figura 6).

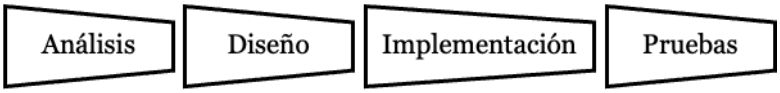


Figura 6 – Fases propuestas para el desarrollo del prototipo (DPSYS, 2021)

Los equipos utilizados para la implementación son un computador y un dispositivo móvil, en (Tabla 2) se detalla cada uno de estos componentes.

Característica	Computador	Dispositivo Móvil
Marca	Dell	Xiaomi Redmi Note 11
Procesador	Core i7 / 7ma Generación	Snapdragon 680
Memoria RAM	16 GB	4GB
Almacenamiento	Disco Magnético de 1TB	128GB
Sistema Operativo	Windows 10 / 64 bits	Android 12
Unity	Versión 2020.3.3f1	N/A
Pantalla	N/A	AMOLED de 6.43” FHD+
Cámara Trasera	N/A	Principal: 48 megapíxeles f/1.79 Profundidad: 2 megapíxeles f/2.4

Tabla 2 – Detalle de los equipos utilizados para el desarrollo del prototipo con realidad aumentada

3.1. Población

Se trabajó con un total de 36 alumnos de 6to año de educación básica de acuerdo al detalle presentado en (Tabla 3). Los datos obtenidos corresponden al año lectivo 2023-2024 de las unidades educativas en el régimen sierra del Ecuador, las edades oscilan entre 9 y 12 años.

Detalle	Cantidad
Total Hombres	20
Total Mujeres	16
Total	**36**

Tabla 3 – Población seleccionada para la investigación

3.2. Grupo de Control

Para recopilar datos se aplicó un cuestionario básico de 5 preguntas a toda la población sobre la realidad aumentada con Unity y Vuforia para mejorar la experiencia educativa, se buscó que las preguntas estén formuladas de manera clara y sean adecuadas para la edad de los niños participantes. Por otro lado el tema seleccionado para generar el prototipo con realidad aumentada fue "Explorando el motor" cuyo objetivo propuesto por el docente es introducir la idea de que el motor es el corazón de un automóvil. Para el estudio de este tema se tiene dos actividades. La primera es mostrar imágenes de motores a gasolina y la segunda señalar las partes básicas como el árbol de levas, block y bujía. De forma tradicional el profesor presentaba a sus alumnos imágenes impresas en hojas físicas con las partes en mención y para la presente propuesta dichas partes fueron presentadas de forma interactiva a través de realidad aumentada mediante el uso de modelos 3D en un dispositivo móvil.

4. Resultados

4.1. Fase de Análisis

Se ha desarrollado un prototipo de aplicación móvil con realidad aumentada mediante la utilización de Unity 3D y Vuforia, dicha aplicación móvil busca mejorar la experiencia educativa al captar la atención de los estudiantes mediante la interactividad que brinda la tecnología de RA. Se aplicó la metodología Kanban, siendo la primera fase el análisis de requerimientos, con esto se determinó las tareas de la columna "por hacer" del tablero, para determinar el orden se asignó una prioridad (Tabla 4) de acuerdo a la importancia de implementación.

ID	DETALLE	PRIORIDAD
1	Instalación de las herramientas de desarrollo	Alta
2	Generación de una licencia en Vuforia	Alta
3	Selección de los objetos 3D	Alta
4	Definición de los triggers o disparadores	Alta
5	Implementación del prototipo de App Móvil	Alta
6	Configuración de la ARCamera	Media
7	Definición de los Image Target o Disparadores	Media
8	Pruebas del prototipo mediante dispositivos Android	Media
9	Presentación del prototipo a estudiantes	Media
10	Elaboración de material impreso para activar la RA	Baja

Tabla 4 – Backlog para el desarrollo de un prototipo de app móvil con RA

Para controlar la ejecución de cada una de las actividades se ha utilizado la plataforma en línea Trello para sistematizar los avances en el tablero Kanban. Las actividades Por Hcer van fluyendo pasando una a una por el estado En Proceso, En Revisión hasta llegar al

estado Completado. La (Figura 7) muestra el tablero a mitad del desarrollo del prototipo de app móvil con RA.

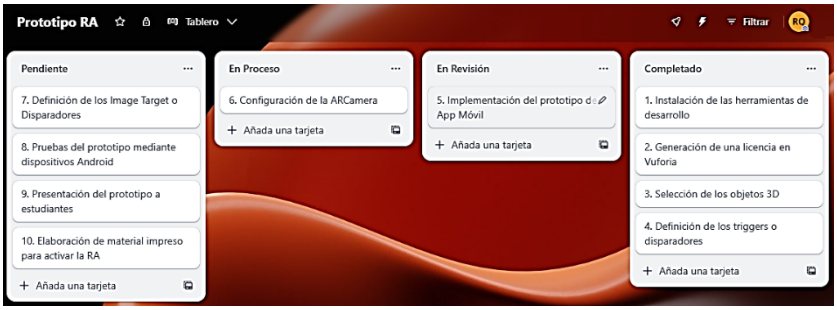


Figura 7 – Tablero Kanban utilizado para el desarrollo del app con realidad aumentada (Prototipo RA | Trello, s. f.).

Como parte de la instalación de las herramientas de desarrollo se determinó que Vuforia Engine es un paquete que forma parte de las herramientas de desarrollo ágil disponibles para realidad aumentada y es fácil de implementar con Unity 3D, entre las ventajas que abarca Vuforia es que incluye sus propios componentes, como el AR Camera, Image Target, etc. Para trabajar con realidad aumentada en Unity se debe importar el kit de desarrollo (SDK) de Vuforia puesto a que este kit es el que contiene las herramientas necesarias para implementar RA. El SDK de Vuforia aporta dos componentes fundamentales como se muestra en la (Tabla 5), así mismo se requiere disponer de una licencia de uso, teniendo las opciones de acceder a una licencia personal que es gratuita o adquirir una licencia comercial que es de pago. Para esta propuesta se ha optado por una licencia personal generada a través del license manager de Vuforia (Figura 8).

Componente	Descripción
ARCamera	Contiene las librerías que gestionan la virtualidad de los objetos en cuestión sobre el mundo real
ImageTarget	Superpone los objetos o elementos 3D debido a que va asociado con el repositorio de marcadores.

Tabla 5 – Componentes de RA de Vuforia dentro de Unity 3D

Para generar una licencia personal o de pago primero se debe disponer de una cuenta de usuario en Vuforia, cuyo registro es gratuito (*License Manager | Engine Developer Portal*, s. f.)

4.2. Diseño de Activadores

Los disparadores son imágenes que al ser escaneadas por la cámara del dispositivo móvil del usuario presentan los modelos tridimensionales de realidad aumentada mismos que pueden girarse, moverse, agrandarse, etc. Para este prototipo se ha seleccionado 3 elementos correspondientes a partes de un motor: árbol de levas, block

y bujía organizados respectivamente en la (Figura 9) y serán los triggers que generan la interacción de RA. Los elementos han sido obtenidos desde el AssetStore de Unity que posee una gran cantidad de modelos tridimensionales ya sean gratuitos o de pago.

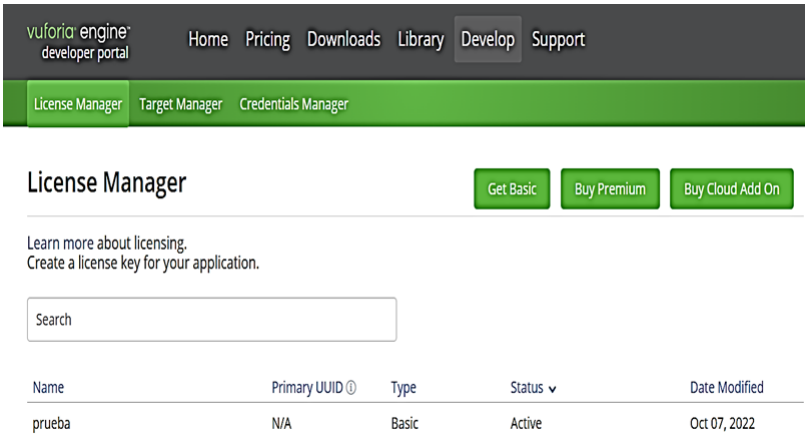


Figura 8 – Generador en línea de Licencias de Vuforia

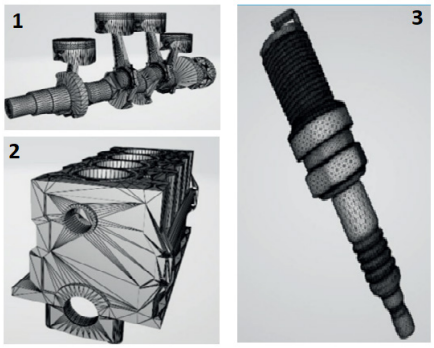


Figura 9 – Modelos seleccionados para activar la realidad virtual

4.3. Implementación

Para agregar los objetos dentro de Unity se crea un proyecto cuya estructura y configuración de la cámara de realidad aumentada se presentan en la (Figura 10), en la estructura se ha definido tres Image Target (Árbol_Levas, Block y Bujia) así como también un ARCamera que es lo que permite que la cámara del dispositivo móvil pueda reconocer los triggers y presentar los elementos 3D virtuales sobre las imágenes reales. En cada image target se ubica la imagen a ser escaneada y el modelo tridimensional que aparecerá cuando sea reconocida (Figura 11), se puede destacar que la escala de los elementos 3D debe ser configurada adecuadamente en Unity para que el objeto se presente de forma realista sin exagerar su tamaño en relación a la pantalla del usuario.

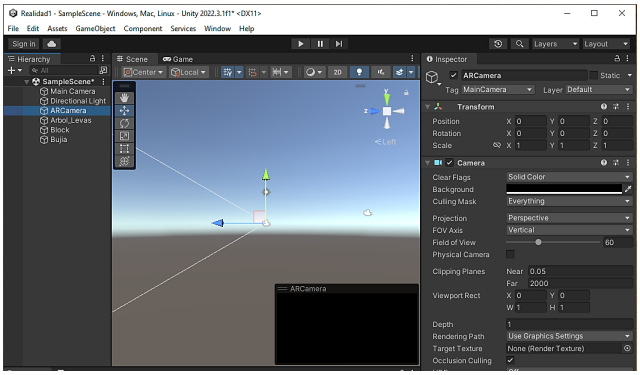


Figura 10 – Estructura del proyecto de realidad aumentada en Unity con el SDK de Vuforia

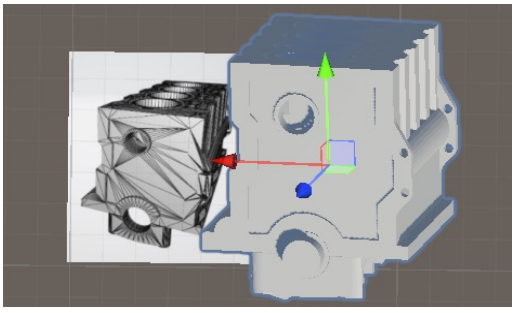


Figura 11 – Representación de los image target dentro de Unity 3D

En la figura 11 se observa la forma de cómo queda implementada la realidad aumentada para el objeto Block, cabe mencionar que se realizó el mismo proceso para el árbol de levas y bujía.

4.4.Pruebas

Para efectuar las pruebas del app móvil, Unity genera un APK (Android Application Package) que se instala de forma automática en el dispositivo Android conectado al computador de desarrollo y la primera pantalla que aparece es un splash screen con la información corporativa de Unity (Figura 12) debido a que se ha usado la versión gratis de este entorno de desarrollo, luego aparece abierta la cámara del teléfono a la espera de capturar las imágenes de alguno de los tres componentes de motor elegidos para probar la implementación de realidad aumentada. Es importante señalar que el peso del APK es de 64.47 MB que una vez instalado ocupa 61.5 MB de espacio interno y para que el aplicativo funcione se debe otorgar permiso de uso de la cámara del dispositivo móvil. En cuanto al peso del APK se puede señalar que es considerable al ser un app con realidad aumentada solo de tres elementos pero con las capacidades de almacenamiento actual no representa complicaciones para teléfonos móviles sobre todo de gama media y alta.



Figura 12 – Mensaje de Unity en apps realizadas con la versión gratuita

Una vez que el app se haya instalado en el dispositivo móvil del usuario se puede realizar el escaneo de imágenes a través de la cámara integrada para observar los modelos 3D interactivos. A continuación se detalla el flujo de la realidad aumentada mismo que se presenta de forma gráfica en la (Figura 13):

1. Se inicia el app móvil en el teléfono celular y se abre automáticamente la cámara del dispositivo para capturar imágenes del mundo real.
2. Se debe reconocer el trigger o disparador configurado en el image target de Vuforia dentro Unity, hay que tomar en cuenta que la calidad de la imagen y luz del ambiente pueden afectar el reconocimiento del mismo.
3. Aparece el modelo 3D en la pantalla del teléfono el cual puede ser girado y/o agrandado de acuerdo a la necesidad del usuario.

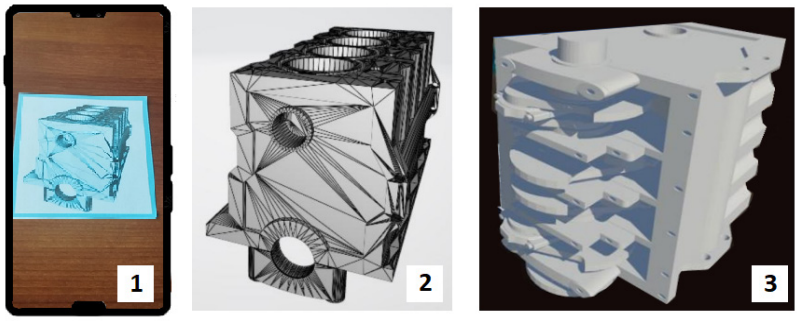
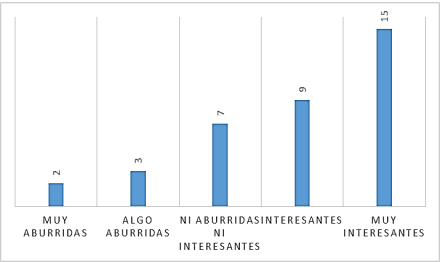
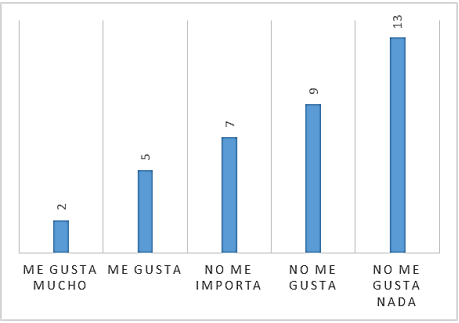
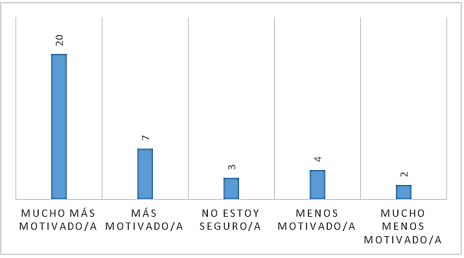
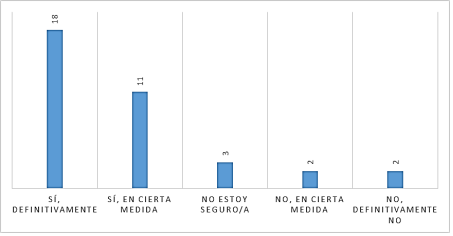


Figura 13 – Pruebas de realidad aumentada en el dispositivo móvil Android

Unity tiene la capacidad de generar apps móviles para iOs pero esta propuesta en particular ha sido enfocada exclusivamente para dispositivos Android. Una vez que los alumnos han interactuado con el prototipo de aplicación móvil con realidad aumentada escaneando cada uno de los disparados propuestos e interactuando con los elementos tridimensionales, se les pidió que respondan un cuestionario de opción múltiple para evidenciar si la experiencia educativa mejora gracias a la utilización de la tecnología de RA en el estudio de las partes de un motor, los datos recopilados se pueden apreciar en (Tabla 6).

N	Pregunta	Resultado obtenido	Análisis e interpretación
1	¿Cómo describirías tu experiencia en las actividades educativas que acabas de realizar?		La mayoría de los estudiantes percibió las actividades como interesantes o muy interesantes, lo cual es positivo. Hay un porcentaje pequeño que considera las actividades como aburridas o algo aburridas, lo que indica áreas de mejora.
2	¿Cómo te sientes en las actividades educativas en las cuales no utilizas tecnología como el celular?		La mayoría de los estudiantes muestra una preferencia negativa hacia las actividades educativas que no utilizan tecnología. Existe un grupo significativo que no tiene una preferencia clara o se muestra neutral en cuanto a la presencia de tecnología en las actividades educativas.
3	¿Te sientes más motivado/a o comprometido/a en las actividades en las que usas tecnología de realidad aumentada?		La gran mayoría de los estudiantes se sienten más motivados en las actividades que incorporan tecnología de realidad aumentada, lo que indica que esta tecnología está siendo percibida de manera positiva.
4	¿Crees que las actividades con realidad aumentada te han ayudado a entender mejor los temas de clase?		Aunque la mayoría ve un beneficio en la realidad aumentada, sería importante explorar las razones detrás de la incertidumbre o percepciones negativas para adaptar las estrategias pedagógicas según las necesidades individuales.

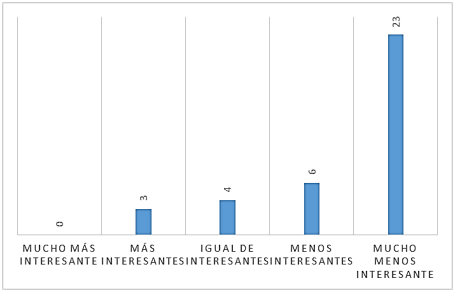
N	Pregunta	Resultado obtenido	Análisis e interpretación
5	¿Qué tan interesante encuentras las actividades sin el uso de tecnología de realidad aumentada en comparación con las lecciones que sí la incluyen?		La mayoría de los estudiantes prefiere actividades que incluyen tecnología de realidad aumentada, lo que respalda la idea de que esta tecnología puede aumentar el interés y mejorar la experiencia de los estudiantes en el aprendizaje.

Tabla 6 – Resultado obtenido en la recolección de datos mediante el instrumento aplicado al grupo de control

5. Discusión

Una tecnología emergente que se ha ido consolidando sobre todo en los últimos años es la RA que combinada con la tecnología móvil ha dado un salto importante en todo el mundo y está cobrando auge en el Ecuador, un país con varias áreas en donde sacar provecho como la educación, la medicina, el turismo, la ingeniería, etc. La RA enfocada al área de la educación que fue el caso considerado para el desarrollo del prototipo estuvo destinado a la enseñanza de las partes de un motor específicamente el block, árbol de levas y bujías, la contribución es que cada alumno puede instalar el app en su teléfono celular y con ello tener la facilidad de interactuar de forma sencilla y sobre todo realista con elementos tridimensionales que representan los componentes de un vehículo a combustión.

Con las pruebas realizadas se puede establecer que los estudiantes sobre todo los de educación básica prestan mucha atención al trabajar con realidad aumentada, en muchos casos porque ha sido una de sus primeras interacciones con esta tecnología, su reacción fue muy agradable al manipular el prototipo desarrollado, esto denota que si es viable mejorar la experiencia educativa considerando que los modelos 3D pueden ser desarrollados para el estudio de cualquier asignatura en vista de que Unity Asset Store dispone de animales, edificios, frutas, plantas, personas, autos y muchísimos más componentes prediseñados de forma gratuita y en el caso de no cumplir con el requerimiento de RA que se tenga se puede comprar elementos de pago o inclusive diseñarlos por cuenta propia a través de software especial como SketchUp, Blender, entre otros programas que permiten generar componentes tridimensionales.

Respecto a las herramientas de desarrollo empleadas se puede indicar que Unity es un motor de videojuegos multiplataforma, es decir el mismo desarrollo se puede aplicar en iOS, Android, Windows, incluso en consolas como PS4, PS5, entre otros. Vuforia y Unity son herramientas de pago, sin embargo, existen versiones personales en las cuales se pueden crear apps para pruebas. Unity está basado en C# y para realidad aumentada debe combinarse con Vuforia que proporciona un kit de desarrollo de software con patrones o marcas útiles para diseñar objetos o disparadores de realidad aumentada. La

metodología Kanban fue un aporte importante dentro de la propuesta que ha permitido realizar las actividades de manera fluida y tener un panorama visual del avance en el desarrollo del prototipo a través de su tablero mismo que fue optimizado mediante la plataforma web Trello.

6. Conclusiones

El prototipo de aplicación móvil con realidad aumentada desarrollada con Unity y Vuforia demuestra la viabilidad de utilizar tecnologías innovadoras para mejorar la experiencia educativa considerando que los estudiantes muestran mayor interés, preferencia, motivación y entendimiento cuando manipulan recursos didácticos interactivos. Sin embargo, hay que manejar la tecnología con cautela para evitar que causen distracción en lugar de aportar positivamente en el aprendizaje.

La realidad aumentada constituye para al usuario la experiencia de mezclar el mundo real con texto, elementos tridimensionales, recursos multimedia como audio o videos interactivos en tiempo real a través de un teléfono celular en cuya pantalla aparecen dichos componentes virtuales. Esta modalidad tecnológica va ganando espacio en el ámbito de la educación, salud e ingeniería por su versatilidad de uso.

El prototipo desarrollado funciona en equipos con Android por la falta de acceso durante la investigación a dispositivos Apple, sin embargo Unity posee la opción de generar aplicaciones para iOS lo cual representa un escenario futuro para explorar el funcionamiento de RA dentro de iPhone.

Referencias

Ardev. (2023). Augmented reality. *Augmented and Virtual Reality Company*. https://ardev.es/en/augmented-reality/

Ballesteros Ricaurte, J. A., & Bernal Zamora, L. (2017). Metodología para la construcción de Objetos Virtuales de Aprendizaje, apoyada en Realidad Aumentada. *Sophia*, *13*(1), 4-12. https://doi.org/10.18634/sophiaj.13v.1i.209

Berumen López, Efrén, Acevedo Sandoval, Salvador, & Reveles Gamboa, Susana. (2021). Realidad aumentada como técnica didáctica en la enseñanza de temas de cálculo en la educación superior. Estudio de caso. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, *11*(22). https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.890

DPSYS. (2021). *Metodología Kanban para Optimizar Procesos – Desarrollo Profesional SyS*. https://academy.dpsys.com.mx/metodologia-kanban-para-optimizar-procesos/

Flores-Flores, A. J., Álvarez-Herrera, M., Flores-Flores, A. J., & Álvarez-Herrera, M. (2019). Pokémon Go y sus factores de éxito: Diseño de un modelo teórico. *Estudios Gerenciales*, *35*(152), 321-330. https://doi.org/10.18046/j.estger.2019.152.3265

García, S. R. (2017). Realidad aumentada y educación. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, *50*, 237-238. https://journals.uco.es/edmetic/article/download/5805/5437

Gavilán, I. G. R. (2017, junio 12). Una definición de realidad aumentada. *Ignacio G.R. Gavilán*. https://ignaciogavilan.com/una-definicion-de-realidad-aumentada/

IMASA. (2023). *Realidad Aumentada—Augmented Reality (AR)*. https://i.ytimg.com/vi/_Wg6aOHVO1U/maxresdefault.jpg

Impresion3d. (2022, noviembre 16). Impresión i3D. *Manufacturas De Precisión I3d | Servicio De Impresión 3D*. https://impresioni3d.com/objetos-3d/

License Manager | Engine Developer Portal. (s. f.). Recuperado 8 de septiembre de 2023, de https://developer.vuforia.com/license-manager

Ortiz Granja, D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophía*, *1*(19), 93. https://doi.org/10.17163/soph.n19.2015.04

Peña, A., Bonilla, D., Muñoz, M., Aguilar, R. (2023). Diseño de videojuegos para el análisis de habilidades personales. *RISTI*. https://www.risti.xyz/issues/risti49.pdf

Prendes Espinosa, C. (2015). *Realidad aumentada y educación: Análisis de experiencias prácticas*. https://idus.us.es/handle/11441/45413

Prototipo RA | Trello. (s. f.). Recuperado 8 de septiembre de 2023, de https://trello.com/b/4dp6JR5i/prototipo-ra

Schmalstieg, D., Langlotz, T., & Billinghurst, M. (2011). Augmented Reality 2.0. En G. Brunnett, S. Coquillart, & G. Welch (Eds.), *Virtual Realities* (pp. 13-37). Springer Vienna. https://doi.org/10.1007/978-3-211-99178-7_2

Two Reality. (2018, junio 8). Cómo Google Maps implementará la realidad aumentada. *Two Reality*. https://www.tworeality.com/como-google-maps-implementara-la-realidad-aumentada-en-nuestro-dia-a-dia-2/

Unity Technologies. (2023, septiembre 3). *Plataforma de desarrollo en tiempo real de Unity | Motor de VR, AR, 3D y 2D*. Unity. https://unity.com

Vidal Ledo, M., Lío Alonso, B., Santiago Garrido, A., Muñoz Hernández, A., Morales Suárez, I. del R., & Toledo Fernández, A. M. (2017). Realidad aumentada. *Educación Médica Superior*, *31*(2), 0-0.

Villavicencio, P. C. (2021). *Primera Edición, 2021 © Ministerio de Educación Av. Amazonas N34-451 y Av. Atahualpa Quito-Ecuador www.educacion.gob.ec.*

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 10/05/2024
Aceitação/Acceptance: 09/07/2024

Hacia una experiencia museística inmersiva: Realidad Aumentada y el legado cultural del Museo Isidro Ayora

Mike Orlando Aguilar Orozco[1], Nickole Rivera Gaibor[2], Marco Toapanta Mendoza[2], Blanca Lilia Arias Medina[3]

mike.aguilar@utc.edu.ec; melissa.rivera2021@utc.edu.ec; marco.toapanta5516@utc.edu.ec; blanca.arias3683@utc.edu.ec

[1] Grupo de Investigación Diseño Gráfico y Multimedia para el Desarrollo Humano y Social, Facultad de Ciencias Sociales Artes y Educación, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga 050102, Ecuador.

[2] Facultad de Ciencias Sociales Artes y Educación, Universidad Técnica de Cotopaxi Latacunga 050102, Ecuador.

[3] Grupo de Investigación Perspectivas Comunicacionales Críticas desde Cotopaxi, Facultad de Ciencias Sociales Artes y Educación, Universidad Técnica de Cotopaxi Latacunga 050102, Ecuador.

Pages: 459-476

Resumen: El presente estudio busca evaluar la implementación de la Realidad Aumentada (RA) en la línea artística del Museo Isidro Ayora, ubicado en Latacunga, Ecuador, el cual está orientado a la arqueología, etnografía, ciencias e historia natural. El objetivo es evaluar el impacto de la RA en la percepción visual de las obras de arte del museo. Se realizó una investigación con metodología mixta de campo que incluyó la observación participante, entrevistas a visitantes, la aplicación de encuestas y la intervención de expertos curadores de museos. Se analizaron las respuestas y comentarios para determinar la línea artística y elaborar los murales en el museo con personajes de la Mama Negra como símbolo de identidad del cantón y como producto del análisis de las respuestas de la encuesta aplicada. Es así que como resultado se obtuvo la animación de los personajes que estaban plasmados en el mural mediante una aplicativo de celular Artivive. Los resultados del estudio indican que la RA ha tenido un impacto positivo en la experiencia de los visitantes, con una propuesta artística basada en la metodología del Design Thinking con sus cinco pasos: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar. A través de un enfoque centrado en el usuario y la colaboración interdisciplinaria, se logró desarrollar una línea artística que mejoró significativamente la experiencia cultural y visual de los visitantes.

Palabras-clave: Ecuador; Design Thinking; Línea Artística; Museo; Realidad Aumentada.

Towards an immersive museum experience: Augmented Reality and the cultural legacy of Museo Isidro Ayora

Abstract: The present study seeks to evaluate the implementation of Augmented Reality (AR) in the artistic line of the Isidro Ayora Museum, located in Latacunga, Ecuador; it is oriented to archeology, ethnography, science and natural history. The objective is to evaluate the impact of AR on the visual perception of the museum's works of art. Research was carried out with a mixed field methodology that included participant observation, visitor interviews, the application of surveys and the intervention of expert museum curators. The responses and comments were analyzed to determine the artistic line and elaborate the murals in the museum with characters of the Mama Negra as a symbol of identity of the canton, as a result of the analysis of the responses to the survey applied. As a result, we obtained the animation of the characters that were captured in the mural by means of an Artivive cell phone application. The results of the study indicate that AR has had a positive impact on the visitors' experience, with an artistic proposal based on the Design Thinking methodology with its four steps: empathize, define, devise, prototype and evaluate. Through a user-centered approach and interdisciplinary collaboration, it was possible to develop an artistic

Keywords: Ecuador; Design Thinking; Art Line; Museum; Augmented Reality.

1. Introducción

Los espacios históricos y los objetos de una cultura son elementos que representan la identidad de una sociedad. En el campo del patrimonio cultural, la tecnología de Realidad Aumentada (RA) simboliza una oportunidad para sumar la experiencia de los visitantes en espacios que son identificados como museos, ofreciéndoles una conexión más profunda y significativa. Con este argumento, el presente artículo explora el potencial de la integración de la RA en el Museo Isidro Ayora, un espacio cultural de relevancia ubicado en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, en Ecuador.

La línea artística del museo, identificada por la conservación e impulso de la cultura ecuatoriana, se convierte en el eje temático que sustenta la implementación de esta tecnología emergente. El artículo busca demostrar cómo la integración de esta tecnología puede contribuir a la revitalización y modernización de la experiencia de los visitantes en el museo, a través de un análisis exhaustivo de las posibilidades que ofrece la RA en términos de atractivo visual y cultural.

En los últimos años, dentro de los museos, la RA se va abriendo espacio, tanto en España como en Latinoamérica las experiencias de interactuar con la tecnología han sido significativas. Para Muñoz & López (2021), es un elemento que, hace que la experiencia del usuario sea llevada a otro nivel, al combinar la tecnología y la cultura en los espacios. En España, se han registrado diversos casos de aplicaciones de RA en los museos para ofrecer nuevas experiencias turísticas culturales más envolventes y participativas. Se puede citar ejemplos como la Casa Batlló en Barcelona ha implementado la RA en sus videoguías, por su parte Google Arts & Culture ofrece visitas virtuales a galerías mediante esta tecnología.

En Latinoamérica se pueden visitar de forma virtual el Museo Nacional de Antropología en México donde se observan modelos 3D de piezas prehispánicas y juegos educativos. Otro espacio reconocido es el Museo de Arte Moderno de Buenos Aires (Argentina), conocido por sus siglas MAMBA, permite al usuario interactuar con las obras de la colección, superponiendo información y realizando animaciones. También se puede

citar al Museo Chileno de Arte Precolombino que ofrece una experiencia de realidad aumentada que permite desenterrar piezas arqueológicas y conocer su contexto histórico.

Son museos y galerías de arte que han adoptado un enfoque multisensorial para enriquecer la experiencia de sus visitantes. Las propuestas y experiencias analizadas destacan la integración de diversos sentidos en la configuración de los espacios interiores de los museos. Los estudios se han agrupado temáticamente para resaltar las cercanías y proximidades en sus enfoques y hallazgos.

En el estudio de Vivar-Cordero (2023) titulado "Sensorium museístico: Redefiniendo la experiencia estética en museos a través de elementos sensoriales y tecnología avanzada" detalla cómo la tecnología aportó para mejorar la imagen y brindar una experiencia particular a los usuarios. Los cambios abarcaron la iluminación, sonido, formas de interactuar con el visitante, estímulos vibrotáctiles, entre otros.

1.1. Cultura y muralismo ecuatoriano

La RA ha transformado la experiencia museística, ofreciendo interacciones dinámicas, envolventes e informativas. En Ecuador, su adopción ha sido gradual, principalmente en obras de arte. Entre los más destacados están: Museo de Arte Precolombino en Realidad Aumentada del Ecuador, que ofrece una experiencia interactiva con objetos arqueológicos en 3D, utilizando RA para mostrar piezas de manera realista y complementando visitas guiadas; busca acercar al público joven al arte y la cultura, con planes de expansión a otras ciudades.

Asimismo, están el Museo de Portoviejo, que implementó RA en piezas gráficas de aves para resaltar su importancia y la problemática de su extinción;la tecnología permitió la observación detallada de las aves e interacción con información sobre su hábitat y estado de conservación. El Museo del Carmen Alto, en Quito, ofrece recorridos virtuales sobre lienzos, utilizando RA para dar vida a las obras de arte. Los visitantes pudieron apreciar las obras desde diferentes perspectivas y obtener información adicional sobre su contexto histórico y artístico.

Es así que en Ecuador el muralismo ha sido la antesala para aplicar las nuevas tecnologías que se han convertido en una ventana para que el arte se siga desarrollando. Según García (2019), los artistas ecuatorianos han utilizado elementos de la iconografía prehispánica en sus murales para representar la identidad cultural y la historia del país. Uno de los espacios culturales en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi, es el Museo Isidro Ayora que expone parte de la cultura Valdivia, Tolita y Arte Indigenista. Para Smith (2022), la cultura Valdivia tiene relevancia debido a sus orígenes y su sofisticada producción artística, especialmente en lo que respecta a la cerámica. Además, sus prácticas agrícolas y económicas, así como su concepción del mundo y la sociedad, permiten entender mejor la evolución de las civilizaciones precolombinas en América del Sur; en este sentido el museo generó una línea artística basada en murales culturales. Asimismo, en esta conceptualización del muralismo Barnuevo Solís, (2021), precisa que:

> *Existe una noción distinta a la de espacio público, en la que el ámbito de la divulgación es muy importante, el espacio está supeditado a los medios que presentan al público los contenidos de la vida social, ya que son los encargados*

> *de comprender y percibir los mensajes, se habla de un intercambio entre sociedades que no se limita a una circunscripción territorial. (p.20)*

Para los artistas ecuatorianos representar la cultura ha sido el eje principal al momento de plasmar sus obras de arte. Es así que logran conjugar el contexto social con las formas icónicas de la cultura para una mayor experiencia al visitante.

1.2. Tecnología de la Realidad Aumentada

Según Roa Martín (2021), la RA es una herramienta que puede mejorar la experiencia emocional, sensorial e intelectual en lugares como museos. A medida que avanza la tecnología los cambios han sido acelerados a escala global, ocasionando que la percepción del mundo se modifique y a la vez se adapte a la transformación constante de la forma cómo la humanidad aprende a utilizar estas nuevas tecnologías, que se han vuelto parte de la cotidianidad. Aportes de investigaciones como la de Caiza Chacha y Sasig Silva (2022) precisan que "La tecnología de realidad aumentada se ha convertido en un importante reclamo vinculado con los recursos museográficos más vanguardistas" (p. 6). La combinación de lo virtual con lo real permite que los usuarios puedan generar experiencias que estimulan sus sentidos con reacciones bienestar.

Por ende, se puede definir que la incorporación de la tecnología a espacios artísticos le ha dado vida y ha despertado curiosidad a los visitantes del museo. Pero también, se precisa que el interés por desarrollar aplicaciones para dispositivos electrónicos, como son computadoras y celulares utilizando la web, ha sido prioritario para las nuevas generaciones contribuyendo a la evolución del arte (Caiza Chacha y Sasig Silva, 2022).

1.3. Contexto actual del Museo Isidro Ayora en Latacunga

Este tema se fundamenta en múltiples aspectos: En primer lugar, el Museo Isidro Ayora representa un valioso patrimonio cultural que requiere una atención especial para preservar y enriquecer su identidad artística. El desarrollo de una línea artística coherente aplicando la RA, no solo fortalece la conexión emocional de los visitantes con la cultura local, sino que también contribuye a la difusión de la historia cultural representada en los murales existentes y que no han sido restaurados.

A pesar de este componente histórico, los murales en Ecuador van perdiendo relevancia como una muestra de expresión artística. Estos resultados se beben a la influencia desde el ámbito político, justicia social, de lucha y resistencia; mientras avanza el tiempo, la población ve con menos interés el arte de los murales. Es así que, esta investigación se propone identificar la línea artística que deben tener los murales dentro de los museos. Para este artículo se tomó como unidad de análisis al Museo Isidro Ayora que exhiben un patrimonio material e inmaterial de la humanidad en Latacunga, Ecuador, lo que conlleva a ser un espacio de aprendizaje y de enriquecimiento cultural para sus estudiantes, por ende, a la comunidad.

La propuesta para la nueva línea artística se distingue significativamente de los murales existentes en el museo; busca crear una narrativa visual e interactiva unificada que conecte los elementos culturales presentes en la colección. Los nuevos murales están intrínsecamente vinculados a la identidad local, destacando aspectos clave de la historia, tradiciones y logros culturales de la región. Esto fomenta la atracción del turismo local,

nacional e internacional; por lo tanto, tiene potencial de incrementar significativamente la afluencia de visitantes, proporcionando una base sólida para la sostenibilidad cultural y financiera del museo.

Este proyecto no solo impulsa la creatividad y la innovación en el ámbito artístico y tecnológico en museos, sino que también contribuye a la preservación de la historia y la memoria cultural. La relevancia de esta investigación se extiende más allá del ámbito local, ya que la consecución de una línea artística basada en murales aplicando RA, puede proyectar al Museo Isidro Ayora como un referente cultural a escala nacional e internacional.

En consecuencia, esta investigación no solo aborda la mejora de la experiencia museística que deben ya implementar los museos de Ecuador, sino que también contribuye al enriquecimiento cultural a la proyección positiva de un patrimonio cultural invaluable, por lo cual una línea artística cohesiva que involucra las nuevas tecnologías, compromete su capacidad para destacarse como un destino cultural para visitantes. Esta ausencia de una línea artística y narrativa impacta, tanto la percepción general del museo a nivel macro como la experiencia del visitante a nivel micro, fragmentando su comprensión y conexión con la riqueza cultural presente, especialmente en relación con los murales que enriquecen las instalaciones.

En este sentido la pregunta de investigación planteada es: ¿cómo la RA, sustentada en la línea artística del Museo Isidro Ayora, enriquece el atractivo visual y cultural en la experiencia de los visitantes? A partir de la interrogante se ha planteado un objetivo general que es evaluar el impacto de la RA en la percepción visual de las obras de arte del Museo Isidro Ayora. Para lograr este objetivo se recurrió a los objetivos específicos que fueron: identificar la línea artística que genera mayor impacto visual en la experiencia del visitante; analizar la relación entre la RA y la línea artística del museo para determinar su complementariedad; y, medir el nivel de satisfacción de los visitantes con la experiencia visual de la RA.

2. Metodología

En el marco de la búsqueda de soluciones innovadoras al problema planteado, se implementó la metodología mixta *Design Thinking* en murales que están en los museos, de forma particular el Museo Isidro Ayora. La misma permitió enfocar el proceso de investigación en las necesidades de los usuarios, que se fundamenta el contar con un espacio atractivo e interactivo. Se emplearon métodos cualitativos como análisis de contenido artístico y observación participante, y método cuantitativo, como encuesta a los usuarios, para conocer su experiencia luego de observar la propuesta innovadora.

Tim Brown (2020), difundió la metodología a escala mundial con su artículo titulado *"Design Thinking"*, en *Harvard Business Review*. Esta se centra en las personas creando soluciones innovadoras y efectivas que respondan a las necesidades y deseos. Esta metodología consta de cinco etapas: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar.

En la etapa de **Empatía**, se ajustó en comprender las necesidades y deseos de las personas a las que estamos diseñando. La etapa de **Definición** implica clarificar el problema y definir una dirección clara para la solución. La etapa de **Ideación** es un

proceso creativo en el que generamos múltiples ideas. En la etapa de **Prototipado** se crea el modelo con base en las ideas. Por último, en la etapa de **Evaluación**, se generó la presentación a los usuarios del museo fueron los que valoraron y expresaron el nivel de satisfacción por medio de sus sentimientos.

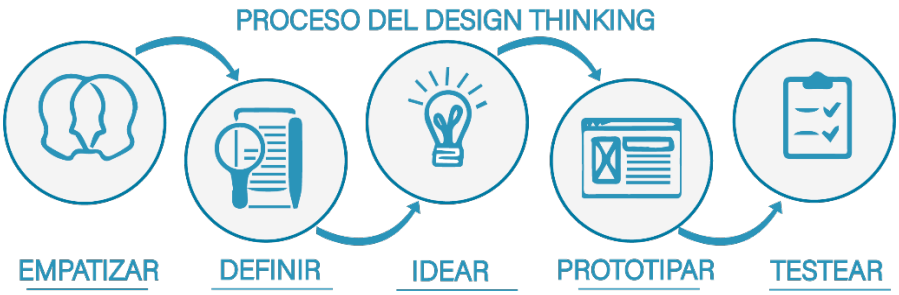


Figura 1 – Fases de la metodología Design Thinking
Nota. Proceso desarrollado en el estudio del museo (elaboración autores).

2.1. Método de investigación aplicado

La realización de la presente investigación se enfocó en el Museo Isidro Ayora de la escuela del mismo nombre, ubicado en la ciudad de Latacunga, Ecuador. Esta institución cultural constituye un pilar fundamental en la región, ya que contiene una valiosa colección compuesta por piezas precolombinas, artefactos arqueológicos, obras de arte, documentos históricos, cerámicas, vasijas, vestimentas de época, abalorios y elementos que reflejan las tradiciones locales. La exhibición se encuentra ubicada dentro de las instalaciones de la escuela del mismo nombre y está emplazado en un sector céntrico de la ciudad, lo que facilita su acceso.

Es decir, el museo preserva historia del patrimonio cultural de Latacunga y de la región, lo que lo constituyó en un escenario idóneo para la realización de la investigación. En este contexto, no solo se prioriza su contenido histórico, sino que también contribuye al ámbito educativo y al enriquecimiento del conocimiento cultural, aspectos que se están perdiendo en la actualidad.

Además, otra metodología empleada para este estudio se centró en el análisis cualitativo, el cual desempeñó un papel fundamental en la evaluación de la comunidad respecto al planteamiento del estudio. Las unidades de análisis fueron 60 encuestados que asistieron al Museo Isidro Ayora, en un rango de edad entre 6 a 50 años y seis artistas con la perspectiva de expertos y curadores de museos.

Es importante precisar que sus impresiones ante la muestra son las que aportaron para la investigación permitiendo diversificar el criterio. Se optó por la estrategia de recabar datos objetivos y mensurables a través de encuestas, como métricas cuantitativas y herramientas de investigación de datos que vinculan la observación participante, con el propósito de evitar sesgos subjetivos que proporcionen una comprensión precisa y cuantificable referente a las actitudes de la comunidad en relación a la propuesta artística.

2.2. Diseño de la propuesta

2.2.1. Fase Empatizar

Esta fase implicó recopilar datos de las encuestas dirigidas a la ciudadanía referente a la idea del proyecto visual, estas encuestas reflejaron una recepción positiva hacia su ejecución, lo que facilitó avanzar en el desarrollo de la propuesta artística. Esta metodología se caracteriza por obtener un enfoque integral y centrado en el usuario, el método no solo identificó las necesidades evidentes, sino que profundizó en las emociones y expectativas de los visitantes. Los datos recopilados fueron la base para generar el gráfico que se fundamentó en la necesidad de las unidades de análisis que aportarán para la propuesta final.

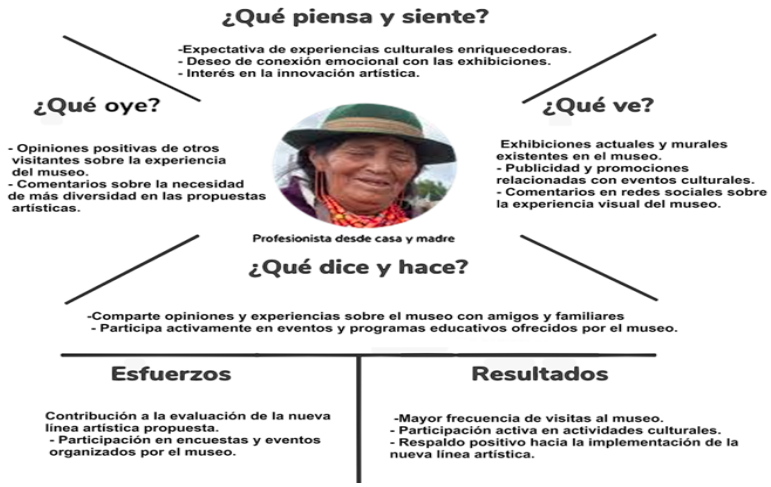


Figura 2 – Empatía para Beneficiarios Directos e Indirectos (Visitantes del Museo Isidro Ayora)
Nota. Las encuestas a los usuarios del museo aplicadas a un análisis de empatía de acuerdo a la metodología Design Thinking (elaboración autores).

2.2.2. Fase Definir

Comprender la relación entre el arte, la cultura y la experiencia del usuario son elementos para definir la línea gráfica. Además, modela la idea para plasmarla en el mural de acuerdo a las necesidades y sugerencias de los usuarios del museo. La empatía es una de las fases que identifica la necesidad de atraer a un público diverso en términos de edades y orígenes, conservando así la autenticidad cultural del museo. Como señala Brown, T. (2020) El Design Thinking consiste en mirar el mundo como un diseñador. Y eso significa preguntarte cómo mejorar el mundo desde la perspectiva de un diseñador. Los encuestados permitieron generar una propuesta con identidad cultural propia.

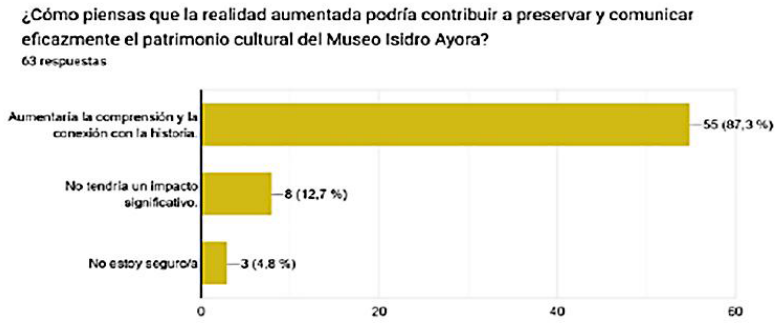


Figura 3 – Encuestas de satisfacción a visitantes
Nota. Usuarios del Museo Isidro Ayora dan a conocer el punto de vista al aplicar la RA en el espacio de arte (elaboración autores).

2.2.3. Fase Idear

En esta fase se consideró una colaboración interdisciplinaria fusionando la creatividad de seis artistas con la perspectiva de expertos y curadores de museos. Para la elaboración del prototipo se inició con una sesión de lluvia de ideas determinada por las visitas al museo, que fueron el público objetivo encuestado. Por describir solo unas palabras expuestas en los formularios de respuestas se identifica a: "identidad local", "patrimonio cultural", "murales", "innovación educativa", "experiencia participativa", entre otras.

Palabras que actuaron como estímulo para inspirar una amplia gama de ideas creativas a los artistas. La sesión de lluvia de ideas proporcionó un contexto dinámico que motivó narrativas visuales y soluciones innovadoras, este proceso no solo estableció ideas significativas, sino que planteó el fundamento conceptual para el desarrollo del prototipo, garantizando que cada elemento de la propuesta estuviera profundamente vinculado con la herencia cultural y visual del Museo.



Figura 4 – Lluvia de ideas: Palabras clave e ideas del museo Isidro Ayora
Nota. Los encuestados se pronuncian por un tema de identidad cultural particularmente la Mama negra (elaboración autores).

2.2.4. Fase Prototipar

En concordancia con los principios de la metodología Design Thinking, el desarrollo de la línea artística en el Museo ha trascendido el ejercicio de expresión creativa. Esta fase ha desempeñado un papel fundamental en la transformación del espacio museístico, propiciando una experiencia enriquecedora para los visitantes y fortaleciendo el vínculo emocional con la comunidad y su patrimonio cultural.

Los personajes creados adoptaron el estilo Pulp Clásico, que se originó en los cómics de la Edad de Oro; este estilo se seleccionó con el fin de generar una experiencia visual y cultural significativa. Evoca una conexión histórica con la época dorada de la narrativa gráfica, destacando de este modo la valiosa herencia cultural que el museo propone preservar.

La versatilidad y la simplicidad del estilo Pulp Clásico brindaron un lienzo efectivo para representar la diversa historia y cultura de Latacunga, contribuyendo así una experiencia culturalmente enriquecedora y visualmente atractiva para los visitantes del museo. Más allá de embellecer el entorno del museo, esta iniciativa creó una experiencia inmersiva mediante la aplicación de la realidad aumentada, enfatizando así la importancia de preservar y celebrar el patrimonio local.



Figura 5 – Mama Negra. El Abrazo de tres Metros que Rescata Raíces
Nota. Identificación del Artista: Melissa Nickole Rivera Gaibor & Marco Antonio Toapanta Mendoza.

2.2.5. Fase Evaluar

La implementación de una evaluación del impacto del proyecto de RA en el Museo Isidro Ayora fue esencial para medir su efectividad. La retroalimentación de los visitantes, a partir de encuestas de satisfacción y métricas de participación, todo esto con el fin de evaluar la recepción y comprensión por parte de los visitantes. Las interrogantes de usabilidad realizadas a los visitantes del Museo Isidro Ayora, aseguraron que la propuesta no solo fue visualmente impresionante, sino también funcional, eficiente e intuitiva, lo

que generó una propuesta culturalmente resonante. Es así que los resultados se detallan en la siguiente tabla:

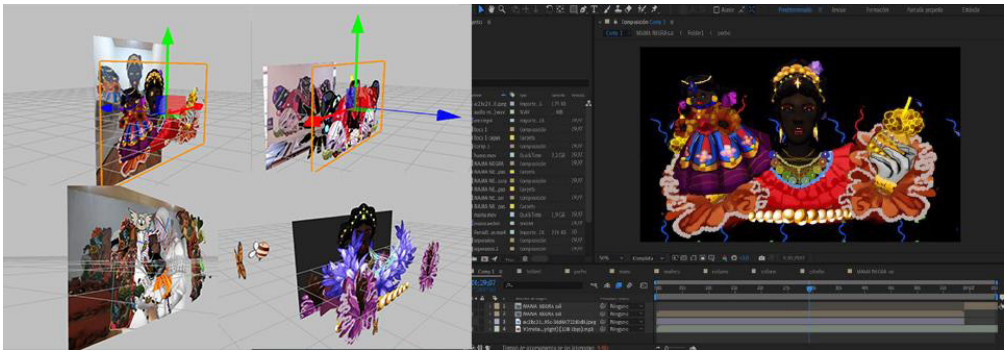


Figura 6 – Desarrollo de la propuesta (AR) para murales
Nota. Proceso de la animación para RA (elaboración autores).

Valoración	Experiencia de la nueva línea grafica	Primera impresión	Percepción del cambio	Impactó el material audiovisual
Muy satisfecho	40%			
Satisfecho	40%			
Normal	20%			
Sorprendido		80%		
Emocionado		20%		
Si			80%	70%
No			0%	20%
Talvez			20%	10%

Nota. Resultados de las encuestas basadas en el testeo del proyecto artístico (elaboración autores).

Tabla 1 – Resultados de encuesta de satisfacción

Los resultados obtenidos fueron notables con la metodología Design Thinking, evidenciando una transformación estética del entorno del museo y una elevación significativa de la experiencia de los visitantes, facilitada por la RA.



Figura 7 – Proceso de evaluación del Design Thinking
Nota. Proceso para la evaluación del proyecto en el museo (elaboración autores).

La interactividad de las instalaciones, la narrativa visual y la cuidadosa integración de elementos históricos en el diseño, han contribuido a un aumento significativo en la participación y el interés de los visitantes. Los objetivos iniciales de revitalizar el atractivo visual del museo aplicando RA y promover una conexión más profunda con su contenido cultural no solo se cumplieron, sino que se superaron, consolidando la relevancia continua del museo en la comunidad.

3. Resultados

La metodología de investigación utilizada se centró en el análisis cualitativo - cuantitativo, este estudio desempeñó un papel fundamental para la evaluación y la aceptación del proyecto artístico en la comunidad. Se optó por recopilar datos objetivos y medibles, a través de encuestas. Con la ayuda de herramientas de investigación, como la observación participante, se obtuvo información de comprensión precisa y cuantificables de las actitudes de la comunidad hacia la propuesta artística, lo que conllevó a interpretar de manera objetiva el nivel de aceptación de la propuesta en la sociedad. Los resultados tanto cualitativos como cuantitativos se reflejan en la técnica Design Thinking.

3.1. Resultados artísticos

La encuesta cuantitativa, fue uno de los instrumentos utilizados para evaluar y desarrollar la línea artística propuesta, ya que proporciona datos objetivos y medibles que minimicen sesgos subjetivos. Los resultados obtenidos revelaron un respaldo significativo de la comunidad hacia la creación de la nueva línea artística con enfoque cultural propio del territorio, lo que respaldó su implementación para mejorar la experiencia de los visitantes en el museo. Como lo señala en su estudio Hernández, R., & Mendoza, (2018) la línea artística de un museo puede ser complementada y enriquecida mediante la tecnología que permite la superposición de elementos virtuales sobre el mundo real, creando una experiencia inmersiva y enriquecedora.

Con las fases de la metodología del Design Thinking se profundizó en las necesidades artísticas del visitante, generando ideas creativas y la evaluación de prototipos para garantizar su efectividad. Para Brown (2020), la creatividad surge de la interacción con las necesidades del usuario que visita los espacios de arte; así mismo al contexto social aportan con los elementos para generar narrativas atractivas. En el estudio aplicado los visitantes fueron el eje para darle vida a espacios muertos por medio de la tecnología; la mentalidad de diseño innovadora y centrada en el usuario fue un resultado de la interacción.

Mediante la creación de prototipos con base en la investigación, se desarrolló esta línea artística como medio visual que transmite la identidad local, tradiciones e historia, ofreciendo un arte que reinterpreta la riqueza cultural del museo, al embellecer su entorno convirtiéndose en un espacio dinámico y participativo. La línea artística no solo mejoró la estética del museo, sino que también promovió la conexión emocional, la creatividad y la comprensión mutua entre la comunidad y su herencia cultural. Durante esta etapa inicial, se recopilaron ideas preliminares para analizar la perspectiva de los espectadores. Esta información sirvió como base para la última fase del proyecto artístico, donde se realizaron ajustes y refinamientos a los prototipos.



Figura 8 – Huaco. Exposición de murales en el Museo Isidro Ayora.
Nota. Identificación del artista: Melissa Nickole Rivera Gaibor & Marco Antonio Toapanta Mendoza.



Figura 9 – Familia Huaco. Un Abrazo de Identidad.
Nota. Identificación del artista: Melissa Nickole Rivera Gaibor & Marco Antonio Toapanta Mendoza.



Figura 10 – Huaco. Exposición de murales en el Museo Isidro Ayora.
Nota. Identificación del artista: Melissa Nickole Rivera Gaibor & Marco Antonio Toapanta Mendoza.

La fase de Evaluar fue esencial para medir el impacto del proyecto artístico, utilizando retroalimentación de los visitantes, encuestas de satisfacción y métricas de participación. Los resultados demostraron una transformación estética del entorno del museo y una mejora significativa percibida por los usuarios. La interactividad de las instalaciones, la narrativa visual y la integración de elementos históricos contribuyeron a un aumento significativo en la participación y el interés de los visitantes, superando los objetivos iniciales del proyecto.

Estos resultados armonizan con lo expuesto en el trabajo de Blanco Pons, S. (2020). que precisa que los componentes de la historia y la escucha a los visitantes de los

museos transforman estos repositorios de arte aplicando el feedback para satisfacer las necesidades de los usuarios. Escuchar al usuario presentó resultados sólidos que respaldaron la implementación exitosa de la propuesta artística en el Museo Isidro Ayora, mejorando la experiencia cultural y visual de los visitantes y consolidando la relevancia del museo en la comunidad.

4. Discusión de resultados

En el presente estudio se plantearon tres objetivos específicos que con una metodología mixta se lograron resultados que han proporcionado una mejora en la presentación artística del Museo Isidro Ayora en la ciudad de Latacunga en la provincia de Cotopaxi. Al plantearse el objetivo de identificar las características la línea artística de la RA que generan mayor impacto visual en la experiencia del visitante mediante la fase de Empatizar y Definir con los datos de la encuesta aplicada los visitantes, sugirieron la representación de los personajes de la Mama Negra. Fiesta que tiene una identidad marcada entre la población latacungueña y turistas.

Aplicando la RA en esta representación gráfica, por medio de una aplicación instalada en el dispositivo móvil (Artivie) el visitante observa el movimiento de los personajes que se encuentran en el mural. En el estudio planteado por Roa Martín (2021) parte de la idea de que la RA puede mejorar mucho la interpretación del arte rupestre sin alterar ni dañar las pinturas. Puede servir para atraer a un público mayor, dar a conocer la historia de las pinturas rupestres y que al mismo tiempo el visitante tenga una experiencia mucho más enriquecedora.

Para el segundo objetivo específico que fue el de analizar la relación entre la RA y la línea artística del museo para determinar su complementariedad se observaron resultados significativos. Según datos obtenidos aplicando la técnica de Design Thinking, en las fases de Idear y Prototipar, los investigadores precisaron las ideas planteadas por los visitantes, sumado a las técnicas y destrezas adquiridas, lograron plasmar desde el muralismo las imágenes que luego cobraron vida con la aplicación de la tecnología en lo que se define como la RA.

Es así que las características particulares de los personajes se mostraron, así por ejemplo el baile característico en la fiesta de la Mama Negra. Correia y Silva (2021) en su estudio "Impacto de la realidad aumentada en la experiencia del visitante en un museo de historia natural" detallan que los resultados de una línea artística son fruto de idear a partir de las sugerencias; sumando la creatividad al momento de trabajar en los prototipos que identifican una población con un contexto determinado.

Para los visitantes del museo fue significativo observar a estos murales que cobren vida. El estudio de Luna, Ibáñez-Etxeberria y Rivero (2019), identifican que las aplicaciones son herramientas técnicas que facilitan la enseñanza aprendizaje dentro de los museos, aún más cuando las piezas de estos espacios son frágiles y se debe tener el mínimo contacto con las mismas, evitando el deterioro.

En el tercer objetivo específico los investigadores plantearon medir el nivel de satisfacción de los visitantes con la experiencia visual de la RA, actividad que se logró con la aplicación de la encuesta a los beneficiarios. Los datos presentan un análisis de las

reacciones de los visitantes al Museo Isidro Ayora, indican que un 80% de los visitantes experimentaron sentimientos de sorpresa, mientras que el 20% restante manifestó agrado ante la mejoría del espacio. Este hallazgo sugiere que la nueva línea artística ha tenido un impacto significativo en la mayoría de los visitantes. Por lo tanto, se puede concluir que la nueva línea artística del museo ha tenido un impacto significativo y positivo en la experiencia de los visitantes.

En investigaciones similares como la de Santibáñez (2006) como lo cita en Camps-Ortueta y Gutiérrez-Manjón mostraba cómo las primeras herramientas virtuales podrían ayudar al aprendizaje en los museos, en su estudio "Aplicación lúdica de la realidad aumentada (RA) en el Museo de Ciencias en Madrid, España". Por ello, estos lugares integran contenidos interactivos en los recorridos de sus exposiciones para atraer a nuevas personas visitantes, entre los que cada vez hay una mayor presencia de actividades específicas para niños y niñas.

Desde la experiencia de los investigadores el recrear espacios artísticos con ideas de los visitantes fue un reto. Esto, porque identificar el común denominador de un conglomerado llevó un tiempo de análisis. En este punto aplicar encuestas con 10 interrogantes fueron una herramienta clave para ir moldeando los detalles sugeridos. Asimismo, en la fase de evaluación, donde el visitante observa el cambio y el uso de la tecnología, los investigadores notaron el lenguaje no verbal de cada uno, llevando a la conclusión que fueron expresiones de satisfacción. En este punto la técnica de la observación participante fue un elemento fundamental para el estudio.

5. Conclusiones

En la última década, la evolución de los dispositivos móviles ha sido asombrosa. Los móviles han pasado de ser una simple herramienta de comunicación a un dispositivo inteligente que integra varias cámaras de alta resolución, GPS, una gran variedad de sensores como el acelerómetro, giróscopo o infrarrojo además de conexión a internet entre otras muchas cosas. Esto ha supuesto una revolución en el desarrollo de aplicaciones y ha logrado que la RA se vuelva una realidad (Blanco Pons, 2021).

Los resultados del exhaustivo proceso de evaluación de la línea artística implementada en el Museo Isidro Ayora fueron positivos, respaldados por una amplia gama de experiencias enriquecedoras para los visitantes. La evaluación de impacto durante la implementación parcial reveló la capacidad de la propuesta para cautivar a los visitantes, desde infantes hasta conocedores de arte, brindó una experiencia visual y culturalmente atractiva. Las impresiones iniciales de los participantes destacaron la fascinación de los niños y niñas por elementos visuales en movimiento, la participación activa de los adolescentes en áreas interactivas, y la apreciación de formas artísticas específicas por parte de adultos y conocedores de arte moderno.

La interacción con el personal del museo constituyó un componente fundamental de la experiencia artística, siendo valorada positivamente por los participantes como un factor esencial para comprender y apreciar la propuesta creativa. La capacitación del personal se presenta como un paso vital para potenciar la conexión emocional, transmitiendo no sólo datos objetivos, sino también la esencia y el significado detrás de cada obra. Esta

dimensión humana es fundamental para elevar la experiencia del museo a un nivel más profundo y educativo.

La evaluación del impacto del proyecto reveló una transformación estética del entorno del museo y una elevación significativa en la participación y el interés de los visitantes. La interactividad de las instalaciones, la narrativa visual y la integración de elementos históricos contribuyeron a una experiencia enriquecedora y culturalmente relevante para la comunidad.

Este proyecto artístico resalta la relevancia de adoptar enfoques flexibles e innovadores en el ámbito del diseño cultural. La implementación de la metodología Design Thinking demostró ser eficaz para atender las necesidades y expectativas de la comunidad, contribuyendo al fortalecimiento de la conexión emocional entre los visitantes y el patrimonio cultural del museo.

En conclusión, se identificó que, en el Museo Isidro Ayora al implementar una propuesta artística, basada en la metodología del Design Thinking, mejoró significativamente la experiencia cultural y visual de los visitantes. A través de un enfoque centrado en el usuario y la colaboración interdisciplinaria. Esta iniciativa, no solo busca consolidar la identidad cultural del museo, sino también crear una narrativa visual que guíe a los visitantes a través de una experiencia enriquecedora y educativa.

Al establecer una dirección artística unificada, en el museo se podrá ofrecer una exposición más estructurada, destacando la importancia de cada obra de manera contextual y contribuyendo a la comprensión más profunda de la historia y la cultura locales. Para cerrar esta investigación se generan preguntas que pueden ser indagadas en futuras investigaciones, como: ¿qué áreas de la RA aplicada en museos necesitan más exploración? ¿Hay nuevas tecnologías emergentes que podrían ser evaluadas en estudios futuros para mejorar la experiencia del visitante?

Referencias

Barnuevo Solís, X. (2021). El mural Loja Identidad Cultural, una inquietud artística ciudadana. Educación*, Arte, Comunicación: Revista Académica E Investigativa*, *9*(2), 58–67. https://revistas.unl.edu.ec/index.php/eac/article/view/1167

Blanco Pons, S. (2021). *Analysis and Development of Augmented Reality Applications for the Dissemination of Cultural Heritage* [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València]. https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/178895

Brown, T. (2020). *Diseñar el cambio: Cómo el design thinking transforma organizaciones e inspira la innovación*. Empresa Activa. https://books.google.es/books?id=s5vQEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Campos Murillo, N., Efstathios, S., & Cisneros Quintanilla, P. (2022). Realidad aumentada, una estrategia metodológica para la enseñanza de Laboratorio Clínico en Medicina Veterinaria. *Dominio De Las Ciencias*. *8*(3), 875–892. https://doi.org/10.23857/dc.v8i3.2963

Caiza Chacha, F. O., & Sasig Silva, E. L. (2022). *Desarrollo de una aplicación web y móvil de realidad aumentada para el museo de la Casa de los Marqueses de Miraflores de la ciudad de Latacunga* [Tesis de bachiller Universidad Técnica de Cotopaxi]. http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9751

Correia, A. P., & Silva, M. M. (2021). Impacto de la realidad aumentada en la experiencia del visitante en un museo de historia natural. *Revista de Museología,* 38(2), 189-204. https://www.museologia.net/producto/revista-de-museologia-no-38/

Camps-Ortueta, I., Deltell, L., & Gutiérrez-Manjón, S. (2023). Aplicación lúdica de la realidad aumentada (RA) en el Museo de Ciencias en Madrid, España. *Revista Electrónica Educare*. 27(2). 187-203. https://www.redalyc.org/journal/1941/194176347011/html/

Fernández Cortés, A. y González Sanchez, R. (2019). Análisis del uso de la tecnología en los museos: los museos inteligentes. Estudio de casos en la ciudad de Madrid. *Revista Internacional de Turismo, Empresa y Territorio,* 3(1), 96-139. https://doi.org/10.21071/riturem.v3i1.11190

García-Sánchez, J. M., & Hernández-González, R. (2022). Desafíos y oportunidades de la realidad aumentada en museos: *una perspectiva desde la experiencia del usuario*. *El Profesional de la Información*, 31(2). 75-32. https://revista.profesionaldelainformacion.com/index.php/EPI/issue/archive

Grisales Valencia, A. (2021). *El m-learning y el uso de la realidad aumentada como herramientas de aprendizaje en un recorrido patrimonial y cultural por el centro histórico de Bogotá*. [Tesis de Maestría, Universidad de La Salle – Colombia]. https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_diseno_gestion_escenarios_virtuales/3

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. 6(1) 9-12*. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf

López-Sánchez, M. J., Redondo-Sama, M. A., & García-Peñalvo, F. J. (2023). El uso de la realidad aumentada en museos*: Un análisis de su potencial educativo y cultural. Revista de Educación y Tecnología*, 12(2), 23-40. https://www.tecnologia-ciencia-educacion.com/index.php/TCE

Luna, U., Ibáñez-Etxeberria, A., & Rivero, P. (2019). El patrimonio aumentado. 8 apps de Realidad Aumentada para la enseñanza-aprendizaje del patrimonio. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. 33(1), 43-62. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6986243

Muñoz, M., & López, F. (2021*)*. Aplicación de la realidad aumentada en el Museo Nacional del Ecuador. *Revista de Museología*, 38(3), 235-252. https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=3693

Roa Martín, N. (2021). *Experiencia emocional, sensorial e intelectual, asociada al uso de realidad aumentada, en un museo arqueológico in situ. Bogotá D.C*. [Tesis de Maestría, Fundación Universitaria Konrad Lorenz]. https://repositorio.konradlorenz.edu.co/handle/001/4781

Vivar-Cordero, C. (2023). *Museum Sensorium: Redefiniendo la experiencia estética en museos a través de elementos sensoriales y tecnología avanzada*. [Tesis de Doctorado, Universidad del Azuay]. https://www.sa-rj.net/index.php/sarj/article/view/42/134

Villegas P., Jos Lee J. (2020). Realidad aumentada y aprendizaje experiencial en museos: Una revisión sistemática de la literatura. *Revista de Museología, Universidad Peruana Unión*. https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3439

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 30/05/2024
Aceitação/Acceptance: 31/07/2024

Automatización en la gestión de canales hidráulicos enfocado a entornos de laboratorio

Byron P. Corrales[1], Jessica N. Castillo[1], Xiomara A. Zambrano[1], Luigi O. Freire[1]

byron.corrales@utc.edu.ec; jessica.castillo@utc.edu.ec; xiomara.zambrano8453@utc.edu.ec; luigi.freire@utc.edu.ec

[1] Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 050108, Cotopaxi, Ecuador.

Pages: 477-493

Resumen: Esta investigación aborda la optimización de la gestión hídrica en entornos experimentales, destacando la automatización de canales para el avance en sistemas de control. La integración de variables fundamentales como caudal, temperatura, nivel y pendiente mediante tecnologías sensoriales de última generación en algoritmos clásicos como PID demuestra una alta precisión en el monitoreo y regulación de caudales, llegando a tener un sobreimpulso del 8%, lo que refleja su operación coherente de acuerdo con los requerimientos experimentales. Para validar la efectividad de los controladores tradicionales como parte de la automatización hidráulica se realizaron pruebas en un laboratorio. Además, se propone un controlador de lógica difusa basado en microcontroladores para reducir costos y aumentar la adaptabilidad del sistema. Este trabajo proporciona un avance clave en la ingeniería hidráulica, estableciendo un marco referencial para futuras investigaciones en la gestión eficiente y automatización de recursos hídricos.

Palabras-clave: Automatización; Controlador PID; Canal hidráulico; Sobreimpulso; Laboratorio.

Automation in the management of hydraulic channels focused on laboratory environments

Abstract: This research addresses the optimization of water management in experimental environments, highlighting the automation of channels for the advancement of control systems. The integration of fundamental variables such as flow, temperature, level and slope by means of state-of-the-art sensory technologies in classical algorithms such as PID demonstrates high accuracy in flow monitoring and regulation, reaching an overshoot of 8%, which reflects its consistent operation according to experimental requirements. To validate the effectiveness of traditional controllers as part of hydraulic automation, tests were carried out in a laboratory. In addition, a microcontroller-based fuzzy logic controller is proposed to reduce costs and increase system adaptability. This work provides a key advance in hydraulic engineering, establishing a framework for future research in the efficient management and automation of water resources.

Keywords: Automation; PID controller; Hydraulic channel; Overshoot; Laboratory

1. Introducción

Los sistemas de canales hidráulicos constituyen un componente esencial en la infraestructura de la industria y la agricultura, facilitando la distribución regulada de fluidos a lo largo de extensos trayectos (Zheng et al., 2023). En el ámbito agrícola, los sistemas de riego se sostienen en la funcionalidad óptima de dichos canales para asegurar una asignación equitativa y efectiva del agua a las zonas cultivables. En la esfera industrial, los canales hidráulicos desempeñan un papel crucial al garantizar la circulación apropiada de fluidos esenciales para una multiplicidad de procesos manufactureros, abarcando desde sistemas de refrigeración hasta procedimientos de saneamiento.

La creación de un modelo matemático avanzado proporciona una respuesta alentadora a dichos retos, estableciendo un fundamento para pronósticos y regulaciones proactivas de los sistemas (Shashkin, 2017). (Gorodilov & Vagin, 2018) enfatizan la relevancia de los modelos matemáticos para la simulación numérica de procesos transitorios, ofreciendo un marco que facilita una mejor comprensión y gestión de sistemas complejos mediante hidráulica de parámetros concentrados y resaltando la importancia de fundamentos robustos para predicciones precisas y control proactivo en sistemas dinámicos.

El análisis de (Chaochao et al., 2015) subrayan los retos en el diseño de sistemas de descarga en canales curvos, focalizándose en los desafíos del flujo por la topografía y configuración del canal, y la crucial interacción entre el canal y los depósitos para prevenir la erosión. Se critica la insuficiencia de evaluaciones integrales y la falta de consideración por el medio ambiente y la sostenibilidad, recomendando un análisis crítico más profundo de los efectos ambientales y sociales y el fortalecimiento de las bases cuantitativas para decisiones de diseño. (Volpe et al., 2011) avanzan en el entendimiento de la dinámica entre el agua y las estructuras hidráulicas a través de simulaciones, buscando optimizar el diseño y manejo de estos sistemas, destacando su potencial para mejorar la predicción de flujos y la planificación de recursos hídricos sostenibles.

La modernización y automatización de infraestructuras hidráulicas son fundamentales en ingeniería para enfrentar retos en gestión del agua (Portero A. et al., 2021). Innovaciones como el análisis de imagen para medir velocidad y turbulencia del flujo (Termini, 2018), y sistemas de microcontroladores para operar compuertas de riego (Shingote & Shahane, 2016), avanzan hacia una gestión más eficiente y sostenible del agua, tanto en agricultura como en suministro potable y control de inundaciones.

La automatización de canales hidráulicos se presenta como un reto clave para la ingeniería, centrado en la gestión precisa del flujo y nivel de agua. (Liu et al., 2018) enfatizan la importancia de comprender la dinámica de flujo para la medición exacta del flujo, esencial en la automatización. Aunque el estudio no aborda el uso de controladores tradicionales ni integra variables como temperatura y pendiente, proporciona una base teórica crucial para futuros sistemas de control automatizado. Este conocimiento es fundamental para diseñar sistemas de control eficaces en canales hidráulicos,

promoviendo una gestión del agua más eficiente mediante una perspectiva integral, y sienta las bases para innovaciones en automatización hidráulica.

La optimización y sostenibilidad de la gestión hídrica enfrenta desafíos críticos tanto en la automatización de canales como en su administración global (Gaonkar & Kande, 2014). La complejidad de las dinámicas hídricas y las limitaciones en modelado matemático impactan la precisión de la automatización, mientras que la contaminación y el uso insostenible amenazan la gestión del agua a nivel mundial. Se necesita la adopción de tecnologías avanzadas y su rigurosa evaluación para mejorar la eficiencia, minimizar costos y esfuerzos, y asegurar la sostenibilidad futura. (Lei et al., 2017) y (Corrales et al., 2024) examinan teóricamente la selección de ubicaciones para medición y la dinámica de flujo en canales cóncavos, esenciales para desarrollar controles efectivos, incluyendo estrategias PID (Proporcional Integral Derivativas). En la automatización del flujo, un controlador PID ajusta las compuertas para alinear las mediciones, como los niveles de agua, con los objetivos, optimizando la gestión hídrica.

(Philip et al., 2013) exploran cómo optimizar el uso del agua en entornos educativos con microcontroladores para una gestión inteligente, enfocándose en monitorizar el consumo, identificar fugas y maximizar la eficiencia hídrica. Destacan la adaptación del uso de agua a demandas específicas, fomentando la sostenibilidad y disminuyendo el desperdicio y el gasto energético.

(Zhou Zhen-min et al., 2011) destacan que la aplicación de control difuso optimiza la gestión de canales, ajustando parámetros como la apertura de compuertas ante variaciones de caudal, facilitando así un manejo adaptativo y eficaz del agua frente a condiciones fluctuantes, esencial para equilibrar los niveles hídricos y prevenir extremos como inundaciones o escaseces. El estudio (Parsaie et al., 2017) destaca el potencial del control difuso para predecir caudales en canales abiertos compuestos, superando a métodos analíticos tradicionales. Revela que parámetros como la profundidad relativa y el radio hidráulico son determinantes en la precisión de las predicciones, insinuando que el control difuso puede ser esencial para mejorar las estrategias de manejo de inundaciones.

(Youssef et al., 2020) presenta un diseño completo de un controlador difuso para el Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT) en sistemas fotovoltaicos. Se demuestra, mediante simulaciones en Simulink, que este controlador supera en rendimiento al algoritmo tradicional de perturbación y observación, evidenciando una respuesta más rápida y una mayor eficiencia. Además, se realiza una implementación práctica con controladores Arduino Uno de bajo coste y se valida su funcionamiento adecuado en pruebas de laboratorio.

De acuerdo con lo establecido en la introducción, este artículo muestra un análisis de la importancia de los canales hidráulicos a nivel experimental de laboratorio y la relevancia que tiene tanto la modelación matemática, así como la automatización para el tratamiento de la variable caudal. El artículo está organizado en V secciones las cuales contemplan la sección 1 la Introducción. En la sección 2 se muestra la estructura del sistema que se está automatizando. En la sección 3 se aborda los detalles del desarrollo del sistema partiendo desde los aspectos particulares como el diagrama de funcionamiento

hasta la descripción de los elementos que componen del proceso. En la sección 4 se trata sobre los resultados del proyecto, enfocados en la adquisición de datos y desarrollo de un controlador PID y un controlador simulado tipo Fuzzy. Finalmente, en la sección 5 se muestran las conclusiones que se generan con el trabajo.

2. Estructura del Sistema

En el ámbito del monitoreo de canales hidráulicos a nivel de laboratorio, se implementa un conjunto de sensores diseñados para capturar datos relativos a cuatro variables críticas: caudal, nivel, temperatura y ángulo de inclinación del canal. Para medir el nivel del líquido, se emplea un transductor SAC-801 que utiliza el principio de medición de presión hidrostática y produce una salida de corriente estandarizada en el rango de 4 a 20 mA. De manera similar, la medición del caudal se lleva a cabo mediante un transductor LDG-50, el cual detecta la velocidad del fluido y la convierte en una señal de corriente estandarizada en el mismo rango mencionado. Para la temperatura, se utiliza un transductor de temperatura tipo RTD, el cual transforma las variaciones térmicas en una señal eléctrica proporcional dentro del mismo rango de corriente. Respecto al ángulo de inclinación, se emplea un sensor inercial (IMU MPU 6050), además de un sensor ultrasónico HC-SR04 para determinar la altura del canal en uno de sus extremos. Estas mediciones son procesadas por una plataforma Arduino UNO, encargada de adquirir y mostrar las variables correspondientes en una pantalla LCD de 16x2 caracteres.

Es fundamental subrayar que el sistema basado en Arduino UNO opera de forma autónoma y no se integra con el sistema central de control y monitoreo ejecutado por el PLC y la visualización en el HMI. Por ende, esta configuración independiente se orienta exclusivamente hacia la representación y registro de las variables de ángulo y altura, desvinculándose del lazo de control principal del sistema hidráulico.

Las señales analógicas recopiladas son ingresadas en un PLC de la marca Haiwell, el cual está configurado para convertir las corrientes en voltajes correspondientes, facilitando así la integración con el sistema de control. Posteriormente, se establece una interfaz de control y monitoreo intuitiva para el usuario entre el PLC y una pantalla táctil HMI Haiwell.

Para el estudio de sistemas hidráulicos controlados, se deben establecer los rangos operativos del mismos, los cuales son definidos para las condiciones de diseño del canal. Es importante destacar que para esta aplicación la referencia de control, o Set Point (SP) se especifica a través de la interfaz HMI. Para el flujo de agua los límites van desde 0 a 3.5 m^3/h, para el nivel los rangos operativos van de 0.25 m y 0.30 m. Cabe destacar que, aunque el sensor de nivel posee la capacidad de medir desde un canal vacío (0 m) hasta su llenado máximo (0.30 m), se opta por restringir el control dentro de este intervalo para garantizar la correcta medición del sensor ultrasónico. Entorno a la temperatura no se establecen rangos debido a que no existe un proceso de calentamiento, razón por la cual la medición se centrará en la temperatura ambiente a la que se encuentre el fluido. El ángulo del canal está en un rango de 0° a 2.14°, con una altura de elevación que oscila entre 0 y 13 cm.

3. Desarrollo de la Aplicación

En la Figura 1 se representa el sistema de control del proceso en mención, el mismo que está diseñado para la supervisión y ajuste de las variables críticas de un canal hidráulico. El PLC Haiwell actúa como la unidad de procesamiento principal, interconectando y coordinando la instrumentación del canal. El diagrama exhibe una arquitectura de control distribuida, con dispositivos de campo que abarcan transductores y actuadores, todos interconectados mediante una red de comunicaciones. El sistema tiene la posibilidad de operar en control manual, en donde mediante un potenciómetro se puede regular el caudal interactuando directamente sobre el variador de frecuencia YX2000. En cambio, en control automático el sistema se regula automáticamente al valor de la consiga mediante la lógica de control establecida en el PLC. El caudal de control se consolida a través del transductor de flujo (FIT), que mide la tasa de flujo en tiempo real y comunica esta información al PLC. Paralelamente se monitorea la temperatura del líquido, proporcionando datos esenciales para mantener las condiciones operativas óptimas y garantizar la integridad del proceso. Además, el sistema incorpora el transmisor de nivel (LTI) cuya información es vital para evitar desbordamientos o situaciones de bajo nivel que podrían comprometer el proceso. Complementariamente, se incluye la medición del ángulo de inclinación (ZI), que permite medir las variaciones en la inclinación del canal que se lo realiza con fines prácticos. La Figura 2 muestra el diagrama de conexión del sistema, en donde se identifica la relación de los sensores empleados con el PLC y la tarjeta Arduino empleada.

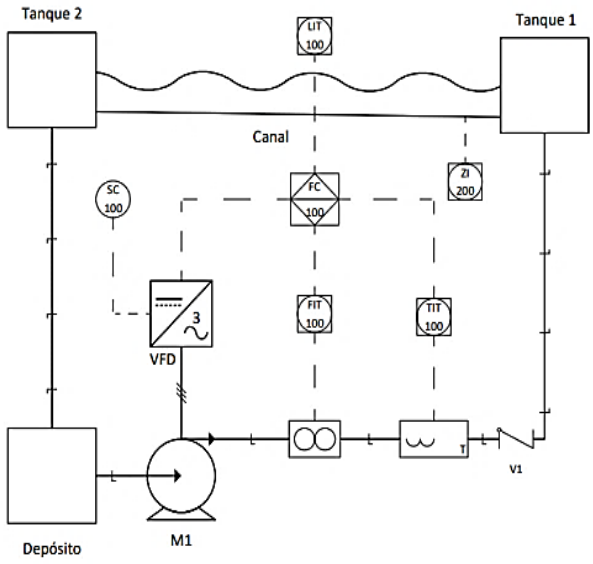


Figura 1 – Diagrama P&ID del proceso (Guambo et al., 2022)

3.1. Medición de flujo

La selección precisa del sensor de flujo es crucial para garantizar mediciones exactas y confiables. El sensor LDG-50 es ideal para tuberías de 2 pulgadas de diámetro, ofreciendo precisión y compatibilidad con las condiciones operativas. Para evitar perturbaciones en la señal de medición, se recomienda una configuración específica de la tubería. Se requiere un tramo recto de al menos 2 metros antes del sensor, sin accesorios, para estabilizar el flujo. Después del sensor, un tramo de 0.50 m es suficiente para instalar otros elementos necesarios. Esta disposición minimiza las turbulencias y asegura mediciones consistentes. Es una práctica alineada con las recomendaciones para sensores electromagnéticos de flujo, fundamentales en el control industrial.

3.2. Medición de nivel

La precisión en la medición de niveles de agua es fundamental en la gestión de canales hidráulicos, debido a su impacto en el cálculo de caudales y en la supervisión de operaciones relacionadas con la infraestructura hídrica. Para garantizar registros confiables y precisos, se emplea el sensor de nivel Schwahr SAC-801. Su selección se basa en un análisis exhaustivo de las dimensiones del canal hidráulico, donde se ha determinado que un ángulo de emisión de 12° es óptimo para su funcionamiento efectivo. Este parámetro es crucial, un ángulo bien definido asegura una reflexión eficiente de la señal ultrasónica dentro del canal, reduciendo interferencias que podrían afectar la exactitud de las mediciones. Además, se ha establecido una altura de instalación óptima de 0.75 m, considerando la "zona ciega" del sensor, que es la distancia mínima donde la detección es técnicamente inviable. Dado que la zona ciega del SAC-801 es de 0.30 metros, la altura seleccionada garantiza que el sensor esté lo suficientemente elevado para evitar esta área no medible, pero lo bastante cerca del rango activo de medición para cubrir desde el nivel más bajo del agua hasta el nivel máximo esperado.

3.3. Medición de temperatura

La medición de temperatura en sistemas hidráulicos es crucial para comprender las condiciones térmicas del fluido en movimiento. Se ha seleccionado el transductor Hirschmann, con un sensor PT100 de resistencia de platino, reconocido por su fiabilidad y precisión. Este sensor permite mediciones exactas en una variedad de entornos, incluyendo aquellos con variaciones ambientales. La información recopilada se utiliza exclusivamente para monitoreo, proporcionando datos continuos sobre la temperatura del agua para análisis y toma de decisiones. Esto permite evaluar las condiciones operativas y tomar medidas preventivas para mantener la eficiencia del flujo de agua y proteger la infraestructura, sin utilizarlos para ajustes dinámicos o activación de sistemas de control.



Figura 2 – Diagrama de conexión del sistema

La estructura del canal hidráulico a nivel de laboratorio es mostrada en la Figura 3, en donde se indica la ubicación de cada uno de los elementos lo componen.

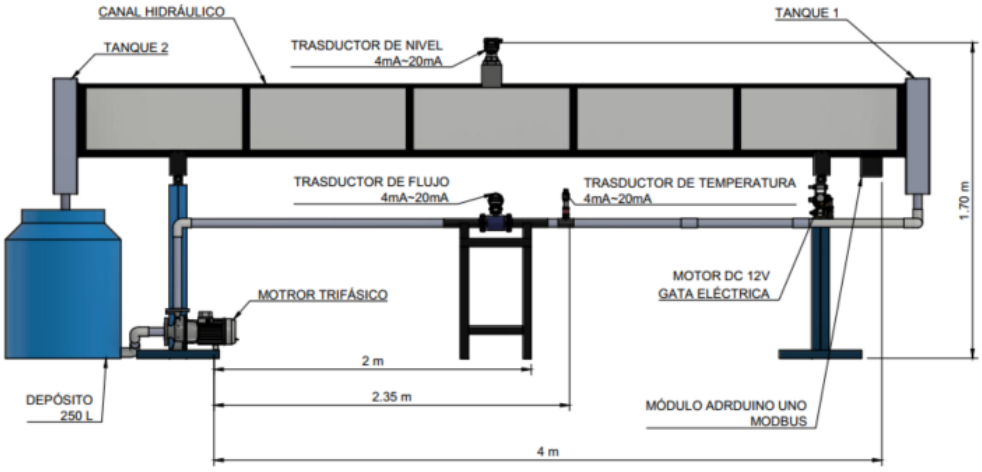


Figura 3 – Estructura del canal hidráulico (Paredes Calderón & Villacís Miranda, 2023)

3.4. Modelamiento del Sistema

La función de transferencia desempeña un papel fundamental en la modelización y análisis de sistemas de control en la industria. En particular, en los procesos autorregulables, este modelo es esencial para comprender cómo reacciona un sistema ante cambios de entrada sin intervención externa. Este tipo de proceso se caracteriza por su capacidad inherente de estabilizarse después de una perturbación, como una señal de consigna tipo escalón. Dentro de este marco, el comportamiento dinámico se describe mediante un modelo matemático de primer orden, elegido por su simplicidad y precisión para representar muchos sistemas industriales. Este modelo proporciona una aproximación cuantitativa de la respuesta del sistema, caracterizada por tres parámetros esenciales: el tiempo muerto L, el tiempo de subida hasta el 63.33% del valor final (constante de tiempo τ), y la ganancia del proceso Kp.

Es importante destacar que, en los procesos autorregulables, la respuesta a una señal tipo escalón tiende a estabilizarse en un nivel que puede no coincidir con el valor deseado, reflejando un estado de equilibrio natural. Esta característica es común en sistemas de control de flujo y temperatura, donde se requiere monitoreo constante y ajustes para compensar las discrepancias entre el valor estabilizado y el objetivo. En la industria, comprender estas funciones de transferencia es crucial para diseñar controladores eficientes que puedan manipular las variables de proceso y optimizar el rendimiento del sistema, garantizando la calidad y la seguridad del producto final. La correcta aplicación del modelo matemático de primer orden y la calibración de los parámetros mencionados son esenciales para la operatividad y la eficiencia en la automatización de procesos industriales.

La ecuación (1) describe la forma general de un sistema de primer orden más tiempo muerto:

$$G(s)=\frac{K\,e^{-Ls}}{1+\tau s} \tag{1}$$

Los procesos integrantes ecuación (2) responden a estímulos constantes, como una señal escalón, con un incremento o disminución constante y sin estabilizarse, a diferencia de los sistemas autorregulables que sí lo hacen. Este comportamiento lineal e ilimitado requiere de controladores precisos para mantener las variables, como el nivel de un líquido en un tanque o la velocidad de un motor, dentro de los rangos deseados. En ausencia de un control adecuado, la variable de proceso en un sistema integrante continuará alejándose del punto de consigna.

$$G(s)=\frac{K\,e^{-Ls}}{s} \tag{2}$$

El desarrollo de un modelo matemático para un proceso de flujo implica una rigurosa metodología de adquisición y análisis de datos. Utilizando la técnica de Identificación de Sistemas (System Identification - Figura 4) en el entorno de MATLAB, se procede a la recolección de datos dinámicos del sistema en lazo abierto, para ello se aplica una señal de entrada de suministro de potencia al variador de frecuencia. Esta entrada

forzada permite observar y registrar la respuesta transitoria del flujo, que es esencial para caracterizar el comportamiento del sistema.

El análisis de la respuesta obtenida facilita la estimación de la función de transferencia del proceso, que encapsula la relación matemática entre la señal de entrada y la respuesta del flujo. MATLAB ofrece herramientas avanzadas para este fin, permitiendo no solo derivar la función de transferencia sino también validar su precisión mediante comparaciones con los datos experimentales.

La función de transferencia resultante, detallada en la ecuación (3), es una representación matemática que describe cómo el sistema procesa una entrada para producir una salida, reflejando las constantes de tiempo, la ganancia y los retrasos inherentes al proceso. Este modelo se convierte en un elemento fundamental para el diseño de estrategias de control y la simulación de escenarios operativos, aportando así al entendimiento profundo del proceso y a la optimización de su operación.

$$G(s)=\frac{0.98e^{-4.13s}}{1+5.84s} \tag{3}$$

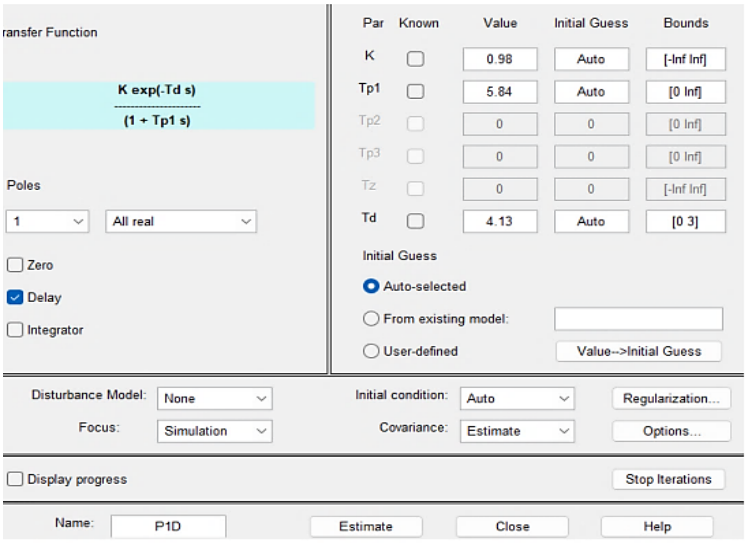


Figura 4 – Modelo matemático del sistema (Paredes Calderón & Villacís Miranda, 2023)

4. Resultados

Una vez definidos los requerimientos del sistema en donde la variable a controlar es el flujo, se observa la respuesta en lazo abierto del mismo, la cual es representada en la ecuación (3), con un valor de consigna de 3 $^{m^3}/_{h}$ se identifica que el proceso no es capaz de alcanzarlo, y que en un tiempo superior a 30 segundos la variable tiende a

estabilizarse. En la Figura 5 se observan los valores medidos del PV y un PV filtrado, en donde se emplea un filtro media exponencial, ecuación (4).

$$S(t)=\begin{cases} Y(0), & t=0 \\ \propto Y(t)+(1-\propto)S(t-1), & t>0 \end{cases} \tag{4}$$

Con la finalidad de eliminar el error en estado estable del sistema se implementa distintos tipos de control, el principal es el control PID mediante el PLC Haiwell mostrado en la Figura 6.

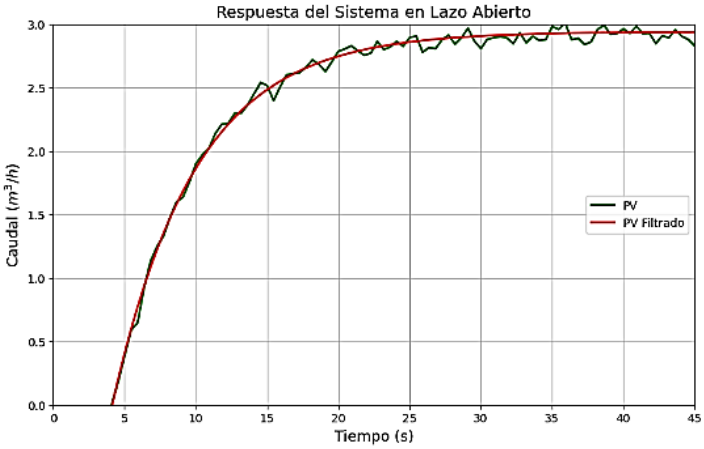


Figura 5 – Respuesta del sistema en Lazo Abierto

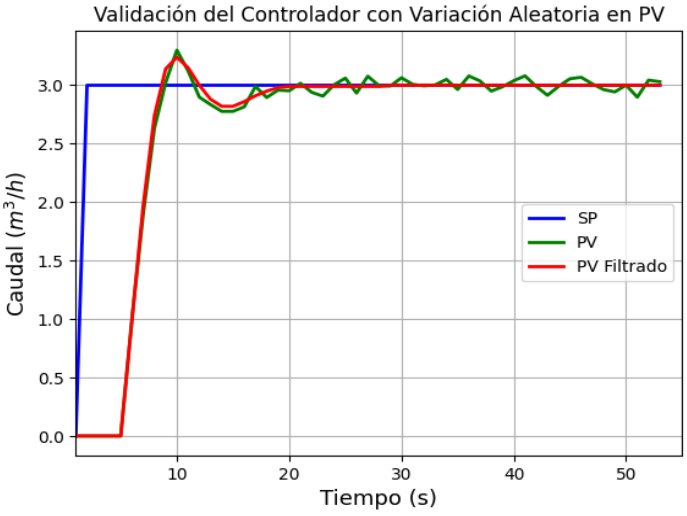


Figura 6 – Respuesta del control PID del proceso de flujo

En la Tabla 1 se indican los resultados debido a la presencia del control PID, la misma que es mucho más rápida comparada con un control en lazo abierto, y dependiendo de la configuración del mismo se puede presentar un sobreimpulso dependiendo de la sintonización, que para este trabajo fue mediante Lambda, alcanzando hasta un 8% con la ventaja que el sistema se estabiliza rápidamente en hasta 20 segundos y llegando a no tener error en estado estable, que para la aplicación de laboratorio es ideal permitiendo el registro de los valores en corto tiempo.

Parámetro	**Valor**
Sobreimpulso (%)	8
Tiempo de levantamiento (s)	3
Tiempo de asentamiento (s)	53
Error en estado estable	0
Tiempo pico (s)	10

Tabla 1 – Desempeño del controlador PID

De las mediciones realizadas presentadas en la Figura 7, se analiza diferentes muestras de caudal obtenidas del sistema y se las compara mediante el método de aforo volumétrico Tabla 2. Este análisis sirve para determinar la precisión de los sensores implementados especialmente en la medición de la variable controlada que es el flujo.

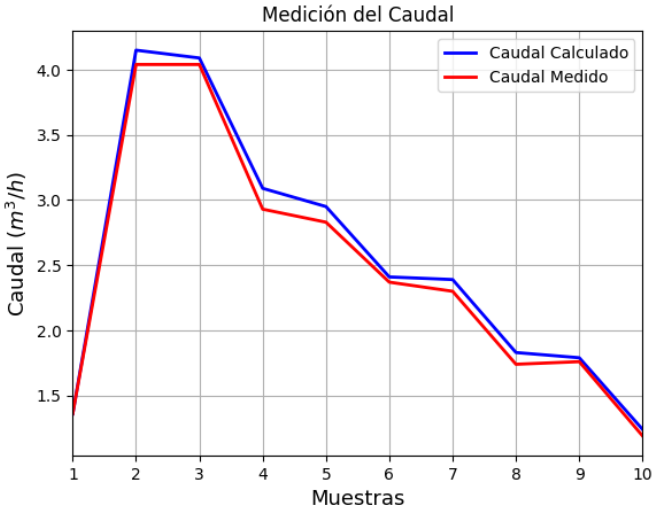


Figura 7 – Comparación de la medición de flujo

Parámetro	Caudal Calculado	Caudal Medido
Media	2.53 m³/h	2.46 m³/h
Desviación Estándar	0.98	0.96
Diferencia Absoluta		0.07 m³/h

Tabla 2 – Comparación de valores obtenidos

Tomando en cuenta que para futuras réplicas del trabajo uno de los elementos con alto costo es el PLC, y es ahí donde se analiza la implementación de un control Fuzzy, el cual se basa en un conjunto de reglas heurísticas donde las variables lingüísticas de las entradas y salidas se representan por conjuntos difusos, el diseño del modelo del controlador fuzzy es del tipo Takagi y Sugeno. Para esta implementación se pretende utilizar una tarjeta Arduino por su simplicidad de manejo y por ser accesible económicamente. De esta manera, tomando en cuenta las limitaciones de procesamiento que tiene el dispositivo seleccionado, en la Figura 8 se muestra la definición de los conjuntos difusos de entrada, mientras que en la Figura 9 se identifica los conjuntos difusos de salida propuestos.

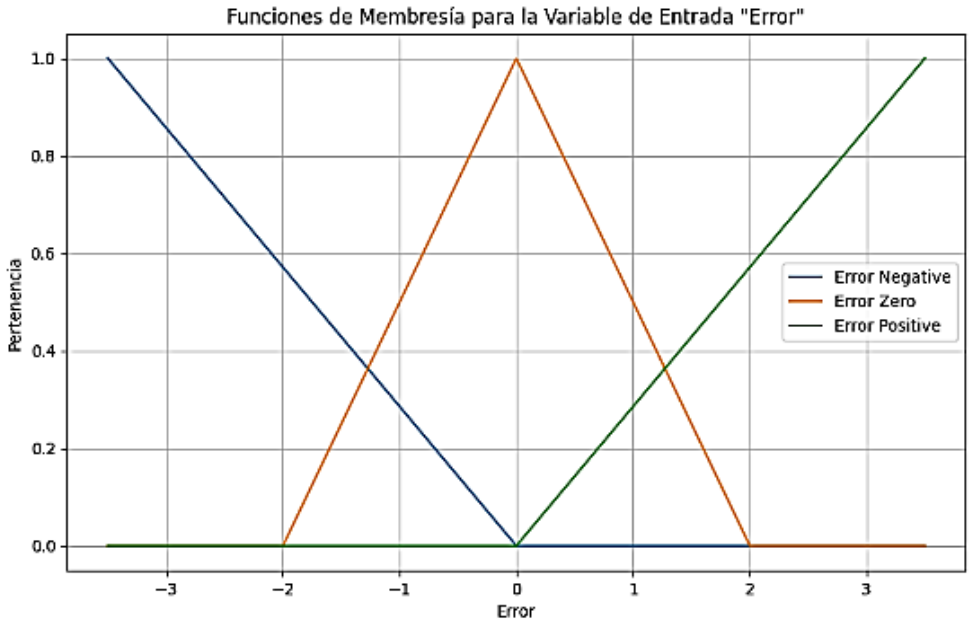


Figura 8 – Conjuntos difusos de entrada



Figura 9 – Conjuntos difusos de salida

Las reglas difusas propuestas se muestran en la Figura 10.

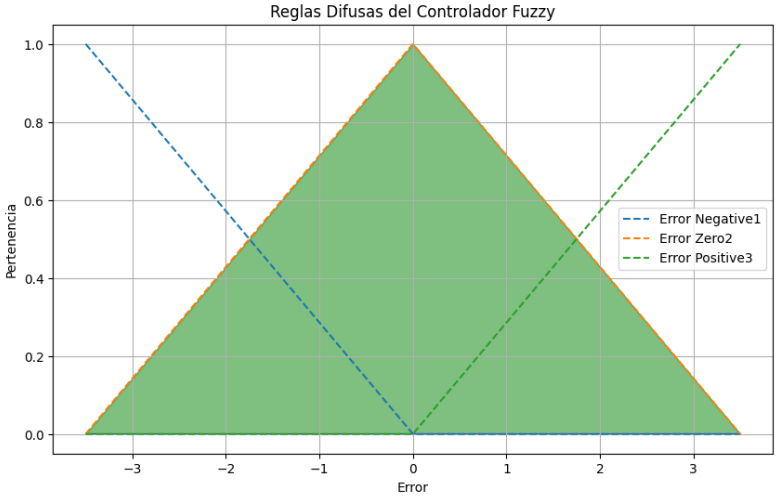


Figura 10 – Reglas Difusas implementadas

Al simular la respuesta del controlador Fuzzy propuesto se tiene la Figura 11.

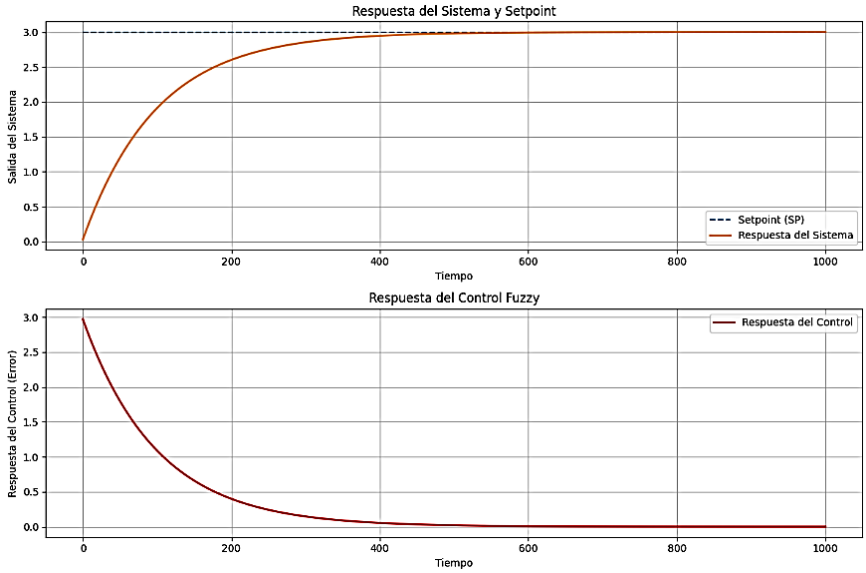


Figura 11 – Respuesta del sistema a) Salida-PV b) Controlador-CV

Para validar el controlador se introduce perturbaciones en el sistema, ante las cuales se identifica que responde adecuadamente Figura 12.

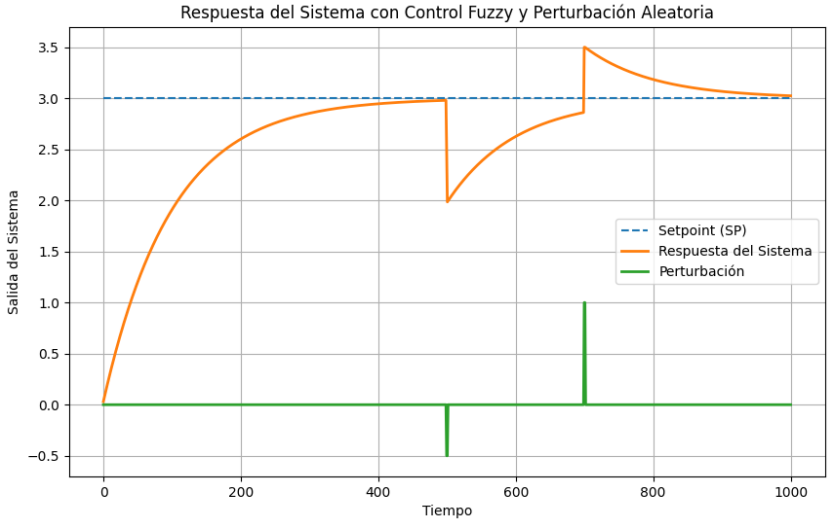


Figura 12 – Respuesta ante una perturbación a) Salida-PV b) Controlador-CV

5. Conclusiones

Este estudio detalla la optimización avanzada de la gestión de recursos hídricos mediante la automatización en canales hidráulicos, evidenciando que la implementación de controles PID y lógica difusa mejora notablemente la precisión y la adaptabilidad de los sistemas hidráulicos en entornos de laboratorio. Los resultados experimentales avalan la eficiencia de los controladores PID, que han demostrado tener un comportamiento consistente y controlado, con un sobreimpulso dentro de parámetros aceptables, lo cual afirma su validez para la regulación detallada del flujo de agua en aplicaciones críticas.

La incorporación de tecnologías de sensores de vanguardia ha resultado ser esencial para la medición precisa de parámetros críticos, como caudal, temperatura y nivel del agua, lo que ha fortalecido considerablemente la precisión en la gestión hídrica.

La aplicación de controladores de lógica difusa sugiere una vía prometedora hacia sistemas que se adaptan automáticamente a las variaciones y perturbaciones del caudal, lo que indica un avance en la minimización de costos operacionales y en la flexibilidad del sistema.

La fusión estratégica de tecnologías sensoriales de punta y técnicas de control innovadoras establece una estructura robusta para la gestión óptima del agua, apuntando hacia un uso sostenible y el enriquecimiento de los recursos acuáticos en la disciplina de la ingeniería hidráulica.

El estudio insta a la exploración continua en la automatización de canales hidráulicos, incitando a futuras innovaciones que podrían transformar la gestión del agua en diversas aplicaciones, marcando un precedente para el progreso técnico y la sostenibilidad ambiental. Considera técnicas de optimización para mejorar la eficiencia del controlador difuso en el Arduino, como la simplificación de reglas o la reducción del número de conjuntos difusos. Explora la posibilidad de utilizar técnicas de control difuso adaptativo o evolutivo para mejorar la robustez del controlador. Utiliza estructuras de datos eficientes y algoritmos optimizados para minimizar el uso de memoria y el tiempo de cálculo. Aprovecha al máximo las capacidades de procesamiento paralelo del Arduino utilizando temporizadores y/o interrupciones para realizar cálculos simultáneos.

Implementar un controlador difuso en un Arduino puede ser un proceso desafiante, pero con un enfoque sistemático y un buen entendimiento de los principios de control difuso y las capacidades del Arduino, es posible lograr resultados satisfactorios. Finalmente, la relevancia del estudio para avanzar en la ingeniería hidráulica y la gestión automatizada de canales, destacando la importancia de combinar métodos de control tradicionales con enfoques innovadores para evolucionar hacia sistemas más eficientes y responsivos ante las dinámicas ambientales.

Referencias

Chaochao, L., Chuanqi, L., & Jie, G. (2015). Hydraulic Model and Numerical Simulation for Bend Stilling Basin. *2015 8th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*, 454–457. https://doi.org/10.1109/ICICTA.2015.119

Corrales, B. P., Jaya, L. D., Vaca, J. R., & Zambrano, X. A. (2024). *Control System for a Cacao Drying Process: Case Study Cylindrical Dryer* (pp. 71–80). https://doi.org/10.1007/978-3-031-51982-6_7

Gaonkar, P., & Kande, M. (2014). Challenges and opportunities of automation system for water and waste water applications. *2014 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 682–688. https://doi.org/10.1109/ICIT.2014.6894913

Gorodilov, L. V., & Vagin, D. V. (2018). Verification of Mathematical Models with Lumped Parameters of Hydraulic Elements for Numerical Simulation of Transient Processes in the Channels of Hydroimpulsive Systems. *2018 XIV International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE)*, 88–91. https://doi.org/10.1109/APEIE.2018.8546211

Guambo, W., Corrales, B. P., Freire, L. O., & Albarracin, M. D. (2022). *Performance Evaluation of a Predictive and PID Control Applied to a Didactic Flow Regulation Process* (pp. 559–570). https://doi.org/10.1007/978-981-16-6482-3_55

Lei, Q., Lei, X., & Wu, M. (2017). Compensation in PID control system for valve stiction based on equivalent-input-disturbance approach. *2017 36th Chinese Control Conference (CCC)*, 4413–4418. https://doi.org/10.23919/ChiCC.2017.8028053

Liu, H., Han, Y., Chen, J., Liu, X., Niu, Y., & Qu, Z. (2018). The Analysis of Flow Velocity and Turbulence Applied in Automatic Flow Measurement. *2018 Chinese Automation Congress (CAC)*, 299–304. https://doi.org/10.1109/CAC.2018.8623143

Paredes Calderón, D. A., & Villacís Miranda, J. A. (2023). *Diseño de un sistema de control de las variables que intervienen en un módulo didáctico de canal hidráulico*.

Parsaie, A., Yonesi, H., & Najafian, S. (2017). Prediction of flow discharge in compound open channels using adaptive neuro fuzzy inference system method. *Flow Measurement and Instrumentation*, *54*, 288–297. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2016.08.013

Philip, L., Rakesh, V. S., Sreesh, P. R., Hemalatha, N. R., & Raghu, C. V. (2013). Electronic water supply management system for educational institutions. *2013 International Mutli-Conference on Automation, Computing, Communication, Control and Compressed Sensing (IMac4s)*, 73–77. https://doi.org/10.1109/iMac4s.2013.6526386

Portero A., F. J., Quimbiamba C., J. V., Hidalgo O., A. G., & Vargas C., R. S. (2021). *Economic Assessment of Hydroponic Greenhouse Automation: A Case Study of Oat Farming* (pp. 139–150). https://doi.org/10.1007/978-3-030-63665-4_11

Shashkin, V. Ju. (2017). Mathematical modelling of heating system hydraulic modes. *2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, 1–5. https://doi.org/10.1109/ICIEAM.2017.8076453

Termini, D. (2018). Velocity and turbulence measurements: uncertainty in the application of the Image-based technique. *2018 IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea)*, 65–69. https://doi.org/10.1109/MetroSea.2018.8657832

Volpe, M. A., Beninati, M. L., Riley, D. R., Krane, M. H., & Fontaine, A. A. (2011). Development of measurement methods for testing of hydrokinetic devices to evaluate the environmental effect on local substrate. *OCEANS'11 MTS/IEEE KONA*, 1–6. https://doi.org/10.23919/OCEANS.2011.6107172

Youssef, A., Gharghory, S. M., & zekry, A. (2020). Design of Fuzzy Logic Controller for Maximum Power Tracking of PV Systems with Its Economical Configurable Implementation on Arduino. *Proceedings of the 3rd International Conference on Information Technologies and Electrical Engineering*, 468–471. https://doi.org/10.1145/3452940.3453030

Zheng, L., Peng, J., Lei, Y., Chang, Z., He, X., & Du, Q. (2023). Research on Power Control System Control of Multi Channel Hydraulic System Based on STA. *2023 2nd International Conference on Robotics, Artificial Intelligence and Intelligent Control (RAIIC)*, 182–186. https://doi.org/10.1109/RAIIC59453.2023.10280866

Zhou Zhen-min, Wang Xue-chao, & Zhou Ke. (2011). Water environment evaluation based on fuzzy comprehensive method. *2011 Second International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering*, 2813–2815. https://doi.org/10.1109/MACE.2011.5987571

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 30/03/2024
Aceitação/Acceptance: 28/06/2024

Integración de Kinect en un Sistema de Entrenamiento en Primeros Auxilios

Diego Fernando Jácome Segovia[1], Roberto Carlos Herrera Alabarracin[2]

diego.jacome@utc.edu.ec, roberto.herrera@utc.edu.ec.

[1] Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, +593984003995, Cotopaxi, Ecuador.

[2] Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, +5930996557025, Cotopaxi, Ecuador.

Pages: 494-516

Resumen: El proyecto se enfoca en crear un sistema de entrenamiento personal para primeros auxilios utilizando la tecnología Kinect para capturar y monitorear movimientos. Funciona como un Reactive Virtual Trainer (RVT), ofreciendo una solución virtual para aprender maniobras básicas de primeros auxilios. Este sistema se destaca por su accesibilidad y utilidad en situaciones cotidianas de emergencia, al proporcionar instrucciones visuales y prácticas sobre las principales maniobras. Es de bajo costo, intuitivo y sigue los movimientos del usuario, brindando retroalimentación en tiempo real. Esto lo convierte en una alternativa viable para la enseñanza de primeros auxilios, sin requerir la misma capacitación profesional que otras maniobras más complejas. Su diseño permite adaptarse fácilmente a los movimientos del usuario y ofrecer orientación sobre la ejecución correcta de las maniobras.

Palabras-clave: Dispositivos Kinect, primeros auxilios, RVT, instructor personal, monitorización de movimiento.

Integration of Kinect into a First Aid Training System

Abstract: The project focuses on creating a personal first aid training system using Kinect technology to capture and monitor movements. It works as a Reactive Virtual Trainer (RVT), offering a virtual solution for learning basic first aid maneuvers. This system stands out for its accessibility and usefulness in everyday emergency situations, by providing visual and practical instructions on the main maneuvers. It is low cost, intuitive and follows the user's movements, providing real-time feedback. This makes it a viable alternative for teaching first aid, without requiring the same professional training as other more complex maneuvers. Its design allows it to easily adapt to the user's movements and offer guidance on the correct execution of the maneuvers.

Keywords: Kinect divice, first aid, RVT (Reactive Virtual Trainer), personal trainer, motion monitoring.

1. Introducción

Los sistemas informáticos que capturan y monitorean movimientos se han vuelto esenciales en industrias como los videojuegos y el cine, ya que facilitan tareas antes complejas y mejoran la calidad del detalle y realismo. Estas tecnologías, como "Kinect" de Microsoft, permiten movimientos más precisos y realistas y pueden utilizarse en diversos ámbitos sin necesidad de trajes o artefactos especializados. Kinect fue desarrollado para Xbox 360 y adaptado para PC en 2011.

Tobes Pérez, & Fernández Pérez (2017) El proyecto desarrolló un entrenador personal de capoeira llamado VIC (Instructor Virtual de Capoeira) utilizando la tecnología de captura de movimiento de Kinect. Se investigaron sistemas de captura de movimientos, resaltando las ventajas de Kinect y basándose en investigaciones previas con resultados positivos. Este proyecto introduce innovaciones en Entrenadores Virtuales Reactivos (RVT), aplicables a danza, artes marciales y ejercicio físico. El sistema permite a los estudiantes aprender movimientos sin un instructor presente, reproduciendo movimientos de expertos y ajustando la dificultad según las habilidades del usuario. Es de bajo costo, fácil de usar y monitorea los movimientos de los alumnos, adaptable para rehabilitación y análisis deportivo en medicina. La aplicación ofrece correcciones precisas de errores en los movimientos. A pesar de los avances en tecnología de captura de movimiento, la integración de Kinect u otras herramientas similares en sistemas de entrenamiento en primeros auxilios no ha sido ampliamente explorada. Existe una falta de investigación que evalúe la efectividad y la viabilidad de utilizar estas tecnologías para mejorar la formación en habilidades de primeros auxilios. Esta brecha de conocimiento presenta una oportunidad para investigar cómo la tecnología de captura de movimiento puede mejorar la capacitación en situaciones de emergencia médica.

Objetivo Primario: Evaluar la eficacia de la integración de Kinect en un sistema de entrenamiento en primeros auxilios para mejorar las habilidades prácticas de los participantes.

Objetivos Secundarios: Investigar las características específicas de Kinect que pueden contribuir a la mejora del entrenamiento en primeros auxilios.

Diseñar y desarrollar un programa de entrenamiento en primeros auxilios que incorpore la tecnología de Kinect.

Comparar el rendimiento y la retención de conocimientos de los participantes que reciben entrenamiento con y sin el uso de Kinect.

Evaluar la percepción de los participantes sobre la utilidad del entrenamiento con Kinect en comparación con los métodos tradicionales.

Identificar posibles mejoras o ajustes en el diseño del sistema de entrenamiento para optimizar su eficacia y usabilidad.

Martínez Urbina & Gómez Arribas, (2020). Los primeros auxilios son la atención inmediata brindada a una víctima en el lugar del accidente por personas no profesionales, con el objetivo de evitar complicaciones o preservar la vida hasta la llegada de los equipos médicos. Los límites de los primeros auxilios están determinados por nuestros propios conocimientos y habilidades. Si no estamos familiarizados con los protocolos

de actuación en una situación específica, la mejor manera de ayudar es quedarse con la víctima, tranquilizarla y solicitar ayuda. **(pág. 5).**

Gómez & Méndez, (2017). El concepto de Entrenador Virtual Reactivo (RVT) engloba a los Agentes Virtuales Inteligentes (IVA) capaces de ofrecer una amplia gama de ejercicios físicos, supervisar su ejecución y proporcionar retroalimentación. Estos ejercicios van desde el fitness general hasta rutinas especializadas para prevenir lesiones como el síndrome de lesión por esfuerzo repetitivo (LER) o ejercicios de fisioterapia. En nuestro estudio, investigamos los requisitos funcionales y técnicos para desarrollar aplicaciones RVT específicas, centrándonos en la capacidad de respuesta del RVT, que se manifiesta a través de comentarios en lenguaje natural, ajustes de ritmo, señalamientos de errores y modificaciones en los ejercicios programados. Se utilizó componentes como el motor de animación, la creación de rutinas de ejercicio a partir de movimientos básicos y el módulo de análisis de tempo basado en entradas de audio. Así, abordamos la enseñanza de actividades que requieren práctica orientada al movimiento del cuerpo, utilizando tecnologías como Kinect para capturar movimientos y desarrollar un entrenador personal para primeros auxilios. Este sistema utiliza los movimientos del usuario para guiar la práctica y evitar movimientos incómodos, además de artefactos virtuales para mejorar la experiencia de aprendizaje. La accesibilidad y facilidad de uso del sistema Kinect permiten su implementación en diversos entornos, incluidos hogares, aulas y hospitales, lo que amplía su alcance y utilidad.

Mousavi Hondori & Khademi, (2014). Kinect se utiliza actualmente no solo para el diagnóstico y evaluación del paciente, prevención de lesiones o análisis de movimiento, sino también en tratamientos rehabilitador esa distancia que incluyen la monitorización. Este dispositivo captura movimientos que puedan ser usados posteriormente en un software diseñado para el análisis del movimiento, fuerza equilibrio, entre otros índices.

Pérez, & Gafas (2023) El programa está conformado por un sensor y cámara potente que registra color, profundidad e infrarrojos que poseen un micrófono incorporado que interviene en la captura de audio que generalmente se coloca encima o debajo de la pantalla y estimula la interacción con el usuario y el control de su actuación. Se reporta que el sensor de profundidad Kinect posee utilidad en la clínica y rehabilitación, puede realizar con gran exactitud el seguimiento a diferentes puntos del cuerpo y su dinámica de manera confiable, válida y con fácil utilización.

Zahedian, Fatemeh, & Kavousipor, (2021). Los diferentes puntos identificados por la cámara en el cuerpo humano analizan la calidad de los movimientos que se realizan, al detectar cuando la ejecución del ejercicio es correcta o incorrecta para rectificar y mejorar el resultado de la rehabilitación.

Pérez, & Gafas (2023) Igualmente realiza el registro de datos de captura de movimientos en tiempo real para el análisis del funcionamiento mecánico de las articulaciones, así como de la retroalimentación y corrección de movimientos.

Mousavi Hondori & Khademi, (2014). Los datos obtenidos facilitan el análisis de la mejoría y avance logrado con el tratamiento. Por esto se estima es de gran valor en el estudio de las articulaciones, le permite al terapeuta y al paciente reconocer la postura del cuerpo en movimiento. Es una forma sencilla, rápida sin muchas implicaciones técnicas

que generen gran dedicación para comprender y entender su manejo. No necesita de un control para su ejecución.

"Además, posibilita obtener información y dar seguimiento de manera visual a la amplitud de la articulación, los ángulos entre ellas y establecer el rango adecuado de movilidad, que le permite graduar el rango de los movimientos a las posibilidades del paciente" **Machado, Nogueira de Araújo, Santos Almeida, & Valente, (2022)**

Hernández, Gajardo, & Coñapi, (2018) También puede ser utilizado para medir la posición de la articulación y la rotación. El sensor de profundidad emite una imagen infrarroja que ubica todas las articulaciones, a partir de la articulación pélvica en la base de la columna vertebral (Spine base) e infiere la posición de la articulación prácticamente en cualquier lugar, en escenarios abiertos o cerrados, en la clínica o en el hogar. Se obtienen imágenes en 3D sin requisitos de luminosidad, presencia de trajes especiales, de marcadores o de especialistas en el uso de esta tecnología.

Lima & Santos, (2022) Una posibilidad que ofrece Kinect es el desarrollo y utilización de programas para la realización de telerehabilitación que incluyen el intercambio paciente-médico- fisioterapeuta. Representa una opción viable para el paciente que incluye variados ejercicios, la captura de movimientos, el análisis de datos en los que se consideran los errores en la ejecución de cada ejercicio. Estos programas proporcionan el acceso a los ejercicios y el tratamiento del paciente que expresa un gran nivel de satisfacción con el entrenamiento. Se reportan algunas limitaciones del programa diseñado, susceptibles de mejora.

2. Trabajos relacionados

En esta sección, se exponen diversas propuestas extraídas de la literatura más actualizada que detallan métodos para desarrollar o aprovechar herramientas, específicamente enfocados en el estudio del comportamiento. En consonancia con esta temática, es pertinente incorporar información sobre sistemas de entrenamiento con Kinect, una tecnología que ha mostrado gran potencial para el desarrollo de programas de ejercicios interactivos y aplicaciones de rehabilitación. En este contexto, se examinarán las posibilidades que ofrece Kinect para mejorar la experiencia de entrenamiento, así como su utilidad en la evaluación y seguimiento de habilidades físicas y motoras.

El proyecto "Sistema de Entrenamiento con Kinect" elaborado por **Rodríguez (2013)** y cuya finalidad radica en la creación de un sistema de entrenamiento basado en los datos obtenidos a través de un dispositivo Kinect. Más específicamente, se trata de un sistema diseñado para el entrenamiento de karate, donde la Kinect desempeña un papel fundamental al permitir el reconocimiento de movimientos básicos y katas (secuencias establecidas de golpes y bloqueos en el karate, ejecutadas en el aire). El propósito primordial de este sistema es proporcionar una herramienta de entrenamiento tanto para practicantes experimentados de karate, como para aquellos que deseen iniciarse en este deporte. Con ello, se busca aprovechar las tecnologías contemporáneas, siendo la Kinect el dispositivo seleccionado para esta labor.

Muñoz-Cardona et al. (2013) El desarrollo descrito presenta un innovador sistema de rehabilitación física que utiliza videojuegos de ejercicio (exergames) y

evaluación de movimientos mediante un software especializado. Se basa en el sensor Kinect para dos propósitos principales: entretener al paciente durante la terapia con exergames y proporcionar al profesional herramientas para registrar y analizar datos de movimiento capturados. Los datos se procesan utilizando análisis biomecánico con la transformación angular de Euler.Este sistema se implementa en un centro de rehabilitación donde se llevan a cabo investigaciones con pacientes que sufren diversas patologías como accidentes cerebrovasculares, lesiones medulares traumáticas y trauma craneoencefálico. Durante las sesiones de rehabilitación, los pacientes participan en actividades interactivas mientras el especialista registra los datos para un análisis posterior. El software diseñado genera gráficas de los movimientos en planos sagital, frontal y rotacional, considerando 20 puntos en el cuerpo del paciente. El sistema resultante es portátil, no invasivo, económico y permite una interacción natural con el paciente. Además, su implementación por parte del personal médico es sencilla y accesible, lo que lo convierte en una herramienta prometedora para la rehabilitación física en diversas condiciones médicas.

El estudio realizado por **Córdova-Guarachi et al. (2016)** Se presenta el diseño y evaluación de un sistema de monitoreo remoto para pacientes en tratamientos kinesiológicos de tendinosis del tendón rotuliano. Utilizando tecnología Kinect™, el sistema busca mejorar la interacción entre el kinesiólogo y el paciente durante la rehabilitación. Antes de la implementación, el médico establece un protocolo de ejercicios personalizado, que el paciente realiza en casa con ayuda del sistema. Este sistema permite al profesional y al paciente trabajar juntos en la recuperación. El sistema ofrece funciones como corrección de movimientos y generación de estadísticas para evaluar el progreso del tratamiento. Las estadísticas están disponibles para el kinesiólogo a través de un subsistema de administración, simplificando el análisis y seguimiento a largo plazo. Se realizaron pruebas para validar la precisión del sistema, con la colaboración de estudiantes de kinesiología de la Universidad de Tarapacá, comparando el sistema con técnicas tradicionales de medición del progreso en tratamientos kinesiológicos. Los resultados de las pruebas fueron satisfactorios, respaldando la efectividad y precisión del sistema desarrollado.

En el artículo de **Aguilar et al.** (2014) se expone una estrategia innovadora para el control de los movimientos de un brazo robótico con dos grados de libertad, abordando la necesidad de interfaces más accesibles e intuitivas, especialmente en campos como la cirugía robótica. La propuesta se basa en la referencia de dos movimientos de una mano para el control del brazo robótico. Para la construcción del brazo robótico, se optó por la plataforma Lego MindStorm NXT, reconocida por su versatilidad y facilidad de uso. En cuanto a la detección de las articulaciones, se empleó la librería de detección de articulaciones proporcionada por el SDK de Microsoft Kinect®, aprovechando las capacidades de captura de movimiento de este dispositivo. La implementación de un controlador específico para el robot aseguró que la posición capturada de la mano se tradujera de manera precisa en la posición del brazo robótico. Por último, se llevó a cabo una validación exhaustiva del sistema, demostrando el seguimiento preciso del brazo robótico hacia la posición deseada. Los resultados obtenidos revelaron un bajo error cuadrático en el seguimiento de los dos ángulos requeridos, lo que confirma la efectividad y fiabilidad del sistema propuesto.

Núñez, Núñez, & Fernández, (2020) muestran los resultados obtenidos en la implementación de un juego electrónico para desarrollar la motricidad gruesa en niños de 4 a 5 años. El niño debe atrapar la mayor cantidad posible de objetos en movimiento en un entorno virtual. Como resultado de un experimento llevado durante un período de cuatro meses, con la participación de 193 niños de dos instituciones educativas de la provincia Tungurahua, se verificó un incremento del 43% del nivel de acierto en acciones que involucran la motricidad gruesa de los niños. El uso de un estadígrafo T-Student para comparar el desarrollo de la motricidad entre niños que utilizaron o no el juego permitió concluir que la diferencia entre ellos fue estadísticamente significativa (valor-p 7.91848E-05), lo que fundamenta la validez de la propuesta como apoyo al desarrollo de la motricidad gruesa.

3. Metodología

3.1. Caso de estudio

Los sistemas RVT, basados en tecnología de captura de movimiento (mocap), se enfocan en la precisión y realismo al analizar y monitorear acciones. Ayudan al usuario a mejorar ejercicios al comparar su movimiento con patrones almacenados, facilitando así la evaluación y seguimiento del progreso en tiempo real. Un ejemplo es el sensor Kinect de Microsoft, lanzado en noviembre de 2010 para Xbox360. Originalmente un dispositivo de juego, el Kinect revolucionó la interacción al ofrecer una cámara de profundidad económica para capturar movimientos corporales sin controles físicos. Esta precisión lo convirtió en una herramienta versátil para entretenimiento, salud y rehabilitación. Al integrarse en sistemas RVT, el Kinect registra y analiza movimientos para crear experiencias personalizadas, proporcionando retroalimentación en tiempo real para mejorar la técnica y el rendimiento físico al comparar el movimiento con modelos predefinidos.

3.2. ¿Qué hace Kinect?

Osorio & Peña, (2015) Kinect desempeña un papel crucial en las plataformas robóticas controladas remotamente gracias a su capacidad para capturar imágenes y profundidad, así como para detectar personas en tiempo real. Esto proporciona información valiosa sobre el entorno, que es fundamental para mejorar el funcionamiento de los robots. La capacidad de Kinect para analizar los movimientos corporales a través de sus cámaras permite que estos se conviertan en comandos de movimiento para los robots, simplificando su operación. Además, esta tecnología puede emplearse para explorar entornos peligrosos o inaccesibles para los humanos, como lugares con condiciones ambientales inciertas o situaciones de oscuridad total, donde la detección de personas es crucial. La frecuente ocurrencia de desastres naturales y ambientales, como terremotos, tsunamis y tornados, que representan amenazas para la vida humana, destaca la importancia de contar con dispositivos que ayuden a preservar la seguridad y la calidad de vida en tales circunstancias.

¿Cómo opera el sensor Kinect?

Funciona mediante el uso de tecnología infrarroja para detectar el movimiento y grabar acciones con una precisión de 30 FPS (cuadros por segundo). Lo notable es que el

paciente no necesita utilizar ningún dispositivo adicional en su cuerpo; la detección se realiza simplemente colocándose frente al sensor. Esto permite un cambio rápido entre pacientes, sin necesidad de ajustes, calibraciones o desinfecciones adicionales.



Figura 1 – Esquema físico de componentes del sensor Kinect.

3.3. Kinect SDK

Huachin, López Martínez, & Narváez Díaz, (2015). Un SDK (Software Development Kit), o kit de desarrollo de software, es un conjunto de herramientas que facilitan la programación de aplicaciones para un entorno tecnológico específico. Estas aplicaciones desarrolladas sobre el SDK están diseñadas para funcionar en un sistema operativo, plataforma hardware, consola de videojuegos o paquete de software particular. En el año 2012, Microsoft lanzó la plataforma de desarrollo (SDK) para Kinect, después de reconocer el gran interés generado por esta tecnología. El SDK oficial incluye drivers para utilizar Kinect en sistemas Windows 7 y Windows 8, una API (interfaz de programación de aplicaciones), documentación exhaustiva que describe todos los componentes y usos de Kinect, códigos de ejemplo y diversas herramientas útiles para su desarrollo, como KinectStudio (que viene incluido en la instalación del SDK), y todo esto de manera gratuita.

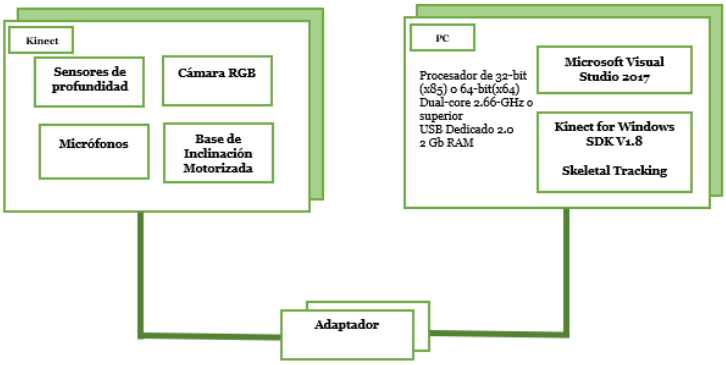


Figura 2 – Mapeo de componentes presentes en el desarrollo del sistema de entrenamiento de primeros auxilios.

3.4. Reconocimiento de gesturas y movimiento

Kudubayeva, Ryumin, Kalghanov, & Assem, (2017). Existen diversos sistemas de captura de movimiento que se adaptan a las necesidades y presupuesto de quienes utilizan esta tecnología revolucionaria. Estos sistemas pueden variar según la posición, velocidad, impulsos del actor o el nivel de realismo deseado. La captura de movimiento es una técnica para registrar el movimiento de actores o animales vivos y transferirlo a un modelo digital, convirtiendo dicho movimiento en datos computarizados. Esta técnica, basada en la fotogrametría, resulta especialmente útil en cine de ciencia ficción, fantasía y la industria de los videojuegos. A pesar de las múltiples formas de grabar imágenes, el objetivo es el mismo: obtener datos utilizando sensores de información sensible y construir una imagen basada en ellos. Esta imagen incluye coordenadas continuas y amplitud. El primer paso consiste en una estimación de la postura, que se basa en diferencias en apariencia, silueta corporal y ejecución de acciones entre sujetos. Para lograr un reconocimiento de acción eficiente, se necesita una representación adecuada que maneje las diferencias en apariencia, tipo de cuerpo humano y ejecución de acciones entre individuos. Para calcular una descripción compacta, se estiman los ángulos de posición relativa de las articulaciones en un sistema de coordenadas esféricas.

3.5. Seguimiento esquelético Kinect

Dharuiz, (2015) La característica principal del sensor Kinect indudablemente es el seguimiento esquelético. Este término se refiere a la capacidad del sensor para identificar partes del cuerpo de las personas dentro de su campo de visión, utilizando un algoritmo especializado. Mediante este algoritmo, se pueden obtener puntos que representan las diferentes partes del cuerpo de las personas que están frente al sensor, lo que permite realizar un seguimiento de gestos y posturas.

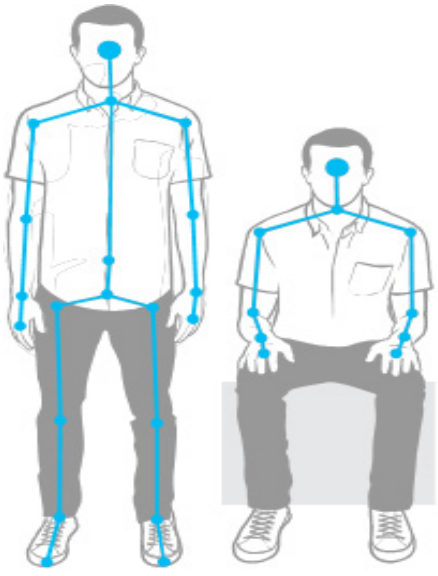


Figura 3 – Definición del esqueleto y puntos Joint en Kinect

3.6. Lenguaje de programación C#

Ramírez, (2023) C# o C Sharp, es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Microsoft en 2000 como parte de su plataforma .NET. C# se utiliza principalmente para el desarrollo de aplicaciones de escritorio, aplicaciones web y juegos, y es un lenguaje de programación popular en la comunidad empresarial. C Sharp fue desarrollado por Microsoft para ser un lenguaje moderno, seguro y fácil de usar para el desarrollo de aplicaciones. Se inspiró en C++ y Java, pero se diseñó para ser más fácil de usar que C++, y a la vez más rápido y más potente que Java. C# es un lenguaje de alto nivel que se utiliza para crear aplicaciones empresariales de gran escala.

3.7. Desarrollo

Visual Studio

Build, (2022) Visual Studio es una herramienta de desarrollo eficaz que permite completar todo el ciclo de desarrollo en un solo lugar. Es un entorno de desarrollo integrado (IDE) completo que puede usar para escribir, editar, depurar y compilar el código y, luego, implementar la aplicación. Aparte de la edición y depuración del código, Visual Studio incluye compiladores, herramientas de finalización de código, control de código fuente, extensiones y muchas más características para mejorar cada fase del proceso de desarrollo de software.

```
void miKinect_SkeletonFrameReady(object sender, SkeletonFrameReadyEventArgs e)
{
    using (SkeletonFrame frame = e.OpenSkeletonFrame())
    {
        if (frame != null)
        {
            esqueleto = new Skeleton[frame.SkeletonArrayLength];
            frame.CopySkeletonDataTo(esqueleto);
        }
    }
    if (esqueleto == null) return;

    Skeleton esqueletoCercano = esqueleto.Where(s => s.TrackingState == SkeletonTrackingState.Tracked).OrderBy(s => s.Position.Z

    if (esqueletoCercano == null) return;

    var cabeza = esqueletoCercano.Joints[JointType.Head];
    var manoDer = esqueletoCercano.Joints[JointType.HandRight];
    var manoIzq = esqueletoCercano.Joints[JointType.HandLeft];
    var pieDer = esqueletoCercano.Joints[JointType.FootRight];
    var pieIzq = esqueletoCercano.Joints[JointType.FootLeft];
    var ombligo = esqueletoCercano.Joints[JointType.HipCenter];
    var spine = esqueletoCercano.Joints[JointType.Spine];
    var ombligoDerecha = esqueletoCercano.Joints[JointType.HipRight];
    var ombligoIzquierda = esqueletoCercano.Joints[JointType.HipLeft];
    var munecaDerecha = esqueletoCercano.Joints[JointType.WristRight];
    var munecaIzquierda = esqueletoCercano.Joints[JointType.WristLeft];
```

Figura 4 – Definición inicial del método miKinect_SkeletonFrameReady.

El proceso implica un mapeo preciso de los puntos a detectar en el sistema. Una vez localizados, se ejecuta una sentencia llamada “posición Elipse” que coloca una elipse en esos puntos. Este procedimiento se realiza en el sistema computacional y se muestra en la interfaz de la aplicación. Estos puntos críticos, mencionados anteriormente, brindan soporte tanto al sistema como al usuario para el posicionamiento. El sistema evalúa estos puntos y los utiliza para determinar la ubicación del usuario frente a la cámara.

```
posicionEllipse(ellipseCabeza, cabeza, false);
posicionEllipse(ellipseOmbligo, ombligo, false);
posicionEllipse(ellipseOmbligoDerecha, ombligoDerecha, false);
posicionEllipse(ellipseOmbligoIzquierda, ombligoIzquierda, false);
posicionEllipse(ellipseMunecaDerecha, munecaDerecha, false);
posicionEllipse(ellipseMunecaIzquierda, munecaIzquierda, false);
posicionEllipse(ellipseSpine,spine, false);
posicionEllipse(ellipseManoIzq, manoIzq, movimientoAtrasActivo);
posicionEllipse(ellipseManoDer, manoDer, movimientoAdelanteActivo);
posicionEllipse(ellipsePieDer, pieDer, movimientoAdelanteActivo);
posicionEllipse(ellipsePieIzq, pieIzq, movimientoAtrasActivo);

procesoAdelanteAtras(cabeza, manoDer, manoIzq, pieDer, pieIzq, ombligo,spine,munecaIzquierda,munecaDerecha,ombligoIzquierda,ombligoDerecha);
```

Figura 5 – Mapeo de puntos "críticos "del **método miKinect_SkeletonFrameReady.**

Proceso Adelante Atrás:

El proceso de detección de la posición de los puntos identificados implica ubicarlos numéricamente en un plano. Este método calcula una tolerancia específica para las posiciones de los puntos, centrándose exclusivamente en las manos del usuario. Esto resulta fundamental para evaluar la correcta ejecución de la maniobra de Heimlich, ya que permite verificar la posición y el movimiento adecuados de las manos en el espacio. Esta metodología se aplica directamente a maniobras que demandan una posición precisa y un movimiento característico. Un ejemplo claro de ello es la maniobra de Heimlich, la cual se describe en este contexto debido a su posición fija en el abdomen del paciente y la presión requerida en un movimiento específico para su ejecución.

```
private void procesoAdelanteAtras(Joint cabeza, Joint manoDer, Joint manoIzq, Joint pieDer, Joint pieIzq, Joint ombligo,
    Joint spine , Joint munecaIzq, Joint munecaDer,Joint ombligoIzq, Joint ombligoDer)
{


    double toleranciaDerecha, toleranciaIzquierda;

    toleranciaDerecha = (ombligo.Position.X - manoDer.Position.X) + (ombligo.Position.Y - manoDer.Position.Y) +
        (ombligo.Position.Z - manoDer.Position.Z);
    toleranciaIzquierda = (ombligo.Position.X - manoIzq.Position.X) + (ombligo.Position.Y - manoIzq.Position.Y) +
        (ombligo.Position.Z - manoIzq.Position.Z);
    if ((Math.Abs(toleranciaDerecha) < 0.05) && (Math.Abs(toleranciaIzquierda) < 0.05) && (posicionCorrecta == false))
    {
        posicionCorrecta = true;
        const string message =
        "Posicion Correcta Desea Intentarlo de nuevo";
        const string caption = "Correcto";
        var result = System.Windows.Forms.MessageBox.Show(message, caption,
                                    MessageBoxButtons.YesNo,
                                    MessageBoxIcon.Exclamation);

        if (result == System.Windows.Forms.DialogResult.No)
        {
            this.Close();
        }
        else
            posicionCorrecta = false;
    }
```

Figura 6 – Definición inicial del proceso matemático del método proceso Adelante Atrás

Al detectar la posición correcta, el sistema despliega un mensaje de confirmación de posición correcta, caso contrario el sistema no despliega nada, cuando el mensaje de confirmación de posición correcta aparezca el usuario puede levantar la mano izquierda o derecha en función de lo que desea realizar, repetir la maniobra o cerrar el programa.

Todo este proceso se realiza dentro de este mismo método.

```
if (manoIzq.Position.Y > cabeza.Position.Y)
{
    if (!movimientoAtrasActivo)
    {
        movimientoAtrasActivo = true;
        System.Windows.Forms.SendKeys.SendWait("{ENTER}");
    }
}
else
{
    movimientoAtrasActivo = false;
}
if (manoDer.Position.Y > cabeza.Position.Y)
{
    if (!movimientoAdelanteActivo)
    {
        movimientoAdelanteActivo = true;
        System.Windows.Forms.SendKeys.SendWait("{RIGHT}");
        System.Windows.Forms.SendKeys.SendWait("{ENTER}");
    }
}
else
{
    movimientoAdelanteActivo = false;
}
```

Figura 7 – Definición de la comparación y ubicación en el plano del método proceso Adelante Atrás.

3.8. Pruebas

La prueba se llevó a cabo directamente en el ámbito de aplicación del sistema, es decir, fue evaluada en la vista directa de sus usuarios. Los resultados demostraron la correcta localización de los puntos críticos mencionados en este documento, así como el adecuado posicionamiento en el espacio por parte del sistema. Por lo tanto, los métodos principales mencionados previamente desempeñan su función específica, lo que permite que la detección del movimiento y la posición precisa de los puntos críticos involucrados en la maniobra de Heimlich (utilizada como ejemplo principal) se evalúe y detecte con un margen de error mínimo.

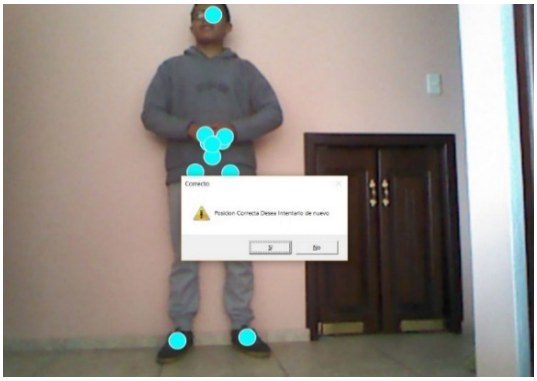


Figura 8 – Mensaje de confirmación de maniobra correcta e ilustración de los puntos “críticos”.

3.9. Entorno virtual

La interfaz que será visualizada por el usuario se compone de dos ventanas principales. La primera de ellas desempeña un papel introductorio del sistema, destinada a proporcionar una primera impresión al usuario. En esta ventana inicial, se encuentra un botón de inicio, el cual activa el funcionamiento del sistema, así como también un botón de salida, que permite al usuario cerrar la aplicación si así lo desea.



Figura 9 – Interfaz de inicio del sistema.

La plataforma incluye ventanas emergentes que ofrecen una experiencia educativa y enriquecedora para los usuarios. Estas ventanas no solo guían al usuario en la práctica de movimientos específicos, sino que también proporcionan una descripción médica completa. Se incluye un video descriptivo creado por expertos médicos, que comienza con una definición clara del movimiento y luego ofrece una explicación detallada de su ejecución adecuada. Esto permite a los usuarios comprender tanto la técnica en sí como su contexto médico y la importancia de su aplicación en emergencias. Además, se ofrece la opción de practicar el movimiento en cualquier momento, fomentando la autoevaluación y la aplicación de habilidades aprendidas. Se enfatiza la importancia de revisar la información médica proporcionada en el video antes de intentar la maniobra por cuenta propia, para garantizar una comprensión completa y una aplicación segura de las técnicas de primeros auxilios.

3.10. Resultados de la investigación

La investigación del presente artículo se centró en la integración de la tecnología Kinect en el entrenamiento de primeros auxilios ha demostrado ser eficaz para mejorar tanto las habilidades prácticas como la retención de conocimientos de los participantes. Las características específicas de Kinect, como la captura de movimiento y el reconocimiento de gestos, contribuyeron significativamente a estos resultados positivos. Además, la

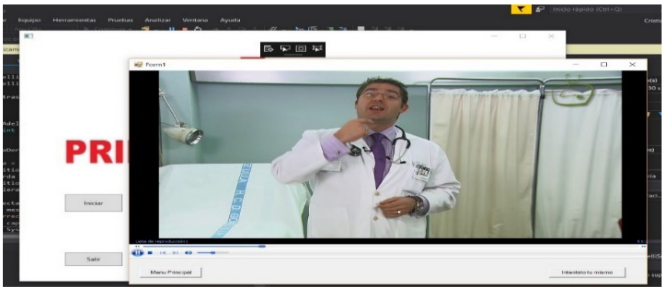


Figura 10 - Interfaz de presentación de vídeo explicativo.

percepción de los usuarios fue mayoritariamente favorable, destacando la utilidad y la interactividad del sistema. Comparado con el método tradicional de enseñanza, el sistema basado en Kinect no solo iguala, sino que supera en varios aspectos clave, como la retención de conocimientos y la corrección de técnicas. Sin embargo, el estudio también ha identificado áreas de mejora que, de ser abordadas, podrían aumentar aún más la efectividad y la usabilidad del sistema. El uso de Kinect en el entrenamiento de primeros auxilios presenta un prometedor avance en la educación en salud, proporcionando una herramienta potente para complementar y potencialmente mejorar los métodos de enseñanza tradicionales.

Método	Personas
Cursos presenciales	89
Aplicaciones virtuales	137
Total	226

Tabla 1 – selección de método de aprendizaje

Se realizó una encuesta con 226 participantes para investigar sus preferencias sobre el método más adecuado para aprender primeros auxilios. Esta iniciativa buscaba obtener una visión completa y diversificada, abarcando distintos perfiles y contextos. La recolección meticulosa de datos generó una muestra significativa, permitiendo análisis estadísticos y conclusiones relevantes. La diversidad de participantes enriqueció la validez y representatividad de los resultados, revelando preferencias individuales, tendencias generales y diferencias demográficas. Estos hallazgos son útiles para comprender las preferencias actuales y diseñar programas educativos más efectivos y adaptados.

Método	Horas
Cursos presenciales	16
Aplicaciones virtuales	11
Total	27

Tabla 2 – tiempo promedio de aprendizaje

Se consideraron las 16 horas asignadas por el curso como un período adecuado para el tiempo promedio de aprendizaje. Durante este periodo, se planificó meticulosamente el contenido y las actividades necesarias para garantizar una comprensión integral de las maniobras requeridas. Además, se llevó a cabo una estimación promedio de éxito en cuanto a la adquisición del conocimiento esencial para ejecutar las maniobras con eficacia. Cada hora fue aprovechada al máximo, empleándose estrategias pedagógicas efectivas para facilitar el aprendizaje y la retención de la información. Se diseñaron recursos didácticos pertinentes y se fomentó la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje. Asimismo, se brindó apoyo adicional a aquellos que lo necesitaron, ya sea a través de sesiones de tutoría personalizadas o materiales complementarios. La planificación cuidadosa de las 16 horas de preparación permitió alcanzar un equilibrio entre la profundidad del contenido y la practicidad de su aplicación. Se garantizó que los participantes obtuvieran un dominio suficiente de las técnicas requeridas, lo que contribuyó a mejorar su confianza y competencia en el campo específico de estudio.

Pruebas no paramétricas

Para realizar pruebas no paramétricas sobre los datos, se utilizó la prueba de Mann-Whitney U, dependiendo de la naturaleza de los datos y de la pregunta que queremos responder. Dado que existen dos grupos de datos (curso presencial y aplicación virtual), y se quiere comparar la cantidad de horas utilizadas, se usó la prueba de Mann-Whitney U para determinar si hay diferencia significativa entre las horas de capacitación entre los dos grupos.

- La hipótesis nula (H0) no hay diferencia significativa entre las horas de capacitación entre el grupo que optó por el curso presencial y el grupo que optó por la aplicación virtual.
- La hipótesis alternativa (H1) hay una diferencia significativa entre las horas de capacitación entre los dos grupos.

Calculo

$$U_1 = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1 \cdot (n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_2 \cdot (n_2 + 1)}{2} - R_2$$

Donde

n_1 es el tamaño de la primera muestra.

n_2 es el tamaño de la segunda muestra.

R_1 es la suma de los rangos de la primera muestra.

R_2 es la suma de los rangos de la segunda muestra.

Ahora, necesitamos calcular los valores de U_1 y U_2 utilizando las fórmulas que mencioné anteriormente.

Para el grupo de curso presencial:

$$U_1 = 89 \cdot 137 + \frac{89 \cdot (89+1)}{2} - R_1$$

Para el grupo de aplicación virtual:

$$U_2 = 89 \cdot 137 + \frac{137 \cdot (137+1)}{2} - R_2$$

Aquí, R_1 y R_2 son las sumas de los rangos de cada grupo. Dado que los datos ya están ordenados, podemos calcular estas sumas de manera sencilla:

Para el grupo de curso presencial:

$$R_1 = 89 \cdot 1$$

Para el grupo de aplicación virtual:

$$R_2 = 89 \cdot 137 + 1 \cdot 89$$

Ahora, sustituimos estos valores en las fórmulas para obtener U_1 y U_2

$$U_1 = 89 \cdot 137 + \frac{89 \cdot (89+1)}{2} - (89 \cdot 1)$$

$$U_2 = 89 \cdot 137 + \frac{137 \cdot (137+1)}{2} - (89 \cdot 137 + 1 \cdot 89)$$

Al calcular U_1 y U_2 podremos compararlos con el valor crítico de la tabla de Mann-Whitney U para determinar si hay una diferencia significativa entre las horas de capacitación entre los dos grupos.

Se calcularon los valores de U_1 y U_2

Para el grupo de curso presencial:

$$U_1 = 89 \cdot 137 + \frac{89 \cdot (89+1)}{2} - (89 \cdot 1)$$

$$U_1 = 89 \cdot 137 + \frac{89 \cdot 90}{2} - 89$$

$$U_1 = 12193 + 3995 - 89$$

$$U_1 = 16199$$

Para el grupo de aplicación virtual:

$$U_2 = 89 \cdot 137 + \frac{137 \cdot (137+1)}{2} - (89 \cdot 137 + 1 \cdot 89)$$

$$U_2 = 89 \cdot 137 + \frac{137 \cdot 138}{2} - (12193 + 89)$$

$$U_2 = 12193 + 9453 - 12282$$

$$U_2 = 12364$$

Ahora que existen los valores de U_1 *y* U_2 se compara con el valor crítico de la tabla de Mann-Whitney U para determinar si hay una diferencia significativa entre las horas de capacitación entre los dos grupos.

Para un nivel de significancia de, por ejemplo, α = 0.05, el valor crítico de Mann-Whitney U para un tamaño de muestra n_1 = 89 *y* n_2 = 137 es aproximadamente 10756. Si U_1 *o* U_2 son mayores que este valor crítico, entonces podemos rechazar la hipótesis nula y concluir que hay una diferencia significativa entre los grupos en términos de horas de capacitación. Dado que tanto U_1 como U_2 son mayores que 10756, se concluye que hay una diferencia significativa entre los grupos en términos de horas de capacitación. Es decir, la cantidad de horas de capacitación varía significativamente entre aquellos que optaron por el curso presencial y aquellos que utilizaron la aplicación virtual. Para realizar un análisis de varianza (ANOVA) en este contexto, consideraremos las horas de capacitación como la variable dependiente y el método de capacitación (curso presencial o aplicación virtual) como el factor independiente. El análisis de varianza permite determinar si hay diferencias significativas en la media de la variable dependiente entre los diferentes niveles del factor independiente.

El modelo utilizado es:

$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \in_{ij}$

Donde:

Y_{ij} es el valor de la variable dependiente para la observación *j* en el grupo *i*

μ es la media general.

α es el efecto del grupo *i*

$\in_{ij}$ es el error aleatorio.

Primero, se calcula la suma de cuadrados total (SCT), la suma de cuadrados entre grupos (SCG) y la suma de cuadrados dentro de grupos (SCDG). Luego, estos valores se utilizaron para calcular el estadístico F y determinar si hay diferencias significativas entre los grupos.

Las fórmulas para las sumas de cuadrados fueron las siguientes:

$$SCT = \sum\sum\left(Y_{ij} - \overline{Y}\right)^2$$

$$SCG = \sum n_i\left(\overline{Y}_i - \overline{Y}\right)^2$$

$$SCDG = \sum\sum\left(Y_{ij} - \overline{Y}_i\right)^2$$

Donde:

$\overline{Y}$ es la media general.

$\overline{Y}_i$ es la media del grupo i

n_i es el número de observaciones en el grupo i

El estadístico F se calcula como:

$$F = \frac{SCG/(k-1)}{SCDG/(n-k)}$$

k es el número de grupos.

n es el tamaño total de la muestra.

Si el valor p asociado con el estadístico F es menor que un nivel de significancia dado (por ejemplo, $\alpha = 0.05$), rechazamos la hipótesis nula y se concluye que hay al menos una diferencia significativa entre los grupos. Para realizar el análisis de varianza (ANOVA), primero se calculó calcular algunas estadísticas clave, como las medias de cada grupo, la media general y las sumas de cuadrados.

Primero, calculemos las medias de cada grupo:

Para el grupo de curso presencial:

$$\overline{Y}_1 = \frac{\sum_{i-1}^{n_1} Y_{1i}}{n_1} = \frac{16.89}{89} = 16$$

Para el grupo de aplicación virtual:

$$\overline{Y}_2 = \frac{\sum_{i-1}^{n_2} Y_{2i}}{n_2} = \frac{11.137}{137} = 11$$

Ahora, calculemos la media general:

$$\overline{Y} = \frac{\sum\sum Y_{ij}}{n} = \frac{16.89 + 11 \cdot 137}{89 + 137}$$

Una vez obtenidas las medias de cada grupo y la media general, se calculan las sumas de cuadrados.

Primero, se obtiene la suma de cuadrados total (SCT):

$$SCT = SCT_1 - SCT_2$$

Para el grupo de curso presencial:

$$SCT_1 = \sum_{i=1}^{n_1} \left(Y_{1i} - \overline{Y} \right)^2 = 89 \times \left(16 - \overline{Y} \right)^2$$

Para el grupo de aplicación virtual:

$$SCT_2 = \sum_{i=1}^{n_2} \left(Y_{2i} - \overline{Y} \right)^2 = 137 \times \left(11 - \overline{Y} \right)^2$$

Dado que es la media general, podemos calcularla como:

$$\overline{Y} = \frac{16 \times 89 + 11 \times 137}{89 + 137}$$

Ahora, se reemplaza en las fórmulas de SCT para calcular los valores.

Para la suma de cuadrados entre grupos (SCG):

$$SCG = SCG_1 + SCG_2$$

Para el grupo de curso presencial:

$$SCG_1 = n_1 \times \left(\overline{Y}_1 - \overline{Y} \right)^2 = 89 \times \left(16 - \overline{Y} \right)^2$$

Para el grupo de aplicación virtual:

$$SCG_2 = n_2 \times \left(\overline{Y}_2 - \overline{Y} \right)^2 = 137 \times \left(11 - \overline{Y} \right)^2$$

Y finalmente, la suma de cuadrados dentro de grupos (SCDG) será:

$$SCDG = SCDG_1 + SCDG_2$$

Para el grupo de curso presencial:

$$SCDG_1 = \sum_{i=1}^{n_1} \left(Y_{1i} - \overline{Y}_1 \right)^2$$

Para el grupo de aplicación virtual:

$$SCDG_2 = \sum_{i=1}^{n_2} \left(Y_{2i} - \overline{Y}_2 \right)^2$$

Ahora que existen todas las sumas de cuadrados, se calcula el estadístico F para determinar si hay diferencias significativas entre los grupos.

Calculo de *Y*

$$\overline{Y} = \frac{16 \times 89 + 11 \times 137}{89 + 137} = \frac{1424 + 1507}{226} = \frac{2931}{226} \approx 12.96$$

Calculo de SCT

$$SCT_1 = 89 \times (16 - 12.96)^2$$
$$SCT_1 = 89 \times (3.04)^2 = 89 \times 9.2416 \approx 822.54$$
$$SCT_2 = 137 \times (11 - 12.96)^2$$
$$SCT_2 = 137 \times (-1.96)^2 = 137 \times 3.8416 \approx 525.73$$
$$SCT = SCT_1 + SCT_2 = 822.54 + 525.73 \approx 1348.27$$

Calculamos SCG

$$SCG_1 = 89 \times (16 - 12.96)^2 \approx 822.54$$
$$SCG_2 = 137 \times (11 - 12.96)^2 \approx 525.73$$
$$SCG = SCG_1 + SCG_2 \approx 1348.27$$

Calculo SCDG

$$SCDG_1 = \sum_{i=1}^{n_1} \left(Y_{1i} - \overline{Y}_1\right)^2 = 89 \times (16 - 16)^2 = 0$$
$$SCDG_2 = \sum_{i=1}^{n_2} \left(Y_{2i} - \overline{Y}_2\right)^2 = 137 \times (11 - 11)^2 = 0$$
$$SCDG = SCDG_1 + SCDG_2 = 0 + 0 = 0$$

Calculo Estadístico F

$$F = \frac{SCG / (k-1)}{SCDG / (n-k)}$$
$$F = \frac{1348.27 / (2-1)}{0 / (226-2)}$$
$$F = \frac{1348.27}{224}$$
$$F = 6.01$$

Ahora, para determinar si este valor de F es estadísticamente significativo, se debe comparar con el valor crítico de la distribución F para el nivel de significancia deseado (por ejemplo, $\alpha = 0.05$) y los grados de libertad correspondientes.

Para un nivel de significancia de y $\alpha = 0.05$ y $df_1 = k - 1 = 2 - 1 = 1$ y $df_2 = n - k = 226 - 2 = 224$, consultando una tabla de distribución F o utilizando software estadístico, se evidencia que el valor crítico de F es aproximadamente 3.84.

Dado que nuestro valor calculado de F (6.01) es mayor que el valor crítico (3.84), se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay al menos una diferencia significativa entre las medias de las horas de capacitación entre los grupos de curso presencial y aplicación virtual.

3.11. Comparativas de resultados

Se compararon los enfoques tradicionales de aprendizaje mediante cursos presenciales con el uso de aplicaciones virtuales para adquirir conocimientos sobre primeros auxilios. Se identificaron ventajas y limitaciones de cada método a través de un análisis exhaustivo de datos. Los cursos presenciales ofrecen interacción directa con instructores calificados, facilitando la aclaración de dudas y la práctica de habilidades bajo supervisión experta. Además, promueven un ambiente de aprendizaje colaborativo donde los participantes pueden compartir experiencias y enriquecer su comprensión mediante el intercambio de ideas. Las aplicaciones virtuales ofrecen flexibilidad de horarios y ubicación, permitiendo el acceso al contenido en cualquier momento y lugar con conexión a internet. Esto beneficia especialmente a personas con agendas ocupadas o limitaciones de movilidad que no pueden asistir a cursos presenciales. Además, las aplicaciones virtuales ofrecen una variedad de recursos multimedia interactivos, como videos explicativos, simulaciones y cuestionarios, que mejoran la retención de información y la práctica de habilidades. Algunas plataformas también adaptan el contenido al ritmo de aprendizaje de cada usuario, brindando una experiencia personalizada y auto dirigida. No obstante, es importante considerar que tanto los cursos presenciales como las aplicaciones virtuales tienen sus propias limitaciones. Por ejemplo, los cursos presenciales pueden requerir una inversión de tiempo y recursos considerable, además de estar sujetos a restricciones logísticas, como la disponibilidad de instalaciones y la programación de sesiones. Por otro lado, las aplicaciones virtuales pueden carecer de la interacción humana directa y la retroalimentación personalizada que ofrecen los instructores en los cursos presenciales, lo que podría limitar la profundidad del aprendizaje en ciertos casos de tal forma que:



Figura 11 – Preferencia de uso de sistema de aprendizaje.

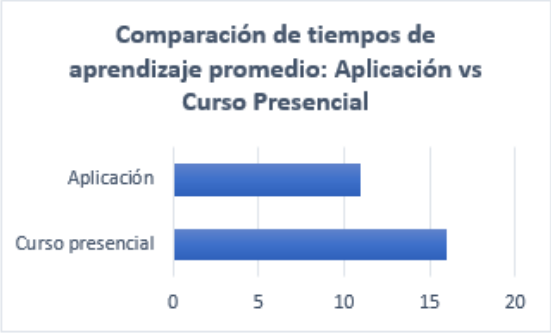


Figura 12 – Comparación de tiempos de aprendizaje promedio: Aplicación VS Curso presencial.

4. Conclusiones

Con la aplicación del sistema, se logró aumentar el índice de interés y preferencia por el mismo. Esto, a su vez, mejora significativamente la participación del estudiante en la práctica directa, ya que se eliminan los prejuicios y los factores sentimentales, centrándose directamente en el uso constante dirigido a un solo estudiante. Es decir, la práctica se lleva a cabo de manera más efectiva al tener un único usuario siguiendo el método aplicado, lo que permite abordar las dudas y las deficiencias de manera más precisa.

En cuanto al método tradicional, además de las deficiencias inherentes a la cobertura de todas las necesidades de un grupo amplio en un tiempo reducido para completar el curso, el índice de adquisición de conocimiento tiende a disminuir debido a la rapidez con la que se aborda y se destaca la práctica de cualquier tema del curso.

Finalmente, es necesario señalar que para futuros sistemas que aborden el tema RVT, es crucial incluir ciertas restricciones en el uso del sistema y definir claramente el público al que va dirigido, delimitando los tipos de usuarios. Todo esto con el fin de evitar problemas en la ejecución que puedan afectar el tema específico que el sistema precisa

abordar, y para garantizar que los usuarios eviten realizar interpretaciones erróneas basadas en factores que no están relacionados con el tema tratado ni entrenado.

Referencias

Aguilar, J. D. P., Padilla, J. V., Castillo, M., & Steven, M. (2014). Control de un brazo robótico usando el hardware kinect® de microsoft. In *Prospectiva* (Vol. 11, Issue 2, p. 88). https://doi.org/10.15665/rp.v11i2.43

Córdova-Guarachi, J., Aracena-Pizarro, D., & Corrales-Muñoz, J. (2016). Sistema de monitoreo para pacientes con tratamientos de tendinosis del tendón rotuliano utilizando Kinect. *Ingeniare*, *24*(2), 249–262. https://doi.org/10.4067/S0718-33052016000200008

Muñoz-Cardona, J. E., Henao-Gallo, O. A., & López-Herrera, J. F. (2013). Sistema de Rehabilitación basado en el Uso de Análisis Biomecánico y Videojuegos mediante el Sensor Kinect Rehabilitation System based on the Use of Biomechanical Analysis and Videogames through the Kinect Sensor. *Edición Especial*, 123–7799.

Ramírez, F. (05 de May de 2023). *Itsoftware*. Obtenido de Itsoftware: https://itsoftware.com.co/content/lenguaje-programacion-csharp/

Rodríguez, Á. (2013). *Sistema de Entrenamiento con Kinect* [Universitat Politècnica de Catalunya]. http://hdl.handle.net/2099.1/18626

G. Papadopoulos, A. Axenopoulos, and P. Daras, "Real-Time Skeleton-Tracking-Based Human Action Recognition Using Kinect Data," Multimed. Model., vol. 8325, pp. 473–483, 2014.

J. González, "El lenguaje de programación C # Índice El lenguaje de programación C # TEMA 5 : CLASES Índice introducción a la obra tema 1 : introducción a microsoft . Net m icrosoft . Net c ommon l anguage r untime (clr) m icrosoft i ntermediate l anguage (msil) l."

P. Fernández, Primeros auxilios, 1a ed. Buenos Aires: IHSA S.A., 2010.

P. Gómez and G. Méndez, "Uso de Kinect para el entrenamiento de actividades físicas," 2017.

Posada Aguilar, J. D., Villanueva Padilla, J., Castillo Perez, M. D., & Molina Gonzalez, S. d. (2013). „Control de un brazo robótico usando el hardware kinect de microsoft." Redalyc, 7.

S. Kudubayeva, D. Ryumin, M. Kalghanov, and A. Assem, "Automated recognition system of statistic gestures via kinect sensor," Appl. Inf. Commun. Technol. AICT 2016 - Conf. Proc., 2017.

Z. Zhang, "Microsoft kinect sensor and its effect," IEEE Multimed., vol. 19, no. 2, pp. 4–10, 2012.

Gómez , P., & Méndez, G. (2017). *Uso de Kinect para el entrenamiento de actividades físicas*. Madrid.

Hernández , M. J., Gajardo, M. R., & Coñapi , D. R. (2018). Efectos del entrenamiento con Xbox Kinect sobre la movilidad funcional en adultos. *redalyc*, 19.

Lima , H., & Santos , F. D. (2022). Reabilitação do equilíbrio postural com o uso de jogos de realidade virtual. *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, 161.

Machado , L. F., Nogueira de Araújo , I., Santos Almeida , C., & Valente , P. L. (2022). Application of functional games in the preprotetization of patient with post-osteosarcoma hip disarticulation: case study. Research,. *RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT*, 11.

Martínez Urbina, A. I., & Gómez Arribas, R. (2020). *Primeros Auxilios*. España: Editx.

Mousavi Hondori, H., & Khademi, M. (10 de diciembre de 2014). *National Library of Medicine*. Obtenido de National Library of Medicine: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4782741/

Ren , Y., Lin , C., Zhou , Q., Yingyuan , Z., Wang , G., & Lu , A. (2023). Archives of Gerontology and Geriatrics. *ScienceDirect*, 42.

Zahedian, N. N., Fatemeh , S. N., & Kavousipor, S. (25 de Sep de 2021). *National Library of Medicine*. Obtenido de National Library of Medicine: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34563120/

Huachin, H. A., López Martínez, J., & Narváez Díaz, L. (2015). Un sistema basado en Kinect para la enseñanza del arte marcila Tae Kwon Do para principiantes. *ResearchGate/Aportaciones en el uso de las Tecnologías*, 521.

Kudubayeva, S., Ryumin, D., Kalghanov, M., & Assem, A. (2017). Automated recognition system of statistic gestures via Kinect sensor. En Applied Information and Communication Technology (AICT 2016) - Conference Proceedings.

Núñez, C., Nuñez, J., & Fernández, F. (2020). Evaluación Longitudinal del Desarrollo de la Motricidad Gruesa en Niños de 4 y 5 años usando Tecnología Kinect. *Risti*, 194.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 17/05/2024
Aceitação/Acceptance: 29/07/2024

Empoderamiento Psicológico y el Comportamiento Intraemprendedor en Empresas del Sector Público

Ibett Mariela Jácome Lara[1], Kevin Nicolás Panchi Guanoluisa[2], Aarón Benjamín Santacruz Sánchez[3]

ibett.jacome@utc.edu.ec, kevin.panchi5470@utc.edu.ec, aaron.santacruz2800@utc.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 050102, Provincia de Cotopaxi, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, Av. Simón Rodríguez, Ecuador.

[2] Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 050102, Provincia de Cotopaxi, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, Av. Simón Rodríguez, Ecuador.

[3] Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 050102, Provincia de Cotopaxi, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, Av. Simón Rodríguez, Ecuador.

Pages: 517-531

Resumen: El estudio se centró en analizar la relación entre el empoderamiento psicológico y el comportamiento intraemprendedor en 192 servidores del sector público, aplicando la escala de Spreitzer (1995) para el empoderamiento psicológico y el instrumento de Covin y Slevin (1991) para el comportamiento intraemprendedor. Los resultados revelaron una correlación significativa entre el empoderamiento psicológico y el comportamiento intraemprendedor, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.807. Adicionalmente, el modelo de regresión lineal múltiple mostró que las dimensiones de competencia, autodeterminación e impacto explican conjuntamente un 67% de la variabilidad en el comportamiento intraemprendedor, con un coeficiente de determinación ajustado de 0.670, destacando la competencia como el predictor más influyente.

Palabras-clave: empoderamiento; empoderamiento psicológico; comportamiento intraemprendedor; sector público.

Psychological Empowerment and Intra-Entrepreneurial Behavior in Public Sector Companies

Abstract: The study focused on analyzing the relationship between psychological empowerment and intrapreneurial behavior in 192 public sector employees, applying the Spreitzer scale (1995) for psychological empowerment and the Covin and Slevin instrument (1991) for intrapreneurial behavior. The results revealed a significant correlation between psychological empowerment and intrapreneurial behavior, with a Pearson correlation coefficient of 0.807. Additionally, the multiple linear regression model showed that the dimensions of competence, self-determination and impact jointly explain 67% of the variability in intrapreneurial behavior, with an adjusted coefficient of determination of 0.670, highlighting competence as the most influential predictor.

Keywords: empowerment; psychological empowerment; intrapreneurial behavior; public sector.

1. Introducción

Las empresas de todo el mundo se enfrentan actualmente a una serie de situaciones de gestión cada vez más complejas que amenazan su pleno desempeño y sostenibilidad en el mercado (Noboa, et al., 2020). Dentro de este contexto, el empoderamiento psicológico como herramienta de gestión no es identificada dentro de las organizaciones y su nivel en la mayoría de las empresas es bajo. La carencia de empoderamiento psicológico afecta a las personas en el hecho de no tener la motivación interna para el desarrollo adecuado de sus tareas, así como tener autonomía para la toma de decisiones, que contribuya a la productividad de la organización.

De este modo para Acero (2019) indicó que el "empoderamiento" surge como una solución a la jerarquía que se observa en las compañías, las organizaciones cada vez se están transformando motivo por el cual atraviesan grandes cambios a medida que se van desarrollando, de modo que a las empresas modernas se les hace más difícil utilizar este tipo de herramienta, encontrado problemas en los empleados al momento de querer implementarla. Para Medina (2022) indicó que el empoderamiento psicológico surge como respuesta a la salud organizacional, dejando al descubierto la calidad del ambiente laboral en la cual el individuo se desempeña.

Por otra parte, se ha demostrado que el comportamiento intraemprendedor afecta en el comportamiento de los trabajadores de una empresa y su proactividad. Para Zehir et al. (2019) las organizaciones necesitan mejorar su capacidad de innovación (elemento del comportamiento intraemprendedor) permitiéndoles aprovechar el poder creativo de sus empleados para adaptarse rápidamente.

En relación al sector las especificidades del sector público pueden inhibir el emprendimiento y las prácticas innovadoras, la difusión de estas prácticas está vinculada al modelo mundial globalizado, alimentado por mayores expectativas de los ciudadanos, desafíos complejos y presupuestos más reducidos, que han aumentado la presión sobre los gobiernos, respuesta a la incertidumbre y los cambios en el entorno político, económico, social y tecnológico (Bogojeski, 2021).

Hjelmar (2019) argumentó que las presiones para mejorar y ampliar los servicios conducen a cambios en el desempeño del estado y cuestionan la capacidad de las organizaciones públicas para responder de manera efectiva a la demanda. Abdullah et al. (2021) citado en, Anjos, et., al. (2023) hallaron que las investigaciones sobre la calidad de vida laboral principalmente en negocios, administración y contabilidad se realizan con más frecuencia en Estados Unidos, India y países asiáticos siendo esta influyente positivamente en la satisfacción laboral y el empoderamiento psicológico (Chinomona y Dhurup, 2014; Venkatesh y Aarthy, 2013; Diana et al., 2022).

Es así que, en el sector público, para que ocurra el intraemprendimiento, debe haber líderes emprendedores que busquen generar e implementar, que creen valor para la sociedad (Demircioglu, MA & Chowdhury, F, 2021). En el marco de los negocios, se puede acumular experiencia personal, que se utilizará para encontrar soluciones a

los problemas de una manera políticamente aceptable siendo administrativamente beneficiosa. Por tanto, estas acciones surgen de los impulsos y esfuerzos de los intraemprendedores del país, con consecuencias políticas, económicas y culturales, inspiradas en la inquietud buscando el deseo de cambio, con la finalidad de crear valor para contribuir a la formación de una orientación emprendedora en el sector público (Diefenbach, 2011).

En la revisión de trabajos previos, indican que las organizaciones que les brindan soporte y locus de control a sus empleados, influyen positivamente sobre el empoderamiento psicológico y el compromiso del empleado. De esta manera, el compromiso de los empleados se considera un potenciador del rendimiento, los empleados están más enfocados, realizan mejor su trabajo, su productividad y su creatividad mejora estando listos para hacer un esfuerzo adicional (Tipathi, et al., 2021). Bajo este contexto Alagarsamy en su estudio respecto del empoderamiento psicológico y el compromiso de los empleados, mencionaron que estas variables son cruciales para mejorar la satisfacción de los empleados. Los autores indicaron que el empoderamiento psicológico es una motivación intrínseca que un individuo deriva de la autonomía del trabajo y es reconocido como un contribuyente fundamental al éxito organizacional. Asimismo, indicaron que el compromiso de los empleados es central para mejorar la efectividad organizacional (Alagarsamy et al, 2020)

Por otra parte, Audretsch et al. (2021) sugirieron que a través del comportamiento intraemprendedor, los empleados pueden contribuir a dos resultados organizacionales importantes, la creación de nuevas empresas y la renovación de la estrategia, mientras que el valor de sus salarios puede distraer a los empleados de su enfoque y desempeño. Honig & Samuelson (2021) sugirieron que el capital humano juega un papel importante en el éxito de las empresas. Según Zhang, et al. (2020) los intraemprendedores se definen como individuos emprendedores dentro de un negocio existente que son críticos porque piensan más allá de los límites de las unidades organizacionales. Por lo tanto, estos empleados son la base de la innovación empresarial de las MiPymes y por ende de su ventaja competitiva.

En este mismo orden de ideas, según Demircioglu (2020) para que se produzca un comportamiento intraemprendedor en el sector público es necesario fomentar el espíritu innovador de los empleados para que sean líderes emprendedores que tengan un pensamiento distinto en relación al lugar donde se encuentren, las actitudes intraemprendedoras pueden generar un aglomerado de experiencias individuales, las cuales ayudan en la búsqueda de soluciones a los problemas, de una manera políticamente aceptable y con una administración viable. Según lo establecido por Abraham., et. al (2020) las economías emergentes se convierten en una fuerza económica importante, en tal proceso el comportamiento intraemprendedor juega un papel crucial, por lo tanto, es necesario reexaminar las formas tradicionales de hacer negocios y desarrollar una mentalidad emprendedora para encontrar el crecimiento y la supervivencia en un entorno hostil o de dura competencia. A modo que superficialmente, los gobiernos de las economías emergentes aprueban leyes y regulaciones similares a las que se observan en las economías desarrolladas. Sin embargo, estas leyes comerciales que favorecen el espíritu empresarial no se implementan de manera eficiente (Kassim, E. & A. El Ukosh, 2020).

Kearney (2013) indicó en este contexto que la gran mayoría de los estudios se han centrado en la relación entre el desempeño intraemprendedor y la empresa, pero solo unos pocos han investigado sus factores de origen, Al respecto Parker (2011) mostro la necesidad de reponer las capacidades iniciales de la empresa actual examinando el fenómeno intraemprendedor.

Finalmente, existen estudios comparativos del fenómeno del comportamiento intraemprendedor, como el Global Entrepreneurship Monitor (GEM), que afirma en su último informe que "…la actividad emprendedora de los empleados (EEA) es crucial para lograr la sostenibilidad empresarial, y las actualizaciones son fundamentales para lanzar con éxito un nuevo producto, servicio o crear una nueva empresa". (pág. 38, 2013)

Bajo este contexto la investigación pretende determinar la relación existente entre el empoderamiento psicológico y el comportamiento intraemprendedor en el sector público. Por lo que se plantean las siguientes hipótesis de investigación:

Ha: Existe una correlación positiva entre el empoderamiento psicológico y el comportamiento intraemprendedor.

Ho: No existe una correlación positiva entre el empoderamiento psicológico y el comportamiento intraemprendedor.

2. Metodología

La investigación se basó en un enfoque cuantitativo, dado que, para el análisis de los datos se aplican técnicas estadísticas de tipo descriptivo e inferencial, permitiéndonos de este modo confirmar o no la hipótesis de investigación, así lo confirma Hernández & Mendoza (2020), los métodos cuantitativos se basan en esquemas deductivos y lógicos destinados a formular preguntas e hipótesis de investigación para su posterior comprobación.

El diseño utilizado fue deductivo, descriptivo y analítico, de tipo correlacional es un método de investigación no experimental que utiliza el análisis estadístico para probar la relación entre dos variables, se utilizan para examinar datos cuantitativos para determinar si existen patrones, tendencias, hallazgos o relaciones causales entre las variables dependientes e independientes, Corona, et al. (2023). Además, se aplicó una investigación de corte transversal ya que se presenta la investigación en un momento determinado y de tiempo único.

Los datos fueron categóricos-ordinales, dado que se trabajó con puntajes de la escala de likert, para realizar el procesamiento de los mismos se utilizó el software denominado IBM SPSS Statistics 25. Dentro de las técnicas utilizadas para los análisis en nuestra investigación se utilizó la correlación de Pearson. Según Cuadras (2019), el análisis multivariado es un método analítico que combina un conjunto de técnicas estadísticas y matemáticas para describir e interpretar datos observados utilizando ciertos métodos estadísticos estudiados en conjunto. El análisis multivariado contiene información en varias dimensiones, incluida la geometría, el álgebra matricial y las distribuciones multivariadas que subyacen al análisis estadístico. Dentro de las técnicas estadísticas

para el análisis multivariado se utilizó la regresión lineal múltiple con el objetivo de medir la incidencia de una variable sobre la otra.

Se aplicó el instrumento ¨Psychological Empowerment Scale¨ (PES) de Spreitzer 1995, que ha sido ampliamente utilizado en contextos organizacionales, los valores de indice de ajuste oscila entre 0.90 y 0.95 que indica un buen ajuste del modelo a los datos, respecto de la fiabilidad el PES suele estar entre 0.80 y 0.90 lo que indica una consistencia interna adecuada entre los items del instrumento (Spreitzer,1995).

Respecto del intrumento planteado por Covin y Slevin (1991) conocido como ¨Corporate Entrepreneurship Assessment Instrument¨ (CEAI), este ha sido usado en numerosos estudios para evaluar el comportamiento emprendedor dentro de las organizaciones. Los valores del Alfa de Cronbach para el CEAI oscilan entre 0.70 y 0.90 indicando una consistencia interna aceptable a excelente entre los items del instrumento.

La selección del muestreo se fundamenta en la necesidad de obtener datos representativos del sector público ecuatoriano, específicamente en el contexto de las entidades públicas de servicio. Se eligieron cuatro entidades públicas, justificando esta elección en base a las características relevantes que estas presentan para el estudio del empoderamiento psicológico y el comportamiento intraemprendedor. Las entidades seleccionadas son representativas de diversas áreas del sector público, lo que permite una mayor generalización de los resultados.

El muestreo no probabilístico por conveniencia se aplicó debido a varias razones:

Accesibilidad y Colaboración: Las entidades seleccionadas mostraron una disposición a colaborar con la investigación, facilitando el acceso a los datos necesarios.

Relevancia de las Entidades: Las entidades elegidas son claves en el sector público y poseen características que las hacen idóneas para estudiar el impacto del empoderamiento psicológico en el comportamiento intraemprendedor. Estas características incluyen una estructura organizacional establecida, una amplia gama de servicios ofrecidos y una diversidad en la composición de sus empleados.

Viabilidad Logística: Dada la limitación de recursos y tiempo, la elección de estas entidades permitió realizar una investigación exhaustiva sin comprometer la calidad y profundidad del análisis.

Según Lakens (2022) indicó que no existe un tamaño mínimo para la población, de acuerdo a este criterio el tamaño de la muestra fue de 129 servidores públicos, lo cual es adecuado para los métodos estadísticos utilizados. Además, la diversidad dentro de las entidades seleccionadas, en términos de roles y responsabilidades de los empleados, asegura que los hallazgos de la investigación sean aplicables a una variedad de contextos dentro del sector público. Esto es crucial, ya que los factores geográficos, culturales, económicos y sociales pueden influir significativamente en los resultados. La consideración de estas variables asegura que los resultados del estudio proporcionen una visión comprensiva y detallada de la relación entre el empoderamiento psicológico y el comportamiento intraemprendedor.

3. Resultados

3.1. Análisis de Variables Demográficas

Se analizaron variables demográficas como género, edad, instrucción académica, nombre de la entidad pública, años de experiencia y tipo de contrato. Los resultados indican que el 64.34% de los encuestados son hombres y el 35.66% son mujeres. La mayoría de los empleados tienen entre 37 y 47 años (62%) y poseen de 1 a 5 años de experiencia (34.88%). El tipo de contrato más común es el nombramiento específico (57.36%).

3.2. Análisis de Correlación

El análisis de la matriz de correlaciones Tabla 1. revela que todas las dimensiones del empoderamiento psicológico tienen una relación positiva y estadísticamente significativa con el comportamiento intraemprendedor. La competencia es la dimensión que muestra la correlación más fuerte con el comportamiento intraemprendedor, seguida por el significado, la autodeterminación y el impacto. Estos resultados sugieren que el fortalecimiento del empoderamiento psicológico en sus diversas dimensiones puede ser una estrategia efectiva para promover el comportamiento intraemprendedor en las entidades del sector público.

Variable	1	2	3	4	5
1. Comportamiento Intraemprendedor	1	.807*	.697*	.751*	.692*
2. Empoderamiento Psicológico	.807*	1	.905*	.855*	.880*
3. Significado	.697*	.905*	1	.849*	.754*
4. Competencia	.751*	.855*	.849*	1	.660*
5. Autodeterminación	.692*	.880*	.754*	.660*	1

*Nota: * p < .05

Tabla 1 – Matriz de Correlación de Pearson

3.3. Análisis de Regresión Lineal Múltiple

Se propuso un modelo de regresión lineal múltiple donde la variable dependiente es el comportamiento intraemprendedor y las variables explicativas son significado, competencia, autodeterminación e impacto. La fórmula del modelo es la siguiente:

$$\text{Comportamiento Intraemprendedor} = b0 + b1\text{Significado} + b2\text{Competencia} + b3\text{Autodeterminación} + b4\text{Impacto}.$$

3.4. Desarrollo del modelo

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,825[a]	,680	,670	5,143
Nota: a. Predictores: (Constante), Impacto, Competencia, Autodeterminación, Significado				

Tabla 2 – Resumen del Modelo

La Tabla2. muestra un resultado R^2 ajustado de 0,670 lo cual indica que las variables independientes en conjunto explican en un 67% la varianza de la variable respuesta.

Significancia de los Constructos

Modelo		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	6981,825	4	1745,456	65,992	,000[b]
	Residuo	3279,726	124	26,449		
	Total	10261,550	128			

Tabla 3 – *Anova*[a]

La tabla ANOVA en regresión lineal nos ayuda a evaluar la validez global del modelo y determinar si las variables predictoras tienen un efecto conjunto significativo en la variable dependiente.

En la Tabla 3. se presenta los resultados del ANOVA, lo cual permite evaluar la significancia global del modelo de regresión. En este caso el valor de F es de 65,992 y el valor de la probabilidad es de 0,00001, el mismo que es menor a a= 0.05, rechazando la H0= b1=b2=b3=b4=0, y aceptando H1= b1≠b2≠b3≠b4≠0

Ecuación de Regresión

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Estadísticas de colinealidad	
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.	Tolerancia	VIF
1	(Constante)	5,568	2,815		1,978	,050		
	Significado	-,157	,212	-,082	-,742	,460	,210	4,754
	Competencia	1,087	,201	,521	5,405	,000	,277	3,611
	Impacto	,446	,103	,291	4,342	,000	,573	1,746
	Autodeterminación	,416	,155	,224	2,683	,008	,370	2,703
Nota: a. Variable dependiente: Comportamiento Intraemprendedor								

Tabla 4 – Coeficientes

Los resultados indican una correlación significativa entre las dimensiones del empoderamiento psicológico y el comportamiento intraemprendedor en las entidades del sector público. Sin embargo, se observó que estas prácticas no están plenamente implementadas debido a las restricciones administrativas propias del sector. La "Competencia" y el "Impacto" demostraron ser los predictores más fuertes del comportamiento intraemprendedor, mientras que el "Significado" no mostró una relación significativa. Estos hallazgos subrayan la importancia de promover el empoderamiento psicológico para fomentar el comportamiento intraemprendedor, alineándose con estudios previos en otros contextos organizacionales (Boudrias et al., 2009; Spreitzer, 1995).

Los coeficientes estandarizados (Beta), nos indican el efecto relativo de cada predictor en el modelo. La "Competencia" tiene el beta más alto (0.521), seguido por "Impacto" (0.291) y "Autodeterminación" (0.224). Esto sugiere que "Competencia" tiene el efecto más fuerte en el "Comportamiento Intraemprendedor".

Los valores de t y las significancias correspondientes indican si los coeficientes son significativamente diferentes de cero. Para "Competencia", "Impacto" y "Autodeterminación", los valores de p (Sig.) son menores que 0.05, lo que sugiere que estas variables son predictores significativos del "Comportamiento Intraemprendedor". "Significado", por otro lado, tiene un p-valor de 0.460, lo que indica que no es un predictor significativo.

En este modelo, los VIFs para "Significado", "Competencia", "Impacto" y "Autodeterminación" son 4.754, 3.611, 1.746 y 2.703, respectivamente. Aunque todos están por debajo del umbral común de 10, "Significado" está cercano a 5, lo que podría sugerir una moderada colinealidad. Sin embargo, como regla general, estos valores no son lo suficientemente altos como para causar preocupación significativa sobre la colinealidad que pudiera estar afectando los coeficientes estimados en el modelo.

Ecuación de Regresión Múltiple Modelo (2)

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95,0% intervalo de confianza para B	
		B	Desv. Error	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	5,565	2,810		1,981	,050	,005	11,126
	Competencia	,982	,143	,471	6,880	,000	,700	1,265
	Autodeterminación	,368	,141	,198	2,614	,010	,089	,647
	Impacto	,439	,102	,286	4,298	,000	,237	,640

Nota: a. Variable dependiente: Comportamiento Intraemprendedor

Tabla 5 – Coeficientes Modelo (2)

Comportamiento Intraemprendedor (Y) (Modelo 2)

La ecuación de regresión múltiple del Modelo (2), que excluye la variable "significado" debido a su falta de significancia estadística, se presenta como:

Y = 5.565 + 0.982 x Competencia + 0.368 x Autodeterminación + 0.439 x Impacto

Este modelo sugiere que la "Competencia" tiene el mayor impacto en el comportamiento intraemprendedor, con un coeficiente de 0.982. La "Autodeterminación" y el "Impacto" también contribuyen positivamente, aunque en menor medida, con coeficientes de 0.368 y 0.439 respectivamente. Esto significa que la percepción de autonomía y el sentido de influencia en el trabajo también son importantes para fomentar el "Comportamiento Intraemprendedor", pero su efecto es menor en comparación con la "Competencia". En resumen, para promover el comportamiento intraemprendedor en el sector público, es crucial centrarse en aumentar la competencia percibida, la autodeterminación y el impacto de los empleados, siendo la competencia el factor más determinante.

Tamaño del Efecto y Potencia Estadística (1-B)

El tamaño del efecto calculado (f^2 de Cohen) para la regresión lineal múltiple fue calculado con el paquete G-POWER y su resultado fue de aproximadamente 2,125, lo que indica un tamaño del efecto "grande" según los estándares de Cohen. La transformación de esto en la f de Cohen es aproximadamente 1,458, lo que también se considera un tamaño de efecto grande.

$$TE = f^2 \quad f^2 = \frac{R^2}{1 - R^2}$$

Prueba Estadística	Tamaño del Efecto Pequeño	Tamaño del Efecto Mediano	Tamaño del Efecto Grande
Prueba t (para comparar medias)	d = 0.2	d = 0.5	d = 0.8
ANOVA (Análisis de Varianza)	η^2 = 0.01	η^2 = 0.06	η^2 = 0.14
Correlación Pearson	r = 0.1	r = 0.3	r = 0.5
R cuadrado (en regresión)	R^2 = 0.02	R^2 = 0.13	R^2 = 0.26
Coeficiente de Contingencia	Cramer's V = 0.1	Cramer's V = 0.3	Cramer's V = 0.5
U de Mann-Whitney (U de Wilcoxon para muestras independientes)	r = 0.1	r = 0.3	r = 0.5
Coeficiente Phi (para asociación en tablas de contingencia 2x2)	φ = 0.1	φ = 0.3	φ = 0.5

Tabla 6 – Tabla de referencia: Pruebas estadísticas y valores del tamaño del efecto pequeño, mediano y grande.

La potencia estadística, calculado de igual manera con G.POWER fue de aproximadamente 1, tanto con 4 predictores como con los 3 predictores estadísticamente significativos, que está por encima del umbral convencional de 0,80 que normalmente se desea para los análisis estadísticos. Esta potencia indica una baja probabilidad de cometer un error de tipo II, lo que significa que existe un bajo riesgo de no detectar un efecto que realmente existe

Métrico	Valor
Tamaño del efecto (f ^2)	2.125
f de Cohen	1458
Potencia	1

Tabla 7 – Tabla de resultados de tamaño de efecto y portencia estadística

Esto se explica ya que la potencia estadística es la probabilidad de detectar un efecto cuando ese efecto existe realmente en la población. En igualdad de condiciones, una prueba basada en una muestra grande tiene más potencia estadística que una prueba con una muestra pequeña.

5. Discusión

Se evidenció que los resultados de la investigación, la cual tuvo como objetivo diagnosticar las dimensiones de Empoderamiento Psicológico con base en el Comportamiento Intraemprendedor en las organizaciones de servicios del sector público, con el modelo teórico propuesto los resultados fueron los siguientes: Existe un alto grado de significancia de cada constructo y a su vez entre la variable dependiente con la independiente sin embargo estas en el sector público no tienen una correcta aplicación debido al riguroso sistema al que se acogen. Esto se debe a que probablemente por ser de este tipo, este sector no permite que los trabajadores puedan desarrollar este tipo de comportamiento es decir, tienen un nivel bajo de innovación, asunción de riesgos, proactividad, autonomía, orientación al logro y visión emprendedora, debido a los rigurosos procedimientos que se tienen que seguir y a todos los controles que realizan los entes reguladores, tal es el caso que los trabajadores no tienen esa visión de hacer algo más o se les dificulta ser proactivos e innovadores, otro problema destacado es la carente autonomía que tiene cada trabajador en su accionar, autores como (Noboa, et al., 2019) concuerdan que si encontraron una correlación positiva en empresas del sector privado, inclusive teniendo una correlación entre la variable empoderamiento psicológico y lenguaje motivacional.

Para Acero (2019) el empoderamiento tiene una correlación negativa en las organizaciones ya que esta herramienta de gestión es una falencia y al no saber aplicarlo los procesos dejan de ser óptimos, y por ende las organizaciones se ven perjudicadas en su desarrollo.

Por otro lado, este estudio respalda investigaciones realizadas en otros países (Boudrias, et al., 2009; Spreitzer, 1995), que confirman que las prácticas de empoderamiento influyen en el empoderamiento psicológico. En este sentido, los resultados de este

estudio se consideran cruciales para que las instituciones de la ciudad de Latacunga pongan mayor empeño en la fomentación de este tipo de herramientas, para encaminar su visión al empoderamiento.

Vega et al., (2014) mencionaron en su investigación que la fiabilidad de la escala para el empoderamiento psicológico fue adecuada en cada caso; los resultados fueron de 0,87 lo que le da significancia a la variable, cabe destacar que este estudio se realizó a pequeñas y medianas empresas de Chile, donde en las pequeñas empresas. los resultados muestran un alto grado de empoderamiento, pero en las medianas empresas el grado de empoderamiento es menor.

Fraenkel et al., (2011) definió que hay una falta de investigación en América Latina, ya que la mayoría de las fuentes vienen de Asia y Europa. Dado que todas estas se procesan de acuerdo con el modelo longitudinal, ocasionando una falta de adquisición de información a lo largo del tiempo.

6. Conclusiones

La investigación confirmó la existencia de una correlación significativa entre el empoderamiento psicológico y el comportamiento intraemprendedor, con un coeficiente de correlación de 0.807 y un nivel de significancia estadística $p<0.01$. El análisis de regresión lineal múltiple resaltó que las dimensiones de competencia, autodeterminación e impacto son predictores significativos del comportamiento intraemprendedor, explicando en conjunto el 67% de su variabilidad en el sector público. Estos hallazgos subrayan la importancia de promover políticas que potencien estas dimensiones del empoderamiento psicológico para fomentar la innovación y el compromiso organizacional en el sector público. Se recomienda la implementación de estrategias dirigidas a mejorar las competencias y la percepción de impacto de los empleados para optimizar los resultados organizacionales

7. Implicaciones

Este estudio puede influir en la forma en que se diseñan los programas de educación empresarial incorporando aspectos relacionados con el intraemprendimiento y el empoderamiento psicológico en los planes de estudio de carreras relacionadas con la administración pública y la gestión empresarial. Esto permitiría a los futuros líderes del sector público entender cómo fomentar un ambiente intraemprendedor y promover el empoderamiento de sus equipos.

El fomento del comportamiento intraemprendedor y el empoderamiento psicológico puede conducir a una mayor innovación y mejora continua en la prestación de servicios públicos impulsando un cambio cultural hacia una mentalidad más emprendedora dentro de las organizaciones. Esto implica promover la autonomía, la iniciativa y la capacidad de asumir riesgos calculados entre los empleados y los líderes de las organizaciones gubernamentales.

8. Futuras Investigaciones

Futuras investigaciones deberían estudiar estos constructos en otros sectores, es probable que se encuentre resultados distintos. Además, se debe realizar un análisis detallado de los factores organizacionales que regulan, promueven o dificultan el intraemprendimiento en las empresas estatales con el fin de identificar obstáculos y oportunidades para el desarrollo de iniciativas intraemprendedoras.

Se recomienda realizar un análisis comparativo de empresas del sector público y privado con respecto al nivel de empoderamiento psicológico de los empleados y el comportamiento intraemprendedor para identificar diferencias y similitudes entre los sectores. Es posible que el sector al que pertenece marque una diferencia en la motivación intrínseca de los empleados.

Finalmente se requiere realizar estos estudios de manera longitudinal, con muestras en varios momentos del tiempo, que aporten al conocimiento de manera secuencial e identificar si los resultados siguen siendo positivos, o en algún momento por otras variables estos resultan negativos.

Referencias

Abdullah, N. A. C., Zakaria, N., & Zahoor, N. (2021). Developments in quality of work-life research and directions for future research. Sage open, 11(4), 118. doi:10.1177/21582440211059177

Abraham Mensah, Acquah y Muazu Ibrahim. (2020). “Inversión extranjera directa, crecimiento económico yfiDesarrollo del sector financiero en África.”Revista de finanzas e inversiones sostenibles10 (4): 315–334. doi: 10.1080/20430795.2019.1683504.8EDITORIAL

Acero, I. (2019). Empoderamiento, Una Falencia En Las Empresas [Universidad Militar Nueva Granada]. https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/35263/AceroFore roIngridEliana2019.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Acevedo, Sebastián y Dassen, Nicolás. (2016). “Innovando para una mejor gestión: la contribución de los laboratorios de innovación pública”, Estados Unidos, IADB.

Alagarsamy, S., Mehrolia, S. y Aranha, RH (2023). El efecto mediador del compromiso de los empleados: ¿Cómo el empoderamiento psicológico de los empleados afecta la satisfacción de los empleados? Un estudio del sector turístico de Maldivas. Revisión empresarial global, 24 (4), 768-786. https://doi.org/10.1177/0972150920915315

Banda Castro, A. L., & Morales Zamorano, M. A. (2015). Empoderamiento psicológico: un modelo sistémico con componentes individuales y comunitarios. Revista de Psicología Vol. 33 (1), 2015 (ISSN 0254-9247). http://www.scielo.org.pe/pdf/psico/v33n1/a01v33n1.pdf

Baruah, B., & Ward, A. (2015). Metamorphosis of intrapreneurship as an effective organizational strategy. International entrepreneurship and management journal, 11, 811-822.

Bogojeski, P. (2021). “Prevalence of entrepreneurship in the Macedonian public sector”, Journal of the Institute of Economics – Skopje, vol. 23, no. 2-3, pp. 74-89.

Boudrias, J. S., Gaudreau, P., Savoie, A., & Morin, A. J. (2009). Employee empowerment: From managerial practices to employees’ behavioral empowerment. Leadership & Organization Development Journal, 30(7), 625-638.

Cantner, U., Cunningham, J.A., Lehmann, E.E. et al. Entrepreneurial ecosystems: a dynamic lifecycle model. Small Bus Econ 57, 407–423 (2021). https://doi.org/10.1007/s11187-020-00316-0

Chiang, M. M., Valenzuela, L., y Lagos, M. A. (2014). Modelo de regresión entre compromiso organizacional y empoderamiento psicológico en pequeñas y medianas empresas en Chile. Multidisciplinary Business Review, 7(1), 1-10.

Chinomona, R., & Dhurup, M. (2014). The influence of the quality of working life on employee job satisfaction, job commitment and tenure intention in the sme sector in zimbabwe. South African journal of economic and management sciences, 17(4), 363-378. doi:10.4102/sajems.v17i4.296

Chumbiauca Castillo, J. F. (2019). El empoderamiento y su relación con el compromiso organizacional de los empleados de la oficina regional de Huaraz del organismo supervisor de la inversión de la energía y minería (OSINERGMIN), Huaraz 2018.

Corona Martínez, Luis A., & Fonseca Hernández, Mercedes. (2023). Las hipótesis en el proyecto de investigación: ¿cuándo si, cuándo no? MediSur, 21(1), 269-273. Epub 27 de febrero de 2023. Recuperado en 22 de mayo de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2023000100269&lng=es&tlng=pt.

Covin, J. G., & Slevin, D. P. (1991). A conceptual model of entrepreneurship as firm behavior. Entrepreneurship theory and practice, 16(1), 7-26.

Cuadras, C. M. (2019). Nuevos métodos multivariantes (C. Ediciones, Ed.). doi:10.1017/CBO9781107415324.004

Diefenbach, Fabian Elias. (2011). “Entrepreneurial orientation in the public sector”, (Doctoral dissertation), Switzerland, St. Gallen, University of St. Gallen.

dos Anjos, A. C., Sell, D., Spinosa, L. M., Wahrhaftig, R., Koch, G. L., dos Santos, N., & dos Santos Pacheco, R. C. (2023). Sistemas para Localização de Especialistas: desafios e oportunidades para o desenvolvimento de ecossistemas de inovação. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E55), 311-326.

Duobiene, J. (2017). Corporate entrepreneurship in Lithuanian mature organisations: is it really working? Inžinerinė ekonomika, 28(1), 56-67.

Demircioglu, MA y Chowdhury, F. (2021). Emprendimiento en organizaciones públicas: el papel del comportamiento de liderazgo. Economía de la pequeña empresa, 57 (3), 1107-1123.

Fraenkel, J., Wallen, N., & Hyun, H. (2011). How to design and evaluate research in education [Cómo diseñar y evaluar la investigación en educación]. (8a ed.). McGrawHill Education.

Galván Vela, E., Sánchez Limón, M. L., & González, G. S. (2018). Determinantes del comportamiento intraemprendedor en empresas del noreste de México: un estudio exploratorio. SciELO México. Retrieved June 20, 2023, from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007- 18332018000200006

Gawke, J. C., Gorgievski, M. J., & Backker, A. B. (2018). Personal costs and benefits of employee intrapreneurship. Journal of occupational health psychology.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.

Hjelmar, C., & Sandell, A. (2019). WELL-certifiering.

Honig, B., & Samuelsson, M. (2021). Business planning by intrapreneurs and entrepreneurs under environmental uncertainty and institutional pressure. Technovation, 99, 102124.

Johanna de Villiers-Scheepers, M. (2012). Antecedents of strategic corporate entrepreneurship. European Business Review, 24(5), 400-424.

Kassim, E. y A. El Ukosh.2020."Emprendimiento en Facultades de Educación Técnica: Investigación Aplicada sobreUniversidadGraduados de la Facultad de Ciencias Aplicadas - Gaza."Revista Internacional de Ética Empresarial yGobernancia3 (3): 52–84. doi:10.51325/ijbeg.v3i3.49.

Kearney, C. (2013, December 24). The mediating role of corporate entrepreneurship for external environment effects on performance | Journal of Business Economics and Management. VILNIUS TECH Journals. https://journals.vilniustech.lt/index.php/JBEM/article/view/3776

Kuratko, D. F., Fisher, G., & Audretsch, D. B. (2021). Unraveling the entrepreneurial mindset. Small Business Economics, 57(4), 1681-1691.

Lakens, D. (2022). Justificación del tamaño de la muestra. Colaboración: psicología, 8 (1), 33267.

Locke, E.A., N, C., & J, K. (1968). Motivational effects of knowledge of results: A goal-setting phenomenon? APA PsycNet. https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2Fh0026737

Noboa, M., Torres, G., Estrella, I., & Vizuete, W. (2020). Motivational language and psychological empowerment of workers in the city of Guayaquil, Ecuador. Revista RSC, 16(2), 206-224.

Parker, Simon. (2011). Intrapreneurship or Entrepreneurship? Journal of Business Venturing. 26. 19-34. 10.1016/j.jbusvent.2009.07.003.

Sánchez Carlessi, H., Reyes Romero, C., & Mejía Sáenz, K. (2018). Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística.

Spreitzer, G. (1995). Psychological empowerment in the workplace: Dimensions, measurement, and validation. Academy of management Journal, 38, 1442–1465.

Tripathi, N., & Bharadwaja, M. (2020). Empowering leadership and psychological health: The mediating role of psychological empowerment. Employee Responsibilities and Rights Journal, 32(3), 97-121. https://doi.org/10.1007/s10672-020-09349-9

Tõnurist, P., Kattel, R. y Lember, V. (2017). Laboratorios de innovación en el sector público: ¿qué son y qué hacen? Revista de Gestión Pública, 19 (10), 1455-1479.

Torres Mansur, S. M., Segovia Romo, A., & Placeres Salinas, S. I. (2022). El rol del empoderamiento psicológico en la productividad del empleado. Vinculatégica EFAN, 8(4), 147–157. https://doi.org/10.29105/vtga8.4-331

Vega, M. M. C., Espinoza, L. V., & Aguilera, M. A. L. (2014). Modelo de regresión entre compromiso organizacional y empoderamiento psicológico en pequeñas y medianas empresas en Chile. Multidisciplinary Business Review, 7(1), 1-10.

Wei, J., Chen, Y., Zhang, Y. y Zhang, J. (2020). ¿Cómo influye la autoeficacia empresarial en el comportamiento de innovación? Explorando el mecanismo de la satisfacción laboral y el pensamiento Zhongyong. Fronteras en Psicología, 11, 530447.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 18/05/2024
Aceitação/Acceptance: 26/07/2024

Comparación de modelos de clasificación para el acceso a bonos de desarrollo humano postpandemia

Henry Alejandro-López[1], Bryan Marcelo-Barragán[2]

henry.lopez8837@utc.edu.ec, bryan.barragan8395@utc.edu.ec

[1] Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas, Universidad Técnica de Cotopaxi, residencia, 050102, Latacunga, Ecuador.

[2] Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas, Universidad Técnica de Cotopaxi, residencia, 050102, Latacunga, Ecuador.

Pages: 532-545

Resumen: En Ecuador durante el año 2020 la pobreza aumentó un 32,7%, este dramático aumento se debe al desempleo y la pandemia. Ante esta situación, las personas tienen la oportunidad de recibir un incentivo monetario denominado "Bono de Desarrollo Humano". El propósito de este trabajo es contribuir al desarrollo de un modelo que clasifique a quienes se beneficiarán de este bono mediante una comparación de rendimiento. Estos modelos son: máquinas de soporte vectorial y XG Boosting. Para la obtención de los resultados se utilizaron datos de la encuesta ENEMDU. Los resultados favorecen al algoritmo SVM que obtiene una mayor precisión (0,9469) con respecto a la versión XG Boosting (0.90), sin embargo, en la métrica de tiempo de ejecución el XG Boosting resulta mas eficiente con 0.49 segundos frente a los 14.98 minutos del algoritmo SVM. La conclusión final es que el mejor modelo para la clasificación de bonos es XG Boosting, presentando una precisión sobresaliente frente al tiempo de ejecución.

Palabras-clave: machine learning, análisis socioeconómico, aprendizaje supervisado.

Classification models for access to post-pandemic human development grants

Abstract: In Ecuador during the year 2020 poverty increased 32.7%, this dramatic increase is due to unemployment and the pandemic. Given this situation, people have the opportunity to receive a monetary incentive called "Bono de Desarrollo Humano" (Human Development Bonus). The purpose of this paper is to contribute to the development of a model that classifies those who will benefit from this bonus through a performance comparison. These models are: support vector machines and XG Boosting. Data from the ENEMDU survey were used to obtain the results. The results favor the SVM algorithm that obtains a higher accuracy (0.9469) with respect to the XG Boosting version (0.90), however, in the execution time metric the XG Boosting is more efficient with 0.49 seconds versus 14.98 minutes for the SVM algorithm. The final conclusion is that the best model for bond classification is XG Boosting, presenting outstanding accuracy versus execution time.

Keywords: machine learning, socioeconomic analysis, supervised learning.

1. Introducción

El Bono de desarrollo humano es el programa de trasferencias monetarias más representativo del estado Ecuatoriano. Según el MIES hace referencia al BDH como una herramienta técnica y eficiente para promover e incentivar la salida de la pobreza; hoy es parte fundamental del sistema que se usa para garantizar un nivel básico de consumo y sostenibilidad, que también está ligado a temas relacionados con la educación, salud y bienestar de las personas mayores de edad. (Chiriboga, 2021)

Sin embargo, este programa de trasferencias monetarias impulsado por el gobierno no siempre ha tenido éxito clasificando a las personas que deberían tener este beneficio, a pesar de tener un método de discriminación que utiliza un cruce de base de datos masivos entre el Ministerio de inclusión económica y social (MIES).

Según un artículo publicado por El Telégrafo (2021) A inicios de 2021, la Contraloría General del Estado concluyó en un informe que se pagaron $114.900 a 2.276 ciudadanos que no cumplieron con las condiciones para recibir el dinero, porque el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) no lo contabilizó debido a que la base de datos no estaba refinadas y validadas. Dicho informe no es un caso único en torno al concepto de la financiación del bono de desarrollo humano, sinó que existen otros casos excepcionales. Como también se tuvo un inconveniente similar el 23 de noviembre de 2020, donde personas naturales se presentaron como beneficiarios entre 2014 y 2018 para recibir esta asistencia, del cual no eran aptos.

Para el presente trabajo se recaudó información secundaria a partir de la Encuesta Nacional Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU); esta base de datos es una operación estadística que forma parte del Sistema Integrado de Encuestas de Hogares (SIEH), y por su diseño metodológico, representa una de las herramientas estadísticas más importantes para estudiar la situación laboral en el país, caracterizada por el mercado laboral, la economía, el trabajo de los ecuatorianos y las fuentes de ingresos de la población. (Rivadeneira et al., 2021)

El objetivo del estudio es realizar una comparación de técnicas de aprendizaje supervisado, de esta manera, se fija el mejor modelo de clasificación para determinar la pertinencia al acceso del Bono de Desarrollo Humano. Dichos modelos son evaluados mediante métricas de rendimiento y calidad predictiva, con el fin de encontrar el modelo que mejor clasifique a las personas beneficiadas con el bono.

Se han realizado varios estudios de comparativa entre técnicas de predicción y clasificación. Dichos estudios han resuelto varios problemas de tipo socioeconómico y por los cuales fortalecen la importancia del uso de técnicas de machine learning y la relevancia que tiene la ciencia de datos en este tipo de estudios; entre ellos están: la realizada por Andrade y Flores en su trabajo “Comparativa entre regresión logística ordinal, redes neuronales artificiales y gradient boosting; en la predicción de la satisfacción laboral en Ecuador”. El objetivo es comparar la calidad predictiva de estas técnicas de machine learning e identificar la mejor para este tipo de estudio sociodemográfico. Como resultado se obtuvo que el menor error total de predicción fue para gradient boosting (29.5%); concluyendo que es la más confiable en su tarea predictiva. (Andrade Saltos & Flores M., 2018)

En el estudio: "Uso de técnicas de machine learning para la detección de fraudes en los contratos de obras públicas" realizado por Jonathan López en Chile. Propone un sistema de control y detección de fraudes en contratos públicos, basado en la recolección de datos críticos y mediante técnicas de machine learning ayude en el proceso de toma de decisiones de auditoría y en la detección de irregularidades o anormalidades que sean indicios de algún tipo de fraude. La etapa final sería el uso de sistemas basados en redes neuronales, para predecir el riesgo de fraudes o la probabilidad de éxito del proyecto. Respecto del buen uso de los recursos públicos, solamente con los datos de entrada obtenidos en la adjudicación. (López Espinosa, 2022)

Por otro lado, en el estudio realizado por (Wang et al., 2022) que se enfoca en la inferencia del estatus económico con variables socioeconómicas se evidencio el enfoque del machine learning basando el análisis en anuncios de viviendas en línea, dicho estudio se realizó en Hangzhou, ubicada en la provincia de Zhejiang, es la quinta ciudad más grande en China; se evaluaron y emplearon siete algoritmos de aprendizaje automático ampliamente utilizados para predecir el nivel socioeconómico (SES) de áreas de vecindario a una escala detallada, basándose en información sobre las viviendas y temas derivados de anuncios de propiedades en línea. Los resultados indican que la capacidad predictiva de los algoritmos de aprendizaje automático varía, y se observa que los algoritmos basados en árboles son particularmente efectivos para inferir el SES del vecindario, los resultados medidos mediante la curva de ROC (AUC) muestra que para cada clase el valor es superior a 0.80, y el AUC promedio para todas las clases, calculado a través de la micro evaluación de la curva ROC, alcanza 0.92. Estos resultados indican una precisión satisfactoria del clasificador Naïve Bayes. Específicamente, se identifican trece clases diferentes, que incluyen variables como la orientación de las viviendas hacia el sur, el nivel de decoración, la calidad del entorno del vecindario, la comodidad del tráfico, la accesibilidad a bancos, lugares de trabajo, instalaciones educativas y atención médica.

Otro trabajo realizado por (Cooray et al., 2021) en donde se analiza la importancia de los factores socioeconómicos en la predicción de la pérdida de dientes entre los adultos mayores en Japón mediante análisis de machine learning, se emplearon datos epidemiológicos complejos para explorar factores significativos en la predicción de la pérdida de dientes en personas mayores durante un período de seguimiento de seis años. El modelo de aumento de gradiente extremo (XGBoost) para la predicción alcanzó un promedio de precisión del 90.5% (con un margen de error de ± 0.9%). Un examen visual de las predicciones de aprendizaje automático mostró que las variables demográficas eran el factor principal en la predicción de la pérdida de dientes. Junto con los factores demográficos y de salud bucal, los factores socioeconómicos desempeñaron un papel significativo en la capacidad de predecir la pérdida de dientes en el futuro. Demostrando de esta manera la eficiencia superior del algoritmo XGBoost entre el machine learning.

En el trabajo realizado por (Sun et al., 2021) cuyo propósito fue evaluar modelos de aprendizaje automático capaces de categorizar la naturaleza de la vegetación en imágenes de Street View, es decir, distinguir entre árboles, vegetación baja y césped. Además, se exploraron las relaciones entre los espacios verdes en las calles y los indicadores socioeconómicos (SES) en el condado de Los Ángeles, California. El modelo de aprendizaje profundo demostró una alta precisión, con un promedio de intersección del 92.5% en relación con la unión. El algoritmo NDVI mostró una correlación moderada

con la suma de áreas verdes y árboles identificados mediante imágenes de Street View, mientras que su correlación fue más débil con la vegetación de baja altura y el césped. Demostrando así que, junto con el enfoque de aprendizaje profundo, pueden medir de manera precisa y eficiente el espacio verde de la calle a la altura de los ojos y distinguir los tipos de vegetación.

En contexto, el machine learning ha permitido el desarrollo de soluciones para distintas problemáticas en el entorno socioeconómico, ya que han sido de utilidad en la toma de decisiones. Es muy importante desarrollar un modelo que clasifique eficientemente a las personas beneficiarias del bono de desarrollo humano. De esta manera incentivar el uso de machine learning en futuros proyectos y obtener una forma alternativa de crear soluciones confiables a partir de los datos o la evidencia empírica.

Por lo tanto, entendiendo la importancia del machine learning en este tipo de estudios, este trabajo se centrará en desarrollar dos modelos para la clasificación de individuos con acceso al bono de desarrollo humano, posteriormente escoger el más robusto y eficiente. De esta manera contribuir con un método alternativo al actual sistema de elección basado en censos.

A continuación, se describe el procedimiento metodológico y técnico que sostiene el marco de trabajo con todos los pasos que se tomarán en cuenta para cumplir con los objetivos: limpieza de datos, ingeniería de características, selección de algoritmos, entrenamiento de modelos y comparación de modelos.

2. Metodología

En el marco de resolver el problema de investigación presentado se planteó un enfoque cuantitativo, que que se utilizó métodos de aprendizaje automático para el desarrollo de los modelos de clasificación para el acceso (SI/NO) al BDH. En adición, la investigación presenta un enfoque explicativo, donde el mejor modelo resultante de la investigación permitirá establecer las variables que de mejor manera permiten estimar y optimizar los procesos de clasificación para este bono.

El número de individuos para la aplicación de este trabajo es de 222033, representando la totalidad de encuestados a través de la ENEMDU, durante el año 2021 debido a que este año fue donde se fue regulando las restricciones de movilidad impuestas a causa de la pandemia, por lo tanto, este trabajó de investigación cuenta con una temporalidad de corte transversal.

La base de datos resultante cuenta con 198 variables relacionadas a ámbitos laborales, por lo tanto, para discriminar las variables en estudio, se utilizó como referencia un trabajo desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo: “Mejores prácticas en la implementación de Programas de Transferencias Monetarias Condicionadas en América Latina y el Caribe”; el cual, realizó una estimación llamada índice de bienestar, utilizando el método de componentes principales no lineales. (Martínez et al., 2017). El resultado de este estudio determinó que las variables más significativas para determinar las condiciones socioeconómicas fueron: SEXO, EDAD, NIVEL_INSTRUCCION, CONDICION_INACTIVIDAD, CATEGORIA_OCUPACION, SITIO_TRABAJO, INGRESO_PERCAPITA y SECTOR_EMPLEADO; las cuales fueron definidas como

variables independientes del presente estudio, mientras que la variable BONO, que determina si una persona cumplió las condiciones necesarias de acceso a un beneficio social, se define como la variable dependiente del modelo de clasificación a desarrollar. A continuación, se presenta la estructura lineal de las variables dependientes e independientes:

$$\begin{aligned} BOBO = \beta 0 + CONDICION_INACTIVIDAD_{\beta 0} + EDAD_{\beta 2} + SITIO_TRABAJO_{\beta 3} \\ + SEXO_{\beta 4} + NIVEL_INSTRUCCION_{\beta 5} + SECTOR_EMPLEADO_{\beta 6} \\ + INGRESO_PERCAPITA_{\beta 7} + CATEGORIA_OCUPACION_{\beta 8} \end{aligned} \quad (1)$$

El análisis de las variables en estudio y comparación de técnicas de machine learning se realizó en el software R en su versión 4.0.1, enfocando el procesamiento de scripts en la interfaz de desarrollo integrado de procesamiento de código conocido como R-Studio. Para el rendimiento informático se aplicaron métodos de programación paralela para con el fin de incrementar a 4 el número de núcleos físicos encargados del procesamiento en tiempo real de los modelos desarrollados, esto, con el objetivo de mejorar los tiempos de carga y procesamiento analítico.

Para empezar con el análisis se presenta a continuación todas las fases de procesamiento que tuvieron que ser sometidos los datos para poder ser evaluados con los algoritmos de machine learning.

2.1. Preprocesamiento de datos

Esta primera fase se trato de encontrar errores estructurales o de entrada de datos que normalmente se encuentra en bases de datos de gran tamaño, tales como:

- Datos atípicos
- Observaciones duplicadas o mal registradas

Primeramente, se procedió a importar la base de datos con las variables de interés ya definidas para aplicar un análisis exhaustivo. Dentro de este análisis previo de la información de la ENEMDU, se encontraron problemas en la base de datos, como registros con datos faltantes o no disponibles, o datos atípicos tomando en cuenta la variable ingresos, los cual dio con la eliminación de 25 registros. La base de datos finalmente quedó con 222008 sujetos en estudio.

2.2. Ingeniería de características

La ingeniería de atributos o variables en el campo del aprendizaje automático involucra la creación o la modificación de las características de entrada con el propósito de mejorar el proceso de entrenamiento del modelo, con el fin de prevenir problemas asociados al sobreajuste en los modelos de clasificación. Para este trabajo, ayudó principalmente en correcciones puntuales de los datos de entrada.

Como parte de este proceso se realizó una normalización de los datos en la variable INGRESO_PERCAPITA con el fin de solventar problemas producidos por posibles puntos influenciables.

La detección y normalización de variables para ajustarlas a una escala común en el caso de variables cuantitativas se la realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\mathbf{scale} = \frac{\left(\boldsymbol{x} - \bar{\boldsymbol{x}}\right)}{\boldsymbol{s}} \tag{2}$$

Donde x es el valor real, x (media) es el valor promedio y s el valor de la desviación estándar. De esta manera se ajusta los datos a una normalización estándar.

2.3. Selección de algoritmos

En este apartado, la selección de algoritmos será con base en estudios similares y el dominio que se tenga de la materia. Las técnicas que fueron utilizadas son: Extreme Gradient Boosting y Maquina de soporte vectorial.

2.3.1. Extreme Gradient Boosting

XGBoost es un algoritmo que ha generado mucho interés ya que, si bien es relativamente nuevo, se considera que sus resultados representan el estado del arte en algoritmos de aprendizaje automático. La industria financiera es uno de los campos donde se utilizan este tipo de algoritmos. Varios ejemplos de su aplicación en este campo incluyen la segmentación de clientes, la detección de fraude, la previsión de ventas, la autenticación de clientes y el análisis del comportamiento del mercado, entre otros. Uno de los algoritmos con un umbral de eficiencia muy alto para los métodos de clasificación. (Espinosa Zúñiga, 2020)

Este algoritmo representa una versión avanzada y adaptable del método de "gradient boosting". Fue desarrollado con el objetivo de optimizar la eficiencia, la velocidad de cálculo y el rendimiento del modelo. XGBoost es una biblioteca de código abierto que se integra en la comunidad de aprendizaje automático distribuido, fusionando lo mejor de las capacidades de software y hardware para perfeccionar las técnicas de boosting existentes, logrando una mayor precisión en un tiempo de procesamiento reducido. (Shubham Malik et al., 2020)

$$\hat{y}_i = \varnothing\left(x_i\right) = \sum_{k=1}^{k} f_k\left(x_i\right) \tag{3}$$

2.3.2. Máquina de soporte vectorial

Inicialmente es conocido que el algoritmo "máquinas de soporte vectorial" tarda mucho tiempo en calcular la solución óptima porque analizan un problema cuadrático, que trata todos los datos de entrenamiento como vectores de soporte potenciales, en la actualidad la utilización de este algoritmo representa un alto coste computacional, sin embargo, tendría un alto valor agregado el poder comparar los resultados obtenidos con el método XG Boost.

Los principios de las Máquinas de Soporte Vectorial (SVM, por sus siglas en inglés, Support Vector Machines) fueron concebidos por Vapnik en 1998, en una serie de investigaciones relacionadas con las teorías del aprendizaje estadístico. Estas

investigaciones tenían como objetivo establecer límites sobre el error de generalización en relación con la complejidad del espacio de búsqueda. (Morales & Méndez, 2011)

Para la utilización de este algoritmo se baso en un kernel lineal, para poder disminuir lo máximo posible el costo computacional:

$$f(x) = sign(w.x + b) \tag{4}$$

2.4. Fase de Modelamiento

Para el proceso de análisis del modelo se divide los datos en dos grupos: datos de entrenamiento y datos de validación. Se dividió el set de datos en 80% para entrenamiento, que fueron escogidos mediante muestro aleatorio simple y el 20% restante para prueba de los modelos de entrenamiento que se generaron. De esta forma se ejecutaron los algoritmos en 5 ocasiones, para medir el rendimiento en tiempo de la ejecución de los modelos y determinar el grado de exactitud de las predicciones.

Los resultados finales se evaluaron posteriormente con métricas de rendimiento que se utilizan en los procesos de machine learning, cuya formulación matemática se presenta a continuación en la comparación de los modelos.

2.5. Comparación de modelos

Para la elección del modelo ganador se utilizan las métricas de rendimiento, en los métodos de clasificación:

Curva de ROC y área bajo la curva (AUC): cuyos valores más altos son los mejores para determinar si el modelo puede distinguir entre las dos clases de la variable dependiente referente a acceso al BDH (SI/NO). Lo que permite determinar el área de la curvatura, así como su sensibilidad y especificidad; la validación del modelo respecto de la ecuación de probabilidad de riesgo se complementa con la determinación de los valores predictivos positivos y negativos, que establecen el poder discriminante del estimador. (Bauce & Moya-Sifontes, 2022)

Precisión: Es métrica para evaluar la eficacia de un modelo en problemas de clasificación al analizar la matriz de confusión. En este contexto, la métrica se emplea para cuantificar el porcentaje total de casos correctamente clasificados en ambas categorías (positiva y negativa)

$$precisión = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + FN} \tag{5}$$

Sensibilidad: Esta métrica, que a veces se conoce como tasa positiva real, representa la proporción de casos que fueron correctamente detectados como positivos de entre todos los casos que son verdaderamente positivos (en la categoría SI)

$$sensibilidad = \frac{TP}{TP + FN} \tag{6}$$

Kappa: Esta métrica considera la disparidad en la distribución de clases y evalúa el grado de acuerdo entre la proporción de instancias observadas y la proporción esperada.

$$kappa = \frac{Po - Pe}{1 - Pe} \tag{7}$$

Especificidad: Conocida también como tasa de verdaderos negativos, esta métrica representa la proporción de casos correctamente clasificados como negativos entre el total de casos que realmente son negativos (categoría NO).

$$especificidad = \frac{TN}{TN + FP} \tag{8}$$

Validación cruzada: El método utilizado, se denomina k-fold, que es el método con mayor utilidad cuando el conjunto de datos es pequeño. En este caso, el total de los datos se dividen en k subconjuntos, de manera que se aplica el método hold-out k veces, utilizando cada vez un subconjunto distinto para validar el modelo entrenado con los otros k-1 subconjuntos. El error medio obtenido de los k análisis realizados nos proporciona el error cometido por el método, permitiendo así evaluar su validez. (Pérez-Planells et al., 2015)

3. Resultados

En este apartado se presentan los resultados de entrenamiento de los modelos de machine learning.

Técnica	Tiempo promedio de ejecución	Precisión	Validación cruzada k=10	Kappa	Sensibilidad	Especificidad
Máquina de Vectores de soporte	14.98 minutos	0.9469	0.9471	0.317	0.211	0.996
Método XG Boosting	0.49 segundos	0.9038	0.899	0.004	0.037	0.962

Tabla 1 - Comparación de modelos de clasificación

Con respecto al tiempo de ejecución se observa que XG Boosting tiene una gran ventaja al ejecutarse, es el modelo más rápido con un tiempo promedio de 0.49 segundos y teniendo índices de precisión y especificidad adecuados (0.9038 y 0.996 respectivamente), pero decayendo en sensibilidad del modelo y en su índice kappa (0.037 y 0.004).

Si bien XG Boosting tardó menos tiempo de ejecución, el resultado del mejor modelo de Maquina de Vectores de Soporte es mejor en cuanto a la precisión de clasificación (0.9469), también la sensibilidad (0.211) y especificidad (0.996) debido a la mejor

distribución de las clases positivas y negativas respectivamente con los individuos y el índice kappa (0.317) al tener un coeficiente mucho más alto demuestra que el modelo de Máquina de Vectores de Soporte resulta eficiente teniendo una visión más realista cuando se tratan de datos desequilibrados, indicando una "buena concordancia" entre la clase real y clase predicha, es decir hasta qué punto los valores reales coinciden con los predichos al momento de la clasificación, en contraste a lo sucedido con en el modelo generado por XG Boosting.

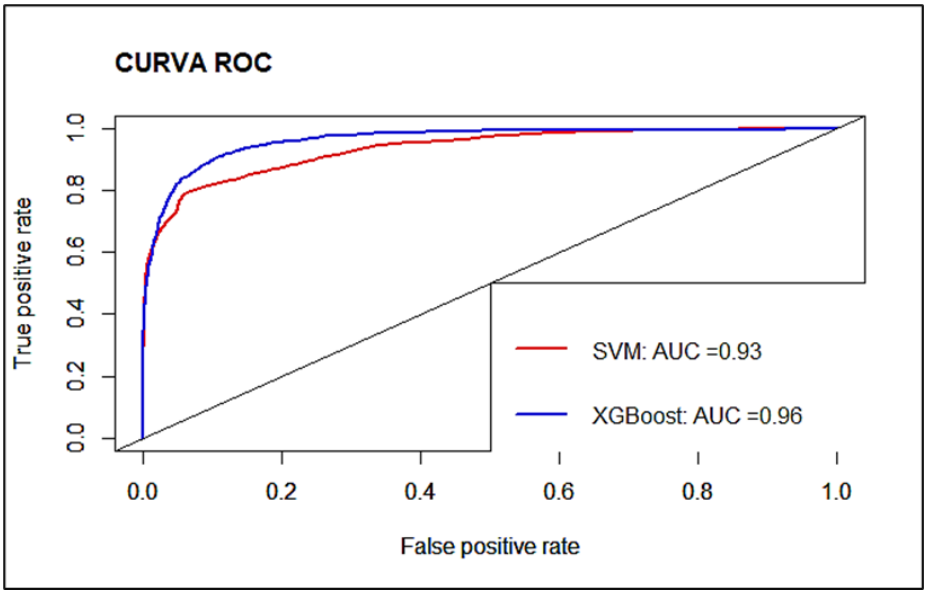


Figura 1 – Gráfico de comparación con curvas ROC

El área bajo la curva es similar en ambos modelos, destacando el modelo de XG Boosting, el cual muestra un área bajo la curva de 0.96. El rendimiento de los modelos es óptimo al distinguir entre la clase positiva (SI recibe el bono) y clase negativa (NO recibe el bono).

	XG Boost	SVM
CONDICION_INACTIVIDAD	0.27	0.35
EDAD	0.24	0.23
SITIO_TRABAJO	0.20	0.20
SEXO	0.08	0.13
NIVEL_INSTRUCCION	0.07	0.09
SECTOR_EMPLEADO	0.05	0.00
INGRESO_PERCAPITA	0.05	0.00
CATEGORIA_OCUPACION	0.04	0.00

Tabla 2 – Coeficientes de las variables independientes

Con respecto a los coeficientes relativos de las variables independientes del modelo XG Boost y SVM se determinó que:

- La variable con mayor coeficiente en ambos modelos es CONDICION_ INACTIVIDAD, con 0.27 para XG Boost y 0.35 para SVM. Esto denota que esta variable tiene la mayor influencia positiva o variabilidad explicada sobre la variable de respuesta o dependiente BONO.
- Las variables EDAD, SITIO_TRABAJO y SEXO tienen coeficientes relativamente similares en ambos modelos, lo que indica una variabilidad explicada igual en ambos modelos XG Boost y SVM.
- La variable CATEGORIA_OCUPACION tiene el coeficiente más bajo (0.04) en el modelo XG Boost y (0.00) en el modelo SVM. Concluyendo que esta variable no tiene una influencia significativa en ambos modelos para la clasificación con respecto a la variable dependiente BONO.

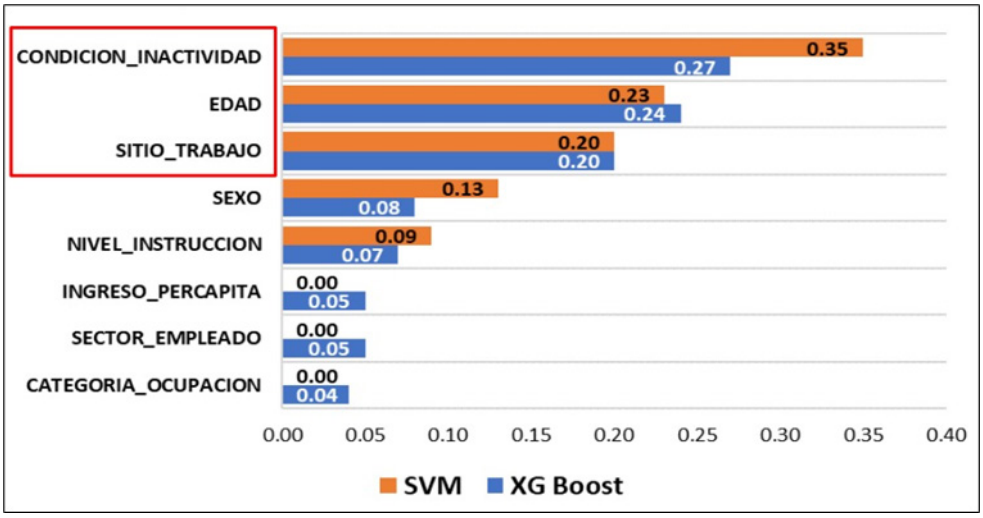


Figura 2 – Variables Importantes de los modelos de clasificación

Como último resultado, se determinó análisis de la variabilidad explicada de cada variable independiente del modelo (Figura 2). Se llegó a definir que las variables: CONDICION_INACTIVIDAD, EDAD y SITIO_TRABAJO son las variables que mayor proporción de variabilidad explicada presentan como aporte para la clasificación de acceso al BONO. Se puede observar que para el modelo desarrollado por Máquinas de Vectores de Soporte estas tres variables previamente mencionadas, explican la variabilidad de acceso al bono en una proporción de 0.78, mientras que el modelo XG Boost determina las mismas tres variables como las más importantes, pero definiendo menor variabilidad explicada, siendo esta de 0.71 con respecto a la clasificación de bonos de desarrollo humano.

4. Conclusiones

El método de clasificación que ofrece mejores resultados para determinar si una persona debe recibir el bono de desarrollo humano fue ejecutado con Máquina de Soporte Vectorial (SVM) con métricas que superan en precisión, kappa, sensibilidad y especificidad a los modelos de XG Boosting.

No obstante, al tratarse de un algoritmo no optimizado, a pesar de tener mejor indicadores de exactitud, el tiempo de procesamiento de 15 minutos aproximadamente no es el más recomendable cuando se trabaja con una base de datos demasiado grandes, debido a que es el modelo que más recursos computacionales utilizó teniendo en cuenta los recursos informáticos utilizados.

El modelo "extreme gradient boosting" presentó el menor tiempo de procesamiento de 0.49 segundos, pero tuvo una precisión menor, pero aceptable, (0.903) de entre los mejores modelos calculados, siendo estos algoritmos los recomendados cuando se trabaja con bases de datos masivas, debido a su optimización en el manejo de recursos computacionales y mejoramiento en tiempos de procesamiento, de cerca de 5 segundos. Debido a la naturaleza de los datos, la tarea de clasificación tuvo inconvenientes al tener una proporción de clases desequilibradas. En este caso la curva ROC es la métrica de rendimiento más adecuadas. Dando como resultado que el modelo de XG Boost fuera el mejor con AUC = 0.96.

Mediante la utilización de técnicas de machine learning se ha podido mejorar los modelos de estimación han definido una buena precisión y eficiencia con respecto a la calidad de las predicciones y por lo tanto proporciona una comprensión más profunda de los fenómenos económicos, en este caso la aplicación de Maquina de vectores de soporte tuvo el mejor resultado para poder clasificar a los ciudadanos que pueden o no al bono de desarrollo humano, centrándose en el aprendizaje de los datos.

Con respecto a la importancia de las variables socioeconómicas del modelo de clasificación, se obtuvo como resultado que: CONDICION_INACTIVIDAD, EDAD y SITIO_TRABAJO son variables que tendrían que ser tomadas como factores fundamentales en cuanto a la toma de decisiones socioeconómicas, ya que tienen un peso significativamente alto en lo que respecta a análisis y/o predicción de modelos.

5. Discusión

Los resultados obtenidos de este estudio con la aplicación de 2 técnicas de Machine Learning, tuvo una serie de hallazgos significativos.

En primer lugar, con respecto a la métrica del tiempo de ejecución, se tuvo un mejor resultado con XG Boost con 0.49 segundos que es extremadamente más rápido si lo comparamos con la Maquina de soporte vectorial que se extendió a 14.98 minutos, esto demuestra la diferente carga computacional que conllevan y se recomienda utilizar XG Boost cuando se trata de analizar bases de datos extensas.

Con respecto a las métricas de precisión (0.9469), sensibilidad (0.211) y especificidad (0.99) se tiene a Maquinas de Soporte Vectorial como el ganador en cuanto a la clasificación socioeconómica de bonos de desarrollo humano. Estos resultados entran en consonancia con los estudios previos realizados por (Çığşar & Ünal, 2019) y (Yuliawan et al., 2022) quienes también analizaron variables socioeconómicas para una comparación de técnicas, en donde XG boost alcanza una baja precisión, sensibilidad, especificidad y un coeficiente en la curva ROC relativamente por encima del nivel aceptado con respecto a la proporcionalidad de clases, reivindicando que el modelo XG Boost es un modelo menos eficiente en cuanto a la clasificación utilizando variables demográficas y socioeconómicas.

Además de los resultados principales, se comparó con un estudio de clasificación similar utilizando variables socioeconómicas realizado por (Were et al., 2022), en donde se utiliza análisis de correspondencia, los resultados difieren con una especificidad de 0.41 y sensibilidad de 0.328 respectivamente, la clasificación utilizando técnicas estadísticas multivariantes en comparación con los modelos de machine learning han demostrado ser menos eficientes dado que la tasa de detección de verdaderos positivos y falsos positivos tienen grados de rendimientos muy por debajo de los resultados de este estudio, esto es debido a que el machine learning no necesita cumplir supuestos estadísticos (normalidad, varianza constante, independencia); por lo tanto los datos cualitativos no necesitan pasar por procesos de normalización y ajuste.

La principal debilidad de este tipo de comparaciones es la carga computacional que conlleva para algunas técnicas de machine learning, en donde, si bien tienen mejores resultados, no resulta conveniente en cuanto al tiempo y carga operativa que esto conlleva. Sin embargo, para poder asegurar esta conclusión es necesario realizar una comparación adicional con otros métodos que involucren técnicas que tengan buenos resultados de precisión y al mismo tiempo alta carga de procesamiento.

Referencias

Andrade Saltos, V. A., & Flores M., P. (2018). COMPARATIVA ENTRE CLASSIFICATION TREES, RANDOM FOREST Y GRADIENT BOOSTING; EN LA PREDICCIÓN DE LA SATISFACCIÓN LABORAL EN ECUADOR. *Ciencia Digital*, *2*(4.1.), 43-56. https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.1..189

Bauce, G., & Moya-Sifontes, M. (2022). Análisis de la curva ROC en la evaluación de indicadores antropométricos. *Revista Digital de Postgrado*, *11*(1), Article 1.

Chiriboga, V. (2021, octubre). El Bono de Desarrollo Humano: Un análisis desde el enfoque de capacidades. *Serie Magíster*, *314*, 80.

Çığşar, B., & Ünal, D. (2019). Comparison of Data Mining Classification Algorithms Determining the Default Risk. *Scientific Programming*, *2019*, 1-8. https://doi.org/10.1155/2019/8706505

Cooray, U., Watt, R. G., Tsakos, G., Heilmann, A., Hariyama, M., Yamamoto, T., Kuruppuarachchige, I., Kondo, K., Osaka, K., & Aida, J. (2021). Importance of socioeconomic factors in predicting tooth loss among older adults in Japan: Evidence from a machine learning analysis. *Social Science & Medicine*, *291*, 114486. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.114486

El Telégrafo. (2021). *Contraloría reveló que MIES pagó $ 7,6 millones en bonos a personas que no cumplían con requisitos*. https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/judicial/12/contraloria-revelo-mies-pago-usd-7-6-millones-bonos-personas-que-no-cumplian-con-requisitos

Espinosa Zúñiga, J. J. (2020). Aplicación de algoritmos Random Forest y XGBoost en una base de solicitudes de tarjetas de crédito. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, *21*(3), 1-16. https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2020.21.3.022

López Espinosa, J. N. (2022). USO DE TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING PARA LA DETECCIÓN DE FRAUDES EN LOS CONTRATOS DE OBRAS PÚBLICAS. *REVISTA CHILENA DE LA ADMINISTRACIÓN DEL ESTADO*. https://doi.org/10.57211/revista.v2i02.49

Martínez, D., Borja, T., Nadin, N., & Cueva, P. (2017). *¿Cómo funciona el Bono de Desarrollo Humano?: Mejores prácticas en la implementación de Programas de Transferencias Monetarias Condicionadas en América Latina y el Caribe*. Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0000956

Morales, R. M., & Méndez, J. T. P. (2011). *Inteligencia Artificial: Métodos, Técnicas y Aplicaciones*. McGraw-Hill España.

Pérez-Planells, Ll., Delegido, J., Rivera-Caicedo, J. P., & Verrelst, J. (2015). Análisis de métodos de validación cruzada para la obtención robusta de parámetros biofísicos. *Revista de Teledetección*, *44*, 55. https://doi.org/10.4995/raet.2015.4153

Rivadeneira, D., Sandoval, D., Zambonino, D., Albán, A., & Garcés, C. (2021). *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo—ENEMDU*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2018/Septiembre-2018/ENEMDU_Metodologia%20Encuesta%20Nacional%20de%20Empleo%20Desempleo%20y%20Subempleo.pdf

Shubham Malik, Harode, R., & Kunwar, A. S. (2020). *XGBoost: A Deep Dive into Boosting (Introduction Documentation)*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15243.64803

Sun, Y., Wang, X., Zhu, J., Chen, L., Jia, Y., Lawrence, J. M., Jiang, L., Xie, X., & Wu, J. (2021). Using machine learning to examine street green space types at a high spatial resolution: Application in Los Angeles County on socioeconomic disparities in exposure. *Science of The Total Environment*, *787*, 147653. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147653

Wang, L., He, S., Su, S., Li, Y., Hu, L., & Li, G. (2022). Urban neighborhood socioeconomic status (SES) inference: A machine learning approach based on semantic and sentimental analysis of online housing advertisements. *Habitat International*, *124*, 102572. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2022.102572

Were, V., Foley, L., Turner-Moss, E., Mogo, E., Wadende, P., Musuva, R., & Obonyo, C. (2022). Comparison of household socioeconomic status classification methods and effects on risk estimation: Lessons from a natural experimental study, Kisumu, Western Kenya. *International Journal for Equity in Health*, *21*(1), 47. https://doi.org/10.1186/s12939-022-01652-1

Yuliawan, D., Budiman, D., Juanda, B., & Fauzi, A. (2022). *Classification and prediction of rural socio-economic vulnerability (IRSV) integrated with socialecological system (SES)*.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 10/05/2024
Aceitação/Acceptance: 25/07/2024

Aplicación de Business Intelligence en las empresas de Cotopaxi: herramientas y metodologías

Luis René Quisaguano Collaguazo[1], Gladys Geoconda Esquivel Paula[2], Maira Natalia Martínez Freire[3], Mirian Susana Pallasco Venegas[4]

luis.quisaguano1@utc.edu.ec; gladys.esquivel9@utc.edu.ec; maira.martinez@utc.edu.ec; mirian.pallasco@utc.edu.ec

[1,4] Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). Avenida Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido Sector San Felipe, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

[2] Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). Avenida Los Almendros y Calle Pujilí Sector La Virgen, La Maná, Cotopaxi, Ecuador.

[3] Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas (CAYE) Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). Avenida Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido Sector San Felipe, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

Pages: 546-560

Resumen: Este artículo tiene el objetivo de describir las metodologías, herramientas y el cumplimiento de componentes aplicados por las empresas de Cotopaxi, Ecuador en la implementación de inteligencia de negocios (BI). Se usa el enfoque cuantitativo a través de un estudio de casos con muestreo no probabilístico por conveniencia. La inteligencia de negocios permite la visualización y monitoreo de indicadores clave de rendimiento para apoyar la toma de decisiones basadas en información. La revisión documental presenta conceptos, elementos, metodologías y herramientas de BI. Se presentan resultados de cada caso de estudio, destacando la metodología y herramientas utilizadas, junto con los beneficios obtenidos. Se emplea tablas comparativas y un gráfico de calor para representar de forma visual los hallazgos. Se concluye que hay un cumplimiento significativo de los elementos de BI, mientras que la metodología Kimball junto con Power BI y Pentaho son las preferidas por las organizaciones de Cotopaxi estudiadas.

Palabras-clave: Inteligencia de Negocios; Cotopaxi; metodologías; herramientas BI; tablas comparativas; muestreo no probabilístico.

Application of Business Intelligence in Companies in Cotopaxi: Tools and Methodologies

Abstract: This article has the objective of describing the methodologies, tools, and compliance with components applied by companies in Cotopaxi, Ecuador in the implementation of Business Intelligence (BI). A quantitative approach is used through a case study with non-probabilistic convenience sampling. Business Intelligence allows the visualization and monitoring of key performance indicators to support information-based decision-making. The literature review presents BI

concepts, elements, methodologies, and tools. Results from each case study are presented, highlighting the methodologies and tools used, along with the benefits obtained. Comparative tables and a heatmap are used to visually represent the findings. It is concluded that there is significant compliance with BI elements, while the Kimball methodology, along with Power BI and Pentaho, are preferred by the studied organizations in Cotopaxi.

Keywords: Business Intelligence; Cotopaxi; methodologies; BI tools; comparative tables; non-probabilistic sampling.

1. Introducción

La inteligencia de negocios conocida como BI por sus siglas en inglés <<de (Business Intelligence)>>, en términos generales, abarca los procesos y métodos que se encargan de recopilar, almacenar y analizar datos e información con el objetivo de optimizar tiempo y el rendimiento dentro de las empresas. Es por ello que actualmente es fundamental que cualquier tipo de organización aproveche este tipo de tecnologías de información y comunicaciones considerando que las personas se han acostumbrado al uso de tecnología celular y computacional para la realización de sus tareas.

Todas las actividades que se realizan dentro de la inteligencia de negocios tienen la finalidad de brindar apoyo en la toma de decisiones más viables para la empresa, por lo cual el presente estudio se orienta a evidenciar cómo las empresas de la provincia de Cotopaxi han ido adoptando dicha tecnologías de BI en sus operaciones diarias, por otro lado, es crucial tener en cuenta que la inteligencia de negocios está en constante evolución, al igual que la tecnología, puesto a que desempeña un papel fundamental en la mejora de los procesos empresariales (Muñoz, Osorio, & Zúñiga, 2016).

En la actualidad los sistemas de información, que se encuentran ligados a la inteligencia de negocios, juegan un papel fundamental en los procesos de toma de decisiones, permitiendo a las empresas alcanzar niveles de efectividad dentro del ámbito laboral y económico; estas herramientas y procesos que involucra la inteligencia de negocios impulsan a las empresas a desarrollar estrategias más efectivas, para mejorar la productividad y ventas, lo cual se ve potenciado por la incorporación adecuada de la tecnología en sus procesos y operaciones (Pérez, Rodríguez, Castro, & Salazar, 2018).

Según un estudio realizado el 72% de las empresas ecuatorianas han implementado o planean implementar soluciones basadas en inteligencia artificial en los próximos tres años (Cámara de Industrias y Producción, 2023). La provincia de Cotopaxi no es la excepción, cada vez son más las empresas que están recurriendo a la inteligencia de negocios para crear, revisar y transformar sus estrategias comerciales, debido a que les permite recolectar datos e información de diversos canales y consolidarlos en una única vista, convirtiéndose en aliados de alto valor para la toma de decisiones empresariales y siendo de gran ayuda para los departamentos de producción, marketing, ventas, entre otros para basar sus estrategias en datos reales en lugar de depender de intuiciones o improvisaciones.

En ese sentido, el objetivo de la presente investigación es analizar las herramientas y metodologías que han usado las empresas de la provincia de Cotopaxi, buscando comprender cómo la aplicación de la inteligencia de negocios contribuye en la toma de decisiones basadas en conocimiento con el fin de aumentar la productividad y generar ventajas significativas en el mercado. La investigación también tiene como objetivo identificar casos reales de empresas de Cotopaxi que han implementado inteligencia de negocios con la finalidad de mejorar su desempeño en el entorno digital y alcanzar el éxito en el competitivo mercado actual.

2. Revisión de Literatura

2.1. Inteligencia de Negocios

También conocida como Business Intelligence en inglés, utiliza tecnologías, aplicaciones y prácticas para recopilar, integrar, analizar y presentar información empresarial, con el fin de respaldar la toma de decisiones con datos sólidos y verídicos (Córdova & Valarezo, 2021).

Existen varios sistemas y software especializado en inteligencia de negocios que ayudan a las organizaciones a comprender su desempeño actual, identificar patrones, tendencias y oportunidades, las soluciones que proporcionan incluyen informes, paneles de control, análisis de datos, minería de datos que facilitan el acceso y visualización de información relevante para los diferentes niveles de organización.

2.2. Componentes de la Inteligencia de Negocios

La inteligencia de negocios abarca grandes componentes (figura 1) donde agilita los procesos de manejo y control de datos e información a gran escala dentro de diferentes áreas de las empresas (García & Aguilar, 2021). En el siguiente listado se detallan los componentes del BI:

- Multidimensionalidad: Reunir información desde distintas fuentes internas o externas para formar bases actualizadas y sólidas.
- Minería de datos: Clasificar las actividades de la empresa para observar tendencias y comportamientos.
- Agentes: Analizar los datos y las necesidades de los clientes.
- Datawarehouse: Centralizar la información para que las empresas la consulten fácilmente.
- ETL: Proceso de extracción, transformación y carga para su adecuado análisis.
- Análisis OLAP (Procesamiento Analítico en Línea): Permite ver los datos a detalle desde diferentes perspectivas y niveles.
- Informes, visualización y análisis predictivo: Crear gráficas e informes de manera personalizada y analiza datos para predecir futuros eventos.

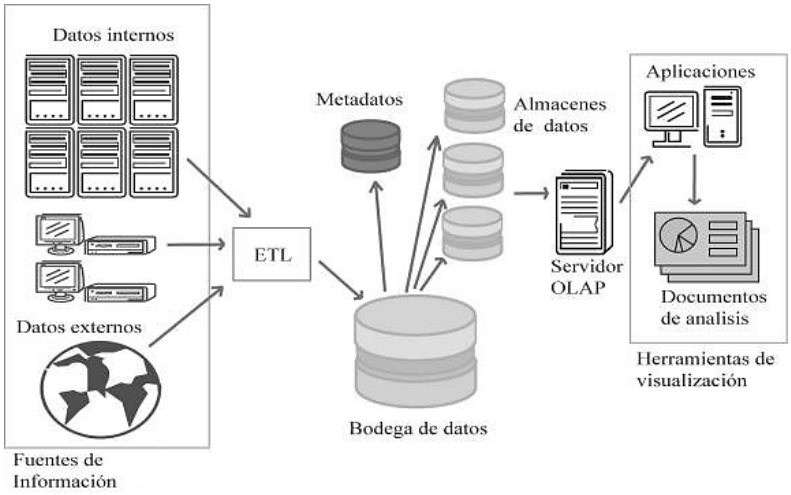


Figura 1 – Componentes de la Inteligencia de Negocios (García G. , 2017).

2.3. Metodologías de Inteligencia de Negocios

Una metodología de inteligencia de negocios es un conjunto estructurado de pasos, procesos y prácticas recomendadas que guían la implementación exitosa de BI dentro de las empresas. En la actualidad existen varias metodologías que aportan diferentes lineamientos para el diseño y construcción de sistemas de inteligencia de negocios, aunque dichas metodologías proporcionan mecanismos para solucionar problemáticas reales, cada autor realiza su enfoque de manera diferente, desde un punto de vista a nivel arquitectónico, la diferencia funcional entre estas metodologías es la forma de construcción del Datawarehouse (Forero & Sánchez, 2022). Es importante señalar que sea cual sea la metodología seleccionada todas se orientan hacia la obtención de resultados eficaces que ayuden en la planeación y monitoreo de objetivos estratégicos dentro de las organizaciones que las incorporen dentro de sus operaciones diarias.

Entre las diferentes opciones de metodologías de BI, se tiene al enfoque Kimball que se utiliza para el diseño y la implementación de sistemas de inteligencia de negocios, fue desarrollada por Ralph Kimball y su equipo, y se centra en la creación de almacenes de datos dimensionales para facilitar el análisis y la generación de informes. En la figura 2 se detallan las fases a seguir para la aplicación de dicho enfoque:

Por otro lado se tiene la metodología Hefesto que se fundamenta en una amplia investigación y comparación entre metodologías existentes, considera también ideas propias de la persona que busca desarrollar almacenes de datos, dicha metodología está en continua evolución y toma en cuenta, como valor agregado, todas las aportaciones de la gran comunidad que la utiliza (Castillo, Medina, & Fariña, 2018).

Hefesto se centra en la recopilación, procesamiento, análisis y presentación de datos empresariales para apoyar la toma de decisiones. Abarca varias etapas, que incluyen la identificación de necesidades empresariales, la definición de objetivos de negocio, la evaluación de la infraestructura tecnológica existente, el diseño e implementación de

la arquitectura de BI, la integración de fuentes de datos, el desarrollo de modelos de datos y la creación de informes y paneles de control todo ello resumido en 4 fases (figura 3). De igual manera, esta metodología prioriza la colaboración entre los equipos de negocio y tecnología, así como la iteración continúa para garantizar que las soluciones de inteligencia de negocios sean efectivas y se alineen con las estrategias empresariales. Es decir, la metodología Hefesto ayuda a las organizaciones a aprovechar al máximo sus datos para mejorar el rendimiento, la eficiencia y la competitividad.

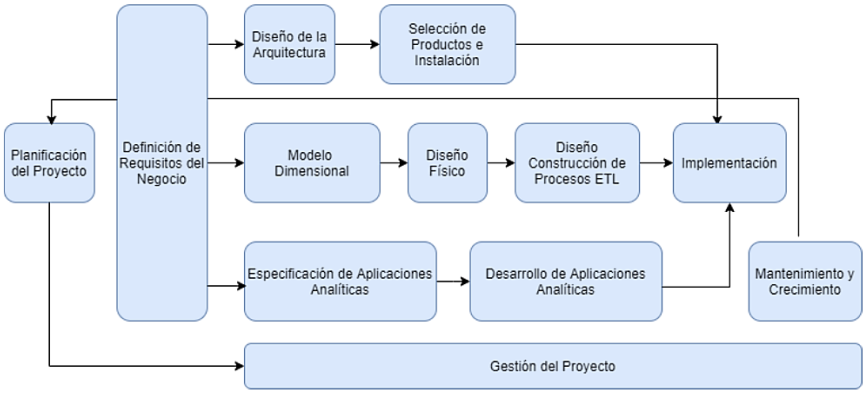


Figura 2 – Fases de Kimball (Forero & Sánchez, 2022).

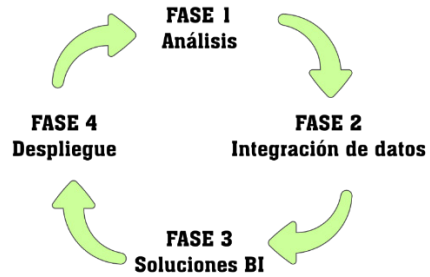


Figura 3 – Fases de Hefesto (Geovanny Euclides Silva-Peñafiel, 2021).

2.4. Herramienta de Inteligencia de Negocios

Una herramienta de inteligencia de negocios es un software diseñado para recopilar, procesar, analizar y visualizar grandes cantidades de datos empresariales con el fin de proporcionar información útil y perspicaz para la toma de decisiones. Estas herramientas permiten a las empresas convertir datos complejos en información significativa, lo que les ayuda a comprender mejor su desempeño, identificar tendencias, patrones y oportunidades, así como a detectar problemas potenciales. Se revisarán tres de las herramientas de BI más utilizadas: Power BI, Qlik Sense y Pentaho.

Power BI es un software de Microsoft orientado a la inteligencia de negocios, permite visualizar y compartir datos de manera intuitiva y efectiva. Esta herramienta combina

la capacidad de recopilar datos de diversas fuentes, como bases de datos, servicios en la nube y archivos locales, con potentes capacidades de análisis, creación de informes y visualización de datos. Con Power BI, los usuarios pueden crear tableros interactivos, informes detallados y visualizaciones personalizadas para obtener información valiosa sobre el rendimiento empresarial, identificar tendencias, tomar decisiones fundamentadas y compartir conocimientos con colegas de manera rápida y sencilla. La utilidad de la herramienta Power BI en la toma de decisiones, se refleja en el apoyo que brinda al nivel jerárquico, logrando satisfacer los requerimientos de directivos que pretenden obtener respuestas de sus gestiones en forma permanente (Díaz, Acosta, & Checa, 2022).

Qlik Sense es una herramienta orientada a la interpretación de datos extraídos por los diferentes motores de base de datos e información, puede representar indicadores de forma gráfica para la toma de decisiones (Carrión & Romero, 2022). Qlik Sense facilita la creación de tableros de control, informes y visualizaciones personalizadas de manera fácil e intuitiva, ofrece capacidades de análisis de autoservicio, lo que significa que cualquier persona puede cargar sus propios conjuntos de datos, combinarlos de manera sencilla y realizar análisis complejos sin depender de los equipos o departamentos de sistemas.

Dentro del ámbito de software libre se tiene a Pentaho Analytics que es considerada como líder entre las herramientas que ofrecen versiones gratuitas para soluciones de inteligencia de negocios (Montero & André, 2021). Pentaho al ser de código abierto, ofrece una comunidad activa de usuarios y desarrolladores que contribuyen en la mejora continua de la plataforma, es altamente modular y personalizable, lo que permite adaptar sus componentes a las necesidades específicas de cada empresa. Posee una variedad de herramientas para la extracción, transformación y carga (figura 4) de datos, análisis, generación de informes, minería de datos y visualización de datos. Esta plataforma proporciona una solución completa para ayudar a las organizaciones a gestionar y aprovechar sus datos de manera efectiva, permitiendo la toma de decisiones informadas.

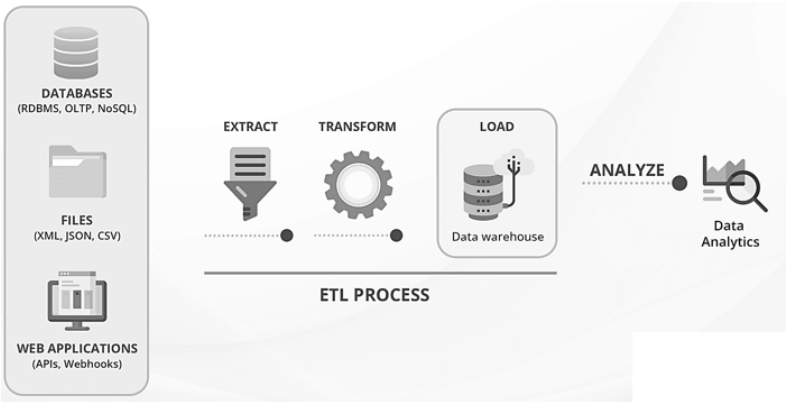


Figura 4 – Descripción del proceso de extracción, transformación y carga (Díaz, García, & López, 2016).

3. Metodología y diseño de la investigación

3.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo abarca una investigación de casos que consiste en una forma de indagación con entidad propia, investiga empíricamente un fenómeno contemporáneo dentro de un contexto de la vida cotidiana (Chavera, Gaviria, & González, 2019). Se usa un enfoque cuantitativo que parte de un proceso de investigación documental orientada a obtener datos relacionados con la forma en que ciertas empresas de Cotopaxi han implementado BI. Se identificó las metodologías y herramientas específicas que han utilizado estas empresas. El nivel es descriptivo debido a que mediante la recopilación de información detallada sobre las prácticas de BI usadas se comprende cómo se aplican estas metodologías y herramientas en diferentes contextos empresariales de la provincia.

3.2. Preguntas de investigación

- ¿Cuál es la metodología de inteligencia de negocios más utilizada por las empresas de Cotopaxi?
- ¿Qué herramienta de inteligencia de negocios se adapta mejor a las empresas de Cotopaxi?
- ¿Cuál es el nivel de cumplimiento de las empresas de la provincia de Cotopaxi respecto a los elementos de BI?

3.3. Población y muestra

Se recurre a un muestreo no probabilístico por conveniencia, mediante el cual, se escogieron cinco empresas de la provincia de Cotopaxi que han incorporado inteligencia de negocios. Esta técnica de muestreo permite realizar una elección de casos basada en la disponibilidad, accesibilidad y conveniencia logística para los investigadores; asegurando que las empresas seleccionadas (ELEPCO S.A., CTL Sports, DINADEC, Almacén Carlitos y el Ministerio de Turismo de Cotopaxi) tengan publicados y proporcionen acceso a datos relevantes a través de fuentes primarias. Además, estas empresas han demostrado una trayectoria en la implementación de inteligencia de negocios, ofreciendo una perspectiva diversificada y pertinente para los objetivos del estudio (Montecinos & Lorca, 2023).

El muestreo por conveniencia permitió acceder rápidamente a los datos necesarios, reduciendo costos y facilitando la logística de coordinación con las empresas seleccionadas. Así mismo, permitió la inclusión de organizaciones que cumplieron con criterios específicos de relevancia para el estudio con el fin de que los datos recopilados sean pertinentes y útiles. Este enfoque es valioso en estudios exploratorios donde se busca obtener una visión inicial dependiendo de la facilidad de acceso que se tiene (Huamán & Jara, 2022).

3.4. Diseño del instrumento

Para estudiar cada uno de los casos se accedió a información disponible dentro de los portales web corporativos de las empresas, se revisó información documental relacionada con su forma de trabajo y se definió dos tablas para comparar la manera de cómo se aplicó Business Intelligence en cada una de ellas. Para definir la metodología y herramienta utilizada se emplea la Tabla 1.

NOMBRE DE EMPRESA	TIPO	METODOLOGÍA APLICADA	HERRAMIENTA UTILIZADA

Tabla 1 – Instrumento para estudio de casos

El análisis del cumplimiento de los elementos de BI en cada una de las empresas estudiadas se basa en una escala de Likert de tres puntos con las opciones de: Se cumple totalmente, se cumple parcialmente o no se cumple. Para organizar los datos se usa una tabla de doble entrada, en el eje horizontal se ubican las empresas y en el vertical se analiza el cumplimiento de siete elementos: Multidimensionalidad, minería de datos, agentes, datawarehouse, ETL, análisis OLAP e Informes, visualización y análisis predictivo.

4. Resultados

Se obtuvo información relacionada con 5 casos de estudio correspondientes a empresas de la provincia de Cotopaxi que han implementado inteligencia de negocios dentro de sus actividades diarias. Dichas instituciones aplicaron una metodología de BI considerando sus elementos y utilizaron software especializado. En los apartados siguientes se presentan los hallazgos:

4.1. Caso de Estudio N° 1: ELEPCO S.A

ELEPCO S.A es una empresa eléctrica que enfrentaba desafíos significativos debido a la falta de un sistema integrado de información para gestionar sus procesos y cuando la gerencia necesita reportes para la toma de decisiones, el departamento de tecnología ocasionaba retrasos, mezcla de información entre sistemas y depuración de datos inconsistentes, entre otros inconvenientes. Con el propósito de abordar este desafío, (Garzón, 2020) creó una plataforma web de información gerencial dirigida específicamente a las empresas distribuidoras del sector eléctrico del Ecuador siguiendo la metodología Kimball y usando Qlik Sense.

4.2. Caso de Estudio N° 2: CTL Sports

La empresa deportiva CTL ha enfrentado un estancamiento desde la llegada de la pandemia del COVID 19 y ha tenido dificultades para encontrar una solución al problema. Para abordar esta situación (Álvarez, 2022) propuso implementar un sistema en el departamento de ventas, utilizando herramientas de inteligencia de negocios como Power BI para facilitar la toma de decisiones gerenciales mediante la metodología Kimball.

4.3. Caso de Estudio N° 3: DINADEC Centro de Distribución Latacunga

DINADEC, una empresa distribuidora de cerveza en la provincia de Cotopaxi, enfrentaba dificultades en la gestión de grandes volúmenes de datos de entregas mensuales

almacenadas en Excel. Esto resultaba tedioso, complicado y lento, dificultando la toma de decisiones. Para resolver esta problemática, (Dávalos, 2022) optó por implementar un sistema de inteligencia de negocios usando Pentaho Data Integration y la metodología Kimball, creando un Data Mart en PostgreSQL.

4.4. Caso de Estudio N° 4: Almacén Carlitos

Almacén Carlitos, empresa especializada en la venta de muebles de hogar, electrodomésticos y otros productos, enfrentaba una problemática relacionada con la falta de organización de la información en sus departamentos, lo que afectaba su desarrollo. Para solucionar esta situación y mejorar la toma de decisiones gerenciales en áreas como marketing y ventas (Condoy & Gaibor, 2022) decidieron implementar un sistema de inteligencia de negocios (BI) utilizando la metodología Hefesto v2 y la herramienta Microsoft Power BI.

4.5. Caso de Estudio N° 5: Ministerio de Turismo de Cotopaxi

Para cumplir con su misión de controlar el turismo en sus atractivos turísticos, la institución maneja una gran cantidad de información generada diariamente por los visitantes. Para abordar esta necesidad, (Velastegui, Chamba, Quille, & Vázquez, 2020) optaron por implementar un sistema de inteligencia de negocios que permitiera estudiar el perfil de los turistas que visitan los atractivos de Cotopaxi. Para la construcción e implementación de este sistema, se utilizó el gestor de base de datos PostgreSQL y la herramienta de modelado multidimensional Pentaho con la metodología Kimball.

4.6. Metodologías y herramientas de BI utilizadas

En la tabla 2 se puede evidenciar de forma resumida las metodologías y herramientas utilizadas por las empresas de la provincia de Cotopaxi para implementar inteligencia de negocios.

NOMBRE DE EMPRESA	TIPO	METODOLOGÍA APLICADA	HERRAMIENTA UTILIZADA
ELEPCO	Empresa Pública	Kimball	Qlik Sense
CTL SPORTS	Privada	Kimball	Power BI
DINADEC	Privada	Kimball	Pentaho
Almacén Carlitos	Privada	Hefesto v2	Power BI
Ministerio de Turismo de Cotopaxi	Pública	Kimball	Pentaho

Tabla 2 – Herramientas usadas para aplicar inteligencia de negocios en Cotopaxi

En la figura 5 se observa que la metodología Kimball es la predominante, representando el 80% del total de empresas estudiadas. Esto sugiere una fuerte preferencia por el enfoque Kimball en Cotopaxi. Por otro lado, la metodología Hefesto v2 representa el 20% de aplicación que indica una menor adopción.

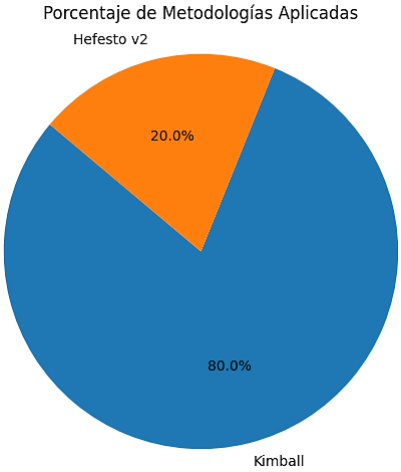


Figura 5 – Metodologías de BI aplicadas por las empresas de Cotopaxi. Los autores (2024)

Respecto a las herramientas de BI utilizadas por las empresas, se detectó que sobresalen Power BI y Pentaho empatadas con el 40%, mientras que Qlik Sense corresponde a un 20%. Con esto se destaca la popularidad y la superioridad de Power BI y Pentaho como herramientas de implementación de inteligencia de negocios en la provincia de Cotopaxi. Sin embargo, también demuestra que otras herramientas como Qlik Sense tienen presencia en el mercado.

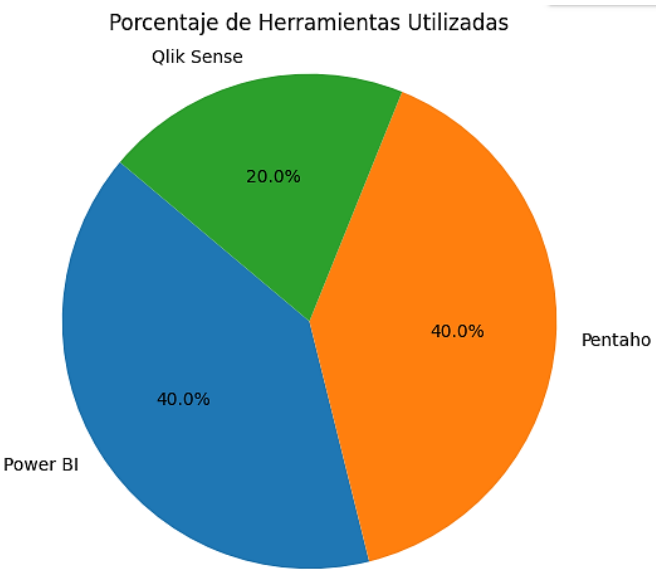


Figura 6 – Metodologías de BI aplicadas por las empresas de Cotopaxi. Los autores (2024)

4.7. Cumplimiento de los elementos de BI

Luego de evidenciar las metodologías y herramientas utilizadas en la implementación de BI dentro de cada empresa, en la tabla 3 se procede a verificar el cumplimiento de cada uno de los 7 elementos de inteligencia de negocios requeridos.

	Criterio \ Empresa	ELEPCO S.A	CTL Sports	DINADEC	Almacén Carlitos	Ministerio de Turismo de Cotopaxi
1	**Multi Dimensio-nalidad**	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente
2	**Minería de Datos**	Se cumple parcialmente	No se cumple	Se cumple parcialmente	No se cumple	No se cumple
3	**Agentes**	Se cumple totalmente	Se cumple parcialmente	Se cumple totalmente	Se cumple parcialmente	Se cumple parcialmente
4	**Data Warehouse**	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente
5	**ETL**	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente
6	**Análisis OLAP**	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	No se cumple	Se cumple totalmente
7	**Informes, Visualizació n y Análisis Predictivo**	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente	Se cumple totalmente

Tabla 3 – Cumplimiento de los elementos de BI (Garzón, 2020), (Álvarez, 2022), (Dávalos, 2022), (Condoy & Gaibor, 2022) y (Velastegui, Chamba, Quille, & Vázquez, 2020).

En la figura 7, se aprecia un mapa de calor que demuestra el nivel de cumplimiento de cada uno de los elementos de BI durante la implementación de inteligencia de negocios dentro de las empresas estudiadas. El color amarillo representa el cumplimiento total, el rojo un cumplimiento parcial y el azul indica el no cumplimiento.

5. Discusión

La inteligencia de negocios es el proceso mediante el cual las empresas recopilan, analizan y transforman datos en información útil para la toma de decisiones. Con el estudio se establece que existen casos de éxito dentro de la provincia de Cotopaxi que han aplicado herramientas y metodologías de BI con un nivel de cumplimiento

alto respecto a los componentes requeridos para una adecuada implementación. Esta afirmación se sustenta en el mapa de calor (figura 7) que indica el cumplimiento total de multidimensionalidad, datawrehouse, ETL y análisis predictivo en todas las empresas. Respecto al elemento de agentes se evidencia un cumplimiento parcial en la mayoría de casos estudiados. Por otro lado, el factor que menos cumplimiento tiene es la minería de datos debido a que su implementación requiere una infraestructura tecnológica robusta y personal técnico altamente calificado.

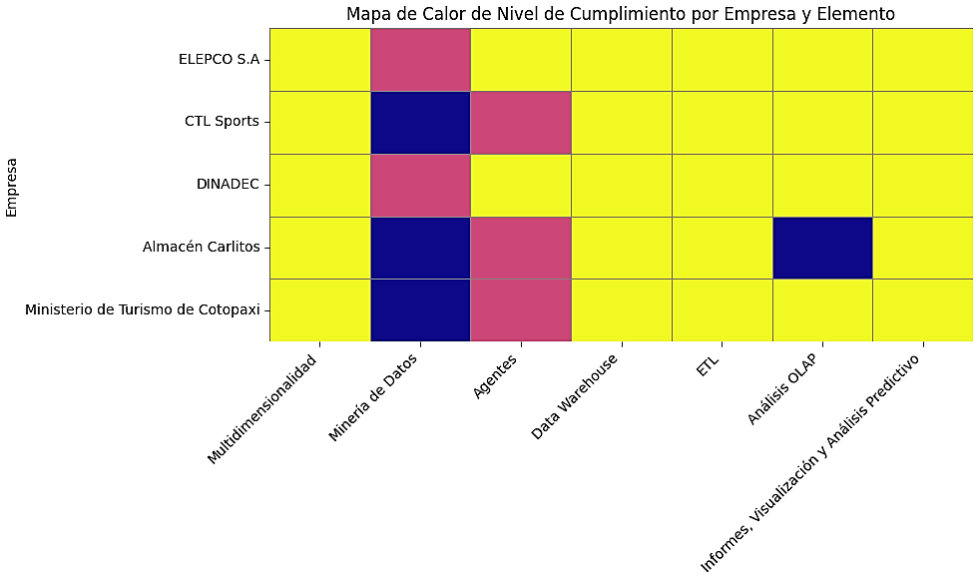


Figura 7 – Metodologías de BI aplicadas por las empresas de Cotopaxi. Los autores (2024)

Los resultados muestran que Kimball es el enfoque mayoritariamente aplicado (4 de 5 empresas lo utilizan) dado que es una metodología consolidada y ampliamente adoptada en la industria de la inteligencia de negocios, conocida por su enfoque pragmático y escalable en el diseño de almacenes de datos. Promueve un diseño dimensional, facilita la comprensión y el acceso a los datos, con el fin de apoyar la toma de decisiones. Además, tiene una comunidad activa de usuarios y una variedad de recursos de aprendizaje disponibles que la convierten en una solución sólida y respaldada para las necesidades de inteligencia de negocios de diversas organizaciones.

En cuanto a ¿Qué herramienta de inteligencia de negocios se adapta mejor a las empresas de Cotopaxi? Se determinó que Microsoft Power BI y Pentaho son las preferidas (empatadas con 2 de 5 empresas cada una). Ambas herramientas ofrecen una amplia gama de funcionalidades para la visualización y análisis de datos que permiten la generación de informes. Esto hace que sean adecuadas para una variedad de necesidades empresariales, son altamente personalizables y pueden integrarse con una variedad de fuentes de datos. Las empresas de la provincia de Cotopaxi que han adoptado la inteligencia de negocios dentro de sus operaciones han experimentado un

impacto positivo en sus resultados comerciales. Gracias a ello están mejor posicionadas para enfrentar los desafíos del mercado actual. El BI les brinda una ventaja competitiva al tomar decisiones informadas, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer sus relaciones con los clientes.

En el caso de ELEPCO S.A., la implementación de inteligencia de negocios ha permitido que la empresa eléctrica optimice su forma de trabajo mediante el análisis de datos de consumo eléctrico y patrones de comportamiento, la empresa ha podido diseñar campañas de concientización energética dirigidas a segmentos específicos de clientes. Por su parte, CTL Sports ha utilizado la inteligencia de negocios para superar los desafíos que surgieron debido a la pandemia del COVID 19. Gracias a la recopilación y análisis de datos de ventas y tendencias de compra, la empresa pudo ajustar su estrategia de marketing y ofrecer promociones personalizadas a sus clientes.

En DINADEC la implementación de la inteligencia de negocios le ha permitido mejorar su eficiencia en la gestión de entregas mensuales de cerveza. El Ministerio de Turismo de Cotopaxi, por su parte ha tenido un impacto significativo mediante el análisis de datos de visitantes y preferencias de lugares turísticos, el ministerio ha podido diseñar campañas de promoción de atractivos turísticos dirigidas a segmentos específicos de turistas, lo que ha resultado en un aumento en el flujo de visitantes y un mayor impulso económico para la región.

Para reforzar que la inteligencia de negocios trae un impacto positivo a las empresas, se puede indicar que según un estudio de Business School OBS, el 65% de empresas concuerdan que si no se implanta sistemas de inteligencia de negocios supondría un riesgo para su futuro; con este comentario se desataca la importancia de implementar sistemas basados en inteligencia de negocios para asegurar la relevancia y competitividad de las empresas en el mercado actual. La falta de aprovechar la inteligencia de negocios puede dejar a las empresas en una posición desfavorable, puesto a que no podrían acceder a información valiosa y necesaria para tomar decisiones estratégicas. Es por eso que la inteligencia de negocios se vuelve cada vez más esencial en el entorno empresarial actual, permitiendo a las compañías adaptarse a las demandas del mercado y obtener ventajas competitivas significativas (Reglero, 2022).

6. Conclusiones

Los casos analizados en la investigación demuestran la importancia de considerar los elementos de inteligencia de negocios durante su implementación, sin embargo el factor que presenta dificultades corresponde a la minería de datos por la carencia de infraestructura tecnológica robusta.

La inteligencia de negocios ha generado un impacto positivo para las empresas tanto públicas como privadas dentro de la provincia de Cotopaxi. Estos procesos se vuelven fundamentales para llevar a cabo un análisis de datos automatizado que permitan la toma de decisiones estratégicas de manera informada para mejorar el desempeño empresarial.

Kimball es la metodología de implementación de inteligencia de negocios más utilizada en Cotopaxi debido a su popularidad, escalabilidad y pragmatismo. En lo que respecta

a las herramientas empleadas, se destaca a Microsoft Power BI y Pentaho como las alternativas elegidas por su amplia gama de funcionalidades para la visualización y análisis de datos que permiten la generación de informes interactivos.

Si bien en este trabajo de investigación se presentaron solo algunos ejemplos de empresas que han implementado la inteligencia de negocios dentro de la provincia de Cotopaxi, es importante destacar que alrededor del mundo existen numerosos casos de éxito. El BI ha sido ampliamente adoptado por empresas de diferentes tamaños y sectores que ven en ella una alternativa poderosa para optimizar el rendimiento empresarial.

Referencias

Álvarez, M. (2022). *Repositorio Universitario*. Obtenido de http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8441

Cámara de Industrias y Producción. (2023). *Estudio sobre la adopción de inteligencia artificial en Ecuador*. Obtenido de https://itahora.com/

Carrión, M., & Romero, A. (2022). Influencia de los sistemas informáticos en la toma de decisión gerenciales. *CienciaMatria, 8*(4). Obtenido de https://cienciamatriarevista.org.ve/index.php/cm/article/view/878/1453

Castillo, W., Medina, F., & Fariña, F. (2018). Una metodología para procesos data warehousing basada en la experiencia. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*. doi: 10.17013/risti.26.83–103

Chavera, B., Gaviria, D., & González, E. (2019). El estudio de caso como alternativa metodológica en la investigación en educación física, deporte y actividad física. Conceptualización y aplicación. *Retos*. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6761683

Condoy, B., & Gaibor, L. (22 de Marzo de 2022). *Universidad Técnica de Cotopaxi*. Obtenido de Implementación de un sistema informático para la toma de decisiones para almacén Carlitos aplicando Business Intelligence: http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8434/1/UTC-PIM-000417.pdf

Córdova, M., & Valarezo, B. (2021). *La inteligencia de negocios como herramienta clave en el desempeño empresarial*. Machala: Digital Publisher. Obtenido de https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/727/840

Dávalos, M. (06 de Julio de 2022). *Universidad de las Fuerzas Armandas*. Obtenido de Desarrollo de un sistema de Business Intelligence que optimice el monitoreo de indicadores de productividad en la empresa “DINADEC”: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/31101/1/T-ESPEL-SOF-0060.pdf

Díaz, L., García, J., & López, B. (2016). Técnicas para capturar cambios en los datos y mantener actualizado un almacén de datos. *Scielo*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992015000400007

Díaz, R., Acosta, J., & Checa, M. (2022). Power bi como herramienta de apoyo a la toma de decisiones. *Universidad y Sociedad*. Obtenido de https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2949

Forero, D., & Sánchez, J. (2022). Introducción a la inteligencia de negocios basada en la metodología KIMBALL. *Revista TIA, 9*(1). Obtenido de https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/18082/17993

García, A., & Aguilar, N. (2021). La inteligencia de negocios: Herramienta clave para el uso de la información y la toma de decisiones empresariales. *Revista de Investigacione Universidad del Quindío*, 5-7. Obtenido de https://ojs.uniquindio.edu.co/ojs/index.php/riuq/article/view/514/481

García, G. (Diciembre de 2017). Research Gate. *Revista Colombiana de Técnologias de Avanzada*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/325576724_Una_introduccion_conceptual_al_BPM_y_BI/download?_tp= eyJjb250ZXh0Ijp7 ImZpcnNoUGFnZSI6Il9kaXJlY3 QiLCJwYWdlIjoiX2 RpcmVjdCJ9fQ

Garzón, P. (20 de 09 de 2020). *Desarrollo de una plataforma web de información gerencial para la gestión administrativa de una empresa distribuidora del sector eléctrico*. Ambato: Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2020/09/art-2-3c-tic-ed.34-vol.9-n.3-1.pdf

Geovanny Euclides Silva-Peñafiel, A. M.-V. (2021). Implementación de un Data Warehouse mediante la metodología Hefestos para la. *Dialnet*, 1116-1135. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8229747.pdf

Huamán, Y., & Jara, T. (2022). Uso de las TIC para la evaluación de actividades universitarias. *RISTI*(51), 114. Obtenido de https://www.risti.xyz/issues/ristie51.pdf

Montecinos, D., & Lorca, A. (2023). Enfermería, liderazgo y relaciones de poder, una mirada desde lo cualitativo. *Index de Enfermería*. doi:https://dx.doi.org/10.58807/indexenferm20235794

Montero, A., & André, M. (2021). Solución de inteligencia de negocio para la gestión de proyectos utilizando Microsoft y Pentaho. *Revista Cubana de Transformación Digital, 2*(2). Obtenido de https://rctd.uic.cu/rctd/article/view/119/49

Muñoz, H., Osorio, R., & Zúñiga, L. (2016). Inteligencia de negocios clave del éxito en el área de la información. *Dialnet*, 2-4. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5826494

Pérez, C., Rodríguez, L., Castro, L., & Salazar, G. (2018). *Inteligencia de Negocios*. México: Pearson. Obtenido de https://www.itson.mx/oferta/mtin/SiteAssets/Paginas/productividad/Libro%20BI.pdf

Reglero, J. (2022). La importancia del sector energético en la economía. En O. B. School. Obtenido de https://marketing.onlinebschool.es/Prensa/Informes/Informe%20OBS%20-%20Sector%20energe%CC%81tico.pdf

Velastegui, L., Chamba, S., Quille, W., & Vázquez, Y. (2020). Sistema de inteligencia de negocio para la caracterización del turista de naturaleza. *Conciencia Digital*, 12-14. doi:https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i1.1.1128

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 20/03/2024
Aceitação/Acceptance: 24/06/2024

Perspectivas de Género en Educación Superior de Ecuador: un análisis de las Mujeres Académicas

Vizcaíno-Cárdenas Gloria Susana [1], Guamán-Guevara María Dolores[2]

gloria.vizcaino@utc.edu.ec; md.guaman@uta.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas, Latacunga, 050108, Cotopaxi, Ecuador

[2]Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Administrativas, Ambato, 180155, Tungurahua, Ecuador

Pages: 561-578

Resumen: Este estudio examina las perspectivas de las mujeres docentes en las Instituciones de Educación Superior (IES) ecuatorianas. Centra su análisis en sesgos de género y desigualdades estructurales dentro de las IES. Mediante un Enfoque Cualitativo y Teoría Fundamentada Constructivista, se analizaron experiencias de docentes participantes en conversatorios virtuales. Los datos recogidos fueron sometidos a codificación abierta, axial y selectiva con ATLAS Ti 22. Los hallazgos destacan los desafíos que enfrentan las académicas en un sistema patriarcal originado desde las relaciones sociales de producción capitalista, cuyas manifestaciones materiales se expresan en normas socio-culturales, reproducidas en las estructuras universitarias formales e informales que perpetúan la desigualdad de género. Este estudio subraya la necesidad del cumplimiento de la función social de la educación superior como organismo defensor de igualdades y sugiere medidas para modificar las estructuras institucionales que limitan un ambiente académico más inclusivo y diverso. Subraya la necesidad de cambios profundos para alcanzar igualdad de género en la educación superior ecuatoriana.

Palabras-clave: desigualdades de género; educación superior; sesgos de género; mujeres académicas

Gender Perspectives in Higher Education in Ecuador: an analysis of Academic Women

Abstract: This study examines the perspectives of women faculty in Ecuadorian Higher Education Institutions (HEIs). It focuses its analysis on gender biases and structural inequalities within HEIs. Using a Qualitative Approach and Constructivist Grounded Theory, experiences of teachers participating in virtual discussions were analyzed. The data collected were subjected to open, axial and selective coding with ATLAS Ti 22. The findings highlight the challenges faced by women academics in a patriarchal system originating from the social relations of capitalist production, whose material manifestations are expressed in socio-cultural norms, reproduced in formal and informal university structures that perpetuate

gender inequality. This study underscores the need for the fulfillment of the social function of higher education as a defender of equality and suggests measures to modify institutional structures that limit a more inclusive and diverse academic environment. It underscores the need for profound changes to achieve gender equality in Ecuadorian higher education.

Keywords: gender inequalities, higher education, gender biases, women in academic

1. Introducción

En un contexto global caracterizado por avances significativos hacia la igualdad de género, la educación superior emerge como un espacio crítico de análisis por la persistencia de desigualdades estructurales que afectan la participación y desarrollo de las mujeres en el ámbito académico y científico. Las Instituciones de Educación Superior (IES) son espacios cruciales para la generación y transmisión del conocimiento; sin embargo, también reflejan y perpetúan las desigualdades de género presentes en la sociedad. Por lo tanto, las mujeres en la esfera académica y científica son objeto de un creciente interés y análisis, por su implicación en el avance del conocimiento y la igualdad de género dentro de las IES.

A pesar de la creciente presencia femenina en las IES, estudios previos revelan una marcada segregación ocupacional por género (SOG), que limita oportunidades de liderazgo y promoción para las mujeres dentro de estos entornos (UNESCO, 2012; OIT, 2018; ONU Mujeres, 2017). SOG es una manifestación de la desigualdad en las IES, porque están sobre-representadas en ciertas disciplinas, como las ciencias sociales y la educación, y con menor presencia en campos de la ingeniería y la tecnología. A nivel mundial, en las áreas de ciencias sociales, gestión empresarial y derecho, las mujeres graduadas incrementan entre un 53% y un 61% en distintas regiones, evidenciando una segregación ocupacional horizontal por género que subestima las capacidades femeninas en la academia (UNESCO, 2012), limitando sus oportunidades de desarrollo profesional y liderazgo (World Economic Forum, 2020) así como el enriquecimiento del conocimiento humano desde una perspectiva diversa en la academia y ciencia.

La segregación vertical por género en las IES, se manifiesta a través de una participación desequilibrada en distintas áreas del saber, con limitada presencia de mujeres en posiciones de liderazgo y en campos de investigación específicos, evidenciando una brecha de género persistente (UNESCO, 2017). Sin embargo, el concepto de desigualdad de género en las IES, no solo abarca la distribución desigual de puestos y responsabilidades sino también las diferencias en la valoración del trabajo académico realizado por mujeres, a menudo subestimado frente al de sus contrapartes masculinas. Este fenómeno se ve influenciado por estructuras y prácticas institucionales que reflejan normas sociales y culturales más amplias (Acker, 1990; Morley, 2014).

El efecto de las normas sociales y los estereotipos de género en la perpetuación de la desigualdad es considerable. Estas normas dictan comportamientos y expectativas para hombres y mujeres, que impactan en la distribución del poder y los recursos dentro de la Sociedad incluyendo las IES (UNDP, 2020). A pesar de los avances legales y normativos hacia la igualdad de género, la persistencia de normas sociales discriminatorias subraya

la necesidad de un cambio cultural profundo para alcanzar la igualdad efectiva. En cuanto, al análisis de las estructuras organizativas de las IES revela cómo los mecanismos formales e informales contribuyen a mantener y reforzar la desigualdad de género. La segregación vertical y horizontal, las políticas de reclutamiento y promoción, y las culturas institucionales son aspectos críticos que reflejan y perpetúan las jerarquías de género (Bagilhole y White, 2013; Van den Brink y Benschop, 2012).

Desde una perspectiva teórica, la categoría social de género proporciona un marco útil para analizar cómo las identidades y roles asignados socialmente a hombres y mujeres influyen en sus experiencias en la academia. Frederick Engels, en "El origen de la familia, la propiedad privada y el Estado" (Engels, 1884) argumentó que la raíz de la opresión femenina, deriva desde la transición de sociedades igualitarias a sociedades divididas en clases, marcando el inicio de la desigualdad de género estructural y la instauración del patriarcado. Este cambio histórico, vinculado al desarrollo de la propiedad privada, relegó a las mujeres a un segundo plano, limitando su participación en el ámbito público y consolidando su rol subordinado dentro del núcleo familiar.

De ahí, que el género como constructo social, determina las expectativas, oportunidades y limitaciones dentro de las IES, modelando las trayectorias profesionales y académicas de las docentes (Connell, 2010; West y Zimmerman, 1987). Simone de Beauvoir, con su emblemática frase "No se nace mujer: se llega a serlo" (Beauvoir, 1949) subraya que las diferencias atribuidas a los sexos no son innatas sino impuestas por la sociedad, lo que enfatiza el papel de las estructuras sociales en la perpetuación de la desigualdad de género, desde esta teoría se analiza a las IES.

Las teorías feministas poseen herramientas críticas para examinar las dinámicas de poder que subyacen a las desigualdades de género en las IES, y la perpetuación del orden patriarcal y el androcentrismo (Harding, 1986; Hill Collins, 2000). Esta situación refleja una compleja interacción entre estructuras institucionales y normas sociales que subestiman las capacidades de las mujeres, limitando su plena participación en funciones sustantivas universitarias (UNESCO, 2012; OIT, 2018), siendo necesario reformas estructurales para promover la igualdad de género en la academia, desde las estructuras económico-sociales y organizativas; así como, las normas culturales y los estereotipos de género que limitan la participación femenina en la ciencia y la educación superior.

La carga desproporcionada del trabajo doméstico y de cuidados sobre las mujeres restringe aún más su participación y progreso en el ámbito académico. Este "trabajo invisible" perpetúa la división sexual del trabajo, reforzando las estructuras patriarcales tanto dentro como fuera de las IES (OXFAM, 2020). De ahí, que se debe considerar tanto las estructuras organizativas como las normas culturales y los estereotipos de género en la ciencia y la educación superior.

Los objetivos de este estudio se articulan en torno a la exploración de las perspectivas de las mujeres docentes sobre su participación en la actividad académico-científica en las IES ecuatorianas, centra su atención en cómo los sesgos de género y las estructuras organizativas afectan su participación y desarrollo profesional, así como las estrategias que ellas emplean para navegar y superar los desafíos asociados a la desigualdad de género. El estudio busca llenar el vacío sobre las perspectivas, obstáculos, percepciones

que enfrentan las mujeres docentes en las IES ecuatorianas, así como, entender lo que enfrentan en un país marcado por tradiciones culturales profundamente arraigadas y una historia de desigualdades sociales y económicas. Esta aproximación permite identificar oportunidades para el establecimiento de políticas y prácticas que fomenten la igualdad de género en el ámbito académico ecuatoriano para las mujeres docentes en sociedades más justas e inclusivas (CEPAL, 2017). Aunque estudios previos han explorado la participación de las mujeres en la educación superior y su contribución a la ciencia y la tecnología a nivel global, existe una brecha significativa en la literatura respecto a una exploración integral de las experiencias específicas de las mujeres académicas en Ecuador.

La contribución de este estudio al campo del conocimiento se centra en su capacidad para ofrecer una perspectiva novedosa sobre las desigualdades de género en la educación superior en Ecuador. Primero, al proporcionar evidencia empírica y análisis detallado de las experiencias de las mujeres docentes, al examinar los mecanismos mediante los cuales las de desigualdades de género de perpetúan en las IES ecuatorianas. Segundo, sugiere vías de acción para el desarrollo de políticas y prácticas destinadas a mejorar la igualdad de género en el ámbito académico. Además, busca enriquecer la discusión global sobre una mayor inclusión y diversidad en la producción y diseminación del conocimiento, en consonancia con los objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, particularmente el Objetivo 5, que promueve la igualdad de género y el emprendimiento de todas las mujeres y niñas."

2. Metodología

El abordaje metodológico para el estudio de las perspectivas de género en la actividad académico-científica de las mujeres en IES ecuatorianas, se articula en tres pilares fundamentales: investigación cualitativa, un marco interpretativo fenomenológico, un enfoque cualitativo, y el diseño de investigación de la Teoría Fundamentada Constructivista. La investigación cualitativa, se presenta como la más adecuada para explorar los significados profundos y complejidades de los comportamientos humanos desde un enfoque inductivo (Creswell, 2013; Stake, 2010). Este estudio adoptó el marco interpretativo fenomenológico. La fenomenología, según Creswell (2013) es un marco interpretativo clave, que se centra en la exploración en profundidad y comprender las experiencias vividas por las personas y el significado que les atribuyen a estas experiencias. La elección del marco fenomenológico, se justifica por la necesidad de centrarse en las experiencias vividas de las mujeres académicas (Alvarez-Gayou Jurgenson, 2003). Se adoptó una metodología basada en la Teoría Fundamentada Constructivista propuesta por Charmaz (2013). Este enfoque genera nuevas teorías y facilita la adaptación y evolución de las existentes en respuesta a los cambios en las interacciones y contextos estudiados (Creswell, 2009; Gummesson, 2003; Fernández et al., 2015). Implica la recolección, codificación, análisis de datos mediante comparación constante de datos y establecimiento de nuevas relaciones para descubrir categorías y sus interrelaciones entre sí para el surgimiento de la teoría (Soneira,2006).

Para construir una comprensión rica y detallada del fenómeno estudiado, se eligieron como fuentes de datos, varios eventos virtuales realizados por distintos organismos y docentes mujeres con amplia experiencia en diferentes disciplinas, rangos académicos de

instituciones de educación superior ecuatoriana, que han participado en conversatorios virtuales relevantes, relacionados con la temática para captar una amplia gama de perspectivas, reflexiones y sus experiencias subjetivas sobre cómo su género ha influenciado su carrera académica- científica, sus oportunidades y desafíos enfrentados; así como también, sus estrategias recomendadas para superar la desigualdad de género.

2.1. Análisis de Datos

El análisis de datos siguió los pasos sugeridos por Creswell (2013) para la investigación fenomenológica:

1. Descripción textual: Identificar y describir las experiencias vividas por las participantes en relación con el género en la educación superior. Los eventos virtuales fueron sometidos a transcripción y exportados a formato de texto. Los documentos generados se cargaron al programa informático ATLAS.ti 22, software profesional para análisis cualitativo de datos. Se incluyeron datos de cuentas de docentes científicas ecuatorianas de la red social Twitter, cuyos contenidos aportaron a la temática en estudio y en el caso de diarios digitales, notas periodísticas realizadas a la actual Coordinadora Nacional de la Red Ecuatoriana de Mujeres Científicas (El Comercio, 2018a) además, otra nota informativa presentada por la Organización de Estados Iberoamericanos y realizada por académicas de la Universidad de Cuenca- Ecuador (Alvarado et al., 2019)
2. Descripción estructural: Examinar el contexto y las circunstancias que influyen en estas experiencias, patrones y relaciones.
3. Síntesis de las esencias: Integrar las descripciones textuales y estructurales para capturar la esencia de las experiencias de género en la academia, reflejando cómo estas experiencias se manifiestan en la vida cotidiana de las mujeres académicas.

3. Resultados

3.1. Codificación Inicial

Se realizó a partir de la pre-codificación y Códigos *in vivo*, donde se generaron códigos libres que capturaron expresiones literales de las académicas, conservando los significados de sus opiniones y actitudes (Charmaz, 2011). Los Códigos *in vivo*, derivados de las transcripciones de eventos virtuales y diarios digitales, se compararon y combinaron con los Códigos Libres a través de un análisis de afinidad semántica utilizando el software Atlas TI. Este proceso implicó un examen e interpretación detallada de los datos, reconociendo la interacción entre datos e investigador, como destacan Strauss & Corbin (2016) para identificar similitudes y diferencias entre los datos y desarrollar un entendimiento profundo del estudio.

3.2. Codificación focalizada

A partir de estos códigos iniciales, se identificaron datos recurrentes y fueron comparados constantemente los conjuntos de datos entre sí y con los códigos identificados, a partir

de las interpretaciones de los significados subyacentes a los códigos. Esta progresiva abstracción de los códigos libres e *in vivo* que inicialmente parecían diferentes, comenzaron a tener sentido en relación con unos y otros códigos, a partir del cual se agruparon en conceptos abstractos llamados Categorías, cuyo contenido fue capaz de representar los códigos iniciales que ayudan a comprender el fenómeno (Cepellos & Tonelli, 2020). Las categorías pueden ser condiciones causales, intermedias, estrategias de acción/interacción o consecuencias (Bandeira & Cunha, 2006).

De los 65 códigos (códigos libres y códigos *in vivo*) identificados a partir del microanálisis de los datos recopilados en los documentos transcritos y cargados en el software Atlas Ti, se redujeron a 45 códigos que recogían específicamente los desafíos de la mujer docentes en instituciones de educación superior ecuatorianas y que contribuyen a comprender tal problemática.Las categorías que surgieron a partir de esta etapa, dan cuenta de la complejidad de la problemática en estudio. La Figura 1 expone las siete categorías y su respectivo enraizamiento conforme el número de citas.

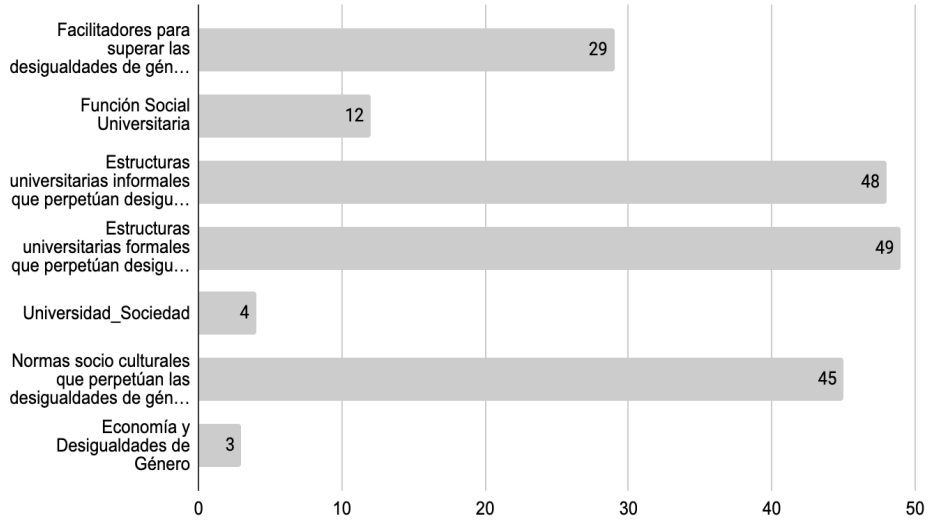


Figura 1 – Categorías y enraizamiento conforme número de citas

3.3. Categorías de análisis propuestas

3.3.1. Categoría: Economía y Desigualdades de Género

Esta categoría explora cómo las desigualdades de género se originan desde las relaciones sociales de producción capitalista, destacando la división sexual del trabajo como una dinámica fundamental que perpetúa estas desigualdades. La narrativa de las académicas enfatiza cómo los roles de género asignados refuerzan la división entre el trabajo productivo, valorado y remunerado, típicamente masculino, y el trabajo reproductivo

y doméstico, no remunerado y feminizado, subrayando la importancia de reconocer y valorar equitativamente todas las formas de trabajo.

Si bien, en la mayoría de participaciones de las académicas se refieren a las desigualdades de género desde sus propias subjetividades y experiencia. Sin embargo, en uno de los eventos una académica identifica el origen de las desigualdades de género, desde las relaciones sociales de producción, con lo que se amplía la visión de las concepciones de género imperantes en la actual sociedad capitalista. Esta reflexión, está sustentada en que la producción- reproducción social genera relaciones sociales de desigualdad, entre otras las de género; por tanto, la desigualdad de género es el resultado de las relaciones sociales de producción que emergen del modo de producción vigente, fundamentadas básicamente en relaciones sociales de explotación, opresión y poder.

Desde esta perspectiva, la académica reconoce que "históricamente las sociedades planteaban la división sexual del trabajo como mecanismo histórico que separaba la producción de la reproducción" (REMCI-MIC, 2021). La división sexual del trabajo funciona entonces como aquel mecanismo en el que se desarrollan relaciones sociales de producción y en ellas relaciones de género en las que se ha asignado a la mujer roles comunitarios dentro de los espacios privados y asociados directamente al trabajo doméstico (no remunerado) y de esta manera contribuye a la reproducción; en tanto que, los hombres cumplen roles productivos en las esferas públicas que son reconocidos y remunerados.

Esta forma social de la vida productiva, tiene profundas implicaciones en la estructura familiar, dado que se expresan en relaciones de poder desequilibradas entre quien cuenta con un trabajo asalariado ejercido fuera del hogar; y quien realiza el trabajo doméstico, promoviendo un patrón de dominación a este último. Así lo resume la académica en su narrativa:

> *Las relaciones de género, la maternidad y la crianza como espacios específicamente relacionados con las mujeres como espacio feminizado, lo productivo es un dominio del tema de lo masculino y el principio organizador de todo el trabajo entonces sigue siendo la división sexual del trabajo (REMCI-MIC, 2021)*

3.3.2. Categoría: Normas socio culturales que perpetúan las desigualdades de género

Esta categoría aborda, cómo las normas sociales y culturales sostienen y perpetúan las desigualdades de género, a través de la socialización de roles de género y la perpetuación de estructuras patriarcales que favorecen la supremacía masculina y subordinan a las mujeres. Resalta la resistencia a estas normas por parte de las académicas, quienes desafían activamente la invisibilización y subordinación femenina en contextos académicos y profesionales.

Patriarcado y predominancia del mundo masculino, se centra en cómo el sistema patriarcal, definido como un modelo social que atribuye el poder y la autoridad predominantemente a los hombres sobre las mujeres (CLACSO, 2010) influye significativamente en la perpetuación de las desigualdades de género. Este sistema jerarquiza la posición social, asegurando la dominancia masculina y subordinado a

las mujeres, una dinámica claramente reflejada en las narrativas académicas. Una académica compartió su experiencia de ser presentada sin sus títulos profesionales en un panel, lo cual contrasta con el reconocimiento de sus colegas masculinos, destacando así la invisibilización de sus logros académicos frente a la predominancia del género masculino (Iniciativa Spotlight-Ecuador, 2021).

La **Reproducción de Normas Sociales, Carga Estructural y Exclusión Social a la Mujer**, examina cómo estas dinámicas de poder no solo limitan las oportunidades para las mujeres, sino que también establecen prácticas de larga data que perpetúan la exclusión y discriminación de género (ONU-UNPD, 2020). La reproducción de valores y prácticas en los entornos de las participantes, fue un elemento persistente abordado por las participantes, pues a su criterio este abarca distintas formas y es reproducido desde sus espacios familiares, como lo señala la participante:

> *Mis papás me decían: eso no es normal, te vas a ir a meter a un lugar (salidas de campo para investigación) donde sólo van a haber hombres y si pasa algo quién te va a ayudar. Las mujeres no deben estar en este tipo de trabajo (Iniciativa Spotlight- Ecuador, 2021)*

Las normas sociales dictan y limitan el comportamiento aceptable dentro de los grupos sociales, relegando a las mujeres a roles tradicionalmente asociados con el género, lo que a su vez refuerza la división sexual del trabajo y contribuye a la exclusión social.

La **Naturalización de prácticas de desigualdad de género**, discute cómo las diferenciaciones de roles de género, arraigadas en una división sexual del trabajo históricamente construida, son aceptadas sin cuestionamientos, perpetuando así las desigualdades de género. Estos roles, fueron identificados plenamente por las académicas: "los roles principales de la mujer, recaen sobre el núcleo familiar" (Alvarado et al., 2019).

Las mujeres son relegadas a roles no remunerados dentro del espacio privado, mientras que los hombres ocupan roles públicos y productivos reconocidos y remunerados, manteniendo así una estructura de desigualdad y discriminación (Llorens, 2011; Alvarado et al., 2019).

Estos hallazgos revelan cómo el patriarcado y las normas sociales construidas alrededor de este sistema contribuyen a la perpetuación de las desigualdades de género, marcando profundamente las experiencias de las mujeres en el ámbito académico y más allá. La lucha contra estas normas requiere un cambio estructural y cultural que reconozca y valore equitativamente las contribuciones de todos los géneros.

3.4. Categoría: Universidad y Sociedad

La categoría "Universidad y Sociedad" refleja cómo las estructuras económicas y sociales influyen en la perpetuación de desigualdades de género dentro de los espacios universitarios, destacando la universidad como un ente que no solo reproduce sino también legitima discursos y prácticas discriminatorias arraigadas en la sociedad. La educación, siendo parte de la superestructura social, se encuentra intrínsecamente ligada a las dinámicas económico-sociales predominantes, lo que conduce a la naturalización de las desigualdades de género (REMCI-MIC, 2021; CES, 2020). Este proceso de

legitimación se evidencia no solo en la asignación de roles basados en la división sexual del trabajo sino también en la discriminación y la violencia sutil que enfrentan las mujeres en estos entornos, como ilustra la experiencia de una académica discriminada por su género en una expedición de campo:

> *"Una vez que fui al campo y fui la única mujer de la expedición, los guías pensaron que yo era la cocinera contratada y me dijeron porque trajiste la cocinera, si nosotros trajimos cocinero (que era un niño). Mis colegas nunca hicieron la aclaración y a mí me tocó cocinar la primera vez y era super joven. Pero viendo en retrospectiva, te das cuenta ese proceso de discriminación, es cierta manera de violencia que te imponen. (Iniciativa Spotlight- Ecuador, 2021).*

Este fenómeno subraya la importancia crítica de revisar y transformar las prácticas educativas y organizacionales en las universidades para desmantelar las estructuras que sostienen y perpetúan la desigualdad y discriminación de género.

3.4.1. Categoría: Estructuras universitarias formales que perpetúan las desigualdades de género

Esta categoría ilustra el papel de la universidad como parte de la superestructura social, desempeña un rol ideológico y cultural en la perpetuación de las ideas dominantes que emergen de la base económico-social. La universidad, a través de sus roles en la formación profesional, investigación, y vinculación con la sociedad, refleja y refuerza la ideología dominante de la sociedad. Este proceso está claramente influenciado por la Teoría Clásica de la Administración, que promueve estructuras organizativas jerárquicas, destacando una distribución de autoridad de arriba hacia abajo, lo que se manifiesta en una segregación ocupacional basada en género y una clara masculinización de ciertas áreas y feminización de otras.

Segregación Ocupacional según Género: Las estructuras formales universitarias son escenarios de desigualdades de género, donde la participación de las mujeres se ve limitada a ciertas áreas, evidenciando una **segregación ocupacional horizontal** expresada en la **Masculinización y Feminización de Carreras**, en Ecuador, el índice de Duncan que mide la segregación ocupacional según género, mostró un aumento entre el año 2000 y 2015, mientras que en la mayoría de países se mantuvo constante en ese período de tiempo (OIT-PNUD, 2019). Las mujeres tienden a concentrarse en sectores de menor ingreso, mientras que áreas de mayor productividad están dominadas por hombres. Este patrón refleja no sólo las desigualdades económicas sino también una marcada división de género en la ocupación de espacios dentro de la educación superior.

Además, la subrepresentación femenina en cargos directivos dentro de las universidades destaca una **segregación vertical**, que puede conducir a discriminaciones simbólicas afectando las percepciones de las mujeres sobre sus posibilidades de avance académico. Una académica señala:

> *"Cuando tú entras a la sala de rectores de universidades, a la sala de decanos cuando tienen fotografías, qué es lo que miras, solo hombres y de pronto tú entras y dices: qué mensaje recibe una joven, una profesora investigadora. Puede tomar dos caminos, el uno puede decir, este no es mi espacio, me*

> *quedo ahí nomás, ya logré conseguir bastante. O el otro camino, que es lo que necesitamos decir, yo quiero estar ahí" (Iniciativa Spotlight- Ecuador, 2021).*

Los testimonios de las académicas resaltan la existencia de barreras y desafíos adicionales para las mujeres en la academia, incluyendo la segregación ocupacional y la menor representación en puestos de alto rango. Estas desigualdades son percibidas como formas de discriminación y violencia simbólica, reafirmando la necesidad de un cambio estructural y cultural dentro de las instituciones educativas para promover la igualdad de género.

Estructuras Académicas e Investigativas Orgánicas Universitarias sin Enfoque de Género, destaca cómo las estructuras formales de las universidades refuerzan la reproducción de normas sociales de género, a menudo naturalizadas y aceptadas sin cuestionamiento. Estas normas dificultan la identificación y confrontación de sesgos de género dentro del ámbito universitario, a pesar de las elevadas tasas de violencia de género reportadas, incluida la violencia psicológica, que permanece en gran parte sin denunciar. La Encuesta Nacional sobre Relaciones Familiares y Violencia de Género contra las Mujeres (INEC-Ecuador, 2019) revela que una proporción significativa de mujeres ecuatorianas ha experimentado violencia, incluyendo aquellas con educación superior, resaltando la prevalencia de la violencia psicológica en entornos educativos.

Las estructuras universitarias son descritas como replicadoras de las ideologías dominantes que emergen de la base económico-social, contribuyendo a la perpetuación de desigualdades de género. Este fenómeno se manifiesta en la segregación ocupacional por género, la masculinización y feminización de ciertas carreras, y una notable subrepresentación femenina en roles de liderazgo e investigación. A pesar de que las mujeres han logrado avances significativos en términos de educación superior, estas estructuras refuerzan barreras y limitaciones a su plena participación y reconocimiento en la academia y la ciencia. La académica citada crítica la estructura de la academia y de la ciencia por no estar diseñadas por o para mujeres (Iniciativa Spotlight- Ecuador, 2021) evidenciando una dominancia masculina que dicta las normas y estructuras organizativas. Estas estructuras perpetúan la división tradicional de roles de género, manteniendo a las mujeres en una posición subordinada dentro de la jerarquía académica y científica.

Se señala la importancia de re conceptualizar las estructuras académicas e investigativas con un enfoque de género que reconozca y aborde los obstáculos específicos que enfrentan las mujeres. Sin una revisión crítica y una reforma de estas estructuras, las normas sociales de género continuarán limitando el potencial de las mujeres en la educación superior y en campos científicos, perpetuando ciclos de desigualdad y discriminación. Esta síntesis resalta la urgente necesidad de transformar las estructuras universitarias formales para promover una participación equitativa de género, tanto en la docencia como en la investigación, garantizando que la educación superior se convierta en un verdadero motor de igualdad de género, conforme a los ideales expresados en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible y otros marcos legales nacionales e internacionales. La academia debe encarar y desmantelar las estructuras y prácticas que perpetúan la desigualdad de género, reconociendo la contribución vital de las mujeres en todos los campos del conocimiento y la investigación.

Categoría: **Estructuras universitarias informales que perpetúan las desigualdades de género** examina cómo las dinámicas informales, sutiles e invisibles contribuyen a la perpetuación de desigualdades de género en el ámbito universitario. Estas estructuras, arraigadas en las relaciones económicas y sociales de la sociedad, se reflejan en prácticas y concepciones dentro de las instituciones de educación superior. Inspirado en los estudios de Elton Mayo y la Teoría de Relaciones Humanas, se destaca cómo las organizaciones informales emergen de interacciones sociales, creando culturas propias que influyen significativamente en el comportamiento organizacional.

En el contexto universitario, estas interacciones no solo fomentan cooperación y liderazgo sino también formas de poder que pueden perpetuar desigualdades de género de manera sutil. La **invisibilización de estas desigualdades** es un fenómeno destacado, donde lo considerado masculino y femenino construye una relación de poder desigual. La dominación masculina se asimila e invisibiliza, relegando a las mujeres a un lugar de subordinación. Ejemplos cotidianos de discriminación, como ser pasada por alto en favor de colegas masculinos a pesar de tener mejores calificaciones, ilustran cómo estas estructuras informales afectan negativamente la carrera de las académicas. Una académica señala: "tenía la conversación con un colega que me decía yo jamás he sentido discriminación; entonces digo, es que tú eres hombre (Iniciativa Spotlight-Ecuador, 2021).

La **normalización de la desigualdad, discriminación y violencia de género** en la academia es evidenciada por académicas que perciben condiciones laborales desequilibradas. La academia reproduce y refuerza el patriarcado y el androcentrismo, perpetuando un orden social que favorece al género masculino. Esto se refleja en la representación dominante masculina en campos de ciencia y liderazgo, minimizando o ignorando los aportes femeninos. La académica expresa: "muchas veces no estamos conscientes de estos procesos de discriminación y violencia que vivimos día a día, está tan normalizado (Iniciativa Spotlight- Ecuador, 2021)

Los **micromachismos** se destacan como formas cotidianas y sutiles de discriminación y violencia, difíciles de detectar, pero profundamente arraigadas en la cultura académica. Desde el menosprecio de las capacidades profesionales de las mujeres hasta la aceptación de roles de género tradicionales, estas prácticas contribuyen a la perpetuación de la desigualdad de género en la academia. Al respecto, la académica lo identifica claramente:

> *Es importante estar consciente de esos pequeños detalles. Cuando estamos en una reunión un colega le dice "usted tiene bonita letra, tome las notas, a usted le gusta tomar notas". Son esos estereotipos y esos roles tan marcados (Iniciativa Spotlight- Ecuador, 2021)*

Además, se mencionan **metáforas** como el "Techo de Cristal", "Laberinto de Vidrio" y "Acantilado de Cristal", que simbolizan las barreras invisibles y los desafíos específicos que enfrentan las mujeres en la academia, reflejando la persistencia de la desigualdad de género en estructuras organizacionales y culturales.

Finalmente, se aborda el **conflicto entre trabajo remunerado y no remunerado**, destacando cómo las expectativas tradicionales sobre los roles de género imponen una doble o triple jornada a las mujeres, impactando negativamente en su participación y progreso en la esfera académica y científica.

> *Es la familia y los cuidados; es decir la carga familiar y si eres buena madre. A las mujeres nos preguntan esas cosas en las entrevistas, y su esposo qué opina y cómo va a ser con las guaguas, pero a los compañeros, no les preguntan nada de eso (Iniciativa Spotlight- Ecuador, 2021).*

Las universidades, al adherirse a visiones androcéntricas, no reconocen ni valoran adecuadamente el trabajo reproductivo y comunitario, mayormente realizado por mujeres, perpetuando así las desigualdades de género.

Categoría: **Función Social Universitaria:** Se centra en el papel fundamental de la universidad en promover y asegurar la igualdad de derechos, destacando la importancia de abordar y combatir cualquier forma de discriminación, especialmente en lo que respecta a la igualdad de género. La Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948 y la Convención sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra la Mujer de 1979 establecen el marco normativo que subraya la igualdad intrínseca y la dignidad de todos los seres humanos, enfatizando la necesidad de eliminar la discriminación de género para asegurar la plena participación de las mujeres en todas las esferas de la vida, en igualdad de condiciones con los hombres.

Las universidades, como instituciones clave en la sociedad, tienen el deber no solo de cumplir con sus funciones tradicionales de educación, investigación y vinculación con la comunidad, sino también de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos, incluidos los derechos de las mujeres. Este rol trascendental implica la adopción de un enfoque de género en todas sus actividades y políticas, para combatir las desigualdades y fomentar una sociedad más justa e inclusiva. Se reconoce la necesidad de que las universidades asuman un compromiso más firme y uniforme hacia la igualdad de género, integrando la perspectiva de género en todas sus funciones y políticas. A pesar de que algunas instituciones están avanzando hacia este objetivo, se destaca la importancia de una acción colectiva y coordinada en todo el sector de la educación superior. La Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador (2018; por ejemplo, establece principios de igualdad de oportunidades, equidad y no discriminación, pero la aplicación efectiva de estos principios aún enfrenta desafíos significativos debido a las persistentes estructuras culturales y estereotipos de género.

La academia tiene un papel crucial en la creación de ambientes equitativos y en brindar igualdad de oportunidades para todas las personas, independientemente de su género. Sin embargo, para lograr un cambio transformador en las relaciones de género, es necesario abordar y modificar los roles tradicionales y las normas sociales que perpetúan la desigualdad y la discriminación. Esto implica no solo reformas legales sino también un cambio en los factores socioculturales que sostienen la subordinación e inferioridad de las mujeres.

Las universidades deben asumir un papel activo en la difusión de nuevas normas sociales y culturales que promuevan la igualdad de género. Esto incluye abrir espacios de discusión y reflexión sobre temas de género y violencia que tradicionalmente han sido ignorados o minimizados. La educación superior, por tanto, se convierte en un terreno fértil para el desarrollo y la implementación de políticas y prácticas inclusivas que aborden las desigualdades de género y contribuyan a la construcción de sociedades más justas y democráticas.

Categoría: Facilitadores para superar la desigualdad de género en la Universidad Implementa cambios colectivos e institucionales que fomenten una mayor participación de las mujeres académicas y científicas, reconociendo que las diferencias de género no deberían traducirse en desigualdades. A través de esta investigación, se revela que la legislación existente, aunque necesaria, no es suficiente para garantizar la igualdad real en la vida de las mujeres, debido a la opresión socioeconómica y cultural arraigada en el patriarcado. Por tanto, se enfatiza la necesidad de desarrollar políticas, medidas y acciones afirmativas enfocadas en la equidad, reconociendo diferencias y buscando equilibrarlas con medidas que aseguren la universalidad de los derechos.

La académica citada en el estudio argumenta a favor de la necesidad de cambios profundos, tanto colectivos como institucionales, desafiando las lógicas androcentristas prevalentes. Sugiere que no basta con obtener una parte del sistema existente, sino que es esencial cambiar las recetas fundamentales que definen dicho sistema, para fomentar una mayor equidad de género. Esta visión implica cuestionar y revisar las acciones tradicionales que han fallado en transformar la equidad de género en la academia, debido a su diseño y ejecución bajo influencias androcéntricas. Se resalta la importancia de visibilizar las desigualdades de género, ofreciendo espacios seguros para que las mujeres puedan expresarse y abordando la falta de infraestructura de apoyo en las universidades, como guarderías y salas de lactancia. Además, se subraya la relevancia de aumentar la representatividad de las mujeres en cargos de alta dirección universitaria y de involucrar a las mujeres docentes en la discusión sobre equidad desde el aula, promoviendo una educación con enfoque de derechos.

La categoría también enfatiza la necesidad de reconocer y valorar las capacidades individuales de las mujeres, promoviendo su autonomía y empoderamiento tanto personal como colectivo, para superar las limitaciones impuestas por el patriarcado. Asimismo, se sugiere el cuestionamiento activo de prácticas discriminatorias de género y la formación de colectivos académico-científicos femeninos que fomenten la sororidad y trabajen juntos por la igualdad de género. Este enfoque integral busca no solo abordar los síntomas de la desigualdad de género en la academia, sino también las raíces profundas del problema, promoviendo un cambio sustancial en las normas sociales y culturales que perpetúan la desigualdad y la discriminación.

4. Discusión y Conclusiones

La investigación ha desentrañado una serie de desafíos interconectados y complejidades que enfrentan las mujeres en el ámbito académico, destacando cómo las estructuras económicas, sociales, perpetúan las desigualdades de género dentro de las IES, alineándose con los argumentos de Engels (1884) sobre la división sexual del trabajo. Los hallazgos resaltan la persistente división sexual del trabajo, donde los roles reproductivos no remunerados son predominantemente femeninos, lo cual corrobora la base material de la opresión de género.

Este estudio ha revelado cómo las normas socioculturales arraigadas y el patriarcado limitan la participación femenina en la academia. La resistencia contra estas normas se presenta como un vehículo crucial para promover la igualdad de género dentro de las IES ecuatorianas. Los hallazgos resaltan cómo las estructuras formales universitarias,

contribuyen a mantener las desigualdades de género. La segregación ocupacional, evidenciada en la predominancia masculina en ciertos campos académicos y en puestos de liderazgo, refleja una estructura patriarcal que limita las oportunidades para las mujeres. Esta observación se alinea con estudios previos que documentan la subrepresentación de mujeres en roles de liderazgo dentro de las instituciones académicas (OIT, 2018). La transformación de estas estructuras requiere un compromiso institucional hacia políticas más inclusivas que promuevan activamente la igualdad de género en todos los niveles de la academia.

Además, las estructuras informales, como las redes de poder y los códigos culturales no escritos dentro de las universidades, también juegan un papel crucial en la perpetuación de las desigualdades de género. Estas dinámicas, a menudo invisibles, pueden excluir a las mujeres de oportunidades de mentoría y colaboración, limitando su acceso a recursos críticos para su desarrollo profesional. La Teoría de las Relaciones Humanas (Mayo, 1977) sugiere que estas estructuras informales son esenciales para el funcionamiento de cualquier organización, lo que implica que cambiar estas dinámicas informales es tanto o más importante que modificar las estructuras formales para lograr la igualdad de género en la academia.

La relación entre la universidad y la sociedad es bidireccional y profundamente interconectada. Los hallazgos ilustran cómo las IES no sólo reflejan las desigualdades de género presentes en la sociedad ecuatoriana, sino que también tienen el potencial de perpetuar o mitigar estas desigualdades a través de su influencia educativa y cultural. La universidad, como institución formadora de futuras generaciones de líderes y profesionales, desempeña un papel crucial en la modelación de normas sociales y culturales. Al integrar activamente la igualdad de género en sus currículos y promover prácticas inclusivas, las IES pueden contribuir significativamente a la transformación social. Este enfoque resalta la responsabilidad de las universidades de no solo abordar las desigualdades internas sino también de servir como faros de cambio en la sociedad más amplia.

La identificación de facilitadores clave para superar las desigualdades de género en las IES es esencial para avanzar hacia la igualdad. Entre estos facilitadores, destaca la importancia de un liderazgo comprometido con la igualdad de género, que no solo promueva políticas inclusivas, sino que también modele prácticas equitativas. Además, la creación de redes de apoyo y mentoría para mujeres académicas, el establecimiento de mecanismos para denunciar y abordar el acoso y la discriminación, y el desarrollo de programas de capacitación en igualdad de género para toda la comunidad universitaria son fundamentales. Otro facilitador crucial es la investigación y el seguimiento de la equidad de género dentro de las IES, lo cual proporciona datos necesarios para informar y evaluar políticas y prácticas. Estas acciones, respaldadas por un compromiso institucional sólido, pueden marcar una diferencia significativa en la superación de las barreras que enfrentan las mujeres en la academia.

Este estudio reconoce sus limitaciones, principalmente la concentración geográfica en la Zona 3 de Ecuador, conforme a la distribución geopolítica ecuatoriana. Se sugieren investigaciones futuras para explorar las experiencias de mujeres académicas en diferentes regiones del país. Adicionalmente, se recomienda un estudio cuantitativo, que permita identificar indicadores, dimensiones de cada categoría nueva propuesta.

Además, estudios longitudinales podrían evaluar el impacto de las intervenciones de igualdad de género en las IES, proporcionando así una base para políticas más efectivas.

La importancia de la acción colectiva y el compromiso institucional en la lucha contra las desigualdades de género, puede ser el camino hacia un futuro académico más inclusivo y equitativo. Estas y otras implicaciones prácticas como la implementación de políticas de promoción equitativa y programas de mentoría dirigidos a mujeres académicas, no solo podrían facilitar un acceso más justo a oportunidades de liderazgo sino también contribuir a un cambio cultural hacia la igualdad de género en las IES ecuatorianas. La revisión de las estructuras universitarias, promoción de políticas inclusivas, el fomento de una cultura de sororidad y apoyo mutuo entre las académicas, es imperativo. Asimismo, es fundamental desafiar y transformar las normas socio-culturales que sostienen la desigualdad y discriminación de género.

Este estudio no solo contribuye al cuerpo de conocimiento sobre las desigualdades de género en la educación superior, sino que también destaca la urgencia de acciones concretas y comprometidas por parte de las universidades y la sociedad en su conjunto. La igualdad de género en la academia no es un ideal distante, sino una meta alcanzable que requiere de nuestra atención y acción colectiva.

Referencias

Acker, J. (1990). The Oregon case. In State experience and comparable worth, edited by Ronnie Steinberg. Philadelphia: Temple University Press.

Alvarado, S., Morales, D., Abril, V., & OEI. (2019). Visiones de docentes universitarios sobre la integración de mujeres en la ciencia en el contexto ecuatoriano. https://oei.int/oficinas/ecuador/noticias/visiones-de-docentes-universitarios-sobre-la-integracion-de-mujeres-en-la-ciencia-en-el-contexto-ecuatoriano

Alvarez-Gayou, J. L. (2003). Cómo hacer investigación cualitativa: Fundamentos y metodología. México: Paidós.

Bagilhole, B. & White, K. (2013). Generation and Gender in Academia (Basingstoke: Palgrave Macmillan)

Bandeira, R., & Cunha, C. (2006). Pesquisa qualitativa em Estudos Organizacionais: Paradigmas, estrategias y métodos. Saraiva.

Beauvoir, S. (1949). El segundo sexo.

Cepellos, V., & Tonelli, M. (2020). Teoría Fundamentada: El paso a paso y las cuestiones metodológicas en la práctica. Gestión Humana y Social, 5(21), 1–27. https://doi.org/10.1590/1678-6971

CEPAL. (2017). Planes de igualdad de género en América Latina y el Caribe. Mapas de ruta para el Desarrollo. https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/planes_de_igualdad_de_genero_en_america_latina_y_el_caribe._mapas_de_ruta_para_el_desarrollo.pdf

CES. (2020). Mujeres en Educación Superior. https://www.youtube.com/watch?v=Z9I7JXP51g8&t=6s

Chamaz, K. (2009). A construcao da teoria fundamentada: Guia práctica para análisis cualitativo. Armed.

Charmaz, K. (2011). Grounded theory methods in social justice research. In N. K. Denzin, & Y. S Lincoln (Eds.), The SAGE handbook of qualitative research (pp. 359-380). Thousand Oaks, CA: SAGE.

Charmaz, K. (2013). La Teoría Fundamentada en el siglo XXI: Aplicaciones para promover estudios sobre la justicia social.

Charmaz K. (2014). Constructing grounded theory: A practical guide through qualitative analysis (2nd ed.). London, England: SAGE.

CLACSO. (2010). Lentes de Género: Lecturas para desarmar el patriarcado (Defensoría del Pueblo (ed.)). http://biblioteca.clacso.edu.ar/Venezuela/fundavives/20170104031339/pdf_138.pdf

Hill Collins, P. (2000). Black Feminist Thought: Knowledge, Consciousness, and the Politics of Empowerment (2nd ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203900055

Connell, C. (2010). Doing, Undoing, or Redoing Gender?: Learning from the Workplace Experiences of Transpeople. Gender & Society, 24(1), 31-55. https://doi.org/10.1177/0891243209356429

Creswell, J. W. (2009). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Creswell, J. W. (2013). Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches. Sage publications.

El Comercio. (2018a). Una mayor participación femenina en la ciencia todavía es un reto en el país.

El Comercio. (2018b, September 26). La participación femenina en la ciencia aún es un reto el país. https://www.elcomercio.com/tendencias/ciencia/genero-investigacion-docencia-senescyt-mujeres.html

Engels, F. (1884). El Origen de la Familia, la Propiedad Privada y el Estado (Primera). Fundación Federico Engels.

Fernández, M.B., & Johnson M, D. (2015). Investigación-acción en formación de profesores: Desarrollo histórico, supuestos epistemológicos y diversidad metodológica. Psicoperspectivas, 14(3), 93-105

Harding, S. (1986) The Science Question in Feminism. Cornell University Press. 271 pages, Index. ISBN: 0-8014-9363-3. Bulletin of Science, Technology & Society, 6(4), 400-400. https://doi.org/10.1177/027046768600600481

INEC-Ecuador. (2019). Encuesta Nacional sobre Relaciones Familiares y Violencia de Género contra las Mujeres - ENVIGMU. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Violencia_de_genero_2019/Principales resultados ENVIGMU 2019.pdf

Iniciativa Spotlight- Ecuador. (2021). Ecuador: Academia, ciencia y violencia de género. https://www.youtube.com/watch?v=b2vzaICSkoA&t=207s

Llorens, J. (2011). Inclusión Cultural: desafíos de la inclusión social con orientación intercultural. Revista Argumentos, 5.

Ley Orgánica de Educación Superior, (2018).

Mayo, E. (1977). Problemas sociales de una civilización industrial. Nueva Visión.

Méndez, J. (2021). Guía Visual del manejp inicial de Atlas.ti v8 para el análisis de contenido cualitativo. https://doi.org/:10.13140/RG.2.2.26459.18722

Morley, L. (2014). Lost leaders: women in the global academy. Higher Education Research & Development, 33(1), 114–128.

OIT. (2018). Conferencia Internacional del trabajo. Informe mundial sobre la protección social 2017-2019.

OIT-PNUD. (2019). La Segregación Ocupacional de género y sus implicancias en materia de desigualdad entre hombres y mujeres. Resumen Ejecutivo.

ONU. (2017). Informe sobre mujeres, igualdad de género y justicia climática. Resumen Ejecutivo

UNPD. (2020). 2020 Human Development Perspectives. Tackling Social Norms. A game changer for gender inequalities.

ONU. (2015).Objetivos de Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/gender-equality/

ONU. (2010). Convención sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer. Fondo Para El Logro de Los Objetivos Del Milenio, 1–56.

OXFAM. (2020). Feminist principles at OXFAM América. Annual Report

REMCI-MIC. (2021). Mujeres en Ciencia una carrera de resistencia que nuestra sociedad no puede perder. https://www.facebook.com/MICmuseo/videos/422849305441961

SENESCYT. (2018). Boletín Analítico de Educación Superior, Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales. https://www.educacionsuperior.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Boletin_Analitico_SENESCYT_Diciembre-2018.pdf

Soneira, A. (2006). La Teoría Fundamentada en los datos (grounded theory) de Glaser y Strauss (Gedisa (ed.)).

Stake, R. E. (2010). Qualitative Research: Studying How Things Work. New York: Guilford Publications, Inc.

Strauss, A., & Corbin, J. (2016). Bases de la Investigación Cualitativa: Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada (Segunda ed). Editorial Universidad de Antoquia.

UNESCO (2012) Shaping the Education of Tomorrow: 2012 Full-Length Report on the UN Decade of Education for Sustainable Development. Simplified Chinese Version, 20. http://unesdoc.unesco.org/images/0021/ 002166/216606c.pdf

UNESCO-IESALC. (2021). Mujeres en la educación superior: ¿la ventaja femenina ha puesto fin a las desigualdades de género? https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377183

UNESCO. (2017). Cracking the code : Girl´s and women´s education in science, technology, engineering and mathematics (STEM) (UNESCO (ed.)).

Van den Brink, M., & Benschop, Y. (2012). Gender practices in the construction of academic excellence: Sheep with five legs. Organization, 19(4), 507-524. https://doi.org/10.1177/1350508411414293

West, C., & Zimmerman, D. H. (1987). Doing Gender. Gender & Society, 1(2), 125-151. https://doi.org/10.1177/0891243287001002002

World Economic Forum. (2020). Global Gender Gap Report 2020. http://www3.weforum.org/docs/WEF_GGGR_2020.pdf

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 07/03/2024
Aceitação/Acceptance: 05/06/2024

Estimación de flujos mínimos en subcuencas hidrográficas que interceptan en la provincia Los Ríos

María J. Giler[1], Rudys R. Cusme[2], Andy M. Giler[3], Harrys Lozano[4]

majo.96@live.com.mx; rudys.cusme0891@utc.edu.ec; andy.giler0325@utc.edu.ec; plozano@uteq.edu.ec

[1] Universidade Técnica de Cotapaxi, Latacunga, Ecuador

[2] Universidade Técnica de Cotapaxi, Latacunga, Ecuador

[3] Universidade Técnica de Cotapaxi, Latacunga, Ecuador

[4] Universidade Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

Pages: 579-589

Resumen: La presente investigación se basa en estimar los flujos bajos, guiados en el artículo de Bako & Owoade (1988), fue estimar flujos mínimos a partir de la obtención de las constantes de recesión (K) para cuatro estaciones hidrológicas seleccionadas, considerando el criterio por medio de lluvias mensuales y el criterio por medio de la sensibilidad de la constante K. Para poder generar la serie de flujos bases se debió hallar las constantes de recesión (K), utilizando la ecuación exponencial de Bako & Hunt (1988). Finalmente, se hizo la validación del método comparando flujos observados vs flujos simulados y se utilizó el coeficiente Nash Sutcliffe, concluyendo que el ajuste para la estación de Quevedo, donde obtuvo calificación 'excelente'; mientras que para Pilalo y San Pablo en dos años obtuvo calificación insuficiente y para el resto satisfactorio, muy bueno y excelente; desafortunadamente en el caso de Zapotal el resultado fue totalmente insuficiente.

Palabras-clave: análisis de recesión, flujos mínimos, caudales, precipitación.

Abstract: The present research is based on estimating low flows, guided in the bako & Owoade article (1988), was to estimate minimum flows from obtaining the recession constants (K) for four selected hydrological stations, considering the criterion through monthly rainfall and the criterion through the sensitivity of the K constant. In order to generate the series of base flows, the recession constants (K), using the exponential equation of Bako & Hunt (1988). Finally, validation of the method was done by comparing observed flows vs simulated flows and the Nash Sutcliffe coefficient was used, concluding that the adjustment for the Quevedo station, as it obtained 'excellent' rating; while for Pilalo and St. Paul in two years there was insufficient qualification and for the rest satisfactory, very good and excellent; unfortunately in Zapotal's case the result was totally insufficient.

Keywords*:* recession analysis, minimum flows, flow rates, precipitation.

1. Introducción

La relación entre el ser humano y el agua es tan antigua como nuestra historia como especie. Desde los inicios de la agricultura el hombre ha desarrollado maneras de manipular el agua y las laderas en su beneficio (Desenvolvidas et al., 2007). Conforme se desarrollaron nuevas técnicas se pasó de redirigir torrentes de agua para poder controlar y regular sus caudales, con fines agrícolas y de producción, o para suministrar agua potable a la población. Esta necesidad hizo que en estudios de las ciencias terrestres se identificara el espacio que se denominó cuenca hidrográfica, como un "área natural en la que el agua proveniente de la precipitación y forma un curso principal de agua" (Ramakrishna, 1997).

Dourojeanni *et al.* (2002) explica cómo desde 1977, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, se recomendó a los países considerar "como cuestión urgente, el fortalecimiento de direcciones de cuencas fluviales, con miras a lograr una planificación y ordenación de esas cuencas más eficientes e integradas respecto de todos los usos del agua". Esto se reafirmó en 1992 en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, donde se destacó que "la entidad geográfica más apropiada para la planificación y gestión de los recursos hídricos es la cuenca fluvial" (Organización de las naciones unidas para alimentación y la agricultura, 2014).

Lamentablemente, mantener los flujos naturales para la protección de los ecosistemas, el hábitat de la vida silvestre, la pesca o los usos tradicionales es, en el mejor de los casos, una consideración secundaria. La fracción de flujo base respecto al flujo total en el río es un valor que puede ser utilizado como indicador de sostenibilidad de la reserva hídrica en cuencas, por ello la literatura científica ha dedicado gran esfuerzo al conocimiento del flujo base de los ríos. Por ende, cabe recalcar que la información de recesión del flujo base de una cuenca hidrográfica es útil para la estimación regional de las características de bajo flujo. Sin embargo, los análisis que explotan dicha información generalmente requieren un registro continuo del flujo en el sitio de estimación para caracterizar la recesión del flujo base (Eng & Milly, 2007).

El INAMHI tiene la responsabilidad de proveer la información hidrometeorológica básica que permita determinar la disponibilidad del agua, que es importante para la planificación y evaluación de la política hídrica. Un relevante obstáculo para lograr una gestión integrada del agua es la escasez de información hidrometeorológica y estadística, que no permite adoptar de manera razonable las decisiones para la asignación del agua, la planificación de sus usos y el ordenamiento del uso del territorio, como tampoco posibilita un buen desempeño de las funciones de vigilancia, control y regulación (CEPAL, 2012).

Los recursos hídricos del Ecuador están sujetos a una presión que es una función de la demanda del agua para satisfacer las múltiples necesidades que dependen de ella. La conservación, el manejo adecuado y sustentable del agua es particularmente importante en el país, pues las desigualdades de riqueza potencial entre cuencas y los diferentes actores sociales están estrechamente vinculadas al acceso al agua; la mayor parte del consumo de agua del país se destina al riego, estimándose su uso en un 80% del consumo total (Galárraga, 2000).

La provincia de Los Ríos es muy agrícola y enfrenta el riesgo permanente de sufrir inundaciones a causa de las lluvias y la creciente de los ríos, por su posición topográfica constituye una extensa planicie enteramente cruzada de ríos que en la época de lluvias

inundan gran parte de la superficie. La red fluvial de Los Ríos nace de la cordillera occidental de los Andes y es muy amplia. Los principales ríos son el Vinces (cuyo curso medio es Palenque y el superior, Quevedo), el río Puebloviejo, el río Catarama (que desde Ventanas hacia arriba se llama Zapotal) y el río San Pablo. Todos estos son afluentes del río Babahoyo y, a su vez, forman parte de la cuenca del río Guayas (CISMIL, 2006).

2. Metodología

2.1. Ubicación del área de estudio

La provincia de Los Ríos está situada en el centro del país, en la zona geográfica conocida como región litoral o costa. Los límites de la provincia son: al norte con Santo Domingo de los Tsáchilas, al sur con Guayas, al este con Cotopaxi y Bolívar y al oeste con Guayas y Manabí. La superficie es de aproximadamente 7218,01 km2 y posee una estratégica ubicación geográfica en el país, ya que su localización está en el centro de la cuenca del río Guayas (GADP Los Ríos, 2018). Para el área de influencia de la presente investigación se consideran particularmente dos subcuencas de la cuenca Guayas que interceptan en la provincia de Los Ríos, las cuales son: Subcuenca Babahoyo y Subcuenca Vinces.

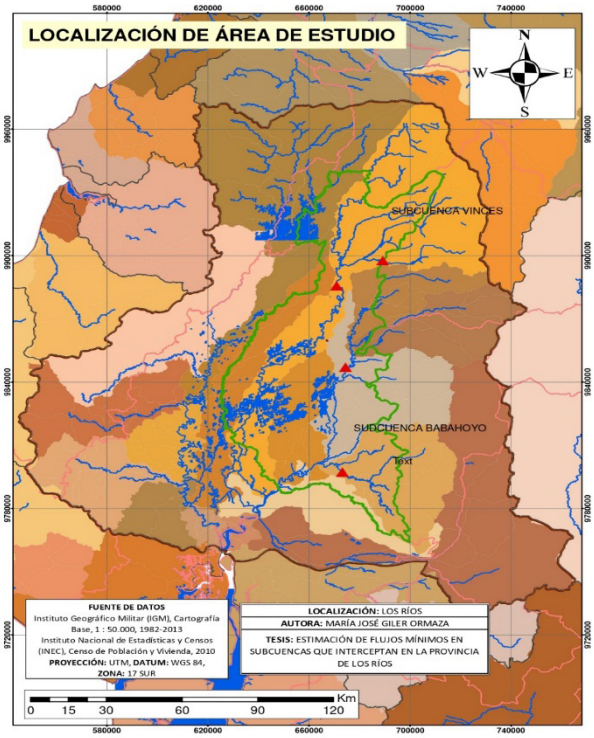


Figura 1 – Mapa de ubicación del área de estudio.

2.2. Metodología

Fundamentados en criterios obtenidos de (Bako & Owoade, 1988)1988, el presente proyecto de investigación se emprenderá con la selección de estaciones hidrológicas del INAHMI que cuenten con suficiente cantidad de datos anuales y que no se encuentren influenciadas por embalses o represas aguas arribas por lo que el flujo natural se vea intervenido. Cabe mencionar que únicamente se optará por adquirir datos de aquellas estaciones que cuenten con un mínimo de años de recolección de datos sobre caudal (m^3/s) y niveles (cm).

De los anuarios hidrológicos de cada estación se tomarán todos los datos de niveles y caudales diarios y estos serán ingresados en una matriz de Microsoft Excel, para llevar un registro organizado de los mismos y posteriormente hacer uso de estos datos para poder generar los hidrogramas que serán de utilidad para el análisis de recesión.

No obstante, debido a que no todos los anuarios hidrológicos se encuentran con registros completos, también se aplica un método de relleno para casos en los que hay disponibilidad de niveles, pero no de caudales, que consiste en generar una gráfica con una curva de descarga para obtener la ecuación y así transformar los niveles a caudales.

Para definir los criterios y variables para el análisis de recesión se considera: el inicio de la recesión de flujo base, el final de la recesión y por consiguiente la duración de la recesión y qué consideramos un flujo bajo o flujo mínimo (p.ej. un percentil o un índice).

Considerando la opción de tomar un percentil de flujo y de analizar la curva de duración-frecuencia, se podría elaborar esta curva (también llamada curva de probabilidad de excedencia como indica, que la unidad de tiempo básica utilizada en la preparación de una curva de duración del flujo afectará en gran medida su apariencia. Para la mayoría de los estudios, se utilizan descargas diarias medias. Cuando se utiliza el flujo medio durante un período largo (como el flujo mensual promedio), la curva resultante será más plana debido al promedio de picos a corto plazo con flujos más pequeños intermedios durante un mes. Los valores extremos se promedian cada vez más, a medida que el período de tiempo aumenta (por ejemplo, para una curva de duración de flujo basada en flujos anuales en una estación de registro largo).

- Paso 1: Ordenar (clasificar) las descargas diarias promedio para el período de registro desde el valor más grande hasta el valor más pequeño, que implica un total de n valores.
- Paso 2: Asignar a cada valor de descarga un rango (M), comenzando con 1 para el valor de descarga diaria más grande.
- Paso 3: Calcular la probabilidad de superación (P) de la siguiente manera:

$$P = 100 * [M / (n + 1)]$$

P= la probabilidad de que un flujo determinado sea igualado o superado (% de tiempo)

M= la posición clasificada en la lista (sin dimensiones)

n= el número de eventos para el período de registro (sin dimensiones)

Según (Bako & Hunt, 1988), en la ecuación de recesión los diversos valores de fuentes aportantes a la corriente en el estado de humedad, en tal caso en periodos secos, los

flujos en una gran parte resguardan la aportación de aguas subterráneas. Sin embargo, cuando ya se provoca un agotamiento de dichos caudales aportantes a la cuenca, es primordial establecer una planificación y gestión sostenible del agua para los periodos secos que podrían prolongarse por un largo tiempo, para lo cual se hace uso de la siguiente ecuación:

$$Q_t = Q_o K \tag{1}$$

Donde:

Q_t = flujo de salida en cualquier momento (L^3T^{-1})

Q_o = flujo de salida en el momento (L^3T^{-1})

K = constante de recesión (T^{-1})

Durante el período seco, el flujo en el arroyo se compone enteramente de aguas subterráneas. Por lo tanto, la descarga del periodo seco del río drenante se puede utilizar en la ecuación (1) para derivar *K*. Entonces, la ecuación (1) puede reescribirse como:

$$\log Q_t = \log Q_o + t \log K \tag{2}$$

Por lo tanto, el valor de *K* puede determinarse a partir de la pendiente de la parcela de $\log Q_t$, frente a .

Análisis de covarianza

El objetivo de un análisis de recesión es definir una curva maestra que incorpore toda la recesión bloques. (Brownlee, 1968) presentó una fórmula para la pendiente promedio, b', de las líneas de regresión b ajustadas a b bloques de observaciones. La fórmula de Brownlee es la siguiente:

$$b' = \sum_{i=1}^{b} \sum_{v=1}^{ni} \left(X_{iv} - X_i' \right) Y_{iv} \,/\, \sum_{i=1}^{b} \sum_{v=1}^{ni} \left(x_{iv} - x_i' \right)^2 \tag{3}$$

Para hallar la curva de recesión maestra se demostrará a través de un análisis de covarianza que realizara unas pequeñas demostraciones en la serie de bloques de recesión que viene mostrado en días. Para los datos de flujo de flujo diario, la variante *x* corresponde a días, por lo tanto, son valores consecutivos (es decir, *x*1 = 1, *x*2 = 2, *x*3 = 3, etc.). Por lo tanto, la media x_i' de las variables *x* en la ecuación (3) viene dada por:

$$xi' = (1 + 2 + 3 + \ldots + ni)/ni \tag{4}$$

$$= \left(\frac{1}{2} \right) (ni + 1) \tag{5}$$

Al sustituir la Ecuación (5) en la Ecuación (3) y después de la expansión necesaria, (Bako & Hunt, 1988) derivaron la Ecuación (6) para determinar la constante de recesión maestra, K, de b bloques de recesión independientes. La ecuación de la CRM maestra queda así:

$$\log K = \frac{\sum_{i=1}^{b}\left[\sum_{v=1}^{ni} V_i\, Y_{iv} - \frac{1}{2}\left(n_i\right)\left(n_i+1\right)\left(Y_i\right)\right]}{\sum_{i=1}^{b}\left(\frac{1}{12}\right)\left(n_i^3 - n_i\right)} \tag{6}$$

Donde:

b= número de bloques de recesión

n_i = número de flujos en el bloque de recesión i

V_i = varianza de flujos en el bloque i

Y_i = media de flujos en el bloque i

Y_{iv} = vth flujo en el bloque i

Según (Bako & Owoade, 1988)1988, los bloques de recesión son una serie de flujos en los estados de climas secos después del residuo de flujos internos, flujos de la zona raparía y escorrentías superficiales. El análisis de los efectos de los números de días en cada bloque de recesión (K) se ha aproximado un mínimo de 13 días después del pico de cada hidrograma. Posteriormente los flujos bases se vuelven dominantes y dichos valores de K se comienzan a estabilizar. Dado que un error sólo surgiría de la inclusión de datos iniciales que podrían incluir algunos flujos residuales (y no por inadvertidamente perder algunos buenos valores) es aconsejable descartar tantos de los flujos iniciales como sea razonablemente posible teniendo debidamente en cuenta a las características geológicas, topográficas y morfométricas de la cuenca; además de las siguientes restricciones:

- Se descartan un mínimo de un número N de flujos iniciales a ser determinado por el investigador en base a las condiciones locales.
- Queda un mínimo de un número N flujos para que la curva maestra se defina adecuadamente para la derivación de K en base a las condiciones locales.

Para efectuar los cálculos los autores (Bako & Owoade, 1988)1988, determinaron que se requiere un mínimo de 7 series de flujos de recesión sucesivos. El procedimiento para aplicar la ecuación (6) se puede resumir de la siguiente manera:

- Cuente el número de bloques de recesión presentes
- Organice los flujos durante cada bloque de recesión en serie en orden decreciente de valores (por ejemplo, Y_{iv} es el flujo v^{th} en el período i, y v = 1, 2, 3, ..., n_i),
- Determine el flujo medio (Y_i)
- Cuente el número de flujos en cada bloque de recesión, n_i,
- Determinar (Log$K$) con la ecuación (6)

Cabe mencionar, que la principal ventaja de esta técnica es su capacidad para la aplicación computarizada, lo que la hace relativamente más rápida que cualquiera de

las técnicas existentes de ajuste de la ecuación de recesión. Las estadísticas de los flujos observados y pronosticados serán comparadas para determinar si muestran diferencias significativas.

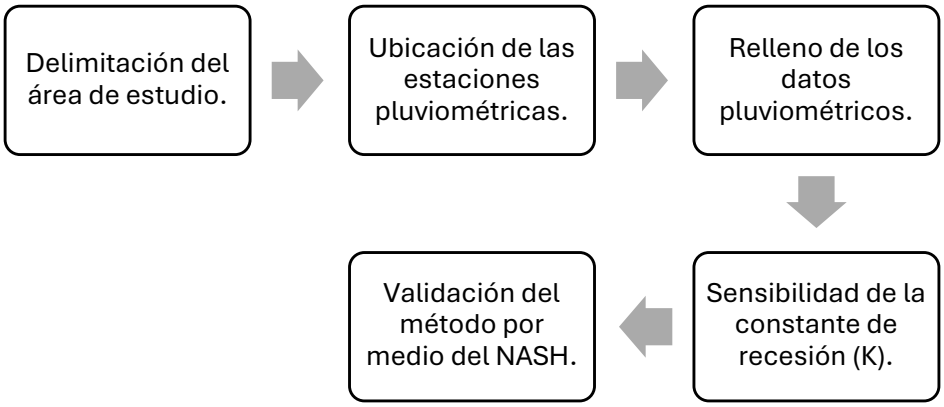


Figura 2 – Diagrama de la metodología utilizada.

3. Resultados y discusión

Para la presente investigación se tomaron los datos los de niveles y caudales de estaciones hidrológicas y las precipitaciones anuales de las estaciones meteorológicas. Sin embargo, se presentó el inconveniente de que muchos de los anuarios generados por el INHAMI se encontraban incompletos, por lo cual hubo vacíos e incluso años con ausencia total de datos. Con la recolección de datos se trabajó en la definición del criterio adecuado para encontrar la constante de recesión de la mejor forma.

Para el criterio de lluvias mensuales, las constantes de recesión (K) se encontraron por cada estación hidrológica como se muestra a continuación:

H329 PILALO EN LA ESPERANZA				
Año	**Caudal inicial (Qo)(m3/s)**	**Caudal final (Q) (m3/s)**	**Tiempo (T) (días)**	**Constante de recesión (K)**
1994	9,590	3,342	153	0,997012471
1999	6,216	4,169	62	0,997206534
2002	5,740	1,188	122	0,994408884
2006	3,238	1,944	92	0,997594413
2007	3,747	1,533	92	0,995789957

Tabla 1 – Resultados de la constante K por método de lluvias mensuales para la estación Pílalo.

H346 ZAPOTAL EN LECHUGAL				
Año	**Caudal inicial (Qo)(m3/s)**	**Caudal final (Q) (m3/s)**	**Tiempo (T) (días)**	**Constante de recesión (K)**
2005	89,645	17,121	214	0,996645839
2006	26,058	18,512	123	0,998793511
2007	43,875	18,512	153	0,997553561
2008	21,414	5,644	153	0,996222116
2012	55,499	21,478	123	0,99665365

Tabla 2 – Resultados de la constante K por método de lluvias mensuales para la estación Zapotal.

H347 QUEVEDO EN QUEVEDO				
Año	**Caudal inicial (Qo)(m3/s)**	**Caudal final (Q) (m3/s)**	**Tiempo (T) (días)**	**Constante de recesión (K)**
1991	211,279	114,437	214	0,998756429
2005	117,980	1,233	214	0,990786421
2006	174,746	22,582	184	0,995182052
2008	123,210	61,710	183	0,998360414
2010	18,545	70,922	30	1,019608236
	6,389	0,055	123	0,983350964

Tabla 3 – Resultados de la constante K por método de lluvias mensuales para la estación Quevedo.

H371 SAN PABLO EN PALMAR				
Año	**Caudal inicial (Qo)(m3/s)**	**Caudal final (Q) (m3/s)**	**Tiempo (T) (días)**	**Constante de recesión (K)**
1991	10,966	20,944	153	1,001838283
1993	20,944	3,919	92	0,992119483
1995	5,716	1,056	122	0,994004483
2002	27,142	4,966	122	0,993972052
2004	28,419	2,373	92	0,988347648

Tabla 4 – Resultados de la constante K por método de lluvias mensuales para la estación San Pablo.

Con la serie de datos de dichas pendientes de regresión y aplicando la fórmula de Bako, M; Hunt, D. (1988), se halló una sola constante de recesión para cada estación hidrológica.

Nombre de la estación	*Constante K*
Pílalo en La Esperanza	0,9921
Zapotal en Lechugal	0,9910
Quevedo en Quevedo	0,9815
San Pablo en Palmar	0,9830

Tabla 5 – Resultados de la constante K por cada estación.

Los resultados de la constante de recesión (K) son lo suficientemente satisfactorios en el sentido metodológico, se puede decir que el método de derivación de recesión si se adaptó bien a las subcuencas de Los Ríos.

Una vez obtenidas las constantes (K) se procedió a la validación con la herramienta predictiva, encontrando los valores del Qf a una serie de datos diferentes con los que se procesó la constante de recesión. Se validó con la apreciación de contar con la misma cantidad de años seleccionados.

Nombre de la estación	*Residuos*
Pílalo en La Esperanza	1,78
Zapotal en Lechugal	21,37
Quevedo en Quevedo	2,08
San Pablo en Palmar	-0,09

Tabla 6 – Promedio de residuos de la validación del método.

Para determinar la efectividad del método con mayor objetividad, se aplicó el coeficiente NASH para cada uno de los años seleccionados para la validación, obteniendo resultados muy variados en cada estación. Según el rango de ajuste, los resultados más 'excelentes' se obtuvieron para la estación Quevedo, en todos los años. Los menos favorables fueron para la estación Zapotal, donde la calificación para todos los años fue de 'insuficiente'.

		Coeficiente Nash-Sutcliffe	
Estación	**Año**	**NASH**	**Ajuste**
Pílalo en La Esperanza	2000	0,8362	Excelente
	2003	-0,2753	Insuficiente
	2004	-0,2046	Insuficiente
Pílalo en La Esperanza	2005	0,2197	Satisfactorio
Zapotal en Lechugal	2002	-2,5690	Insuficiente
	2004	-2,4814	Insuficiente
	2006	-0,3027	Insuficiente
Zapotal en Lechugal	2013	-0,1858	Insuficiente

		Coeficiente Nash-Sutcliffe	
Estación	**Año**	**NASH**	**Ajuste**
Quevedo en Quevedo	1993	0,5783	Bueno
	1998	0,9142	Excelente
Quevedo en Quevedo	2000	0,9062	Excelente
	2007	0,8113	Excelente
San Pablo en Palmar	1990	0,7176	Muy Bueno
	1992	0,9518	Excelente
San Pablo en Palmar	2006	-0,0143	Insuficiente
	2007	-1,2057	Insuficiente

Tabla 7 – Método NASH.

La principal ventaja de esta técnica fue su capacidad de aplicación computarizada, lo que la hace relativamente más rápida que cualquiera de las técnicas existentes para ajustar la ecuación de recesión. Por esta razón, la subjetividad inherente a la mayoría de las técnicas existentes se elimina y se puede garantizar una medida de coherencia de procedimiento. La simulación de los caudales observados vs los simulados se centró únicamente en el periodo de época seca, y lo que se pretendía era hacer cuadrar las simulaciones de la recesión con aquellos caudales que se consideran como flujos base. El coeficiente de NASH a pesar de no ser totalmente satisfactorio para los resultados como se lo deseaba, si bien el ajuste podría incluir toda una serie de medidas como por ejemplo hacer simulación precipitación-escorrentía para depuración de datos y relleno de datos hidrometeorológicos faltantes. Este tipo de estudio es pionero en la zona de estudio, esto implica que se está abriendo camino para entender mejor cómo funcionan estas subcuencas y garantizar a mediano y largo plazo un mejor entendimiento y manejo de estos caudales con miras a la conservación ambiental.

4. Conclusiones

- El criterio de la literatura donde se toman varios días y se evalúa la estabilidad del valor de K en el tiempo, demostró ser también aplicable en nuestras costas tropicales, a pesar de ser un criterio expuesto en un estudio desarrollado en una zona húmeda templada y con otras condiciones morfológicas y geológicas. El segundo criterio que se basó en la inspección visual de los hietogramas e hidrogramas también demostró ser útil, pero con cierto grado de subjetividad. Esto indicaría que el investigador/profesional debería tener experiencia y criterio científico/ingenieril para definir correctamente los umbrales, donde inician y terminan las recesiones.
- Se generaron series de datos del flujo de recesión que se lo puede tomar como el flujo base para los propósitos de la investigación, a través de la ecuación exponencial de la recesión. El nivel de ajuste con los datos observados es variable para las diferentes cuencas. Para la estación Quevedo el resultado fue excelente con un nivel de error del 8,5%, obteniendo en todos los años validados el mejor ajuste con el coeficiente de Nash–Sutcliffe. Para Pilalo se obtuvo un

error del 27,9%, con Nash para 2 años tuvo calificación insuficiente, para el resto satisfactorio y excelente. Para San Pablo hubo un porcentaje de error del 45%, con Nash para 2 años tuvo calificación insuficiente, y para el resto muy bueno y excelente. En el caso de Zapotal el error fue del 101% y totalmente insuficiente con Nash. No obstante, hay que recalcar que las recesiones generadas por el modelo matemático si siguen el patrón observado y en ocasiones forman curvas aproximadamente paralelas a los datos observados, teniéndose casos en los que estas curvas se pueden tocar o cruzar en más de un punto.

Referencias

Bako, M. D., & Hunt, D. N. (1988). Détermination du coefficient de tarissement de l'écoulement de base. *Hydrological Sciences Journal*, *33*(4), 357–367. https://doi.org/10.1080/02626668809491259

Bako, M. D., & Owoade, A. (1988). Field application of a numerical method for the derivation of baseflow recession constant. *Hydrological Processes*, *2*(4), 331–336. https://doi.org/10.1002/hyp.3360020404

Brownlee, K. (1968). *Statistical Theory and Methodology in Science and Engineering*. 590.

CEPAL. (2012). *Diagnostico de la estadísticas del Agua en Ecuador*.

CISMIL. (2006). *Objetivos de desarrollo del Milenio Estado de situación 2006 provincia de Los Ríos. 2006*.

Desenvolvidas, A., Peña, J., Fao, & FAO 150. (2007). La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. In *Estudio FAO: Montes*.

Eng, K., & Milly, P. C. D. (2007). *Relating low-flow characteristics to the base flow recession time constant at partial record stream gauges*. *43*(October 2006), 1–8. https://doi.org/10.1029/2006WR005293

GADP Los Ríos. (2018). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS*.

Galárraga, R. (2000). *Informe nacional sobre la gestion del agua en el Ecuador*.

Organización de las naciones unidas para alimentación y la agricultura. (2014). *Experiencias de manejo y gestión de cuencas en el ecuador*. 30.

Ramakrishna, B. (1997). *BVE21078152e.pdf* (p. 338).

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 02/05/2024
Aceitação/Acceptance: 08/07/2024

Evaluando Dependencia y Complejidad en el Diseño de Microservicios: Un Enfoque Integral

Verónica Tapia Cerda[1,2], Carlos Gaona Cuevas[2], Alison Marcalla[1], Edison Aimacaña[1]

veronica.tapia@utc.edu.ec; mauricio.gaona@correounivalle.edu.co; alison.marcalla2692@utc.edu.ec; edison.aimacana6962@utc.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.

[2] Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia

Pages: -605

Resumen: El estudio investiga la interacción entre la dependencia y la complejidad en las arquitecturas de microservicios, enfocándose en su influencia en la flexibilidad y escalabilidad. Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva y una encuesta con profesionales para entender cómo estos aspectos afectan la adaptación y crecimiento de las arquitecturas. Los resultados muestran que la mayoría de los encuestados enfrentaron problemas de dependencia (72.7%) y complejidad (63.6%), impactando el mantenimiento, despliegue y detección de errores. El mantenimiento fue el aspecto más afectado (68.2%), seguido de la escalabilidad (63.6%) y el rendimiento (54.5%). Se destaca la importancia de abordar estos desafíos con equilibrio entre flexibilidad y dependencia, con un diseño meticuloso, planificación rigurosa, documentación exhaustiva y gestión eficiente de interdependencias para garantizar la óptima mantenibilidad y escalabilidad de los microservicios. En esencia, la dependencia y complejidad afectan la flexibilidad y escalabilidad, requiriendo un enfoque equilibrado para maximizar los beneficios de estas arquitecturas.

Palabras-clave: Microservicios; dependencia; complejidad; flexibilidad; escalabilidad.

Evaluation Dependency and Complexity in Microservice Design: An Integrated Approach

Abstract: The study investigates the interaction between dependency and complexity in microservices architectures, focusing on their impact on flexibility and scalability. A comprehensive literature review and survey with professionals were conducted to understand how these aspects affect adaptation and growth of architectures. Results show that the majority of respondents faced dependency (72.7%) and complexity (63.6%) issues, impacting maintenance, deployment, and error detection. Maintenance was the most affected aspect (68.2%), followed by scalability (63.6%) and performance (54.5%). The importance of addressing these challenges with a balance between flexibility and dependency is highlighted, with meticulous design, rigorous planning, exhaustive documentation, and efficient

management of interdependencies to ensure optimal maintainability and scalability of microservices. In summary, dependency and complexity impact flexibility and scalability, requiring a balanced approach to maximize the benefits of these architectures.

Keywords: Microservices; dependency; complexity; flexibility; scalability.

1. Introducción

Desde hace algún tiempo, la búsqueda de arquitecturas que conjuguen eficiencia y flexibilidad ha ejercido un papel crucial en el avance del desarrollo de software, dando lugar a la evolución de paradigmas adaptados a las exigencias de los sistemas modernos. Dentro de este contexto, los microservicios han surgido como una propuesta arquitectónica revolucionaria al descomponer sistemas monolíticos en componentes independientes, brindando mejoras sustanciales en aspectos como la escalabilidad, mantenibilidad y agilidad del desarrollo (Li et al., 2021). La adopción de esta modalidad arquitectónica se revela como un imperativo para la construcción de aplicaciones sólidas y capaces de adaptarse a los desafíos contemporáneos.

Para lograr el éxito en el desarrollo de microservicios, es esencial considerar atributos de calidad como rendimiento, escalabilidad, seguridad, mantenibilidad y acoplamiento desde etapas tempranas (Tapia & Gaona, 2023). La dependencia y complejidad son desafíos que afectan la flexibilidad y escalabilidad de estas aplicaciones.

En este marco, el presente estudio se propone indagar la relación entre arquitecturas de microservicios dependientes y complejas con problemas de flexibilidad y escalabilidad, para ello, se realizó una investigación exploratoria con desarrolladores de microservicios, quienes aportaron su experiencia para abordar el problema. En los siguientes párrafos, se exponen algunos conceptos básicos sobre la materia:

1.1. Dependencia

La dependencia en software se define como la medida en que un elemento del sistema requiere la colaboración de otro para operar. Un elevado grado de acoplamiento o dependencia en un elemento de software significa que no puede funcionar adecuadamente sin el otro; es decir, si se modifica un componente, los módulos que dependen de él también deben ser modificados necesariamente (Vera Rivera, 2021). Para (Luo, Shutian; Xu, Huanle; Lu, Chengzhi; Ye, Kejiang; Xu, Guoyao; Zhang, Liping; Ding, Yu; He & Xu, 2021), las dependencias entre microservicios son cruciales para su funcionamiento en un sistema distribuido. Estas conexiones implican que un microservicio necesita otro para llevar a cabo una tarea específica. No obstante, estas relaciones pueden generar problemas: si un microservicio falla o se actualiza, puede afectar a otros, creando un efecto dominó que perjudica el rendimiento y la estabilidad del sistema en su totalidad. Existen varios tipos de dependencias, como las llamadas de red, las dependencias de datos y las comunicaciones entre microservicios. Es vital diferenciar entre dos tipos principales de dependencias: las cíclicas, donde los microservicios se llaman mutuamente, y las paralelas, donde varios microservicios llaman simultáneamente a los mismos servicios.

1.2. Complejidad

La complejidad en la arquitectura de microservicios no solo es inherente, sino también esencial, ya que implica la fragmentación de aplicaciones en componentes autónomos. Esta autonomía puede favorecer o perjudicar la flexibilidad, fundamental para aceptar cambios y adaptarse en entornos dinámicos, incorporando diversas funcionalidades (Capuano & Muccini, 2022). Aunque la división teóricamente simplifica tareas y facilita el desarrollo, existe una línea delicada, si la fragmentación se lleva al extremo, los microservicios pueden convertirse en un desafío significativo debido a las interdependencias entre ellos, superando ciertos límites y volviéndose insostenibles. Esto amenaza la escalabilidad, la cual, en el contexto de los microservicios, se divide en dos tipos: horizontal y vertical, ambos susceptibles a cambios de demanda que requieren estrategias efectivas de gestión (Li et al., 2021).

1.3. Relación entre Dependencia y Escalabilidad

La Según la Ley de Conway, las organizaciones diseñan sistemas que reflejan sus dinámicas internas (Hasselbring & Steinacker, 2017). En microservicios, esta ley sugiere que la dependencia entre ellos puede afectar otros, generando desafíos para ajustes (Li et al., 2021).

La escalabilidad y dependencia son importantes para los microservicios; la primera permite adaptarse a cargas de trabajo, y la segunda facilita la reutilización (Li et al., 2021). Cada servicio en microservicios puede escalar independientemente, lo que es crucial en aplicaciones modernas con alto tráfico (Valverde, 2010; Perera & Perera, 2018; McZara et al., 2020). Sin embargo, la escalabilidad depende de un acoplamiento débil y dependencias mínimas (He et al., 2023).

1.4. Relación entre Dependencia y Flexibilidad

La aparente dicotomía entre dependencia y flexibilidad impacta la calidad de los sistemas de microservicios. Encontrar un equilibrio adecuado es crucial para diseñar y mantener arquitecturas eficientes y adaptables. La alta dependencia puede dificultar la escalabilidad y actualización del sistema, mientras que la excesiva flexibilidad complica el mantenimiento y la depuración.

Se destaca que la complejidad y las dependencias surgen de la necesidad de utilizar múltiples herramientas y lenguajes, lo que puede afectar la independencia y flexibilidad de los servicios (Apel et al., 2019). Por ejemplo, una arquitectura de microservicios que presenta una dependencia excesiva puede generar dificultades al intentar escalar o actualizar el sistema, ya que cada cambio puede tener ramificaciones en cascada, afectando la estabilidad y la integridad del sistema en su conjunto (Omar Al-Debagy; Péter Martinek, 2021). Por otro lado, una arquitectura de microservicios caracterizada por un exceso de flexibilidad puede presentar desafíos significativos en términos de mantenimiento y depuración, ya que la tarea de identificar y comprender las relaciones entre los microservicios puede volverse ardua (R. Chen et al., 2017).

El trabajo de Li et al. (2021) sugiere que las organizaciones que optan por implementar una arquitectura de microservicios deben abordar con atención el equilibrio entre flexibilidad y dependencia, recomendando la aplicación de patrones de diseño específicos

como el Front Controller o el Gateway para lograr un equilibrio que favorezca la agilidad y la estabilidad en su arquitectura de microservicios.

La gestión eficaz de la dependencia abre las puertas a una mayor flexibilidad en el desarrollo e implementación de microservicios (Robert Andrei Buchmann, Andrea Polini, Björn Johansson, 2021). Para alcanzar el rendimiento y la estabilidad deseados, los desarrolladores deben encontrar un equilibrio entre estos dos aspectos cruciales de la arquitectura de microservicios (De Alwis et al., 2019). En este proceso, la comunicación y colaboración efectivas entre desarrolladores son elementos clave (Y.-Y. Chen et al., 2023). Al comprender la interconexión entre dependencia y flexibilidad en los microservicios, los desarrolladores pueden diseñar sistemas más eficientes, escalables y resistentes (He et al., 2023). Este enfoque integrado permite abordar los desafíos inherentes a la gestión de dependencias y la adaptabilidad, contribuyendo al éxito general de la arquitectura de microservicios.

1.5. Relación entre Complejidad y Flexibilidad

La complejidad y la flexibilidad son consideraciones críticas en el diseño de microservicios, donde la flexibilidad es fundamental para adaptarse a los cambios, y el acoplamiento y la alta cohesión son factores clave (McZara et al., 2020). Mientras que una complejidad excesiva puede restringir la flexibilidad, una complejidad insuficiente puede resultar en una falta de cohesión y coordinación entre los servicios (He et al., 2023). Además, la implementación de mecanismos efectivos de comunicación y coordinación entre los servicios (Omar Al-Debagy; Péter Martinek, 2021), junto con la garantía de la escalabilidad y la facilidad de gestión del sistema (R. Chen et al., 2017), se vuelve crucial. Al alcanzar el equilibrio adecuado entre complejidad y flexibilidad, los desarrolladores pueden crear arquitecturas de microservicios que sean tanto adaptables como eficientes.

1.6. Relación entre Complejidad y Escalabilidad

Al igual que en el caso anterior, si la complejidad de un sistema de microservicios es excesivamente alta, su capacidad para escalar se ve comprometida, aunque estas dos características no sean similares, sino más bien interdependientes. Además, es importante señalar que un sistema de microservicios complejo presenta una mayor vulnerabilidad a los ataques en comparación con uno menos complejo. Esto se debe a la presencia de más puntos de entrada potenciales para los atacantes. La complejidad se ve agravada por la heterogeneidad inherente de los microservicios, los cuales pueden estar escritos en distintos lenguajes de programación, utilizar diversos frameworks y bibliotecas, y depender de diferentes componentes (Muccini, 2022)

Según (Hasselbring & Steinacker, 2017), las propiedades de las arquitecturas de microservicios facilitan la escalabilidad, la agilidad y la fiabilidad. El estudio que analiza la descomposición vertical en sistemas autónomos y la granularidad adecuada de los microservicios, así como el acoplamiento, la integración, la escalabilidad y la supervisión de los microservicios en una de las plataformas de comercio electrónico más importantes de Europa (OTTO), concluye que la carencia de soporte para múltiples aplicaciones inciden en el mantenimiento y escalabilidad de los servicios, esta restricción puede resultar más significativa en entornos donde la simultaneidad de implementación de

componentes en servidores diferentes es esencial para gestionar las complejidades y las interdependencias inherentes a la arquitectura de microservicios. Estas circunstancias, sin duda, dificultan la escalabilidad y, por tanto, hacen que el peso de las decisiones arquitectónicas del equipo técnico, se torne cada vez más relevante para el buen desempeño del sistema.

2. Metodología

El proceso metodológico ejecutado para este trabajo consideró las siguientes fases:

2.1. Revisión bibliográfica exhaustiva

Se llevó a cabo una revisión completa de la literatura existente en el ámbito de las arquitecturas basadas en microservicios. Esta etapa implicó la recopilación y análisis de artículos académicos, libros, conferencias y otros recursos relevantes. Se priorizó la búsqueda de información técnica y práctica relacionada con la dependencia, complejidad, flexibilidad y escalabilidad en este contexto. Se utilizaron bases de datos científicas como Scopus y Google Scholar, bibliotecas digitales y repositorios académicos reconocidos para garantizar la exhaustividad de la investigación.

2.2. Elaboración de un cuestionario para profesionales

Se diseñó un cuestionario estructurado con el propósito de capturar la percepción y experiencia de profesionales del campo. Este cuestionario se centró en aspectos clave como la identificación de problemas de dependencia y complejidad, sus impactos en la flexibilidad y escalabilidad, y las estrategias utilizadas para mitigar estos desafíos. Se prestaron especial atención a casos prácticos, soluciones implementadas y lecciones aprendidas por parte de los encuestados.

2.3. Realización del sondeo con profesionales

Se llevó a cabo el sondeo con profesionales activos en el desarrollo de aplicaciones basadas en microservicios. La selección de los participantes se hizo de manera estratégica, incluyendo a expertos con experiencia en diferentes entornos empresariales y tecnológicos.

Una vez que se obtuvo el listado de profesionales se analizó la procedencia y dedicación de la empresa y/o experiencia de cada participante. Los profesionales que no poseían experiencia específica en el desarrollo de microservicios fueron excluidos del estudio.

2.4. Análisis de datos

Recopiladas las respuestas del sondeo y extraídos los datos de la revisión bibliográfica, se procedió a realizar un análisis detallado. Se utilizó un enfoque mixto que combinó técnicas cuantitativas y cualitativas. Se emplearon herramientas estadísticas para cuantificar las tendencias identificadas y se realizaron análisis cualitativos para comprender en profundidad los casos de estudio proporcionados por los profesionales.

2.5. Síntesis de resultados y conclusiones

Se procesaron los datos analizados para extraer conclusiones significativas y relevantes. Los resultados obtenidos de la revisión bibliográfica se compararon y contrastaron con las respuestas del sondeo. Se identificaron patrones, correlaciones y discrepancias para generar conclusiones sólidas y recomendaciones prácticas.

Esta metodología permitió obtener una comprensión integral de la influencia de la dependencia y complejidad en arquitecturas basadas en microservicios con problemas de flexibilidad y escalabilidad, ofreciendo un panorama claro y detallado de los desafíos y posibles estrategias para abordarlos.

3. Resultados

3.1. Encuesta aplicada a profesionales con experiencia en la implementación de microservicios

La encuesta se aplicó a un conjunto de 22 profesionales experimentados en el desarrollo de aplicaciones basadas en microservicios. El instrumento compuesto por 12 preguntas, indaga sobre el tiempo de experiencia del encuestado, el manejo de la calidad de los microservicios y, sobre todo, investiga sobre los problemas identificados a causa de arquitecturas dependientes y complejas, se enfoca muy enfáticamente en problemas que atacan a los atributos de escalabilidad y flexibilidad de microservicios.

En los siguientes apartados, se describen los resultados obtenidos:

3.1.1. Preguntas

Pregunta 1 – Tiempo de experiencia en el desarrollo de microservicios

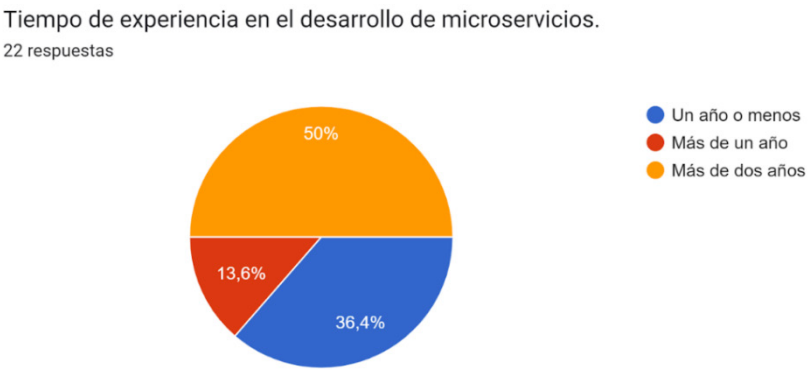


Figura 1 – Tiempo de experiencia en el desarrollo de microservicios.

En la figura 1 se puede apreciar que la mitad de los participantes (50%) tiene más de dos años de experiencia, sin embargo, también el 13.6% supera el año, el restante de 36.4% están dentro del rango de un año.

Pregunta 2.- ¿Cómo determinar los microservicios de una aplicación?

En la tabla 1 se presentan las respuestas obtenidas para la pregunta 2.

N°	Respuesta
1	Se realiza un análisis de la infraestructura a nivel de servidor de aplicaciones y base de datos que dispone la organización para con base a ello definir las herramientas tecnológicas más adecuadas para automatizar las tareas requeridas de acuerdo a los procesos de negocio existentes.
2	Por módulos y responsabilidades.
3	Agrupando funcionalidades del aplicativo a desarrollar, así como el stock de tecnologías que se emplean.
4	De acuerdo a la cohesión y acoplamiento entre módulos de la misma.
5	A partir del dominio.
6	Cuando una aplicación es compleja y es considerablemente grande, se realiza un análisis de los dominios.
7	Todo depende de la arquitectura a emplear, dependiendo del proceso a ser automatizado.
8	Empezando con los requerimientos mayores del software, ya definidos se determina qué microservicios necesita cada uno.
9	Identificando los componentes que necesito desarrollar de forma independiente.
10	Ayudan al despliegue y en caso de errores no tener un colapso en todo el sistema.
11	Ideal para sistemas complejos, de acuerdo a los dominios del negocio.
12	Por la lógica del negocio.
13	Las partes o módulos de un sistema que se interconectan según requiera la lógica de negocio.
14	Lo agrupo por proceso y se crea un proyecto de microservicios con varios servicios para el back-end, actualmente el Font-end es uno solo que consume varios microservicios del back-end.
15	El trabajo independiente entre módulos.
16	Basado en una revisión del objetivo que sirve la aplicación y los requisitos del cliente, tomando en cuenta la disponibilidad, rendimiento y facilidad de modificación requerida, evitando puntos únicos de falla.
17	Se hace un análisis en base a los requerimientos del usuario.
18	Cuando una aplicación tiene varios módulos y necesita escalar o mejorar su rendimiento es muy óptimo aplicar microservicios.
19	Planeamiento.
20	Consumir los datos de otros servicios. Auto comunicados entre sí.
21	No responde la pregunta
22	No responde la pregunta

Tabla 1 – Forma de determinar los microservicios

La mayoría de participantes mencionan que es un proceso que depende del análisis del dominio del negocio, realizando una división por áreas funcionales. Dos personas no responden esta pregunta.

Pregunta 3.- ¿Qué técnica utiliza para el diseño de aplicaciones basadas en microservicios?

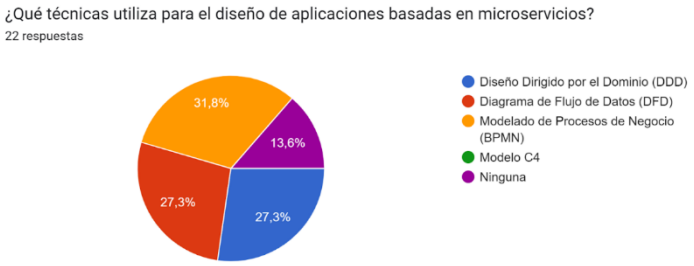


Figura 2 – Qué técnica utiliza para el diseño de aplicaciones basadas en microservicios.

El 31.8% señala utilizar el Modelado de Procesos de Negocio; los diagramas de Flujo de Datos y el Diseño Dirigido por el Dominio, cada uno con el 27.3%; el 13.6% son las personas que no usan ninguna técnica y; finalmente, la técnica del Modelo C4, tiene un 0%.

Pregunta 4.- ¿Es importante considerar parámetros de calidad en el diseño de microservicios?

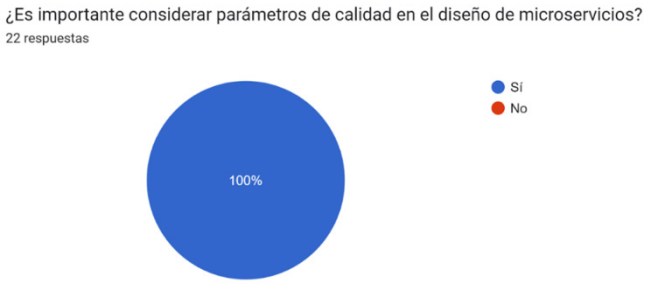


Figura 3 – Es importante considerar parámetros de calidad en el diseño de microservicios

Con un rotundo 100%, los profesionales están de acuerdo con la importancia de considerar parámetros de calidad en el diseño de microservicios.

Pregunta 5.- ¿Cuáles son los atributos de calidad de microservicios que se ven afectados por arquitecturas dependientes y complejas?

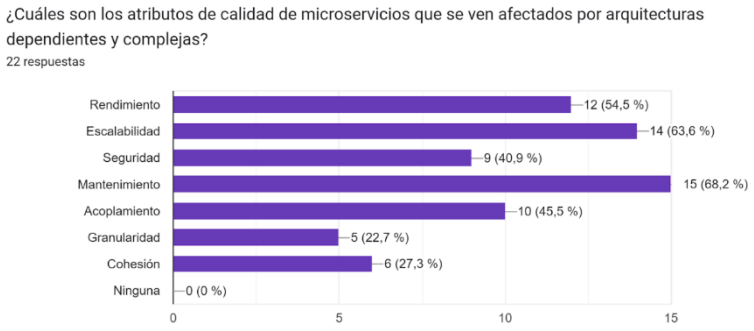


Figura 4 – Atributos de calidad afectados por arquitecturas dependientes y complejas

En esta pregunta, los participantes podían escoger varias respuestas, bajo este contexto, el 68.2% de profesionales menciona que el mantenimiento es el atributo más afectado por las arquitecturas dependientes y complejas, sigue la escalabilidad con un 63.6%, luego está el atributo de rendimiento con un 54.5%, sigue el acoplamiento con un 45.5%, luego la seguridad con un 40.9%, la cohesión con un 27.3% y, finalmente, con un 22.7% la granularidad.

Pregunta 6.- Teniendo en cuenta que la dependencia es la relación entre las operaciones de microservicios, de las cuales se invoca al menos una. ¿Ha identificado problemas de dependencia al desarrollar Software utilizando arquitecturas de microservicios?



Figura 5 – Problemas de dependencia al desarrollar Software basado en microservicios

El 72.7% de participantes, sí han identificado problemas de dependencia al desarrollar Software con arquitecturas de microservicios, mientras que, el 27.3% no han tenido problemas en el desarrollo de software con esta arquitectura.

Pregunta 7.- Si su respuesta a la pregunta anterior fue "Sí", describa cuáles son los problemas identificados.

Nº	Respuesta
1	Flexibilidad
2	Cuando se presenta un bug en ciertas ocasiones es difícil detectar su origen debido a que el problema puede o no estar en el componente que está fallando, más bien podría ser un error en un componente subyacente.
3	Análisis.
4, 5, 6, 12, 14, 15, 16, 17.	No especifica el problema.
11	El proceso de despliegue tiende a ser más complejo.
13	Unir información de varios repositorios toma mayor tiempo.
18	Dependencia de volúmenes de almacenamiento NFS, cuya falla puede prevenir el uso de otros servicios que tienen la opción de utilizarlos como almacenamiento.
19	Si no se maneja un estándar adecuado para monitorizar y llevar a cabo la comunicación entre operaciones, un mínimo cambio podría ser problemático
22	Seguridades en tipo de autentificación.

Tabla 2 – Problemas de dependencia

Esta pregunta esperaba las respuestas de los 16 participantes que dijeron Sí en la pregunta 6, de ellos, 8 personas no especifican el problema de dependecia encontrado. En la Tabla 2 se indican los problemas de dependencia reportados (flexibilidad, dificultad para detectar el origen de errores en componentes, análisis, complejidad en el proceso de despliegue, tiempo adicional al unir información de distintos repositorios, dependencia de volúmenes de almacenamiento NFS, posibles problemas al realizar cambios sin un estándar de comunicación entre operaciones y seturidad en autenticación).

Pregunta 8.- Teniendo en cuenta que la complejidad es el estado de eventos o cosas que tienen múltiples interconexiones y una estructura altamente complicada. ¿Ha identificado problemas de complejidad al desarrollar software utilizando arquitecturas de microservicios?

El 63.6% de participantes, sí han identificado problemas de complejidad al desarrollar software con arquitecturas de microservicios, mientras que, el 36.4% menciona que no lo han hecho.

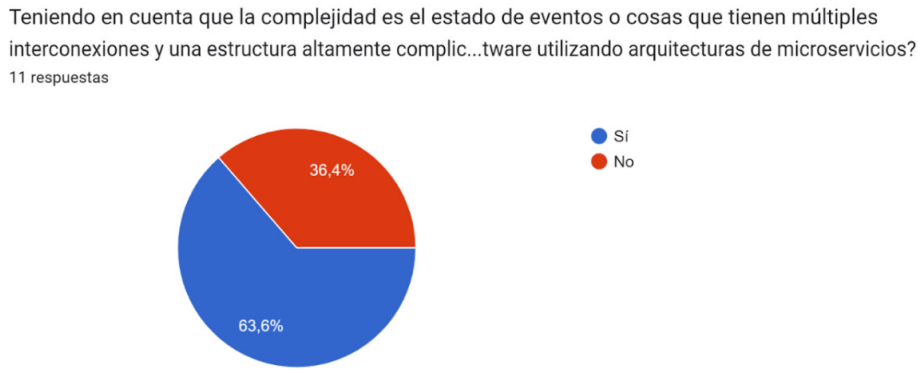


Figura 6 – Problemas de complejidad al desarrollar software basado en microservicios.

Pregunta 9.- Si su respuesta a la pregunta anterior fue "Sí", describa cuáles son los problemas identificados.

N°	Respuesta
1, 14, 20	Mantenibilidad
2	Al implementar una arquitectura basada en microservicios es fundamental documentar la interoperabilidad de componentes de lo contrario resulta muy difícil realizar mantenimiento o desarrollar nuevas funcionalidades debido a que no se entiende bien la forma de como los módulos se comunican entre sí
3	La gestión y coordinación de equipos de trabajo es más compleja en estos escenarios.
8, 11, 17, 21, 22	No especifica el problema
9	Limitaciones de infraestructura o de interconexión
13	Toma mayor tiempo hacer procesos transaccionales
18	Si un sistema no está bien diseñado, puede haber la necesidad de coordinadores para enviar información a diferentes servicios y la necesidad de más comunicación sobre la red para mantener consistencia en la información. Este es el caso si tenemos múltiples formas de pago que pueden combinarse, pero cada forma de pago tiene su propio servicio, por ejemplo, si el análisis de los microservicios es incorrecto puede acarrear problemas de control, lo que traería como consecuencia refactorizaciones que incrementarían el costo y esfuerzo
19	Falta de documentación técnica en todas las fases de desarrollo de software.

Tabla 3 – Problemas de complejidad

En esta pregunta se esperaban 14 respuestas, según el número de personas que respodierons Sí en la pregunta 8. La Tabla 3 detalla los problemas de complejidad reportados (mantenibilidad, dificultad en la interoperabilidad de componentes, complejidad en la gestión y coordinación de equipos de trabajo, limitaciones de infraestructura o interconexión, mayor tiempo para procesos transaccionales, necesidad

de coordinadores y mayor comunicación en red), 5 participantes no especifican los problemas encontrados.

Pregunta 10.- ¿Qué métricas de calidad utilizan en su empresa para evaluar microservicios?



Figura 7 – Métricas de calidad que utilizan para evaluar microservicios.

De acuerdo al porcentaje de respuestas, encabeza el uso de métricas, el rendimiento con un 72.7%; sigue la seguridad con un 63.6%; la escalabilidad con un 45.5%; el acoplamiento y la granularidad con un 27.3%, cada una y; finalmente, con un 18.2%, está la cohesión y las personas que no usan ninguna métrica de calidad.

Pregunta 11.- Según su criterio, ¿cuáles son los desafíos que se presentan en la evaluación de la calidad de los microservicios?

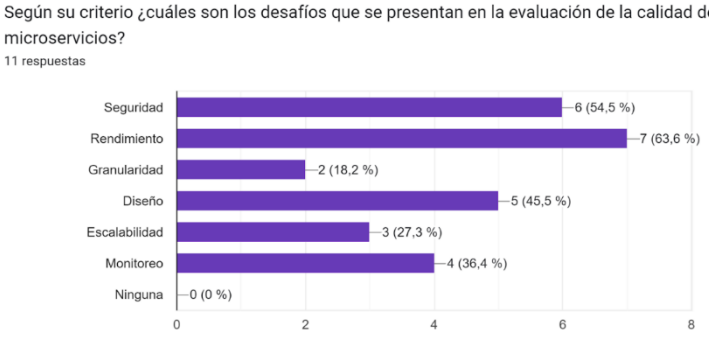


Figura 8 – Desafíos en la evaluación de la calidad de los microservicios.

Los desafíos mencionados son: el rendimiento en un 63.6, seguridad el 54.5%, el diseño en un 45.5%, el monitoreo en un 36.4%, la escalabilidad en un 27.3% y, para finalizar, la granularidad en un 18.2%.

Pregunta 12.- ¿Qué herramientas de modelado utiliza para el diseño de aplicaciones basada en microservicios?

N°	Respuestas
1	Visual Paradigm
2	Lucid Chart
3	Draw.Io + Postman
4	Draw.Io
5	Visual Studio Core
6	Aws
7	Lucidchart (Diagramas Sencillos)
8	Ingeniería Inversa (Código->Diseño)
9	Draw.Io, Lucidchart, Microsoft Visio, Etc
10	Lucidchart
11	UML Diagram

Tabla 4 – Herramientas de modelado

Las herramientas de modelado que más se mencionan son Draw.io y Lucid chart, 11 encuestados no responden esta pregunta.

4. Discusión

La discusión planteada por los autores en esta investigación pretende destacar la importancia de la calidad en el diseño de microservicios, sin embargo, el camino para lograr este estándar es relativo, ya que existen diferentes perspectivas. En arquitecturas dependientes como estas, la calidad se mide según los parámetros que los desarrolladores establecen, abarcando aspectos como el mantenimiento, la escalabilidad, el rendimiento y la seguridad. Según (Li et al., 2021), un buen desarrollo de microservicios se define por la delimitación y el mantenimiento de un margen de estabilidad en todos los aspectos de calidad. Esto contradice la noción de que aplicar microservicios puede afectar negativamente el desarrollo, ya que su implementación eficiente debería promover una mejora general.

La Tabla 2 especifica los problemas de dependencia reportados a través de la encuesta, siendo la flexibilidad parte de estos problemas, comúnmente se pensaría que a mayor flexibilidad, mayor facilidad de mantenimiento y evolución de los microservicios; no obstante, esta postura no coincide con la de (Hasselbring & Steinacker, 2017) que sostiene que los microservicios no deben tener una flexibilidad ilimitada porque esto daría origen a tropiezos en el alcance de los objetivos. Por otra parte, la pregunta 9 muestra las dificultades de los encuestados para establecer un buen diseño, esto resalta la relatividad de la calidad que debe estar respaldada por parámetros diversos donde cada uno es crucial.

(McZara et al., 2020) sostiene que el desarrollo de microservicios debe considerar la escalabilidad, la flexibilidad y la dependencia para contrarrestar la complejidad. Esta idea se vincula con la pregunta 11 de la encuesta, donde el rendimiento se considera un factor clave de calidad. Todo se resume en una pregunta ¿funciona o no?, a partir de esto se derivan los demás parámetros implícitos como seguridad, monitoreo, escalabilidad y diseño. Adicionalmente, se destaca que, para lograr un desarrollo efectivo de microservicios, es esencial realizar un análisis exhaustivo que mantenga un equilibrio entre la flexibilidad y la dependencia.

Finalmente, es importante mencionar que, el trabajo previo a esta investigación es una revisión sistemática de la literatura que permitió identificar los atributos de calidad, así como, los desafíos, métricas y herramientas utilizadas para evaluar la calidad de los microservicios (Tapia & Gaona, 2023); no obstante, aún cuando los resultados obtenidos otorgan una perspectiva profunda del tema, es incompleta, por ello fue necesario indagar sobre el estado de la práctica en esta zona en particular (Ecuador). Como resultado general, por ahora, se tienen dos visiones que ayudarán a proponer, en un tercer momento, posibles acciones de mejora sobre dificultades de flexibilidad y escalabilidad en microservicios a causa de arquitecturas dependientes y complejas.

5. Conclusiones

Este trabajo revela que la dependencia y complejidad son elementos críticos que impactan significativamente en la flexibilidad y escalabilidad de las arquitecturas basadas en microservicios. Específicamente, entre los resultados más relevantes están: los atributos de calidad más afectados por arquitecturas dependientes y complejas son el mantenimiento (68.2%), la escalabilidad (63.6%) y el rendimiento (54.5%); el 72.7% de los encuestados identificaron problemas de dependencia al trabajar con microservicios, estos problemas se señalan como flexibilidad, detección de errores, proceso de despliegue, seguridad, entre otros; el 63.6% de los encuestados identificaron problemas de complejidad, entre ellos están: mantenibilidad, gestión y coordinación de equipos, limitaciones de infraestructura, tiempos de procesos transaccionales, falta de documentación técnica.

Los resultados obtenidos permiten deducir que existe la necesidad de encontrar un equilibrio entre la flexibilidad y la dependencia en las arquitecturas de microservicios. Un diseño meticuloso, una planificación rigurosa, la documentación necesaria y la gestión eficiente de las interdependencias se presentan como elementos clave para mitigar estos desafíos. Se destaca la importancia de implementar patrones de diseño específicos para gestionar efectivamente la flexibilidad mientras se controla la dependencia entre los microservicios. Abordar los desafíos en la evaluación de la calidad de microservicios requiere de un enfoque equilibrado para maximizar los beneficios de estas arquitecturas y controlar adecuadamente sus aspectos críticos.

Adicionalmente, los resultados de este trabajo permiten el planteamiento del siguiente paso de una investigación más profunda que tiene la perspectiva de construir una herramienta inteligente, que de forma automática y en tiempo de diseño, asista a los equipos técnicos en la prevención de problemas arquitectónicos que puedan incidir en los criterios de flexibilidad y escalabilidad de aplicaciones basadas en microservicios.

Referencias

Apel, S., Hertrampf, F., & Späthe, S. (2019). Towards a Metrics-Based Software Quality Rating for a Microservice Architecture. In Communications in Computer and Information Science (Vol. 1041, pp. 205–220). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22482-0_15

Capuano, R., & Muccini, H. (2022). A Systematic Literature Review on Migration to Microservices: A Quality Attributes perspective. 2022 IEEE 19th International Conference on Software Architecture Companion, ICSA-C 2022, 120–123. https://doi.org/10.1109/ICSA-C54293.2022.00030

Chen, R., Li, S., & Li, Z. (2017). From Monolith to Microservices: A Dataflow-Driven Approach. 2017 24th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC), 466–475. https://doi.org/10.1109/APSEC.2017.53

Chen, Y.-Y., Hsu, K.-H., & Hou, A. W. (2023). MAT: Automating Go monolithic applications transform into microservices through dependency analysis and AST. 2023 9th International Conference on Applied System Innovation (ICASI), 133–135. https://doi.org/10.1109/ICASI57738.2023.10179517

De Alwis, A. A. C., Barros, A., Fidge, C., & Polyvyanyy, A. (2019). Availability and Scalability Optimized Microservice Discovery from Enterprise Systems (pp. 496–514). https://doi.org/10.1007/978-3-030-33246-4_31

Hasselbring, W., & Steinacker, G. (2017). Microservice Architectures for Scalability, Agility and Reliability in E-Commerce. 2017 IEEE International Conference on Software Architecture Workshops (ICSAW), 243–246. https://doi.org/10.1109/ICSAW.2017.11

He, X., Tu, Z., Wagner, M., Xu, X., & Wang, Z. (2023). Online Deployment Algorithms for Microservice Systems With Complex Dependencies. IEEE Transactions on Cloud Computing, 11(2), 1746–1763. https://doi.org/10.1109/TCC.2022.3161684

Li, S., Zhang, H. H., Jia, Z., Zhong, C., Zhang, C., Shan, Z., Shen, J., & Babar, M. A. M. A. (2021). Understanding and addressing quality attributes of microservices architecture: A Systematic literature review. Information and Software Technology, 131, 106449. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.infsof.2020.106449

Luo, Shutian; Xu, Huanle; Lu, Chengzhi; Ye, Kejiang; Xu, Guoyao; Zhang, Liping; Ding, Yu; He, J., & Xu, C. (2021). Characterizing Microservice Dependency and Performance: Alibaba Trace Analysis. *SoCC'21: Proceedings of the ACM Symposium on Cloud Computing*. https://doi.org/10.1145/3472883.3487003

McZara, J., Kafle, S., & Shin, D. (2020). Modeling and Analysis of Dependencies between Microservices in DevSecOps. 2020 IEEE International Conference on Smart Cloud (SmartCloud), 140–147. https://doi.org/10.1109/SmartCloud49737.2020.00034

Muccini, R. C. H. (2022). A Systematic Literature Review on Migration to Microservices: a Quality Attributes perspective. IEEE 19th International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C). https://doi.org/10.1109/ICSA-C54293.2022.00030.

Omar Al-Debagy; Péter Martinek. (2021). Dependencies-based microservices decomposition method. INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTERS AND APPLICATIONS. https://doi.org/10.1080/1206212X.2021.1915444

Perera, K. J. P. G., & Perera, I. (2018). TheArchitect: A Serverless-Microservices Based High-level Architecture Generation Tool. Proceedings - 17th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, ICIS 2018, 204–210. https://doi.org/10.1109/ICIS.2018.8466390

Robert Andrei Buchmann, Andrea Polini, Björn Johansson, D. K. (2021). Perspectives in Business Informatics Research. 20th International Conference on Business Informatics Research. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-87205-2

Tapia, V. C., & Gaona, C. M. (2023). Research Opportunities in Microservices Quality Assessment: A Systematic Literature Review. *Journal of Advances in Information Technology*, *14*(5), 991–1002. https://doi.org/10.12720/jait.14.5.991-1002

Valverde, R. (2010). Ontological Evaluation of the Requirements Model in IS Re-engineering: Shifting From a Traditional To a Component-Based Paradigm in Information Systems Re-Engineering (L. L. A. Publishing, Ed.).

Vera Rivera, F. H. (2021). *Modelo inteligente de especificación de la granularidad de aplicaciones basadas en microservicios*. https://hdl.handle.net/10893/19567

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 11/05/2024
Aceitação/Acceptance: 10/07/2024

Canal hidráulico de pendiente variable para evaluar dinámicas de sedimentación.

Xiomara A. Zambrano[1], Luigi O. Freire[1], Byron P. Corrales[1], Jessica N. Castillo[1]

xiomara.zambrano8453@utc.edu.ec; luigi. freire@ utc.edu.ec; byron.corrales@ utc.edu.ec; jessica.castillos@utc.edu.ec

[1,2,3,4] Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi 050108, Ecuador.

Pages: 606-615

Resumen: En la evaluación del transporte de sedimentos en un canal hidráulico de pendiente variable, se identificaron dos metodologías, Meyer Peter (1934) y DuBoys (1897), por su eficacia con la granulometría arenosa de diámetro 0.298 mm al ser sedimento más común de los cauces naturales. Utilizando el método de Meyer Peter, bajo una pendiente constante de 0.028 y partículas de 0.00098 ft, el incremento del caudal de 0.015 a 0.0294 ft^3/s amplificaba el transporte de sedimentos. Similarmente, DuBoys permitió analizar cómo las alteraciones en la pendiente afectan el transporte, observando que ajustes de 0.0054 a 0.0256 en la pendiente elevaban el caudal sólido total. Aunque ambos enfoques brindaron fundamentos robustos para la experimentación, resaltando la importancia del caudal y la pendiente en el transporte de sedimentos, también se reconoció la necesidad de aproximaciones más integrativas para reflejar con mayor precisión las variadas condiciones y tipos de sedimentos en entornos naturales.

Palabras-clave: Transporte de sedimentos, Canal hidráulico, Meyer Peter, DuBoys.

Variable slope hydraulic channel to evaluate sedimentation dynamics.

Abstract: In the evaluation of sediment transport in a hydraulic channel of variable slope, two methodologies, Meyer Peter (1934) and DuBoys (1897), were identified for their effectiveness with sandy grain size. Using the Meyer Peter method, under a constant slope of 0.028 and particles of 0.00098 ft, increasing the flow rate from 0.015 to 0.0294 ft^3/s amplified sediment transport. Similarly, DuBoys allowed analysis of how alterations in slope affect transport, observing that adjustments of 0.0054 to 0.0256 in slope elevated total solid flow. While both approaches provided robust foundations for experimentation, highlighting the importance of flow and slope in sediment transport, the need for more integrative approaches to reflect the varied conditions and sediment types more accurately in natural settings was also recognized.

Keywords: Sediment transport, hydraulic channel, Meyer Peter, DuBoys.

1. Introducción

La gestión eficaz de los recursos hídricos y la ingeniería de infraestructuras relacionadas con el agua, como canales y estructuras de control de inundaciones, son desafíos críticos en la ingeniería hidráulica moderna. En este contexto, la comprensión del transporte de sedimentos y la dinámica de flujos en canales hidráulicos, especialmente aquellos con pendientes variables, cobra una importancia fundamental (Castellanos et al., 2017). Estudios anteriores han abordado diversos aspectos de la hidráulica de canales abiertos (Sotelo-Ávila, 2002; Chow, 1994), sin embargo, la influencia específica de la pendiente en los procesos de sedimentación y erosión aún requiere de una exploración más profunda.

La optimización de canales a través de la innovación en diseño y la implementación de sistemas de gestión automatizada se ha presentado como una vía prometedora para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de estas estructuras (Dulhoste et al., 2007; Vatankhah, 2014; Tofiq y Guven, 2015; Niazkar y Afzali, 2015). Además, la adopción de tecnologías avanzadas para el monitoreo y la adquisición de datos en tiempo real ofrece nuevas oportunidades para el manejo preciso de recursos hídricos (Bolaños et al., 2015). No obstante, la aplicación efectiva de estas estrategias requiere de un conocimiento detallado sobre el comportamiento sedimentológico en canales, particularmente en aquellos con pendientes ajustables pues la investigación contemporánea en hidráulica se encuentra en un punto de inflexión.

En respuesta a esta necesidad, este estudio se centra en la relevancia de evaluar el transporte de sedimentos en un canal hidráulico con pendiente ajustable a través de ensayos de arrastre de fondo, con la finalidad de examinar detalladamente el comportamiento sedimentológico bajo diversas configuraciones de pendiente y/o caudal en base a diferentes metodologías y condiciones. Este enfoque permite una comprensión profunda de cómo los diferentes parámetros que intervienen dentro de los canales afectan directamente a los mecanismos de sedimentación y erosión, hasta la aplicación de técnicas avanzadas de análisis como el análisis de componentes principales para estudios de socavación (Hasti-Gilja, 2023) contribuyendo así a la base de conocimiento necesaria para el diseño y la gestión óptima de canales hidráulicos (Marín, Menjívar y Zavaleta, 2012; Bougamouza et al., 2015).

El valor de este estudio reside en su capacidad para sintetizar observaciones experimentales con principios teóricos, generando así recomendaciones prácticas para el diseño, operación y mantenimiento de canales. Al abordar una brecha crítica en la literatura actual y proporcionar datos empíricos sobre el transporte de sedimentos, esta investigación se posiciona como un recurso esencial para ingenieros civiles, hidráulicos y ambientales, así como para responsables de la gestión de recursos hídricos enfrentados a los desafíos de la sedimentación y la erosión en canales de pendiente variable.

2. Metodología

El desarrollo efectivo de un canal hidráulico de pendiente variable destinado a estudios avanzados en ingeniería hidráulica se lleva a cabo a través de un enfoque metodológico estructurado en tres fases esenciales (Figura 1). Este enfoque garantiza una progresión sistemática desde la concepción inicial hasta la interpretación final de los resultados

experimentales. La presente metodología ha sido cuidadosamente diseñada para abordar cada aspecto crítico del proyecto, asegurando un proceso de investigación cohesivo y efectivo.

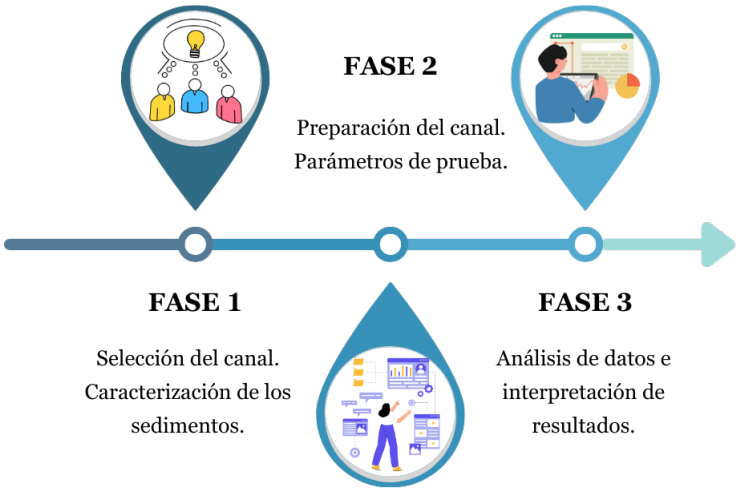


Figura 1 – Diagrama de flujo metodológico.

2.1. Fase 1 – Selección del canal y tipo de sedimento

La fase inicial involucra una doble selección crítica: la del canal y la del tipo de sedimento. La elección del canal se realiza teniendo en cuenta parámetros geométricos y de diseño que mejor se alineen con los objetivos del estudio. Paralelamente, se realiza una cuidadosa selección del tipo de sedimento, basada en características como granulometría, densidad y cohesión, que son fundamentales para la simulación realista de las condiciones sedimentológicas el cuál de utilizo el tamizado para determinar el diámetro del sedimento. Esta etapa garantiza que los fundamentos del estudio estén alineados con las condiciones naturales que se desean replicar en ríos que presenten materiales finos en sus sedimentos, permitiendo así una exploración más profunda del fenómeno.

2.2. Fase 2 – Preparación del canal y elección del método de ensayo

La segunda fase está dedicada a la preparación del canal y a la selección del método de ensayo más apropiado para el tipo de sedimento escogido. Esto implica la calibración del canal para garantizar que esté listo para los experimentos y la evaluación de cinco métodos distintos de ensayo para el estudio de sedimentos de material fino (Figura 2), cada uno con sus propios méritos y limitaciones dependiendo de la dinámica de los

sedimentos en cuestión (Tabla 1). Se optará por el método que ofrezca los resultados más precisos y reproducibles con el material fino que se utilizará siendo éste la arena, permitiendo así una evaluación robusta del comportamiento del sedimento bajo diversas condiciones de flujo y pendiente.

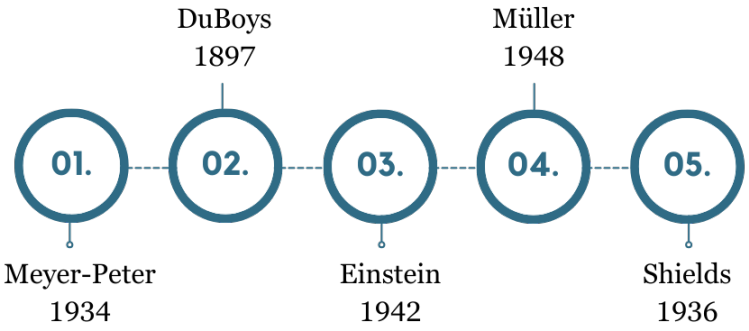


Figura 2 – Principales métodos para el estudio de sedimentos de material fino.

En la presente sección, se expondrán las fórmulas empíricas (Tabla 1) (Bravo-Espinosa, M., Osterkamp, W. R., & López, V. L., 2004; Heredia, A. 2017; Meyer-Peter, E. y R. Muller., 1948) que se analizarán para determinar con cual calcular el caudal sólido de un flujo, basándose en las características hidráulicas del mismo, así como en las dimensiones y la distribución de tamaños del sedimento del lecho. No obstante, la aplicabilidad de estas fórmulas es restringida debido a la ausencia de una formulación universalmente válida para todas las condiciones fluviales y variedades de sedimentos con el objetivo de seleccionar las que mejor se ajusten al comportamiento real del sedimento elegido. Las ecuaciones para el transporte de fondo que se analizarán incluyen las siguientes.

Método	Año	Fórmula	Parámetros
Meyer-Peter	1934	$qs = (39.25 * q\,2/3 * S - 9.95 * d_{50})^{1.50}$	**qs** = Caudal sólido unitario (lb/ft*s) **q** = Caudal (ft3/s) S = Pendiente **d50** = Tamaño medio de la partícula (ft)
Du Boys	1897	$qs = \psi * \tau 0\,(\tau 0 - \tau c)$	**qs** = Caudal sólido unitario (lb/ft*s) ψ = Índice de Du Boys (*ft*3/lb*s) **τ0** = Esfuerzo de corte inicial (lb/*ft*2) **τc** = Esfuerzo de corte (lb/*ft*2)
Einstein	1942	$qs = f(\tau 0)$	**qs** = Caudal sólido unitario (kg/s*m) **τ 0 = Esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)**

Método	Año	Fórmula	Parámetros
Muller	1948	$\boldsymbol{q}s = \boldsymbol{\varphi}\,\boldsymbol{\gamma s}$ raíz ($\boldsymbol{g}\,\boldsymbol{\Delta}\,\boldsymbol{d}\mathbf{50}3$)	qs: caudal sólido transportado en el fondo γs: peso específico saturado del sedimento g: aceleración de la gravedad; Δ: peso específico sumergido relativo del sedimento γs' = γs- γ: peso específico sumergido d50: diámetro característico del sedimento. (Diámetro del tamiz en el cual queda retenido el 50% del material) φ: parámetro de intensidad del transporte
Shields	1936	$\theta = \tau / ((\rho s - \rho)\, g d50)$	**θ = Parámetro de Shields (sin unidades)** **τ = Esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)** **ρ s = Densidad del sedimento (kg/m³)** **ρ = Densidad del fluido (kg/m³)** g = Aceleración debida a la gravedad (m/s²) d 50 = Diámetro medio del sedimento (m)

Tabla 1 – Métodos para la evaluación del transporte de sedimentos.

2.3. Fase 3 – Análisis de datos e interpretación de resultados

La última fase se centra en el análisis detallado de los datos recolectados y en la evaluación de cómo los parámetros variables, incluidos los ajustes de pendiente y las características hidráulicas, influyen en los resultados. La metodología seleccionada en la fase anterior guía este análisis, asegurando que los datos sean interpretados de manera coherente y precisa. Los métodos estadísticos y analíticos se utilizan para discernir patrones en los datos, comprender el comportamiento del sedimento y evaluar la eficacia del diseño del canal.

La investigación en canales hidráulicos de pendiente variable es crucial para comprender y predecir las dinámicas de sedimentación. Este conocimiento puede mejorar la gestión de ríos y costas, prevenir desastres naturales como inundaciones y erosión, y optimizar el diseño de infraestructuras hidráulicas a nivel global. En resumen, este trabajo contribuiría a la sostenibilidad y resiliencia de los ecosistemas acuáticos y las comunidades humanas que dependen de ellos.

3. Resultados y discusión

En la selección del canal hidráulico de pendiente variable se utilizó uno de laboratorio de ambiente experimental (Figura 3), en el cuál para su diseño se consideraron varios parámetros hidráulicos como el volumen de 203.2 lts, borde libre 0.12 m, profundidad hidráulica 0.28 m, perímetro hidráulico 0.66 m, radio hidráulico 0.042 m. El canal hidráulico cuenta con una longitud de 5 m, un ancho de 0.1 m y una altura de 0.4 m (Tabla 2), el canal ofrece dimensiones adecuadas que permitieron la realización de pruebas de arrastre de fondo y la observación detallada de la dinámica de los sedimentos.

El análisis de los parámetros del canal hidráulico de pendiente variable reveló que la elección de este canal fue la más propicia para realizar pruebas de laboratorio en el transporte de sedimentos por lo que cuenta además con sensores de nivel, caudal y temperatura. Además, su capacidad para ajustar el ángulo de inclinación hasta un

máximo de 2º por medio de una gata hidráulica es automatizada (Tabla 2) lo que facilitó la simulación de condiciones de pendiente diversas, lo que es esencial para estudiar el impacto de la pendiente en la movilidad del sedimento.

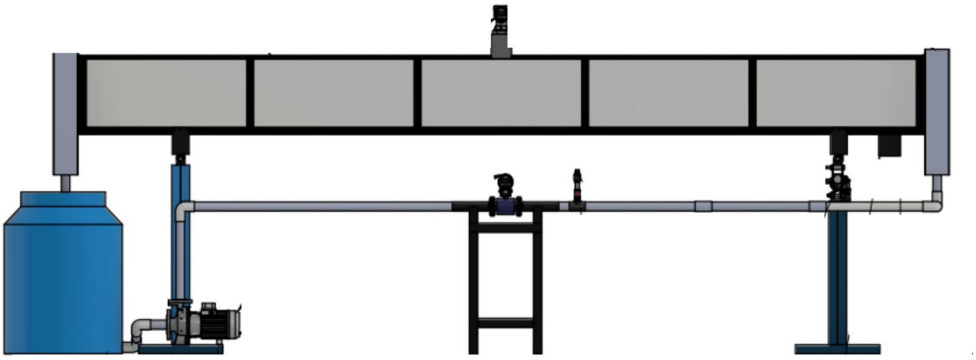


Figura 3 – Canal hidráulico de pendiente variable de laboratorio.

Parámetro	**Unidades**
Longitud	5 m
Ancho	0,1 m
Alto del canal	0,40 m
Ángulo máximo de inclinación	2º
Volumen del canal	203,2 lts
Diámetro de tubería	2 pulgadas
Potencia de la bomba	1 hp

Tabla 2 – Dimensiones canal hidráulico de pendiente variable.

Por ende, la caracterización de los sedimentos permitió establecer un marco de prueba sólido. La caracterización permitió definir que por las características físicas del canal hidráulico y al ser recirculante el agua de la estructura se realizara las pruebas con un material fino que es la arena con un diámetro de 0.298 mm representando condiciones realistas de ríos naturales generalmente de la zona costera, tomando en cuenta factores como la granulometría y la cohesión. Además, la arena no solo reflejara las propiedades típicas encontradas en los lechos fluviales, sino que también permitió una manipulación y medición precisa durante las pruebas. El sedimento elegido tiene características que facilitan su movilidad bajo las fuerzas hidráulicas que se generaron en el canal a las velocidades y pendientes proyectadas en la experimentación.

Después de analizar cinco métodos empíricos para estimar el transporte de sedimentos en un canal de pendiente variable y las limitaciones de cada uno de ellos, se seleccionaron

dos métodos distintos debido a su adecuación para trabajar con la granulometría de arena. Los dos métodos escogidos fueron el de Meyer Peter (1934) y el de DuBoys (1897).

El método de Meyer Peter fue seleccionado para variar el caudal y observar su impacto en el caudal sólido unitario y total. Los cálculos realizados (Tabla 3), en donde se empleó este método con una pendiente de 0.028 y un tamaño medio de partícula de 0.00098 ft, mostraron que al incrementar el caudal desde 0.015 hasta 0.0294 ft^3/sg, el caudal sólido total también aumentaba, lo cual es consistente con las expectativas teóricas de este enfoque.

Método Meyer Peter 1934			
DATOS S = 0.028 d50 = 0.00098 ft b = 0 .33 ft	**Variaciones de Caudal (ft3/sg)**	**Caudal sólido unitario (lb/ft*s)**	**Caudal sólido total (lb/ s)**
	0.015	0.0133	0.004389
	0.020	0.01860	0.006138
	0.0294	0.292	0.09636

Tabla 3 – Método Meyer Peter 1934

De esta manera podemos mencionar que existe en una relación empírica que vincula el caudal sólido unitario con el caudal del agua, la pendiente del canal y el tamaño medio de las partículas de sedimento. Pues uso de este método es apropiado en estudios donde la variación del caudal es la principal preocupación y la pendiente se mantiene constante como es la zona costanera de Ecuador en donde normalmente en periodos húmedos se presentan eventos extremos de inundación muchas veces por la sedimentación en los cursos fluviales.

Sin embargo, debemos mencionar también que existen limitaciones inherentes a la fórmula de Meyer-Peter. No tiene en cuenta la forma y la rugosidad del lecho del canal, lo que puede tener un efecto significativo en los resultados, especialmente en canales con granulometrías de sedimento variadas y complejas estructuras de lecho.

Método DuBoys 1897					
DATOS S = 0.028 d50 = 0.00098 ft b = 0 .33 ft ψ = 70 γ=62.43 τc = 0.019 Vs=0,88 ft3	**Tabla 4 – Método DuBoys 1897**	**Variaciones de calado**	**$\tau 0$**	**Caudal sólido unitario (lb/ft*s)**	**Caudal sólido total (lb/ s)**
	0.0054	0,09	0.031	0,0255	0.0084
	0.0128	0,06	0,0511	0.115	0.038
	0.0256	0,05	0.0819	0.365	0.1189

Tabla 4 – Método DuBoys 1897

Por otro lado, el método de DuBoys fue utilizado para evaluar cómo las variaciones en la pendiente afectan la cantidad de sedimento transportado. Con una pendiente constante de 0.028 y las mismas características granulométricas, este método permitió calcular

el esfuerzo cortante inicial (Figura 4) y el caudal sólido total a diferentes alturas de calado. Los resultados indicaron que con el aumento de la pendiente desde 0.0054 hasta 0.0256 (Tabla 4), se producía un incremento en el caudal sólido total, lo que sugiere que este método es sensible a cambios en la pendiente en relación con el transporte de sedimentos.

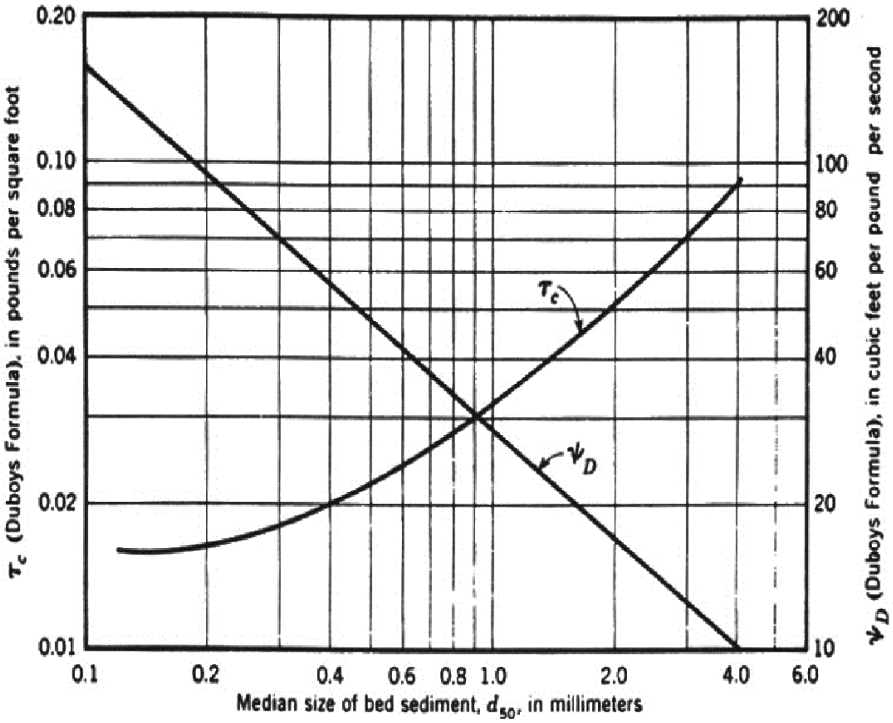


Figura 4 – Curvas de índice de DuBoys y esfuerzo de corte inicial.

De esta manera, podemos indicar que al tomar en cuenta el índice de DuBoys junto con el esfuerzo de corte inicial (Figura 4) y el esfuerzo de corte crítico (Figura 4) nos permitió considerar variaciones en la pendiente y el calado, lo cual puede ser particularmente útil en aplicaciones donde estas condiciones son susceptibles de cambio como en la zona Andina de Ecuador.

No obstante, la aplicabilidad del método DuBoys puede ser limitada por su dependencia del índice de DuBoys, que es un parámetro empírico y puede no ser preciso para todos los tipos de lechos de ríos. Además, la presunción de un esfuerzo de corte crítico constante, τc, podría no reflejar con precisión situaciones naturales donde el esfuerzo de corte crítico varía considerablemente debido a factores como la heterogeneidad del sedimento o las formas de lecho variadas.

Estos general estos dos métodos proporcionaron una base robusta para la ejecución de pruebas de laboratorio, permitiendo entender mejor la relación entre las variables hidráulicas y la capacidad de transporte de sedimentos del canal con granulometría de

arena. El uso de arena como material de sedimento fue determinante para la elección de estos métodos, ya que su comportamiento es bien representado dentro de los parámetros que estas fórmulas empíricas pueden estimar.

En la práctica en campo, una combinación de enfoques o un método adaptativo que considere múltiples variables podría proporcionar una comprensión más completa del transporte de sedimentos, pues se recomienda basarse en las condiciones específicas de la zona de estudio y el fenómeno de transporte de sedimentos que se está investigará.

Pues existe consenso en que se carece de una ecuación o grupo de ecuaciones que sean apropiadas para describir las condiciones de transporte de fondo para la mayoría de las corrientes naturales que incluyan todos o la mayoría de los parámetros que se deben de considerar para el análisis del comportamiento de los sedimentos en los cursos fluviales sin que tengan limitaciones de diámetros de partículas, cohesión, esfuerzo de corte, entre otros.

4. Conclusiones

Con el método de Meyer Peter se demostró una correlación empírica fuerte entre el caudal de agua y el transporte de sedimentos, lo que refleja su utilidad en la predicción del transporte de sedimentos. Sin embargo, un análisis crítico sugiere que, aunque el método Meyer-Peter brinda una base sólida para estimaciones iniciales, tiende a simplificar el comportamiento del sedimento al no considerar la influencia de variables críticas como la forma del lecho y la presencia de vegetación, que podrían afectar significativamente la precisión en ambientes naturales.

El método de DuBoys resaltó su sensibilidad al cambio de la pendiente, una variable fundamental en el diseño de canales. No obstante, se debe ser crítico con respecto a la dependencia de parámetros empíricos, como el índice de DuBoys, que, aunque útiles, pueden introducir un nivel de incertidumbre en la predicción, particularmente en escenarios donde las características del lecho del río varían considerablemente.

La comparativa entre los métodos de Meyer-Peter y DuBoys reveló que cada uno tiene ventajas y desventajas, y que su idoneidad está fuertemente influenciada por las condiciones específicas del estudio. La disparidad en los resultados obtenidos con estos métodos pone de relieve la complejidad del transporte de sedimentos y la necesidad de aproximaciones que consideren una variedad más amplia de factores. Estas diferencias subrayan la importancia de no depender de una única metodología para el diseño de canales y la gestión de sedimentos. Se sugiere que investigaciones futuras se orienten hacia la creación de modelos híbridos o la calibración específica de los modelos existentes para ajustarse a las condiciones únicas de cada curso de agua o proyecto de infraestructura hidráulica.

Referencias

Bravo-Espinosa, M., Osterkamp, W. R., & Lopes, V. L. (2004). Transporte de sedimentos en corrientes naturales: Revisión técnica de ecuaciones empíricas de predicción del arrastre de sedimentos de fondo. Terra Latinoamericana, 22(3), 377-386. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57322315

Bolaños, M., & López, T. (2015). Diseño de un sistema de adquisición y tratamiento de datos mediante comunicación inalámbrica para el canal rectangular hidráulico del laboratorio de ingeniería civil de Univalle. Journal Boliviano de Ciencias, 11(33), 27-39. ISSN 2075-8936.

Bougamouza, M., Bouhadef, M., & Zitoun, T. (2015). Contribution to Experiments of a Free Surface Supercritical Flow over an Uneven Bottom. International Scholarly and Scientific Research & Innovation, 9(12), 2109-2113.

Castellanos, H. E., Collazos, C. A., Farfan, J. C., & Meléndez-Pertuz, F. (2017). Diseño y construcción de un canal hidráulico de pendiente variable. Información Tecnológica, 28(6), 103-114. https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000600012

Chow, V. T. (1994). Hidráulica de Canales Abiertos (1a ed.). McGraw-Hill.

Dulhoste, J. F., Georges, D., Besançon, G., & Jerez, C. J. (2007). Comparación de Controladores de Nivel para Canales Abiertos Basados en un Modelo por Colocación. Información Tecnológica, 18(6), 13-18. https://doi.org/10.4067/S0718-07642007000600003

Harasti, A., Gilja, G., Adžaga, N., & Žic, M. (2023). Analysis of Variables Influencing Scour on Large Sand-Bed Rivers Conducted Using Field Data. Applied Sciences, 13, 5365. https://doi.org/10.3390/app13095365

Heredia, A. (2017.). Título de la tesis de maestría - Caracterización del transporte de sedimentos en un tramo del río tercero (ctalamochita) utilizando tecnología acústica doppler, Universidad Nacional de Córdoba. Repositorio Institucional de la Universidad. https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/6475/Tesis%20de%20Maestria%20HEREDIA_Final.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Marín, C. A., Menjívar, M. J., & Zavaleta, J. M. (2012). Diseño y construcción de un canal hidráulico de pendiente variable para uso didáctico e investigación. [Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería, Universidad de El Salvador].

Meyer-Peter, E. y R. Muller. (1948). Formulas for bed-load transport. International Association for Hydraulic Structures Research. Report of Second Meeting. Stockholm, Sweden.

Niazkar, M., & Afzali, S. H. (2015). Optimum Design of Lined Channel Sections. Water Resources Management, 29(6), 1921-1932. https://doi.org/10.1007/s11269-015-0919-9

Sotelo-Ávila, G. (2002). Hidráulica de canales (1a ed.). UNAM Facultad de Ingeniería.

Tofiq, F. A., & Guven, A. (2015). Optimal design of trapezoidal lined channel with least cost: Semi-theoretical approach powered by genetic programming. Water SA, 41(4), 483-489. https://doi.org/10.4314/wsa.v41i4.07

Vatankhah, A. R. (2014). Semi-regular polygon as the best Hydraulic section in practice (Generalized solutions). Flow Measurement and Instrumentation, 38, 67-61. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2014.05.016

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 16/05/2024
Aceitação/Acceptance: 28/07/2024

Habilidades gerenciales de los directivos en los gobiernos Autónomos Descentralizados a través de la Prueba de Kaiser – Meyer-Olkin(Kmo)

Yadira Paola Borja Brazales[1], Byron Esteban Pilaguano. Autor[2], Lenin Steven Zagal Garcés. Autor[3]

yadira.borja@utc.edu.ec; byron.pilaguano3534@utc.edu.ec; steven.zagal5613@utc.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Cotopaxi,05032, Latacunga, Ecuador

[2] Universidad Técnica de Cotopaxi,05032, Latacunga, Ecuador

[3] Universidad Técnica de Cotopaxi,05032, Latacunga, Ecuador

Pages: 616-629

Resumen: Las habilidades gerenciales han tomado relevancia en el ámbito empresarial en los sectores privados, ya que permiten el desarrollo competitivo y productivo de estas entidades. Mientras que en el sector público su relevancia es baja, lo cual se refleja en los cumplimientos de los objetivos y en las inconformidades de sus clientes externos (Ciudadanía). Razón por la cual, el presente proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar a las habilidades gerenciales de los directivos en el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga, para la cual se procedió a realizar el análisis de una variable denominada Habilidades Gerenciales, misma que se encuentra constituida por 3 constructos, cuya confiabilidad y correlación de los constructos se determinó con el Confirmatory Factor Analysis (CFA) mediante el sistema estadístico SPSS el cual arrojó valores de 0,781 en la prueba de KMO y un valor de 0,00 en la prueba esfericidad de Bartlett, mismos valores que dieron pase a la investigación. El método investigativo aplicado tuvo un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, en el cual, se aplicó la técnica de la encuesta y el instrumento un cuestionario dividido en dos secciones, la primera sección recabó informaciones sociodemográficas mientras que la segunda sección las Habilidades Gerenciales, el cuestionario fue aplicada a 30 colaboradores. El resultado de la investigación presentó que las habilidades conceptuales, relacionadas al constructo Estrategia es la más baja con un valor de 4,15; considerando dentro de la escala el valor 1 como la más baja y 5 la más alta. Mientras que las habilidades humanas, ligada al constructo Intrategia presentó un valor de 4.30 posicionándose como la más alta o relevante dentro de las habilidades gerenciales de los directivos del GAD municipal, y finalmente la habilidad técnica, que se encontraba ligada al constructo Eficiencia Personal, el cual presentó un valor de 4,27. Ante esta situación, se propuso un plan de acción que permita mejorar y fortalecer las habilidades gerenciales, tanto conceptuales, humanas y técnicas que son fundamentales para todos los directivos.

Palabras clave: Habilidades gerenciales, Intrategias, Estratégias, Eficiencia Personal.

Management skills of managers in Autonomous Decentralized governments through of the Kaiser – Meyer-Olkin Test (Kmo)

Abstract: Management skills have become relevant in the business field in the private sectors, since they allow the competitive and productive development of these entities. While in the public sector its relevance is low, which is reflected in the fulfillment of objectives and the dissatisfaction of its external clients (Citizens). Reason why, the objective of this research project is to evaluate the management skills of managers in the Municipal Autonomous Decentralized Government of the Latacunga Canton, for which the analysis of a variable called Management Skills was carried out, which is It is made up of 3 constructs, whose reliability and correlation of the constructs was determined with the Confirmatory Factor Analysis (CFA) using the SPSS statistical system, which yielded values of 0.781 in the KMO test and a value of 0.00 in the sphericity test. of Bartlett, the same values that gave rise to the investigation. The research method applied had a descriptive quantitative approach, in which the survey technique was applied and the instrument was a questionnaire divided into two sections, the first section collected sociodemographic information while the second section the Management Skills, the questionnaire It was applied to 30 collaborators. The result of the research showed that conceptual skills, related to the Strategy construct, are the lowest with a value of 4.15; considering within the scale the value 1 as the lowest and 5 the highest. While human skills, linked to the Intrategia construct, presented a value of 4.30, positioning itself as the highest or most relevant within the managerial skills of the directors of the municipal GAD, and finally the technical skill, which was linked to the Personal Efficiency construct, the which presented a value of 4.27. Given this situation, an action plan was proposed to improve and strengthen management skills, both conceptual, human and technical, which are fundamental for all managers.

Keywords: Management skills, Intrategies, Strategies, Personal Efficiency.

1. Introducción

Actualmente, las organizaciones se caracterizan por encontrarse en un ambiente heterogéneo que afecta al desarrollo organizacional. Esto exige a los integrantes de la organización mayores habilidades gerenciales para poder afrontar y conllevar las incertidumbres del entorno que puede favorecer o a su vez presentarse como una desventaja para la organización. Generalmente, las entidades públicas normalmente no suelen promover estos programas para mejorar y fortalecer las habilidades gerenciales, ya que la rotación o el cambio de empleados se realiza de forma constante, por lo que debido a eso existen variedades de personal que no cuenta con las habilidades necesarias para promover, la productividad y competitividad de la institución.

En el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga un adecuado uso de estas habilidades gerenciales es de total relevancia e importancia para el progreso y desarrollo de esta institución, de no contar con dichas habilidades se podrían presentar ciertos inconvenientes, afectando así de directamente a la consecución de objetivos, metas propuestas, igualmente a los usuarios de los servicios que brinda la municipalidad. Para poder dar una solución a este problema es necesario concientizar a

las personas involucradas en la dirección o jefatura, de aplicar habilidades gerenciales para dirigir a sus subordinados y así en el futuro encontrarse con buenos resultados de sus trabajadores, evitando posibles problemas y desarrollo de sus distintas dependencias por ello que la presente investigación se realiza con la finalidad de identificar el constructo de las habilidades gerenciales que tiene más influencia en el desempeño laboral de los directivos y jefes de las áreas del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga, mostrando que todas las habilidades gerenciales son necesarias en todos los sectores ya sean públicos, privados o mixtos.

2. Metodología

El enfoque cuantitativo que se utilizó en la investigación, bajo un diseño no experimental, dado que con este diseño explora los fenómenos que ocurren en contexto natural, puesto que no se manipularon variables y se recolectaron los datos en un solo momento.

El alcance de la investigación será descriptivo, debido a que ya fue planteada las características del fenómeno de estudio, y lo que busca la presente investigación es adaptar el modelo, con la modificación de algunas características, a un nuevo escenario. En este tipo de alcance en la investigación, ya son conocidas las características del fenómeno en estudio y lo que se aspira buscar, es la exposición y descripción de los aspectos presentes en un determinado grupo de personas. En el proceso de investigaciones descriptivas cuantitativas se aplican análisis de datos estadísticos de tendencia central y dispersión. En esta investigación se tomará en consideración el GAD Municipal de Latacunga, provincia de Cotopaxi.

3. Resultados

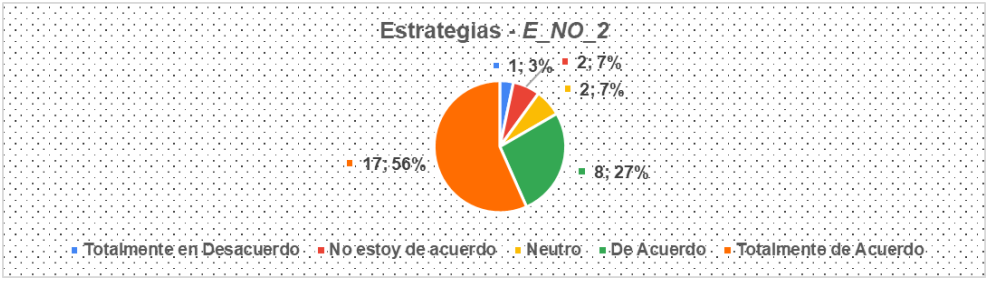


Figura 1 – Responde con prontitud y eficacia a las sugerencias y necesidades del cliente.

Análisis: De los 30 jefes y directivos del GAD Municipal de Latacunga, el 1,3% indica que se encuentran totalmente en desacuerdo con el enunciado descrito, 2,7% de encuestados no están de acuerdo, 2,7% seleccionó neutro, el 8,27% de ellos mencionaron que están de acuerdo y 17,56% indican que están totalmente de acuerdo.

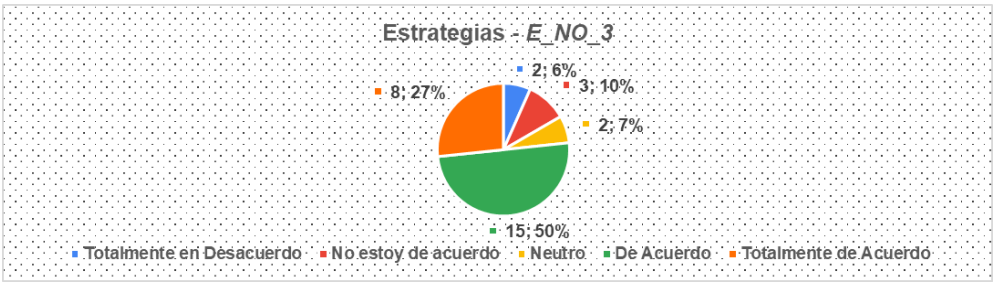


Figura 2 – La organización tiene una alta propensión a asumir el riesgo asociado a la incertidumbre, para mantener su ventaja competitiva y responder a las necesidades de los clientes.

Análisis: De los 30 jefes y directivos del GAD Municipal de Latacunga, el 2,6% indica que se encuentran totalmente en desacuerdo con el enunciado descrito, 3,10% de encuestados no están de acuerdo, 2,7% seleccionó neutro, el 15,50% de ellos mencionaron que están de acuerdo y 8,27% indican que están totalmente de acuerdo.

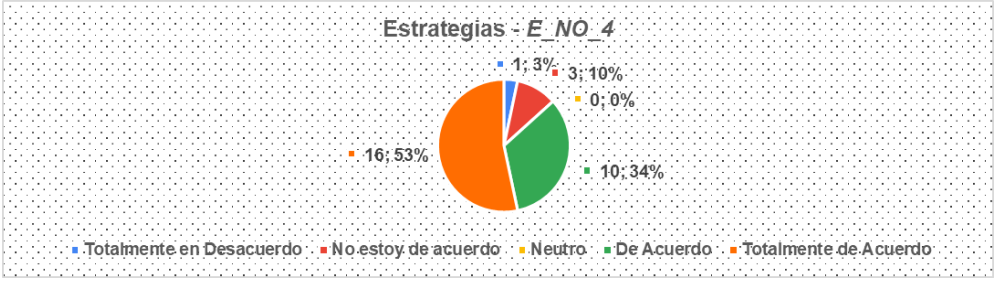


Figura 3 – Consigue llegar a acuerdos que satisfacen los intereses de ambas partes.

Análisis: Tomando en cuenta los 30 jefes y directivos del GAD Municipal de Latacunga, el 1,3% indica que se encuentran totalmente en desacuerdo con el enunciado descrito, 3,10% de encuestados no están de acuerdo, 0% seleccionó neutro, el 10,34% de ellos mencionaron que están de acuerdo y 16,53% indican que están totalmente de acuerdo.

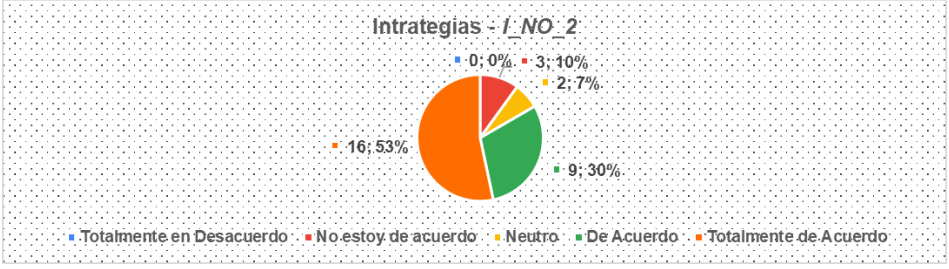


Figura 4 – Asigna objetivos y tareas a las personas adecuadas para realizar el trabajo, y planifica su seguimiento.

Análisis: De los 30 jefes y directivos del GAD Municipal de Latacunga, el 0% indica que se encuentran totalmente en desacuerdo con el enunciado descrito, 3,10% de encuestados no están de acuerdo, 2,7% seleccionó neutro, el 9,30% de ellos mencionaron que están de acuerdo y 16,53% indican que están totalmente de acuerdo.

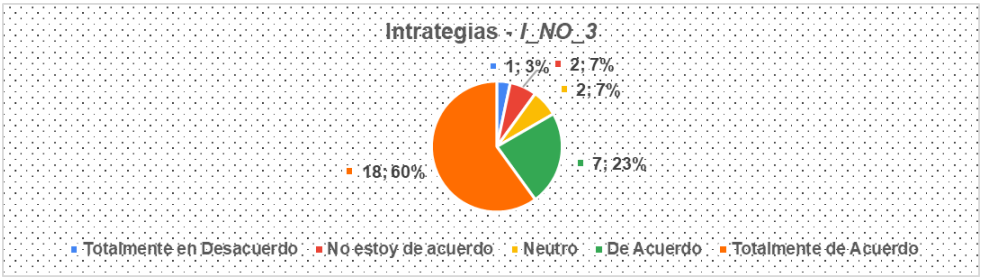


Figura 5 – Se preocupa de que los integrantes de su equipo dispongan de la capacidad de tomar decisiones y de los recursos necesarios para lograr sus objetivos.

Análisis: Tomando en cuenta los 30 jefes y directivos del GAD Municipal de Latacunga, el 1,3% indica que se encuentran totalmente en desacuerdo con el enunciado descrito, 2,7% de encuestados no están de acuerdo, 2,7% seleccionó neutro, el 7,23% de ellos mencionaron que están de acuerdo y 18,60% indican que están totalmente de acuerdo.

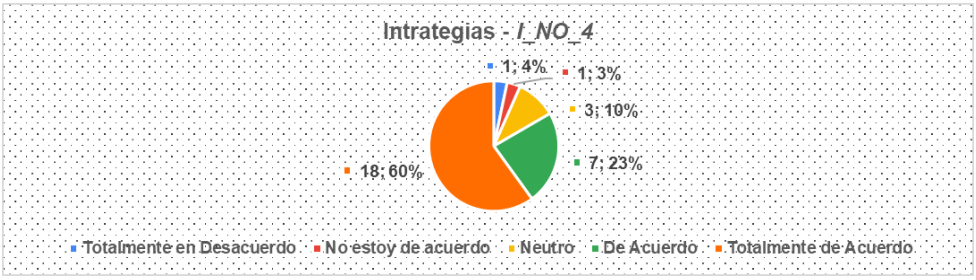


Figura 6 – Ayuda a sus colaboradores a descubrir sus áreas de mejora y a desarrollar sus habilidades y capacidades profesionales.

Se indica el porcentaje de encuestados que están desde totalmente en desacuerdo hasta totalmente de acuerdo con el enunciado descrito en forma de escala.

Análisis: De los 30 jefes y directivos del GAD Municipal de Latacunga, el 1,4% indica que se encuentran totalmente en desacuerdo con el enunciado descrito, 1,3% de encuestados no están de acuerdo, 3,10% seleccionó neutro, el 7,23% de ellos mencionaron que están de acuerdo y 18,60% indican que están totalmente de acuerdo.

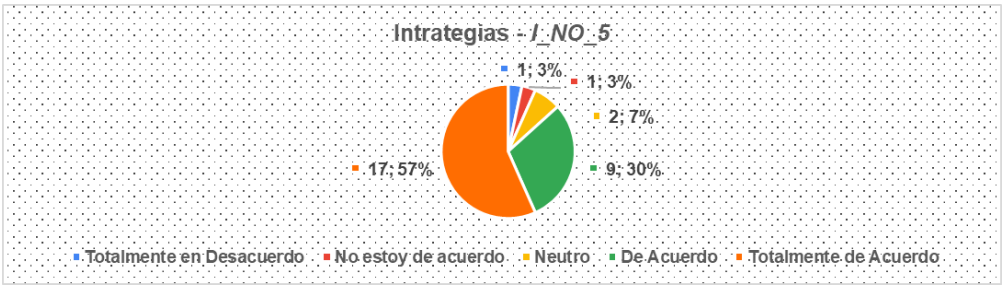


Figura 7 – Fomenta un ambiente de colaboración, comunicación y confianza entre los miembros de su equipo, y los estimula hacia el logro de los objetivos comunes.

Análisis: Tomando en cuenta los 30 jefes y directivos del GAD Municipal de Latacunga, el 1,3% indica que se encuentran totalmente en desacuerdo con el enunciado descrito, 1,3% de encuestados no están de acuerdo, 2,7% seleccionó neutro, el 9,30% de ellos mencionaron que están de acuerdo y 17,57% indican que están totalmente de acuerdo.

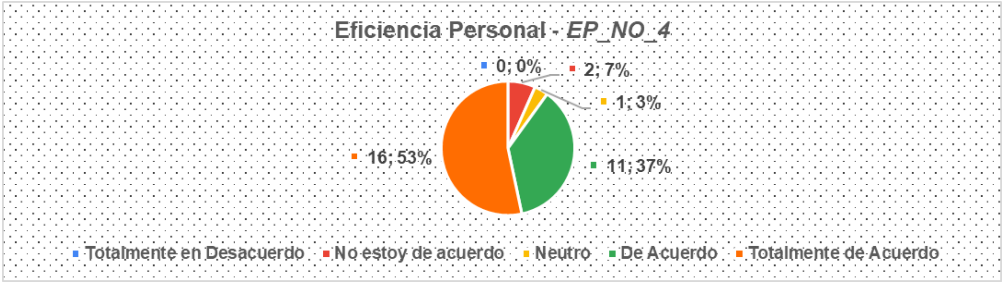


Figura 8 – Genera planteamientos y soluciones innovadoras a los problemas que se le presentan.

Análisis: Tomando en cuenta los 30 jefes y directivos del GAD Municipal de Latacunga, el 0% indica que se encuentran totalmente en desacuerdo con el enunciado descrito, 2,7% de encuestados no están de acuerdo, 1,3% seleccionó neutro, el 11,37% de ellos mencionaron que están de acuerdo y 16,53% indican que están totalmente de acuerdo.

4. Análisis de resultados

Estadísticos descriptivos			
	Media	**Desv. estándar**	**N de análisis**
E_NO_1	*4,30*	*1,055*	*30*
E_NO_2	*4,27*	*1,081*	*30*

Estadísticos descriptivos			
	Media	**Desv. estándar**	**N de análisis**
E_NO_3	*3,80*	*1,157*	*30*
E_NO_4	*4,23*	*1,104*	*30*
I_NO_1	*4,20*	*0,925*	*30*
I_NO_2	*4,27*	*0,980*	*30*
I_NO_3	*4,30*	*1,088*	*30*
I_NO_4	*4,33*	*1,028*	*30*
I_NO_5	*4,33*	*0,994*	*30*
I_NO_6	*4,40*	*0,932*	*30*
EP_NO_1	*4,23*	*1,040*	*30*
EP_NO_2	*4,37*	*0,964*	*30*
EP_NO_3	*4,37*	*0,928*	*30*
EP_NO_4	*4,37*	*0,850*	*30*
EP_NO_5	*4,40*	*0,894*	*30*
EP_NO_6	*3,93*	*1,202*	*30*

Nota: La tabla representa la media y la desviación estándar de cada ítems

Tabla 1 – Estadísticos descriptivos

Los valores obtenidos muestran que cada uno de los ítems presenta una media aproximada de 4,20 a 4,40, a excepción de los ítems 3 y 16 , que pertenece al constructo de Estrategias y Eficiencia Personal, el cuál presenta un valor de 3,80 y 3,93 siendo las más bajas. Mientras que la desviación estándar de todos los ítems oscilan entre 0,85 a 1,20, lo que demuestra una alta concentración de datos alrededor de la medida.

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0,781
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	547,082
	gl	120
	Sig.	0,000

Nota: Esta tabla contiene los datos que permiten valorar la bondad de ajuste o adecuación de los datos analizados del presente estudio.

Tabla 2 – Prueba de KMO y Bartlett

Los resultados de la prueba KMO nos ayuda a comprender la relación entre las variables, siendo el valor de 1 la más alta que puede presentar una variable y seguidas de KMO≥0,9, lo que representa que el test es bueno; KMO≥ 0,8, meritorio; KMO≥ 0,7, regular, KMO <0,6, mediocre; y KMO<0,5 Inaceptable.

Mientras que la prueba de esfericidad de Bartlett pone a prueba la hipótesis nula de que las variables no están correlacionadas en la muestra. Los valores altos (1) representa que un análisis factorial exploratorio puede ser útil, por otro lado, si el valor es <0,05, esto da paso a que se realice un análisis factorial confirmatorio (CFA) y por ende, el valor confirma la existencia de una correlación entre dimensiones o constructos.

En los resultados de esta investigación la prueba de KMO arrojó un valor de 0,781, lo cual demuestra que el análisis CFA es regular. Mientras que la prueba de Bartlett arrojó un valor de 0,00 lo que demuestra la existencia de variables correlacionadas en la muestra, lo cual pueden visualizar en la gráfica .

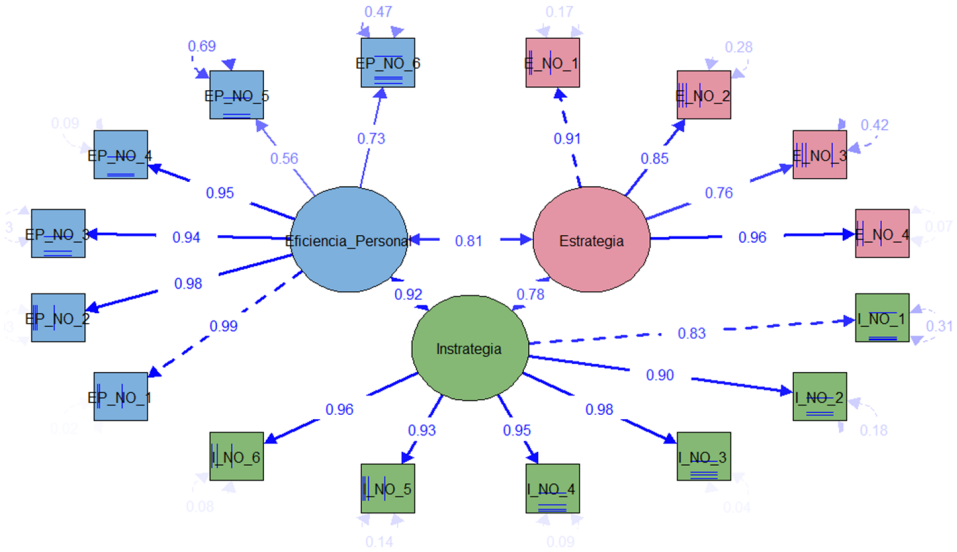


Figura 9 – Resultados de la aplicación de la prueba KMO

Comunalidades		
	Inicial	**Extracción**
E_NO_1	*1,000*	*0,766*
E_NO_2	*1,000*	*0,817*
E_NO_3	*1,000*	*0,769*

Comunalidades		
	Inicial	**Extracción**
E_NO_4	*1,000*	*0,800*
I_NO_1	*1,000*	*0,746*
I_NO_2	*1,000*	*0,779*
I_NO_3	*1,000*	*0,920*
I_NO_4	*1,000*	*0,868*
I_NO_5	*1,000*	*0,840*
I_NO_6	*1,000*	*0,877*
EP_NO_1	*1,000*	*0,892*
EP_NO_2	*1,000*	*0,899*
EP_NO_3	*1,000*	*0,849*
EP_NO_4	*1,000*	*0,855*
EP_NO_5	*1,000*	*0,838*
EP_NO_6	*1,000*	*0,580*

Nota: Análisis de componentes principales

Tabla 3 – Comunalidades

La matriz de comunalidad nos permite conocer la cantidad de varianza en cada variable que se contabiliza, es decir, valorar cuales de las variables son peor explicadas por el modelo. En la presente investigación se usó el método de extracción denominado Componentes Principales. El modelo de extracción, que actúa por defecto en el software estadístico SPSS, asume que es posible explicar el 100% de la varianza observada, por lo cual todas las comunalidades iniciales son 1.

A partir de los resultados de la matriz de componentes podemos cuestionarnos si el número de factores obtenidos es suficiente para explicar todas las variables incluidas en el análisis.

Los valores de comunalidad que presenta cada ítem de la presente investigación oscilan de entre 0,58 siendo la más baja; y 0,92 siendo la más alta. Los valores por lo general son mayores a 7,60 a excepción del ítem 16 (EP_NO_6) que demuestra una baja participación en el modelo, lo cual amerita un descarte del ítem.

Matriz de componente rotado			
	Componente		
	1	***2***	***3***
I_NO_3	*0,870*	*0,336*	*0,225*
I_NO_5	*0,869*	*0,204*	*0,209*

Matriz de componente rotado			
	Componente		
	1	*2*	*3*
I_NO_6	*0,853*	*0,333*	*0,194*
I_NO_4	*0,809*	*0,282*	*0,366*
I_NO_2	*0,797*	*0,235*	*0,299*
EP_NO_1	*0,669*	*0,342*	*0,571*
EP_NO_2	*0,629*	*0,379*	*0,600*
E_NO_3	*0,207*	*0,850*	*-0,057*
E_NO_2	*0,167*	*0,802*	*0,383*
E_NO_1	*0,388*	*0,783*	*0,042*
E_NO_4	*0,536*	*0,700*	*0,147*
EP_NO_6	*0,181*	*0,607*	*0,423*
EP_NO_5	*0,178*	*-0,041*	*0,897*
EP_NO_3	*0,541*	*0,242*	*0,706*
EP_NO_4	*0,473*	*0,548*	*0,575*
I_NO_1	*0,459*	*0,486*	*0,547*

Nota: La matriz muestra la relación que existe entre los componentes y los ítems planteados.

Tabla 4 – Matriz de componente rotado

Según (Kabacoff, 2011, citado por Sulmont, 2019), "Las rotaciones son un conjunto de técnicas matemáticas que transforman la matriz de pesos de los componentes en una que sea más fácilmente interpretable y haciendo que los componentes extraídos sean lo más diferenciados o "puros" posibles".

Por lo tanto, podemos decir que el componente 1 se encuentra mayormente correlacionado con los ítems, I_NO_2 hasta el I_NO_6 que pertenecen al constructo de Intrategia, y también se encuentran los ítems EP_NO_1 y EP_NO_2, pertenecientes al constructo de Eficiencia Personal. Mientras que en el componente 2 los ítems del constructo de Estrategia son los que mayor valor de correlación presentan, partiendo desde el ítems E_ NO_1 hasta E_NO_ 4, y un ítems EP_NO_6, que pertenece al constructo de Eficiencia personal. y finalmente tenemos al componente 3, el cuál los ítems que mayor correlación presentan son EP_NO_3 hasta el EP_NO_5 y tambien el ítems I_NO_1, que pertenecen al constructo de Eficiencia Personal e Intrategia.

Estadísticos descriptivos			
	Media	**Desv. estándar**	**N de análisis**
Constructo _E	***4,1500***	*0,95728*	*30*
Constructo _I	***4,3056***	*0,89280*	*30*
Constructo _EP	***4,2778***	*0,83084*	*30*

Nota: La matriz representa los valores estadísticos descriptivos de cada uno de los constructos planteados.

Tabla 5 – Matriz de estadísticos descriptivos

5. Análisis de los resultados

Con el análisis de la matriz de estadísticos descriptivos podemos observar que cada uno de los constructos representan una alta tasa de valoración, mismas que fueron arrojadas por el Software Estadístico SPSS**.** Por tal razón, podemos mencionar que los constructos planteados, o las habilidades gerenciales planteadas, el que presenta una mayor relevancia dentro de la entidad pública es la Intrategia o también conocida como Habilidades Humanas representada por un valor de 4,30, considerando que los límites son del 1, siendo la más baja y 5 siendo la más alta. Mientras que el segundo lugar es para el constructo Eficiencia Personal o también denominado como Habilidades Técnicas, con una valoración del 4,20 ; y finalmente el valor más bajo de 4,15 que representa al constructo Estrategia, o también denominada como Habilidades Conceptuales.

5.1. Discusión de resultados

constante capacitación y actualización de la información sobre las habilidades gerenciales actuales son necesarias para los gerentes o administradores de las distintas áreas de la empresa ya sea pública, privada o mixta, debido a que todas las habilidades mencionadas son necesarias para el desarrollo de la organización, así como para la consecución de metas y objetivos establecidos tal como lo menciona en su investigación Artieda, (2021) en el tiempo las habilidades gerenciales son un pilar para el desenvolvimiento de toda organización sea esta tanto del sector público como privado en todas las áreas administrativas como negocios, salud derecho, agropecuarias, administración, economía, alimentos, se considera que uno de los elementos centrales que diferencia a los dos enfoques de la nueva administración pública, es el papel que juega el ciudadano, este para la corriente neoempresarial, es un cliente que tiene la capacidad de decidir el proveedor de los servicios públicos, mientras que para la corriente república el usuario es un ciudadano que tiene derechos en la participación política y pública.

Es por ello que podemos decir que coincidimos en que las habilidades gerenciales en este tiempo son de vital importancia para el bienestar de una institución, debido a que estas ayudan a la obtención de los objetivos o metas en las organizaciones independientemente del sector.

6. Conclusiones

- Las habilidades gerenciales se han convertido en pilares fundamentales para el desarrollo competitivo y productivo de las organizaciones, tanto públicas como privadas. Por lo general, las entidades privadas siempre buscan ser más competitivas y productivas en el mercado, por esta razón suelen tener personal de las Altas directivas, nivel medio y los de niveles operativos más capacitados y aptos para desarrollar sus funciones. Por otro lado, las entidades públicas han marginado estos factores y no la han considerado como una estrategia para mejorar las condiciones actuales, esto sucede debido a que los ingresos de estas entidades son aportados por la ciudadanía y por esta razón mejorar la competitividad y productividad es poco significativa para la organización. Esto afecta directamente a los ciudadanos que necesitan de sus servicios para lograr sus objetivos individuales. Las entidades públicas deben considerar estos factores para lograr mayor satisfacción en los clientes, porque los ciudadanos están en su derecho de recibir y estas entidades están en su obligación de brindar mejores servicios.
- Por otro lado, los resultados de esta investigación presentaron que el constructo planteado de mayor relevancia fue la Intrategia que se encuentra relacionada o con las habilidades Humanas, seguida por el constructo de Eficiencia Personal, el cual se encuentra relacionada a las habilidades técnicas y finalmente el constructo que obtuvo el menor puntaje fue la Estrategia, el cual se encuentra relacionado con las habilidades conceptuales, Por tal razón se creó un plan de mejora con la intención de fortalecer las habilidades humanas y mejorar tanto las habilidades técnicas como las habilidades conceptuales.
- Los resultados obtenidos en análisis factorial confirmatorio CFA, demuestra que el modelo plateado, con la variable Habilidades Gerenciales y conformada por las dimensiones o constructos de Intrategia, Estrategia y Eficiencia Personal, es válida y coherente, presentado valores de 0,781 en la prueba KMO y un valor de 0,00 en la prueba de esfericidad de Bartlett, lo que demuestra una correlación entre las dimensiones o constructos planteados.
- Las correlaciones de los constructos fueron mayores entre la Intrategia y Eficicencia Personal, el cual arrojó un valor de 0,92, mientras que la correlación entre los demás constructos oscilaron entre 0,78 y 0,81, los cuales son valores significativos.
- Finalmente, cabe destacar que las habilidades gerenciales son necesarias en todos los sectores, tanto públicos, privados y mixtos. Las entidades, para ser productivas y competitivas, necesitan de directivos comprometidos y hábiles, que logren tomar decisiones favorables para la organización y que encaminan a los demás miembros de la organización con una visión clara y sobre todo motivados a cumplir metas y objetivos.

7. Recomendaciones

- Como se ha podido observar en el proyecto de investigación, las habilidades gerenciales tienen gran influencia en los resultados que una organización planea obtener por lo que se recomienda emplear cada una de ellas.

- Se sugiere una implementación de lugares de información en donde se pueda conocer de mejor forma los logros que se va constituyendo con el paso del tiempo dentro del Municipio, consiguiendo así que quienes sean parte de la municipalidad de Latacunga se sientan partícipes de ellos.
- Establecer un sistema de retro aprendizaje y evaluación de la efectividad de la propuesta para asegurar su éxito. Además, es de importancia informar de manera clara los beneficios de la propuesta al personal y alinearse con los objetivos estratégicos del GAD Municipal.

Referencias

Análisis Factorial. El Procedimiento del Análisis Factorial. (n.d.). Análisis factorial. Retrieved August 7, 2023, from http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/GuiaSPSS/20factor.pdf

Aráuz, A. F. (2015). APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FACTORIAL CONFIRMATORIO A UN MODELO DE MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN LECTURA1. *Ciencias Económicas*, *33*(2), 39-66. http://dx.doi.org/10.15517/rce.v33i2.22216

Artieda, Guarnizo, Caiza, & Vayas. (2021, Octubre 20). LAS HABILIDADES GERENCIALES EN LA GESTIÓN PÚBLICA.

Ávila, M. M. (2007). Confirmatory factor analysis: a knowledge management model in the public university. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo RIDE*, *2*(23), 1-103. https://www.scielo.org.mx/pdf/ride/v12n23/2007-7467-ride-12-23-e059.pdf

Caiza, E. P. (2018, Marzo). *Habilidades*. FamiliAvance. Retrieved August 1, 2023, from https://familiavance.com/habilidades/

Edith, S. R. (2021, Enero 31). Management skills in the organizational development of IT service companies, San Isidro. *Digital Publisher*, *6*(2), 148-163. https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/472/634

García, Cardona, & Chinchilla. (2013). Las competencias directivas más valoradas. *IESE Business School. Occasional Paper*. http://www.iese.edu/research/pdfs/op-01-04.pdf

Gómez, M. (2010). Definición de un método para el diseño de juegos orientados al desarrollo de habilidades gerenciales como estrategia de entrenamiento empresarial. Universidad Nacional de Colombia. http://www.bdigital.unal.edu.co/1968/

Guarnizo, Caiza, & Vayas. (2021, 10 31). Las habilidades gerenciales en la gestión pública. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2521-27372021000200149

Leyva, A., Espejel, J., & Arroyo, J. (2020, April 7). *Efecto del desempeño del capital humano en la capacidad de innovación tecnológica de Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes) | Innovar*. Revistas Unal. Retrieved August 7, 2023, from https://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/85192

Leyva, A., Espejel, J., & Cavazos, J. (2017, January 17). *Habilidades gerenciales como estrategia de competitividad empresarial en las pequeñas y medianas empresas (Pymes)*. Redalyc. Retrieved August 7, 2023, from https://www.redalyc.org/pdf/6722/672271530001.pdf

Leyva, A. B., Espejel, J. E., & Cavazos, J. (2017, Marzo). Habilidades gerenciales como estrategia de competitividad empresarial en las pequeñas y medianas empresas (Pymes). *Revista Perspectiva Empresarial*, *4*(1), 7-22. https://www.redalyc.org/pdf/6722/672271530001.pdf

Martínez, M. (2021, Julio 23). *Análisis factorial confirmatorio: un modelo de gestión del conocimiento en la universidad pública*. Wiktionary. Retrieved August 7, 2023, from http://www.scielo.org.mx/pdf/ride/v12n23/2007-7467-ride-12-23-e059.pdf

Mavro, I. (2015, 09 10). Análisis factorial exploratorio: cuestiones conceptuales y metodológicas. *Revista Nebrija*, (19). https://www.nebrija.com/revista-linguistica/analisis-factorial-exploratorio.html#:~:text=El%20An%C3%A1lisis%20Factorial%20Exploratorio%20

Mintzberg, Quinn, & Voyer. (1997). El proceso estratégico: conceptos, contextos y casos (1a ed.). Naucalpan de Juárez, México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. Retrieved. https://books.google.com.co/books?id=YephqTRD71IC

Niebles, L., Torres, K., & Montenegro, A. (2020, Noviembre). *HABILIDADES GERENCIALES COMO HERRAMIENTA PARA EL FORTALECIMIENTO DEL LIDERAZGO TRANSFORMACIONAL EN LAS MIPYMES*. Repositorio Uniatlántico. Retrieved August 7, 2023, from https://repositorio.uniatlantico.edu.co/bitstream/handle/20.500.12834/1030/admin, + HABILIDADES+ GERENCIALES+ COMO+ HERRAMIENTA+ EN+MIPYMES.pdf?sequence =1

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 02/05/2024
Aceitação/Acceptance: 10/07/2024

Apoyando las tareas de escritura de un estudiante sordo de inglés

Paulina Alexandra Arias Arroyo[1], Sofia Alejandra Paredes Gamboa[2]

paulina.arias@utc.edu.ec; sofia.paredes9474@utc.edu.ec

[1] Technical University of Cotopaxi, Pujilí, 050403, Cotopaxi, Ecuador

[2] Technical University of Cotopaxi, Pujilí, 050403, Cotopaxi, Ecuador

Pages: 630-643

Resumen: El propósito de este estudio descriptivo cualitativo fue examinar cómo una estudiante de inglés sorda utilizó Grammarly y QuillBot para sus tareas de escritura en inglés, en una institución pública en Ecuador. Participaron una estudiante sorda y una intérprete de lengua de signos. Se utilizaron entrevistas y tareas de escritura para recolectar datos. Se utilizó análisis temático y una rúbrica. Además, una tabla comparativa mostró los resultados de las actividades de paráfrasis antes y después del uso de Quillbot y Grammarly. Los resultados de las entrevistas revelaron las dificultades que enfrentan los estudiantes sordos al escribir tareas en inglés, incluidas la comprensión del significado de las palabras, la comprensión del idioma inglés y la formación de oraciones. Además, el proceso de comparación reveló resultados beneficiosos para la escritura en inglés. El estudio enfatiza cómo Grammarly y Quillbot pueden mejorar significativamente la claridad de las tareas de escritura para estudiantes sordos.

Palabras clave: discapacidad auditiva; tareas de escritura; Grammarly; QuillBot.

Supporting Writing tasks of a deaf English learner

Abstract: The purpose of this qualitative descriptive study was to examine how a deaf English student utilized Grammarly and QuillBot to assist with writing assignments in English, at a public institution in Ecuador. The participants were a deaf learner and a sign language interpreter. Interviews and student-completed writing assignments were used to collect data. The data from the interviews were analyzed using thematic analysis, and a rubric was utilized to grade the writing tasks. Additionally, a comparison table displayed the results of paraphrase activities both, before and after Quillbot and Grammarly use. The results of the interviews provided insight into the difficulties deaf students face when writing assignments in English, including understanding word meaning, English language comprehension, and forming sentences. Additionally, the process of comparison revealed beneficial outcomes for English writing. The study emphasizes how Grammarly and Quillbot may significantly improve the clarity of writing tasks for students who are deaf.

Keywords: deaf learners; writing tasks; Grammarly; QuillBot.

1. Introduction

Writing stands as an essential skill for university students, enabling the expression of thoughts and ideas through legible symbols, such as alphabetic letters, punctuation marks, and spaces. Al Fadda (2012) highlights the challenges faced by students, particularly in distinguishing between spoken and written English styles, which can be exacerbated for those with hearing impairments. For instance, Berent et al. (2001) have pointed out that the ability of deaf students in comprehending simple grammatical structures in English skills is a major problem that affects their overall writing capabilities. However, in a recent study by Anderson et al.,(2017) the authors differentiate between hearing loss and speech disorders since, though having difficulties in expressing themselves, deaf people are able to perform certain activities. Although they face such challenges, there is, thus, help in writing improvement courtesy of technology like Grammarly and QuillBot (Fitria, 2021, Xuyen, 2023). Deaf writers require more time to complete a given task than their hearing peers possibly due to the aforementioned difficulties such as grammar, spelling, and content generation; and therefore, have a smaller English vocabulary compared to hearing writers (Malik & Din, 2019; Sarchet et al., 2014). Domagała-Zyśk & Kontra (2016) also emphasize the need to provide teaching interventions during a learning process that is fully inclusive of students with a hearing impairment and non-disabled students, in this case.

Research by Zirzow (2019), Mishra et al. (2010), Hlatywayo & Muranda (2015), and Baglama et al. (2018) conclude that technology increases the efficiency of writing in different students, especially the deaf ones. First, relying on Zirzow (2019), it is necessary to mention that educational technology enhances the potentials of engaging knowledge in group activities and developing persons' skills, especially in terms of communication deficiencies. Hlatywayo and Muranda (2015) have employed Technological applications in accessibility to Linguistic Resources that assist in developing literacy skills as a means of supporting the Deaf students. Baglama et al. (2018) expand on these findings by showing the positive impact of using technological instructions on writing skills; supporting the viewpoint that computers and devices are pre-requisites tools in enhancing learning environment for hearing impaired users. In the same manner, from this series of studies, it could be postulated that technology has important contribution in writing process of a deaf learner.

English as a Foreign Language continues to expand its relevance as a medium of international interaction across various domains including commercial, educational, and recreational (Vonkova et al., 2021). Education wise, it plays a crucial role in the removal of language barriers to communication, especially in a classroom context (Quimosing, 2022). Moreover, at the university level, competence in English is not only confined to understanding and producing written and spoken language but also embracing research-based most often academic practices such as writing articles and discussion (Haeriati & Lodo, 2023). Thus, there is an exigency for students to enhance the competencies in language to address the challenges of modern learning and future careers. The concept of inclusive pedagogy in the university context involves the framing of an environment that provides equality to the learners and help them to learn according to their potential and proclivities (Thomas & May, 2010; UNESCO, 2023). In Ecuador, laws like *Ley No. 675* emphasize inclusive education, ensuring equal

access to educational opportunities (Ley No. 675, 2023). Curriculum differentiation for children with Special Educational Needs refers to curriculum accommodations based on individual student needs, including the mode of learning and teaching (Ministerio de Educación, 2013). Collaboration among educators, special education professionals, and stakeholders ensures responsive adaptations to evolving student needs (Ministerio de Educación, 2013). For the deaf students in Ecuador, the government's Ministry of Education has adopted Bilingual Bicultural National Educational Model, where ideas of integration and equality are underlined (Ministerio de Educación, 2019).

Measures aimed at overcoming the writing difficulties of deaf students include identifying certain difficulties, for example, limited opportunities to practice with proficient writing samples (Vizzi et al. , 2023). Recommendations with regard to increasing deaf people's interest in writing include encouraging deaf children's joy of reading and incorporating them into the process of telling a story (Deaf Children Australia, 2012). Holistically, the use of technology has proved to be an effective tool in enhancing writing skills and therefore its incorporation will be advantageous to the deaf students as it helps in minimizing communication impairment and encouraging the writing skills (Tahsaldar and Semaan 2018). Among the apps that can help in enhancing the quality of written text, Grammarly and QuillBot appear as more crucial technological tools that perform grammatical check and provide rewording tools (Karyuatry, 2018; Perdana et al.,2021; Nurmayanti & Suryadi, 2023). These tools also facilitate feedback and assessment processes, contributing to the academic success of deaf learners by enhancing writing proficiency and enriching the overall quality of writing works (Ministerio de Educación, 2013).

Under those circumstances, this study endeavored to analyze the use of Grammarly and QuillBot to support academic writing tasks of a deaf English student at a public university in Ecuador, during the academic period from April to August 2023. To meet this objective, there were established three research questions.

- What are the challenges a deaf English student presents when performing English writing tasks?
- What are the perspectives a deaf English student has after using technological tools to support her writing tasks?
- What is the effect of the use of technological tools on writing tasks of a deaf English learner?

2. Methodology

The methodology approach used was qualitative, in line with the descriptive method. To analyze data, it was used thematic analysis following the steps suggested by Braun & Clarke (2012).

In order to assess the effect of integrating Grammarly and QuillBot into a deaf learner's writing process, related to the third research question, two writing tasks were analized—one conducted prior to tool use and the other post-tool implementation. Both tasks were conducted under the supervision of the subject professor, with the assistance of a paraphrasing rubric to evaluate the student's performance.

2.1. Research context and participants

This investigation reveals the results gotten in a research done to obtain the bachelor's degree in National and Foreign Language Pedagogy, English Major. It took place at a public university of Ecuador, with the participation of two people, one student majoring in English in the Pedagogy of National and Foreign Languages Department, who has a hearing impairment; and the hearing-impaired student's sign language interpreter. The cooperation of the two informants allowed the researchers to obtain points of view that complemented the study, as well as permitted the triangulation of the information obtained.

2.2. Ethical considerations

The participants provided their written authorization, guaranteeing that they were fully aware of the purpose of the study and that they were willing to share their thoughts and experiences. The participants were assigned codes to ensure their anonymity. The deaf student was identified as (DS); meanwhile the sign language interpreter had the code (DSI).

2.3. Data collection procedure

A structured interview was the method utilized to gather the viewpoints and opinions of the deaf English language learner and the sign language interpreter. The interview was conducted in two moments of the research. The first moment allowed the researchers to obtain the comments of deaf student regarding the challenges she presented when performing English writing tasks. From this first analysis, it was inferred one main theme with three categories: words meaning, English language understanding and word order.

Based on the analysis of these first results, it was decided to train the participant in strategies to use the Grammarly and QuillBot tools. The student underwent a four-week training program, with three sessions per week throughout each week. The initial two weeks were dedicated to comprehensively explaining the functionalities, purposes, and limitations of two specific technological tools, thus focusing primarily on theoretical aspects. Weeks 3 and 4 were then devoted to practical application, demonstrating how to effectively utilize these tools through writing task examples, with a particular emphasis on paraphrasing exercises to facilitate skill development. Throughout the entire training period, a sign language interpreter provided assistance, ensuring accessibility and effective communication.

The second moment was to interview the participant (deaf learner) after the use of the technological tools, this process permitted to get one theme and three subcategories.

In addition, interviews were applied to the interpreter, the same two moments, the first moment was to know what strengths or weaknesses the deaf student had in the development of writing skills, and the second moment was after the application and training with the technological tools, in order to know the student's perceptions, based on the two technological tools to contrast the deaf student's opinions.

Furthermore, two writing assignments provided by a deaf student's professor were selected, in the first writing assignment the student did not use the technological tools,

while the other assignment was after practicing with the two technological tools. The writing tasks were analyzed with a rubric in which the elements that a paraphrasing task should contain; in this sense, the use of synonyms and the change of structures within the paraphrase, were considered in the analysis of pre and post writing task. The deaf learner's paraphrasing and writing abilities were made clear by this process, in the two instances where she used and did not use the technological aids, respectively. A thorough evaluation of the student's proficiency in both scenarios was made by the rubric, and in the end, a comparative table was created to compare the two assignments (see Table 3). It was possible to identify variations between the writing assignments completed before and after using the tools in this way.

3. Results

The findings from the three study stages are shown in this section. The first and second phases reflect the outcomes of the interviews conducted both, before and after QuillBot and Grammarly were used. The findings of the previously described comparison of the tasks performed by the deaf learner, with and without the use of technology tools, are presented in the third stage.

3.1. Challenges in writing skills

To answer the first research question regarding to the challenges a deaf English student presents when performing English writing tasks, the interview responses were analyzed, and as a result, the first theme obtained was the challenges in writing skills, with three subcategories: a) Words meaning; b) English Language understanding; and, c) Word order (Paredes, 2024).

3.1.1. Subcategory: Words meaning

The deaf student bemoaned running into new words and noted that it was difficult for him to understand some vocabulary terms. He said, *"(…) hay palabras que no conozco el significado"* [There are words that I don't know the meaning] (DS) (Paredes, 2024). As the interpreter noted, "ella tiene un vocabulario limitado, no conoce el significado de algunas palabras" [She has a limited vocabulary; she does not know the meaning of some words] (DSI) (Paredes, 2024), this limitation not only makes it difficult for her to express herself clearly in writing but also poses a significant obstacle to increasing her overall writing proficiency The difficulties faced by deaf pupils, who could have extra challenges in word acquisition because of their hearing disability, are especially noteworthy. This is consistent with Zirzow's (2019) research, which highlights the deaf students' restricted language access, vocabulary deficiencies, and lower exposure to English in comparison to their hearing peers. These findings highlight the need of addressing this issue in educational interventions.

3.1.2. Subcategory: English language understanding

The deaf learner's comments, which read, "(..) no puedo entender muy bien en inglés," ["(..) I can't understand very well in English."] (DS) (Paredes, 2024), highlighted her difficulties understanding and writing in the language.. This shortcoming is a major hindrance to her overall writing skills and is especially prevalent in non-native English

speakers: “Writing in English is difficult.” [“writing in English is difficult.”] (DS); “Escribir en inglés es complicado, no entiendo muy bien” [“in English it is difficult to write, I don’t understand very well.”] (DS) (Paredes, 2024). These difficulties can be made worse for deaf students by possible gaps in their exposure to spoken English and linguistic subtleties. According to Mishra et al. (2010), deaf students face additional challenges as a result of their hearing limitations. These challenges put them at a disadvantage in a number of tasks, including finding fully accessible English learning resources, which hinders their ability to learn the language and understand expressions that are not available in their native tongue. It is clear that in order for deaf pupils to overcome these linguistic difficulties, specialized treatments and easily accessible materials are essential. Teachers can promote more fair and successful English language instruction by recognizing their unique requirements and providing inclusive learning resources.

3.1.3. Subcategory: Word order (sentence structure)

The feedback provided by participants reveals noteworthy obstacles related to sentence structure and word order in English writing, which impede the deaf learner’s comprehension of grammatical rules: *“algunas oraciones suelen confundirme”* - [“some sentences tend to confuse me”] (DS) (Paredes, 2024). These challenges arise from the distinctions between Spanish and English, which are exacerbated by the absence of functional terms in sign language structure. This makes learning English much more difficult for her: “*en la estructura suelo confundirme también, no es igual que escribir en español”*- [“in the structure, I tend to get confused too, it’s not the same as writing in Spanish”.] (DS) (Paredes, 2024). Due to their hearing loss, deaf students have additional language barriers that make it more difficult for them to understand and apply grammatical rules: *“tiene mucha dificultad al ordenar palabras”*- [“She has a lot of difficulty ordering words”] (DSI) *“Muy difícil la estructura de las oraciones”*- [“It is very difficult the sentences structure”] (DS) (Paredes, 2024). The research of Mishra et al. (2010) reveals that students with hearing impairments frequently have poor language abilities, which exacerbates problems with writing sentence construction. These results highlight the significance of tackling these particular language acquisition barriers, particularly for deaf students, by means of focused educational interventions meant to improve their comprehension and competency in English grammar, and sentence structure.

3.2. Technological tools

The second step corresponds to getting the participants’ comments after the use of the technological tools, in order to answer the second research question concerned to the perspectives a deaf English student has after using technological tools to support her writing tasks. As a result, it was possible to get one theme: Technological tools usage, and four subcategories: a) Challenges using technological tools; b) Grammarly use; c) QuillBot use; and, d) Confidence in improving writing skills (Paredes, 2024).

3.2.1. Subcategory: Challenges using technological tools

The remarks made by the participants disclosed their lack of experience with technical tools and the difficulties they encountered in comprehending their proper use:: *“No*

conocía estas herramientas fue un poco difícil de entender su uso"- ["I didn't know about these tools, it was a little difficult to understand how to use them."] (DS); *"son herramientas nuevas para mi también, no conocía estas herramientas y su uso"*- ["for me they are also new tools, I didn't know these tools or their use".] (DSI) (Paredes, 2024). For the participants, using the tools was significantly hampered by their lack of prior knowledge. These answers highlight how crucial it is to provide students with thorough training and direction when integrating new technology resources into the classroom. The results of Baglama et al. (2018) provide credence to the idea that the use of technology tools can have a beneficial effect on the development of writing abilities; yet, in order to maximize their usefulness, it is crucial to guarantee that users receive sufficient support. Teachers are therefore urged to offer extra support and resources for helping students get past their early challenges and make the most of these resources.

3.2.2. Subcategory: Grammarly use

The deaf student acknowledged that Grammarly was extremely helpful to assist her in writing more effectively, noting how well it corrected grammatical errors, enhanced sentence structure, and improved vocabulary: *"me corrigió la escritura de palabras, también la escritura de oraciones, me señaló qué debo corregir."* - ["It (Grammarly) corrected me on the writing of words, also the writing of sentences, it pointed out to me that I should correct.] (DS);"*Grammarly también me ayudó con escritura correcta de la estructura de oraciones y palabras."*-[Grammarly also helped me with correct writing of sentence and word structure.] (DS) (Paredes, 2024). Additionally, the deaf learner interpreter observed that Grammarly assisted the student in organizing her thoughts and visualizing grammatical elements, which in turn led to a reduction in spelling errors and an increase in confidence: *"Grammarly le ayudó a ordenar sus ideas, pudo visualizar más lo que era la parte gramatical"*- [Grammarly helped her to sort out his ideas and she was able to visualize better the grammatical elements] (DSI) (Paredes, 2024). These results are consistent with earlier studies, like Fitria's (2021) research, which showed the beneficial effects of comparable tools on college students' writing skills. Additionally, studies conducted by Baglama et al. (2018) provide credence to the notion that technology tools such as Grammarly might have a good impact on the development of writing skills, especially for those with hearing impairments. As a result, participants' positive opinions of Grammarly support the data that is already available, indicating that it may be useful in assisting deaf learners with their writing.

3.2.3. Subcategory: QuillBot use

The benefits of using QuillBot to improve paraphrase abilities and aid in text comprehension were emphasized by the participants. Their encouraging comments suggest that QuillBot was a useful tool for handling writing assignments requiring content rephrasing: "*QuillBot fue muy útil para hacer una tarea de parafraseo de varios textos."*-["QuillBot was very helpful in doing a paraphrasing assignment of various texts."] (DS) (Paredes, 2024). Furthermore, the deaf participant and the sign language interpreter both mentioned how simple it is to search for synonyms and phrase meanings using QuillBot, indicating that its design is straightforward and user-friendly, which may help students who struggle with writing: *"Con QuillBot es fácil buscar los sinónimos y sentido a frases"*- ["With QuillBot it is easy to search for synonyms and meaning in

sentences"] (DS). "*QuillBot fue útil para los sinónimos, y a la vez le ayudaba a entender los párrafos que ella parafraseaba.*"- ["QuillBot was useful for finding synonyms, and at the same time, it helped her comprehend the paragraphs she paraphrased."] (DSI) (Paredes, 2024). These results are consistent with Fitria's (2021) study, which showed benefits from using comparable paraphrase techniques with college students. Moreover, QuillBot's ability to suggest synonyms and support with text comprehension may be especially helpful for deaf pupils, who can face more difficulties understanding written material. All things considered, these answers point to QuillBot as a potentially useful tool for assisting students with their writing processes and providing a quick and easy way to improve their paraphrasing and text comprehension abilities.

3.2.4. Subcategory: Confidence in improving writing skills

The deaf learner's comments emphasized the hope that QuillBot and Grammarly will improve her writing abilities: *"Sí, las dos herramientas me ayudarán a mejorar en la escritura, y a escribir mejor en muchas tareas que me envíen los profesores."*- ["Yes, the two tools will help me get better at writing, and write better on many assignments that teachers send me."] (DS) (Paredes, 2024). Furthermore, the deaf learner and her interpreter conveyed hope that these tools will help deaf students write better, highlighting the significance of tools for assisting with comprehension and vocabulary growth: *"( )van a entender el proceso al buscar palabras o sinónimos a las palabras y saber cómo se realiza un parafraseo."*- ["(...) they (deaf learners) are going to understand the process by looking up words or synonyms to words and knowing how paraphrasing is done."] (DSI) (Paredes, 2024). These findings show a trend in the right direction toward the use of technology in the classroom, supporting earlier studies by Zirzow (2019) and Fitria (2021), who found that students using similar resources improved their writing significantly. These results demonstrate how technological tools can help students with specific learning requirements, such as the deaf, strengthen their language skills and provide a more inclusive learning environment.

Additionally, the answers highlight how important these tools are for improving grammar, expanding vocabulary, and assisting with text comprehension. This finding aligns with the conclusion drawn by Baglama et al. (2018), who showed that similar technologies produced positive results for verb tense accuracy and sentence structure. Therefore, it is clear that tools like Grammarly and QuillBot can be quite helpful for students who are having trouble with language, providing timely and focused support during the writing process.

3.3. Grammarly and QuillBot effect

Initial findings revealed that in the pre-tool task, the deaf student predominantly resorted to direct copying and quoting from the original text, failing to engage in paraphrasing. Furthermore, she did not utilize synonyms to modify the original text, resulting in no alteration in meaning or length, possibly indicating difficulty in executing paraphrasing and reluctance to alter sentence structures. (See Table 1)

Original text	Deaf student's task (direct copying and quoting from the original text)
Knowledge and control of grammar is widely developed by learning rules, norms, structures, etc. Reading and writing work is deepened. Literature is used to a large extent, through which the culture related to the English language is learned, in addition to the development of learning English through translation. (Rodríguez, 2021).	Knowledge and control of grammar is widely developed by learning rules, norms, structures, etc. Reading and writing work is deepened. Literature is used to a large extent, through which the culture related to the English language is learned, in addition to the development of learning English through translation. (Rodríguez, 2021).

Note. Writing assignment provided by the deaf student's professor.

Table 1 – Prior deaf student´s paraphrasing task

However, after following comprehensive instruction on the functionalities of Grammarly and QuillBot, in the second paraphrasing task provided by the deaf student's professor, it was observed that through the use of technological tools, the student was able to paraphrase by employing synonyms and changing sentence structures. It is important to emphasize that the student did not simply maintain the paraphrased text provided by QuillBot; instead, she was able to select synonyms according to the context in which the text was situated. (See Table 2)

Original text	Deaf student's paraphrasing with technoligical tools assistance	QuillBot's automatic paraphrasing
To examine how the four background variables of the DHH children: STS knowledge, hearing loss, deafness (including deaf children without use of spoken language), and bilingual experience, together and separately, contribute to the children's spelling skills. quantitative and qualitative, comparative study, schools, and hospitals 33 children (23 girls and 10 boys) between 9.9 and 11.6 years old were recruited.	To investigate the effects of the four background factors on the spelling abilities of deaf and hard young people: STS information, hearing impairment, hearing (which includes hard-of-hearing children with use of expressed language), and bilingual experience. Relative studies, quantitative and qualitative research, and hospitals and schools Between the ages of 9.9 this month and 11.6 years old, 33 kids (twenty-three girls & 10 boys) were recruited.	To look at the effects of the four background characteristics on the spelling skills of deaf generations: STS information, hearing impairment, hearing (which Deaf learners with use of expressed language), and bilingual participation. Comparative studies, quantitative and qualitative research, and hospitals and schools Between the ages of 9.9 this month and 11.6 years old, 33 kids (twenty-three girls & 10 boys) were recruited

Note. Writing assignment provided by the deaf student's professor. The highlighted parts on the chart, shows how the student altered the text provided by QuillBot and chose synonyms that corresponded to the original text. Additionally, she adjusted the sentence structure, which she did not do in the initial task.

Table 2 – Post deaf student´s paraphrasing task

Finally, a comparison was made between pre- and post-tool usage performances in a similar writing task (paraphrasing). The subsequent analysis indicated positive outcomes in the paraphrasing task, as assessed by the rubric. Notably, the technological tools facilitated the incorporation of synonyms and manipulation of structures to

construct well-elaborated sentences, enabling the student to meet the criteria outlined in the rubric effectively. (See Table 3)

Assessment criteria	Prior implementation task		Post implementation task	
	Yes	No	Yes	No
Use of Synonyms *Use synonyms (keep the same word if it is a special terminology)*		X	X	
Keep the meaning *Keep the same meaning of the original*	X		X	
Keep the information *Do not add any extra information or leave out information*	X		X	
Structure of sentences *Change the order of words or sentence structure*		X	X	
Citation *Include the citation of the source where you take the ideas (If this is for research purposes)*	X		X	
Text length *Keep the same length as the original*	X		X	

Note. Retrieved from Paredes, S. (2024). Grammarly and QuillBot in supporting a deaf English learner's writing academic task. [Research report before obtaining the bachelor's degree in National and Foreign Language Pedagogy, English Major, Universidad Técnica de Cotopaxi]. https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/11814/1/PP-000379.pdf

Table 3 – Rubric used in pre and post tools implementation

Overall, the results indicate that the deaf learner's writing proficiency was positively impacted by the integration of Grammarly and QuillBot, especially in assignments involving paraphrase. The tools helped with phrase rearrangement and the use of synonyms, which improved adherence to the rubric's requirements. This emphasizes how useful technology can be in helping pupils acquire new languages and improve their writing abilities, especially those who face severe language barriers like deaf students.

4. Conclusions

The deaf learner's interview yielded insightful information on the difficulties she had in developing her writing skills, with a particular emphasis on word understanding. The learner faced significant challenges in understanding the meanings of particular

English words, a task made worse by the language's intrinsic complexity. Her linguistic restrictions also make matters more difficult for her in this aspect. In addition, the student found it difficult to manipulate phrase structures effectively. Notably, the interpreter and the deaf student both raised problems with language understanding, highlighting the deaf learner's limited vocabulary and the particular challenges she faces when putting sentences together.

The interview strategy also showed that the deaf student had positive perceptions after using both technological tools in an academic paraphrase exercise. She also emphasized the benefits of QuillBot and Grammarly. Regular usage of these assistive technology tools could potentially improve and lessen the difficulties deaf students have when completing written assignments. This emphasizes how combining Grammarly with QuillBot might improve deaf students' academic writing experiences by providing them with useful tools.

Furthermore, the analysis of the impact of Grammarly and QuillBot on an assignment of writing completed by the deaf student revealed significant improvements in the assessed paraphrase work. The rubric assessment shows that the assignments did not use sentence structures or synonyms when paraphrasing before these tools were integrated. But after QuillBot and Grammarly were put into use, it was clear that these technical tools functioned as automatic helpers, making recommendations while completing writing assignments. This clear improvement between the pre- and post-application stages highlights how these assistive technologies work well to overcome the difficulties that come with these kinds of assignments and increase the quality of assignment presentation, especially for deaf English learners.

The study's conclusions generally have significant relevance for educational practices and signal the arrival of novel approaches designed to increase deaf students' access to and success in developing their English writing skills. With the knowledge gained from this study, educators can create focused interventions aimed at creating a more diverse and equal learning environment.

Although this study highlights the potential benefits of using QuillBot and Grammarly to help deaf English students with their academic writing, there were a number of intrinsic research constraints. First off, the study's short period (April to August 2023) would not have fully captured the complexities or long-term effects of incorporating these tools into academic writing assignments for deaf students. Secondly, the utilization of the sign language interpreter may generate biases or communication hurdles, that could impact the research process and the quality of the data during data collection. Furthermore, while technical problems with these platforms may have an impact on student experiences and outcomes, concentrating just on Grammarly and QuillBot as support tools, ignores the investigation of alternative technological or pedagogical approaches that could boost their usefulness. Finally, in order to contextualize the results and direct future research efforts aimed at improving academic support mechanisms for deaf students, as well as advancing knowledge and practices to foster inclusive and empowering educational environments for deaf students, it is imperative that these limitations be acknowledged and addressed.

References

Al Fadda, H. (2012). Difficulties in academic writing: From the perspective of king Saud university postgraduate students. *English language teaching*, *5*(3). https://doi.org/10.5539/elt.v5n3p123

Anderson, R., Wiryana, F., Ariesta, M. C., & Kusuma, G. P. (2017). Sign language recognition application systems for deaf-mute people: a review based on input-process-output. Procedia computer science, 116, 441-448. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917320720

Baglama, B., Haksiz, M., & Uzunboylu, H. (2018). Technologies used in education of hearing impaired individuals. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, *13*(09), 53. https://doi.org/10.3991/ijet.v13i09.8303

Berent, G. P. (2001). English for deaf students: Assessing and addressing learners-grammar development. En D. Janáková (Ed.), *International Seminar on Teaching English to Deaf and Hard-of-Hearing Students at Secondary and Tertiary Levels of Education: Proceedings* (pp. 124-134). The KarolinumPress.https://www.rit.edu/~wntidpen/newdownloads/workshop/cr/2004/2-Berent/Berent%20Prague%202001%20Paper.pdf

Braun, V., & Clarke, V. (2012). Thematic analysis. En *APA handbook of research methods in psychology, Vol 2: Research designs: Quantitative, qualitative, neuropsychological, and biological* (pp. 57–71). American Psychological Association. https://doi.org/10.1037/13620-004

Deaf Children Australia. (2012). *Deaf and Hard of Hearing Students and Reading and Writing*. Org.au. https://www.deafchildrenaustralia.org.au/wp-content/uploads/2021/06/reading-writing.pdf

Domagała-Zyśk, E., & Kontra, E. H. (Eds.). (2016). English as a foreign language for deaf and hard-of-hearing persons: Challenges and strategies. Cambridge Scholars Publishing. https://repozytorium.kul.pl/server/api/core/bitstreams/e07fbe30-e513-4992-ad70-87c49e523449/content

Fitria, T. N. (2021). Grammarly as AI-powered English Writing Assistant: Students' alternative for Writing English. *Metathesis Journal of English Language Literature and Teaching*, *5*(1), 65. https://doi.org/10.31002/metathesis.v5i1.3519

Fitria, T. N. (2022). Avoiding plagiarism of students' scientific writing by using the QuillBot paraphraser. *Elsya : Journal of English Language Studies*, *4*(3). https://doi.org/10.31849/elsya.v4i3.9917

Haeriati A, &. Lodo R. (2023). Introduction of English for University Student. Pt global eksekutif teknologi. [File PDF]

Hlatywayo, L., & Muranda, A. Z. (2015). Teaching strategies and technological tools that enhance literacy development among learners with hearing impairment. *International Journal of Novel Research in Humanity and Social Sciences*, *2*(1), 19-25. https://www.noveltyjournals.com/upload/paper/Teaching%20strategies%20and%20technological%20tools-124.pdf

Karyuatry, L. (2018). Grammarly as a tool to improve students' writing quality: Free online-proofreader across the boundaries. JSSH (Jurnal Sains Sosial dan Humaniora), 2(1), 83-89. https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JSSH/article/view/2297

Malik, M., & Din, N. ud. (2019). *Writing skills development among students with deafness at elementary level. Bulletin of Education and Research*, *41*(1), 1-16. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1217863.pdf

Ministerio de Educación. (2013). *Guía de adaptaciones curriculares para la educación inclusiva*. https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Guia-de-adaptaciones-curriculares-para- educacion-inclusiva.pdf

Ministerio de Educación. (2019). Modelo Educativo Nacional Bilingüe Bicultural para-Personas con Discapacidad Auditiva. https://educacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2020/02/Modelo-Educativo-Bilingue-Bicultural-para-Personas-con-Discapacidad-Auditiva.pdf

Mishra, M. P., Sharma, V. K., & Tripathi, R. C. (2010). ICT as a tool for teaching and learning in respect of learner with disability. National Open University Journal. https://oasis.col.org/server/api/core/bitstreams/d9b09b6a-e997-4e4e-869e-4e8608d692cc/content

Nurmayanti, N., & Suryadi, S. (2023). The effectiveness of using Quillbot in improving writing for students of English education study program. *Jurnal Teknologi Pendidikan : Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pembelajaran*, *8*(1), 32. https://doi.org/10.33394/jtp.v8i1.6392

Paredes, S. (2024). Grammarly and QuillBot in supporting a deaf English learner's writing academic task. [Research report before obtaining the bachelor's degree in National and Foreign Language Pedagogy, English Major, Universidad Técnica de Cotopaxi]. https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/11814/1/PP-000379.pdf

Perdana, I., Manullang, S. O., & Masri, F. A. (2021). Effectiveness of online Grammarly application in improving academic writing: review of experts experience. *International journal of social sciences*, *4*(1), 122-130. https://doi.org/10.31295/ijss.v4n1.1444

Quimosing, A. B. (2022). Learning English as A foreign language (EFL): A narratology. *SALTeL Journal (Southeast Asia Language Teaching and Learning)*, *5*(2), 13-21. https://doi.org/10.35307/saltel.v5i2.85

Sarchet, T., Marschark, M., Borgna, G., Convertino, C., Sapere, P., & Dirmyer, R. (2014). Vocabulary knowledge of deaf and hearing postsecondary students. *Journal of Postsecondary Education and Disability (JPED)*, *27*(2), 161-178. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4280560

Tahsaldar, M., & Semaan, C. (2018). The Impact of Toondoo Comics on Undergraduate Students Taking Creative Writing and Children Literature Courses at the Lebanese University Faculty of Pedagogy. *International Journal of Humanities Social Sciences and Education* , *5*(8), 203-226. https://www.arcjournals.org/pdfs/ijhsse/v5-i8/19.pdf

Thomas, L., & May, H. (2010). Inclusive learning and teaching in higher education. Amazonaws.com. Retrieved March 24, 2024, from https://s3.eu-west-2.amazonaws.com/assets.creode.advancehe-document-manager/documents/hea/private/inclusivelearningandteaching_finalreport_1568036778.pdf

Vizzi, F., Angelelli, P., Iaia, M., Risser, A. H., & Marinelli, C. V. (2023). Writing composition ability and spelling competence in deaf subjects: a psycholinguistic analysis of source of difficulties. *Reading and Writing*, *36*(5), 1201-1226. https://doi.org/10.1007/s11145-022-10335-w

Vonkova, H., Moore, A., Kralova, K., & Lee, J.-Y. (2021). *English as a Foreign Language and Motivation for Learning: A Comparative Perspective*. Eric.ed.gov. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED613944.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco], (2023) What you need to know about inclusion in education. Unesco.org. https://www.unesco.org/en/inclusion-education/need-know

Xuyen, N. T. (2023). Using the online paraphrasing tool Quillbot to assist students in paraphrasing the source information: English-majored students' perceptions. *Proceedings of the 5th Conference on Language Teaching and Learning*. https://doi.org/10.21467/proceedings.150.3

Zirzow, N. K. (2019). Technology use by teachers of deaf and hard-of-hearing students. West Virginia University. https://doi.org/10.33915/etd.3885

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/05/2024
Aceitação/Acceptance: 16/07/2024

Analyzing Readability Indices in Scholarly and Non-Scholarly Texts: Assessing Easability and Difficulty

Tovar-Viera Rodrigo[1], Vélez Moreira Jonathan[2], Acurio Chimbo Jhon[3]

rodrigo.tovar@utc.edu.ec; jonthan.velez8864@utc.edu.ec; jhon.acurio5562@utc.edu.ec

[1] Ph.D. in English Applied Linguistics and Research Professor, Technical University of Cotopaxi, 050401, Pujilí, Ecuador

[2] Student majoring in English in the Pedagogy of National and Foreign Languages Department, Technical University of Cotopaxi, 050401, Pujilí, Ecuador

[3] Student majoring in English in the Pedagogy of National and Foreign Languages Department, Technical University of Cotopaxi, 050401, Pujilí, Ecuador

Pages: 644-660

Resumen: La legibilidad es una de las áreas de investigación de la lingüística y la lingüística aplicada; su función es determinar con qué facilidad los lectores pueden comprender un texto. Por ello, se examina la legibilidad de los textos para diferenciar su nivel de facilidad o dificultad lectora. El programa *TextInspector* y los indices Flesch Reading Ease, Flesch-Kincaid Grade y Gunning Fog midieron la legibilidad. Se analizaron quince muestras tomadas de (a) textos académicos (b) no académicos y (c) de entretenimiento. Los textos académicos reportan un nivel de complejidad alto y muy alto (Flesch: 46.04 a 23.23). Los textos no académicos muestran variabilidad lectora, estándar y dificil (Flesch-Kincaid: 6.73 a 12.67). Y, los textos de entretenimiento son fáciles y medianamente complejos (Gunning Fog: 5.42 a 16.83). La aplicación de estos índices ilustra cómo la legibilidad del texto condiciona su comprensión e interpretación, proporcionando información sobre el tipo de lectura a abordarse.

Palabras-claves: Texto académico; lingüística; proficiencia; legibilidad; dificultad del texto.

Medición de la Legibilidad en Textos Escolares y No Escolares

Abstract: Readability is one of the research areas of linguistics and applied linguistics; its function is to determine how easily readers can understand a text. Therefore, this study examines the readability of texts to differentiate their level of readability or difficulty of reading. The TextInspector software program and the Flesch Reading Ease, Flesch-Kincaid Grade, and Gunning Fog indices measured readability of texts. Fifteen samples taken from (a) academic (b) non-academic and (c) entertainment texts were analyzed. The results show that academic texts reported high and very high level of complexity (Flesch: 46.04 to 23.23). Non-academic texts showed reading variability, standard and difficult, respectively (Flesch-Kincaid: 6.73 to 12.67). Finally, entertainment texts were easy and moderately complex for

readers (Gunning Fog: 5.42 a 16.83). The application of these indices illustrates how text readability conditions its comprehension and interpretation, providing information on the type of reading to be addressed.

Keywords: Academic text; linguistics; proficiency; readability; text difficulty

1. Introduction

Progress in online technologies has facilitated rapid analysis of extensive datasets through corpus linguistics software tools like Coh-Metrix, Text-Inspector, LASCA, Ant-Conc, and Vocab-Profile, particularly in examining writing samples (Nkhobo & Chaka, 2023). These tools primarily focus on analyzing written texts based on syntactic pattern density, connective usage, text ease, and readability indices to gauge simplicity or complexity for various educational purposes (Halim, 2018; Kremzer, 2023; Kiselnikov et al., 2020; Tovar, 2022; De la Rosa & Genuino, 2018; Indarti, 2021; McCarthy et al., 2022). Material developers aiming to enhance text comprehensibility for second language learners (L2) often employ two approaches: a structural method and an intuitive one (Allen, 2009). The structural method relies on predetermined structures and word lists by difficulty levels, often utilizing traditional readability formulas such as Flesch-Kincaid Grade Level (FKG) or Flesch Reading Ease (FRE). Conversely, the intuitive method relies on authors' inherent judgment of text understandability and discourse processing, making it more subjective than impartial. Both methods are extensively used in crafting reading materials for L2 learners (Young, 1999). However, traditional readability formulas and corpus linguistics software employ precise metrics to categorize text readability based on indices of word and sentence lengths. Hence, structural methods assist authors and educators in validating assessments of text complexity or simplicity tailored to a specific audience. Researchers like Fry, Ash, and Edgell contributed to the development of readability indices. Such indices gained popularity, leading to the creation of numerous formulas utilized to differentiate the readability of written compositions, notably in language teaching contexts (Crossley et al., 2014; Graesser et al., 2004; Greenfield, 2004; McNamara et al., 2013). Cortés (2021) suggests that assessing readability entails analyzing the lexical diversity within texts, classifying them by their structure, intended purpose, and language use.

Consistent with the readability framework, some studies discuss various aspects of readability metrics and their implications for written texts. Indarti (2021) identified minimal differences in readability indices among learners' writing samples, indicating low lexical diversity and repetitive vocabulary use, as reflected by a Type Token Ratio (TTR) below standard 1. Similarly, Halim (2018) observed undergraduate writers' limited vocabulary variation in thesis dissertations, suggesting a constrained lexical breadth. Kremzer (2023) and Kiselnikov et al. (2020) reported a spectrum of FRE scores, indicating texts ranging from moderately difficult to relatively easy comprehension. Nkhobo and Chaka (2023) emphasized the reliability of traditional readability formulas like FRE and FKG in categorizing text complexity. McCarthy et al. (2022) found no significant contrast in readability or writing quality between paragraphs and counter-arguments in students' argumentative essays. Conversely, De la Rosa and Genuino (2018) noted that texts with low narrative indices, due to specialized terminology, are more challenging to comprehend. Tovar (2022) emphasized how written sample characteristics, including

discursive practices, linguistic nuances, and cultural background, influence lexical and syntactic complexity. Klare (2000) defines readability, considering factors like sentence length and word choice, while The National Institute of Child Health and Human Development (2000) emphasizes its complexity, involving syntax, vocabulary, and readers' background knowledge. Readability, therefore, plays a crucial role in aiding writers, both inexperienced and experienced, in crafting comprehensible texts rich in content and structure to effectively engage scholarly and non-scholarly audiences.

In today's fast-paced digital environment, readers "spend an increasing amount of time online searching for information" (Yogesh et al., 2021: 2). Yet, to engage readers effectively, information must be well-structured, recognizing challenges in data consumption (Zemach & Rumisek, 2005; Oshima & Hogue, 2007; Bailey, 2011; Odena & Burgess, 2017). Thus, this study examines the readability (easability or difficulty) of academic, non-academic, and entertainment texts to identify differences and similarities. The research question guiding this study is; What is the level of readability in academic, non-academic, and entertainment texts?

2. Methods

The research study is quantitative and descriptive in design. It examines the readability of 15 sample texts taken from 5 academic, 5 non-academic, and 5 entertainment texts (see Table 1). Texts were primarily sourced from Cambridge University Press, Scholastic Inc., and Canadian society publications, catering to a diverse international audience. Unlike journal articles, which due to their specialized nature vary in structure and focus across disciplines, textbooks provide a consistent and standardized language framework. Therefore, linguistic and literary textbooks were chosen for their popularity, thematic richness, educational value, and potential for studying academic content. That is, they were chosen for their readership, relevance, topicality, and interest, focusing on both scholarly and entertainment issues. Consequently, the texts encompass both academic and non-academic content in nature. Extracted excerpts were taken from texts targeting L2 readers, maintaining the integrity of the originals, and subjected to traditional readability metrics. The reason for selecting scholarly and non-scholarly texts aligns with Biber and Gray's (2016: 7) observation regarding language distinctions between scientific research and humanities prose. Thus, as these texts are not entirely narrative pieces, it is anticipated that they would use a greater range of lexical and grammatical diversity to convey information (Mahadini et al., 2021). It posits the idea, then, that texts in various knowledge domains manifest distinct forms of complexity or sophistication featuring intricate and detailed lexical and grammar patterns.

Text-Inspector tool (https://textinspector.com/) created by Bax (2017) gauged the readability of English written compositions and other linguistic metrics, such as sentence count, average sentence length, TTR, lexical diversity, and the percent of academic words. The indices for the analysis were the Flesch Reading Ease—FRE (the higher, the easier), and the Flesch-Kincaid Grade—FKG and Gunning Fog Index—GFI (the higher, the harder and more complex). Text-Inspector tool displayed linguistic metrics for readability analysis. Subsequent statistical assessments of FRE, FKG, and GFI for each sub-corpus were conducted using Excel and SPSS software to know how challenging a given text is for readers. Hence, the output texts of the readability metrics

were used for describing the difficulty or complexity of English texts in terms of content and superficial structure. The functionality of the formulas used in the present research study is associated with Gómez and Sánchez's (2019: 33) analytical framework. In practical terms, these formulas provided linguistic properties of the analyzed texts.

Academic Texts	Non-Academic Texts	Entertainment Texts
1. English Phonetics and Phonology (Roach, 2009)	1. Harry Potter and the Sorcerer's Stone (Rowling, 1999)	1. Gotta Move! (Public Health Agency of Canada, n/d)
2. An Introduction to English Morphology (Carstairs, 2002)	2. The Chronicles of Narnia: The Lion, The Witch and The Wardrobe (Lewis, 1950)	2. Wheels Australia (2024)
3. Introducing Second Language Acquisition (SLA) (Saville, 2006)	3. The little Prince (Saint-Exupéry, 1943)	3. Meet Kidz Bop (FunKids, 2019)
4. The Cambridge Handbook of Sociolinguistics (Mesthrie, 2011)	4. Peter Pan in Kensington Gardens (Barrie, 1924).	4. LadyBug (Cricket magazine, 2013)
5. Psycholinguistics (Wind, 2011)	5. Treasure Island (Stevenson, n/d)	5. Before the dinosaurs (Ask magazine, 2020)

Table 1 – Texts taken as written corpora

To analyze the readability of the aforementioned texts, a 250-word sample was selected from their introductions, prefaces, or reading sections, the latter in the case of the entertainment texts. The word count was limited by the tool freely available online, resulting in a corpus of approximately 3750 tokens (words). Readability scores were taken by cutting and pasting the sample texts into the text analyzer. Consequently, the sample texts "underwent software-based text analysis" (Tovar, 2022: 4). Alongside statistical assessments of the output texts, the linguistic metrics offer researchers insights not only into assessing the readability of compositions but also in suggesting teaching materials and tests for learning purposes.

Flesch Reading Ease Index	Flesch Kinkaid Grade Level	Gunning Fog Index	Level of Difficulty
90-100	4	5	Very easy
80-89	5	6	Easy
70-79	6	7	Fairly easy
60-69	7-8	9	Standard English
50-59	Some high school	12	Fairly difficult
30-49	High school to college	14-16	Difficult
0-29	College & up	>16	Very difficult

Table 2 – Readability indices and their scales

Accordingly, the online text analyzer automatically showed linguistic metrics including sentence count, TTR (unique number of words), average sentence length, syllable

count, syllables per 100 words, and average syllables per word and sentence. Thus, the output texts generated by the text analyzer categorized the distribution of the linguistic elements of the texts (e.g., average sentence length) into simple, difficult, or complex to process. Subsequently, after acquiring the readability indices for each sample text, the interpretation of those indices was independently compared and contrasted. Table 2, sourced from Chapman et al. (2000), outlines the scale associated with each formula for interpreting text readability.

3. Results and Discussion

Several research studies have been conducted using this process, and many deployed keystroking–*letters, numbers, symbols, or commands*–to analyze and assess writing for different purposes in teaching and learning (Chaka & Nkhobo, 2019). Data in Table 3 revealed differences and variations in the actual use of language across academic, non-academic, and entertainment texts. Thus, academic texts exhibited a lower sentence count (M=9.2) than non-academic and entertainment texts (M=10.0; M=13.0). The average sentence length is higher in academic texts (M=26.056) compared to both non-academic (M=23.875) and entertainment texts (M=17.438).

3.1. Academic Texts

The metrics derived from text analysis as displayed in Table 3 show that the academic text A3 has the highest average word count (M=33.43), indicating the presence of longer and complex sentence structures. Conversely, A5 reports the lowest word count (M=16.62), which implies shorter structures, and a greater number of sentences (13 in total). A1, with an average sentence length of 29.14 words, conforms to the standard guideline of sentences with fewer than 30 words (Biber & Conrad, 2009). Nonetheless, it is necessary to explore the frequency of embeddedness—words preceding the main verb of the sentence—to gauge ease or difficulty (Tovar, 2022). Because sentence length often correlates with the quality of writing, exceeding average word counts could introduce grammatical complexities that may hinder reading comprehension.

Academic Text	Code	Number of Sentences	Average Sentence Length	Flesch Reading Ease	Flesch-Kincaid Grade	Gunning Fog Index
Phonetics and Phonology	**A1**	7	29.14	37.62	15.29	18.34
Morphology	**A2**	10	24.30	46.04	12.87	15.48
Second Language Acquisition	**A3**	7	33.43	23.23	18.32	22.09
Sociolinguistics	**A4**	9	26.78	25.20	16.40	19.84
Psycholinguistics	**A5**	13	16.62	43.88	11.27	14.05

Table 3 – Metrics of readability indices of academic texts

As stated above, the FRE scale is a formula used to measure how easy or difficult a text is (Gómez & Sánchez, 2019). It should be noted, then, that within the scale 0-100, texts

with scores of 90-100 are considered very easy, whilst those with scores of 0-30 are considered difficult to digest. Regarding readability indices, Table 3 above illustrates that A1, A5, and A2 have the highest FRE scores (A1=37.62; A5=45.88; A2=46.04), but they are still in a range that suggests a difficult level of readability and an appropriate text for university students. However, the texts A3 and A4 reported lower scores (A3=23.23; A4=25.20) than their counterparts, indicating they are very difficult to process. This type of text is aimed at undergraduate and also graduate students. Data analysis, based on FRE scores, indicates that among the academic texts, 'Second Language Acquisition' (A3) exhibits the highest complexity and readability difficulty. This result, like those of Yu (2014), confirms the efficacy of the metrics in accurately assessing readability indices and providing comprehensive insights into the surface-level complexity of a text.

Concerning FKG scores, texts A5, A2, and A1 have an average level of readability, which means that these three texts are considered to be *fairly difficult* and *difficult* to read (A5=11.27; A2= 12.87; A1=15.29). The academic texts A2 and A5 are directed toward learners between 10th to 12th grade (high school), and text A1 for those of freshman and sophomore years of undergraduate. Texts A3 and A4 are rated as highly challenging due to their complex structures (A3=18.32; A4=16.40), implying more advanced reading comprehension skills and typically tailored for college and graduate students. According to FKG scores, A3 had the most complex readability indices, which is in line with those of FRE metrics. This finding is related to Fitrawati and Syarif's (2017) assertation that analyzing readability is essential to determine the suitability of texts for the target audience's level of comprehension.

It can be seen from data in Table 3 above that text A3 resulted in the highest value of GFI indices at 22.09. This indicates that the content is considered advanced and sophisticated, and consequently, such text is more difficult. Additionally, although A5 is a scholarly text, it informed a metric of standard or conventional English level of difficulty (13.58), showing that the text presents difficulty to read, too. Texts A4 and A1 are identified as challenging texts (A4=19.840; A1=18.34), whilst A2 is quite complex to comprehend (A2=15.48). Based on the analyses, A2, A1, and A4 are challenging to read. Certainly, texts become challenging when they contain extended phrases and uncommon words, as longer sentences strain working memory and unfamiliar words hinder comprehension (Graesser et al., 2004). In this way, Tovar (2022) emphasizes that text complexity correlates with sentence length, and exceeding the average word counts makes texts grammatically more complex to understand.

3.1.1. Vocabulary profile

Table 4 (below) presents the distribution of different values regarding vocabulary level and cumulative word diversity across academic texts. As can be seen from the data, the academic text exhibits the highest frequency of specialized terminology, a characteristic attributed to this type of text, as indicated in the literature (Crossley et al., 2014; Biber & Gray, 2016; Tovar, 2022; Hyland, 2002). This text tends to employ unique and sophisticated words connected with its disciplinary fields. Text A4 has the highest TTR (0.62), implying higher lexical variety. Texts A1 and A2 have different cumulative lexical diversity but similar TTR (0.56). Thus, text A2 has the highest cumulative lexical diversity at 105.35%, followed by A3 at 97.31%. Concerning the lexical density, text A4 disclosed

a higher concentration of content words (0.59), whereas A2 and A5 showed comparable lexical density at 0.52. The highest percentage of academic words was displayed in text A3 (14.35%), followed by text A4 (12.39%). The texts A1 and A5 reported relatively lower percentages of academic words at 6.44% and 7.25%, respectively.

Academic Text	Code	Type-Token Ratio	Cumulative Lexical Diversity	Lexical Density	Academic Words
Phonetics and Phonology	**A1**	0.56	70.97 (medium)	0.49	6.44% (high)
Morphology	**A2**	0.56	105.35 (high)	0.52	8.23% (high)
Second Language Acquisition	**A3**	0.59	97.31 (high)	0.57	14.35% (very high)
Sociolinguistics	**A4**	0.62	77.64 (medium)	0.59	12.39% (very high)
Psycholinguistics	**A5**	0.55	67.92 (low)	0.52	7.25% (high)

Table 4 – Vocabprofile of academic texts

3.2. Non-Academic Texts

Table 5 shows that NA4 has the highest average number of words (M=31.71). This measure suggests that this text involves the creation of lengthier and possibly more complicated phrases. Text NA3 reported the highest sentence count (16) with shorter structures (M=13.00), whereas NA4 had the lowest sentence count (7) but greater average sentence length (M=31.71). Ismail and Yusof (2016) concluded that texts with more narrativity features are more understandable than purely informative readings, in particular, for readers outside a specialized disciplinary field.

Non-Academic Text	Code	Number of Sentences	Average Sentence Length	Flesch Reading Ease	Flesch-Kincaid Grade	Gunning Fog Index
Harry Potter and the Sorcerer's Stone	**NA1**	10	19.82	68.11	9.30	11.07
*The Chronicles of Narnia: The Lion, The Witch, and The **W**ardrobe*	**NA2**	9	27.56	74.14	9.76	12.15
The Little Prince	**NA3**	16	13.00	69.99	6.73	9.05
Peter Pan in Kensington Gardens	**NA4**	7	31.71	60.70	12.67	14.67
Treasure Island	**NA5**	8	27.28	70.11	10.28	12.96

Table 5 – Metrics of readability indices of non-academic texts

Data in Table 5 evidence that NA2 has the highest FRE score at 74.14, suggesting that this text is relatively easy. By contrast, NA4 has the lowest score at 60.70, inferring a

somewhat higher level of complexity. Texts NA1, NA3, and NA5, ranged from 68.11 to 70.11, reflecting a moderate readability level. These non-academic texts vary in readability: some lean towards easier comprehension, while others demand a slightly higher level of reading skill. Storytelling and storybooks are often written in plain language with shorter sentences and basic vocabulary, making them easy to comprehend, as there are familiar words (c.f. Srisunukrua & Chumworatayee, 2019). According to Iluk and Jakosz (2017), these texts adapt and simplify language to suit their target audience, with varying levels of simplicity or complexity.

As shown in Table 5 above, NA3 possesses the lowest FKG score at 6.73, pointing out that this text is written at a relatively lower educational level (sixth to seventh grade), making it more accessible to a broader audience. On the contrary, NA4 exhibits the highest FKG score at 12.67, suggesting a more advanced reading level to comprehend the text. The texts NA1, NA2, and NA5 ranged between 9.30 and 10.28, positioning these texts at an intermediate level of complexity in terms of language and educational demand. The FKG indices reveal complexity among non-academic texts wherein NA3 is more accessible and NA4 requires a higher educational level for comprehension. In fact, higher values of readability imply complex texts for advanced readers (Srisunukrua & Chumworatayee, 2019). So, understanding the linguistic and rhetorical components underlying texts aids in simplifying the complexities of conveying ideas (Hyland, 2002).

The table above reveals that NA3 has the lowest GFI score at 9.05, highlighting easy readability and suitability for those with basic education. In contrast, NA4 scores the highest at 14.67, suggesting complexity and requiring advanced education for comprehension. GFI scores in NA1, NA2, and NA5 range from 11.07 to 12.96, indicating moderate to relatively high readability difficulty, requiring a certain level of education for comprehension. Among these texts, NA3 was more accessible, while NA4 demands higher reading skills. Such readability variation is due to the fact that creative texts, in many ways, often feature familiar or unfamiliar vocabulary, aiding comprehension (McNamara et al., 2014).

3.2.1. Vocabulary profile

As can be seen from Table 6, the non-academic texts reveal interesting trends. Thus, text NA2 reports a TTR of 0.54 below 1, indicating limited lexical diversity and frequent repetition of words, while NA5 displays the highest TTR at 0.63, suggesting a more varied vocabulary. Within the cumulative lexical diversity, NA1 and NA5 show high lexical variety between 92.37 and 98.11, implying that these texts possess an extensive lexicon. Lexical density is highest in NA3 at 0.52, suggesting a dense and informative use of language, whilst NA5 maintains an acceptable lexical density at 0.50. Regarding the frequency of academic words, all texts reveal a widespread tendency to avoid specialized terms, with NA3 having the highest percentage at 1.47% and NA5 the lowest at 0.00%. Among these texts, ‘The Little Prince’ displays a unique balance of diversity and density, whereas ‘Treasure Island’ stands out for its broad vocabulary and minimal academic language.

Non-Academic Text	Code	Type-Token Ratio	Cumulative Lexical Diversity	Lexical Density	Academic Words
Harry Potter and the Sorcerer's Stone	**NA1**	0.57	92.37 (high)	0.47	0.45% (very low)
The Chronicles of Narnia: The Lion, The Witch, and The Wardrobe	**NA2**	0.54	72.28 (medium)	0.47	0.83% (medium)
The Little Prince	**NA3**	0.56	58.24 (low)	0.52	1.47% (medium)
Peter Pan in Kensington Gardens	**NA4**	0.57	75.63 (medium)	0.47	0.46% (very low)
Treasure Island	**NA5**	0.63	98.11 (high)	0.50	0.00% (very low)

Table 6 – Vocabprofile of non-academic texts

3.3. Entertainment Texts

Data in Table 7 indicates that text E2 boasts the highest mean word count (M=31.71), suggesting intricate sentence structures, while text E4 has the lowest (M=10.95), implying shorter structures but the largest total sentence count (21). Notably, E2 and E3 report the lowest average sentence count (7) but variation across sentence length. Since sentence length correlates with writing quality, Srisunukrua and Chumworatayee (2019) recommend examining the surface structure of texts. This would ensure that students derive the maximum benefit from the materials.

Entertainment Text	Code	Number of Sentences	Average Sentence Length	Flesch Reading Ease	Flesch-Kincaid Grade	Gunning Fog Index
Gotta move!	**E1**	21	11.05	89.51	3.52	6.66
Wheels Australia	**E2**	7	31.71	50.79	14.05	16.83
Meet Kidz Bop (FunKids Magazine)	**E3**	7	18.86	66.56	8.66	10.27
LadyBug (Cricket Magazine)	**E4**	21	10.95	89.42	3.51	5.42
Before the dinosaurs (Ask Magazine)	**E5**	13	14.62	77.12	6.13	9.09

Table 7 – Metrics of readability indices

The average readability indices in Table 7 above show that both E1 and E4 have the highest FRE scores (E1= 89.51; E4=89.42), indicating their readability as easy and suitable for sixth and seventh graders. Conversely, E2 and E3 exhibit the lowest scores (E2=50.79, E3=66.56), suggesting they are relatively challenging to read and targeted toward some high school students and eighth to ninth graders, respectively. Among

these texts, E2 is the most difficult one to process, whereas the easiest is E1 since it reports the highest linguistic metrics.

The FKG indices presented in Table 7 above show that texts E5, E2, and E1 exhibit an average level of readability, denoting that they are moderately challenging to read (E2=14.05; E3=8.66; E5=6.13). Text E2 is appropriate for college-level students, while E3 is suitable for eighth- and ninth- grade students, and E5 is for sixth-grade readers. E1 and E4 have the lowest level of readability (M=3.52 and M=3.51, respectively). These texts are written for students between second and fourth grade. Further analysis reveals that among these texts, E4 is easier to comprehend compared to E2 which demands a higher level of linguistic proficiency. McCarthy et al. (2022) argue that the analysis conducted using this readability formula emphasizes greater similarities than differences. The possible discrepancies identified seem to primarily involve the use of tagged language, register, and genre.

Concerning the GFI indices displayed in Table 7, text E2 was found to have the highest mean value (M=16.83), showing that the content is quite difficult to understand. Text E4 with a metric of 5.42 reported to be highly readable and comprehensible. On the other hand, E3 and E5, with mean values of M=10.27 and M=9.09, respectively, indicated that they are relatively simple to read, with E3 being particularly easy to understand. This analysis highlights that E2 is the most challenging text, whilst E3 and E5 are comparatively more readable and accessible.

3.3.1. Vocabulary profile

Table 8 (below) reveals patterns in terms of lexical diversity, density, and the use of academic words in entertainment texts. Text E1 stands out with a low TTR of 0.43, demonstrating the use of repetitive words, indicating a low level of lexical diversity. In contrast, text E3 has the highest TTR at 0.69, showing extensive lexical diversity and implying a diverse and distinctive vocabulary usage within the text. Accounting for cumulative lexical diversity, E3, E2, and E5 inform high variety with scores of 114.00, 95.73, and 95.28, respectively. This implies that 'Meet Kidz Bop', 'Wheels Australia,' and 'Before Dinosaurs' have a wide range of vocabulary. In terms of lexical density, E5 exhibits the highest average content word count at 0.62, suggesting a dense use of language, while E4 maintains a density at 0.57. When analyzing the proportion of academic words, all texts show relatively low percentages, suggesting a tendency to avoid specialized or academic terminology. Notably, E2 has the highest percentage at 3.83%, indicating the use of technical language, while E4 registers at 0.45%, further highlighting its non-academic nature.

Entertainment Text	Code	Type-Token Ratio	Cumulative Lexical Diversity	Lexical Density	Academic Words
Gotta move!	**E1**	0.43	53.63 (low)	0.47	2.15% (high)
Wheels Australia	**E2**	0.66	95.73 (high)	0.56	3.83% (high)
Meet Kidz Bop (FunKids Magazine)	**E3**	0.69	114.00 (high)	0.51	2.38% (high

Entertainment Text	Code	Type-Token Ratio	Cumulative Lexical Diversity	Lexical Density	Academic Words
LadyBug (Cricket Magazine)	**E4**	0.56	68.54 (low)	0.57	0.45% (very low)
Before the dinosaurs (Ask Magazine)	**E5**	0.64	95.28 (high)	0.62	1.08% (medium)

Table 8 – Vocabprofile of entertainment texts

One primary critique of the metrics employed in traditional readability indices is their perceived linguistic shallowness. Nevertheless, DuBay (2004) claims that despite this criticism, these features are remarkably effective and currently used widespread to describe readability tendencies, particularly for language teaching and material development. Furthermore, the author (2004: 7) states that the reading grade level of a text depends on the register (e.g., academic, non-academic, and entertainment texts). Texts intended for recreational purposes usually reach higher comprehension levels compared to those designed for classroom or scholarly use. In other words, the text will be easier for those with more advanced reading skills and more difficult for those with lower skills. The current findings show discrepancies compared to Rahmawati's (2014) study, revealing varying levels of readability across different grades, with generally lower scores observed in the present analysis. The differences are marked in the modification of certain values to categorize the estimated reading level; however, the numerical variation is not substantial. The variation might have arisen from choosing a different range of potential values for comparison. This research holds significance in contributing to literature on the efficacy of readability formulas in analyzing texts and developing materials to enhance communication within academic communities.

3.4. Lexical variation, lexical density, and academic words in Academic, Non-Academic, and Entertainment texts

Texts	Type-Token Ratio (Mean)	Lexical Density (Mean)	Academic Words (Percentage)
Academic	0.576	0.538	9.73%
Non-Academic	0.574	0.486	0.64%
Entertainment	0.596	0.546	1.98%

Table 9 – Lexical richness across texts

Lexical richness refers to the quality and diversity of vocabulary used in a piece of language, whether it is spoken or written. Lexical variation (TTR) analyzes the diversity of words used by describing the occurrence of different words in a text. As stated in Kyle (2020), "The number of tokens in a text refers to the number of running words (total words) in a text while the number of types refers to the number of unique words in a text" (pp. 454-455). Researchers often use TTR to analyze and compare the lexical

richness or diversity of texts, which can provide insights into writing style, complexity, or proficiency in language use. Statistical data in Table 9 show that there is a moderate level of lexical diversity among academic, non-academic, and entertainment texts. In other words, out of every 100 words used in the text, approximately 57% and 60% unique words are employed. This indicates that these texts possess a large variety of vocabulary, although they may not be exceptionally diverse. Therefore, in the context of TTR, values of 0.574, 0.576, and 0.596 indicate a moderate degree of lexical variation. Further analysis shows that academic and non-academic texts suggest a moderate level of lexical diversity, with a balance between repeated words and a varied vocabulary. The entertainment text, meanwhile, advised a slightly broader lexical diversity compared to academic and non-academic texts. This higher TTR value aligns with expectations for entertainment content, where creative expression often involves a broader range of vocabulary. Multiple pair t-test reported that there is no statistical difference between the variables of academic versus non-academic ($t(3)=0.172$, $p=0.43$), academic versus entertainment ($t(3)=-1.465$, $p=0.119$), and non-academic versus entertainment texts ($t(3)=-1.718$, $p=0.09$) at 0.05 level of significance.

Lexical density, meanwhile, quantifies the ratio of lexical elements, including nouns, verbs, adjectives, and select adverbs, present in the text (Johansson, 2008, p. 61). It calculates the number of lexical elements divided to the total number of running words. The author (2008) highlights that a text that predominantly consists of content words contains greater informational content compared to a text primarily composed of function words (prepositions, interjections, pronouns, conjunctions, and count words). Thus, according to the data in Table 9, the three texts show a considerable proportion of lexical elements because they are above the mean of 0.40 for written texts. Nonetheless, entertainment texts have a higher number of lexical items ($M=0.546$), followed by the academic texts ($M=0.538$). Hence, it is conceivable in theory that a text exhibiting low lexical density, pronouns and auxiliary words prevail over nouns and lexical verbs. Conversely, a text possessing high lexical density features repeated nouns, adjectives, or verbs throughout the text (Johansson, 2008). A notable observation here is that these figures are likely to vary significantly depending on the nature of the text. For instance, while academic texts focus on scholarly discourse and research, narrative texts aim to tell stories or recount experiences. Comparing the mean values of Academic and Entertainment texts, the p-value (0.345) was greater than the conventional significance level (0.05). However, the means in AT and NAT were statistically significant ($p=0.03 < 0.05$), as well as between the variable of NAT and ET ($p=0.04 < 0.05$).

Quantitative measures of academic language incorporation within each text and genre reveal that academic texts feature a notably higher proportion of academic words, approximately 9.73%, in contrast to other genres. This suggests that a significant portion of the vocabulary used in this text belongs to the academic domain. Academic words often include specialized terminology and jargon specific to a particular field of study. In contrast, the non-academic and entertainment texts have lower (0.64%) and slightly moderate (1.98%) presence of academic words. These texts may target a broader audience or cover topics that do not require the use of academic terms. This indicates that the vocabulary in both genres contain a minimal amount of academic language, suggesting a more general or non-specialized style. Overall, the lower proportion of academic words points out that the language used is likely to be more accessible and geared towards

general readership. However, the higher proportion of academic words in academic texts reflects the need for precise terminology and domain-specific language to convey complex ideas and concepts. When comparing the mean values across the three genres, a pair t-test showed statistical differences between AT and NAT ($t(3)=6.667$, $p= 0.003 < 0.005$) and AT and ET ($t(3)=4.400$, $p= 0.01 < 0.05$) but not between NAT and ET ($t(3)=-1.969$, $p= 0.07 > 0.05$). This reveals that as one variable increases, the other variable tends to decrease. In other words, there is a negative association between the variables.

On the other hand, the *ANOVA: single factor analysis* suggests that there is no significant difference between the linguistic metrics of FRE-FKG-GFI in AT, NAT, and ENT groups. The variation in AT and NAT within each group (SS=11192.472; MS=430.479) is much larger than the variation between the groups (SS=235.944; MS=235.944). Similarly, AT and ENT show greater variation within each group (SS=14152.875; MS=544.341) compared to between groups (SS=199.449; MS=199.449). In the same way, the variation in NAT and ENT indices were longer within each group (SS=22388.774; MS=861.106) than between groups (SS=1.532; MS=1.532). This analysis reveals that although the range of the linguistic metrics for categorizing text readability is different, the metrics in FRE, FKG, and GFI share consistency in gauging the simplicity or complexity of texts. That is, FRE, FKG, and GFI indices reach similar results when categorizing the readability of any written composition. To put it another way, there is no difference between the readability formulas used in the present research at the 0.05 level of significance ($p=0.548$; $p= 0.550$; $p= 0.966$). Though readability tools may overlook components of language and discourse (Graesser et al., 2004), the traditional formulas, in this study, suggested to be solid and consistent in shaping text readability. In sum, the present study provides tangible results from actual language use. Yet, it is essential to extrapolate these findings to larger corpora for generalization (Tovar, 2022), by considering contextual aspects such as cultural information, text register, and genre (Yu, 2014).

4. Conclusions

Upon examining the text types with the three traditional readability formulas, several observations emerge. First, the readability index measured in the three types of selected sample texts fairly coincided with the interpretation table reference (Table 2), differing by non-significant margin of error in the intervals of the Flesch-Kincaid Grade and the Gunning Fog Index. It is probably due to the marginal variety of values managed by different authors for each FRE score, as the mean metrics to start the comparison and analysis. Second, results suggest that the academic texts are more complex and suitable for a higher grade level compared to the other two texts. This fact can be considered as a limitation to a strict analysis of the research findings, but according to the results found out in the current study, the interpretation table was considered appropriate to reach the research objective. Third, the research findings provide readers and material developers with a clear overview of the linguistic characteristics of each text to determine the target audience for which it deserves its practical use. Such classification can be differentiated by the level of difficulty and the grade level of students from several metrics, including the number of sentences, words, syllables, and more. Fourth, all the texts showed modality and genre differences. The modality differences, namely how language is constructed, were noted in the writer's stance and within the linguistic features, which

varied depending on the context and purpose of the communication. It may influence how readers perceive the information presented as well as the degree of simplicity or complexity conveyed in the text.

Readability formulas generally focus on the content of the texts and assess whether the information content of the text is pertinent to a specific level of learners. In this way, it is important to mention that these linguistic metrics are only part of the multidimensional elements that influence or affect text readability as well as lexical richness (Johansson, 2008). Apart from the readability metrics discussed previously, readers' language proficiency, comprehension, and critical thinking skills may determine the textual understanding of a particular type of genre. Additionally, individual reading preferences and background knowledge can also affect how easily a person comprehends a text. As stated above, traditional readability formulas have limitations when applied to both academic and non-academic texts. While they provide some insights into text complexity based on factors such as word length and sentence structure, they often fail to capture the nuances and context-specific aspects of academic and non-academic writing. This study marks the initial phase in the examination of readability for further research. For instance, more extensive and in-depth research can analyze the readability of texts combining a quantitative and qualitative approach to describe the extent to which the results correlate. It maintains the idea that while readability formulas offer a panoramic assessment of text complexity, they should be supplemented with qualitative analysis and consideration of audience expectations. Similarly, whilst a qualitative analysis provides readers with a vision of the text, whether simple or difficult, such insight should be validated through the use of any readability tool.

References

Allen, D. (2009). A study of the role of relative clauses in the simplification of news texts for learners of English. *System,* 37 (4), 585–599.

Bailey, S. (2011). *Academic Writing: A handbook for international students (3rd Ed.)*. New York, Taylos & Francis e-Library.

Bax, S. (2017). Text Inspector. Centre of Research in English Language Learning and Assessment (CRELLA). University of Bedforshire, https://textinspector.com/

Biber, D., & Conrad, S. (2009). Register, genre, and style. Cambridge University Press.

Biber, D., & Gray, B. (2016). Grammatical complexity in academic English: Linguistic change in writing. Cambridge University Press.

Chaka, C., & Nkhobo, T. (2019). Online module login data as a proxy measure of student engagement: the case of my Unisa, Moya, Flipgrid, and Gephi at an ODeL institution in South Africa. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 38. http://doi.org/10.1186/s41239-019-0167-9

Chapman, W., Aronsky, D., Fiszman, M., & Haug, P. (2000). Contribution of a Speech Recognition System to a Computerized Pneumonia Guideline in the Emergency Department. https://n9.cl/bq43p

Cortés, J. (2021). Journals titles and mission statements – lexical structure, diversity, and readability. Del Rosario University, Colombia. https://n9.cl/oehjx

Crossley, S. A., Yang, H. S., & McNamara, D. S. (2014). What's so simple about simplified texts? A computational and psycholinguistic investigation of text comprehension and text processing. Reading in a Foreign Language, 26(1), 92–113. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1031308.pdf

De la Rosa, J. P., & Genuino, C. F. (2018). Correlating writer's block and ESL learners' writing quality. *Indonesian Journal of Applied Linguistics*, 7(3), 604-612. https://doi.org/10.17509/ijal.v7i3.9810

DuBay, W. (2004). The principles of readability. Impact Information. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED490073.pdf

Fitrawati, M. & Syarif, H. (2017). The readability of reading texts in English textbooks used by senior high school students in West Sumatera. Advances in Social Science, Education, and Humanities Research, 110, 199-203. https://n9.cl/arraw3

Gómez, P., & Sánchez, A. (2019). Readability indices for the assessment of textbooks: a feasibility study in the context of EFL. Vigo International Journal of Applied Linguistics, No 16: 31-52. https://doi.org/10.35869/vial.v0i16.92

Graesser, A., McNamara, D., Louwerse, M., & Cai, Z. (2004). Coh-Metrix: Analysis of text on cohesion and language. Behavioral Research Methods, Instruments, and Computers, 36, 193–202.

Greenfield, J. (2004). Readability formulas for EFL. JALT Journal, 26, 5–24. https://jalt-publications.org/sites/default/files/pdf-article/jj-26.1-art1.pdf

Halim, S. W. (2018). Lexical richness in English language and culture department students' undergraduate theses. *Journal of English Language and Culture*, 8(2), 140-151. http://dx.doi.org/10.30813/jelc.v8i2.1098

Hyland, K. (2002). Teaching and researching writing. London: Longman.

Iluk, J. & Jakosz, M. (2017). Storytelling and its effectiveness in developing receptive skills among children. Studia Linguistica Universitatis Iagellonicae Cracoviensis, 134: 337–352. https://doi:10.4 467/20834624SL.17.024.7098

Indarti, D. (2021). Lexical richness of students' writings. *Wanastra: Jurnal Bahasa dan Sastra*, 13(1), 47-53. https://doi.org/10.31294/w.v13i1.9683

Ismail, A., & Yusof, N. (2016). Readability of ESL picture books in Malaysia. Journal of Nusantara Studies, 1(1), 60-70. Retrieved from http://dx.doi.org/10.24200/jonus.vol1iss1pp60-70

Johansson, V. (2008). Lexical diversity and lexical density in speech and writing: a developmental Perspective. *Working Papers: Lund University, Dept. of Linguistics and Phonetics*, 53: 61-79. https://journals.lub.lu.se/LWPL/article/view/2273

Kiselnikov, A., Vakhitova, D., & Kazymova, T. (2020). Coh-metrix readability formulas for an academic text analysis. IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering*, 890(1), 1-7. http://dx.doi.10.1088/1757- 899X/890/1/012207

Klare, G. (2000). The measurement of readability: useful information for communicators. *Journal of Computer Documentation,* 24(3), 107-121. https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/344599.344630

Kremzer, V. (2023). Academic reflective writing or anecdotal storytelling: a study on pre-service EFL teaching portfolios. *European Journal of Teacher Education,*46(4),580-604. https://doi.org/10.1080/02619768.2021.1961735

Kyle, K. (2020). Measuring lexical richness. In Webb, S. (Ed.). The Routledge handbook of vocabulary studies (pp. 454-477). Routledge.

Mahadini, M. K., Setyaningsih, E., & Sarosa, T. (2021). Using conventional rubric and Coh-Metrix to assess EFL students' essays. *International Journal of Language Education*, 54, 260-270. https://doi.org/10.26858/ijole.v5i4.19105

McCarthy, P. M., Kaddoura, N. W., Al-Harthy, A., Thomas, A. M., Duran, N. D., & Ahmed, K. (2022). Corpus analysis on students' counter and support arguments in argumentative writing. *Pegem Egitim ve Ogretim Dergisi*, 12(1), 256-271. http://dx.doi.10.47750/pegegog.12.01.27

McNamara, D. S., Crossley, S. A., & Roscoe, R. (2013). Natural language processing in an intelligent writing strategy tutoring system. *Behavior Research Methods*, 45, 499-515. http://dx.doi:10.3758/s13428-012-0258-1

McNamara, D.S., Graesser, A.C., McCarthy, P.M. & Cai, Z. (2014). Automated evaluation of text and discourse with Coh-Metrix. New York: Cambridge University Press

National Institute of Child Health and Human Development (2000). *Report of the National Reading Panel: Teaching children to read: An evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction*: Reports of the subgroups. https://n9.cl/6x94a

Nkhobo T., & Chaka, Ch. (2023). Syntactic pattern density, connectives, text easability, and text readability indices in students' written essays: A Coh-Metrix analysis. *Research Papers in Language Teaching and Learning*, 13(1): 121-136. https://rpltl.eap.gr/images/2023/RPLTL13.pdf

Odena, O. & Burgess, H. (2017) How doctoral students and graduates describe facilitating experiences and strategies for their thesis writing learning process: a qualitative approach, *Studies in Higher Education*, 42:3, 572-590, https://doi.org/10.1080/03075079.2015.1063598

Oshima, A. & Hogue, A. (2007). *Introduction to academic writing (3rd Ed.)*. New York, Pearson Education, Inc.

Rahmawati, Y. (2014). The readability level of reading texts in the English language textbooks used by the tenth grade. Nama Jurnal, 1(1), 1-6. https://core.ac.uk/download/pdf/230772898.pdf

Srisunakrua, T., & Chumworatayee, T. (2019). Readability of Reading Passages in English Textbooks and the Thai National Education English Test: A Comparative Study. *Arab World English Journal*, 10 (2): 257-269, https://dx.doi.org/10.24093/awej/vol10no2.20

Tovar, R. (2022). Syntactic Complexity in Journal Research Article Abstracts Written in English. *MEXTESOL*, 46 (2): 1-12. https://www.mextesol.net/journal/index.php?page=journal&id_article=46336

Yogesh et al., (2021). Setting the future of digital and social media marketing research: Perspectives and research propositions. *International Journal of Information Management*. 59: 1-37. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102168

Young, D. J. (1999). Linguistic Simplification of Second Language Reading Material: Effective

Yu, J. (2014). A readability study and its relevance to simplification on translations of Lun Yu. CSCanada: Studies in Literature and Language, 9(3), 47-57. http://www.cscanada.net/index.php/sll/article/view/5856/6759

Zemach, D. & Rumisek, L. (2005). *Academic Writing: from paragraph to essay*. Oxford, Macmillan Publishers

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 05/03/2024
Aceitação/Acceptance: 08/06/2024

Diseño e implementación de un dispositivo electrónico con conexión a página web para la identificación y cuantificación de CO2 y CH4 en cultivos a cielo abierto y cerrado

Freire Andrade Verónica Paulina[1], Masapanta Quishpe Joselyn Estefania[2], Sailema Changoluisa Jhon Alexander[3]

veronica.freire@utc.edu.ec; joselyne.masapanta6095@utc.edu.ec; jhon.sailema2311@utc.edu.ec

[1] Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Universidad Técnica de Cotopaxi, 050102, Latacunga, Ecuador.

[2] Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Universidad Técnica de Cotopaxi, 050102, Latacunga, Ecuador.

[3] Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Universidad Técnica de Cotopaxi, 050403, Pujilí, Ecuador.

Pages: 661-677

Resumen: En el presente trabajo se detallan aspectos fundamentales del diseño e implementación de un dispositivo electrónico con conexión en tiempo real a una página web para la cuantificación del dióxido de carbono (CO2) y metano (CH4) en cultivos en ambientes abiertos y cerrados, con el fin de verificar el crecimiento de las plantas, las mediciones se realizaron en las terrazas e invernadero de la Carrera de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi. El dispositivo cuenta con un microcontrolador, sensores RS485, pantalla Nextion, página web para observar los valores de los gases de carbono y gráficas de su comportamiento, enlazada mediante el módulo ESP8266 con comunicación serial para almacenamiento de datos, el dispositivo es protegido por un armazón diseñado en 3D. Los valores obtenidos en los cultivos fueron inferiores a 450 ppm que está dentro del rango permisible de CO2 y el error relativo porcentual del dispositivo fue de 1.48%.

Palabras-clave: CO2; CH4; cultivos; cuantificación; microcontrolador.

Design and implementation of an electronic device with connection to a web page for the identification and quantification of CO2 and CH4 in open and closed crops

Abstract: This work details fundamental aspects of the design and implementation of an electronic device with real-time connection to a web page for the quantification of carbon dioxide (CO2) and methane (CH4) in crops in open and closed environments, with the in order to verify the growth of the plants, the measurements were made on the terraces and greenhouse of the Agronomy Department of the

Technical University of Cotopaxi. The device has a microcontroller, RS485 sensors, Nextion screen, web page to observe the values of carbon gases and graphs of their behavior, linked through the ESP8266 module with serial communication for data storage, the device is protected by a frame designed in 3D. The values obtained in the cultures were lower than 450 ppm, which is within the permissible range of CO2 and the relative percentage error of the device was 1.48%.

Keywords: CO2; CH4; crops; quantification; microcontroller.

1. Introducción

Hoy en día, la tecnología es un referente importante en cualquier área de aplicación, la ciencia en convivencia con ella ha permitido la creación de herramientas y dispositivos que simplifican las actividades diarias (Martínez et al. 2023). Los avances tecnológicos basados en Tecnologías de la información y Comunicaciones, TIC, han contribuido en gran medida a la actual economía digital y del conocimiento (Pérez-Silva et al. 2021).

El Internet de las cosas (IoT) es una tecnología de vanguardia que en los últimos años ha traído múltiples prestaciones para la población en general y organizaciones. Uno de los principales beneficios del uso de esta tecnología como innovación es la capacidad de producir y consumir servicios en tiempo real (Montaño-Blacio et al. 2023). El IoT puede describirse como el conjunto de elementos que tienen pequeños sistemas integrados (sensores, microprocesadores, módulos de interconexión, actuadores, entre otros), que se comunican entre sí, para compartir información útil y mejorar los procesos (Aguilar, Escobedo, y Ibarra 2022).

La agricultura no puede estar exenta de los avances tecnológicos, se evidencia un fuerte crecimiento de la automatización de las labores agrícolas atendiendo a la evolución tecnológica y a la expansión poblacional del planeta (Soto et al. 2019), por esta razón se están desarrollando investigaciones sobre el diseño de sistemas IoT que permitan monitorear variables climatológicas en cultivos (Chanchí-Golondrino, Ospina-Alarcón, y Saba 2022), arquitecturas para agricultura de precisión (Quiroga Montoya et al. 2017), contribuciones de las soluciones TIC-IoT para la agricultura (Riaño, Espinosa C., y Guerrero 2020); entre otras.

En esencia, las soluciones IoT se visualizan como el paso a seguir para la modernización debido a la demanda que afronta el campo y el sector agricultor. El principal aporte de IoT en el campo de la agricultura parte del monitoreo que ayuda a la automatización y recolección de información para generar cultivos e invernaderos controlados con precisión. (Montaño-Blacio et al. 2023).

Bajo este contexto; la aplicación de interés se centra en la investigación sobre la cuantificación de gases CO2 y CH4 en cultivos a cielo abierto y cerrado; valores que son importantes determinar, debido a que el dióxido de carbono es la materia prima que las plantas requieren para el crecimiento a través de un proceso impulsado por la luz llamado fotosíntesis. La planta utiliza el dióxido de carbono en la atmósfera para formar sustancias más complejas (o carbohidratos) por medio de la fotosíntesis. (Murillo-Williams, Brackenrich, y Carrijo 2022). La medición del CO2 en los cultivos permite establecer una relación con la calidad del suelo. El secuestro de carbono en el suelo (SOC), también denominado secuestración de carbono, es el proceso de transferir CO2

de la atmósfera al suelo en forma de carbono orgánico. El secuestro de carbono en el suelo comienza con la fotosíntesis, en la que las plantas convierten el dióxido de carbono atmosférico en compuestos orgánicos (Cherlin ka 2023).

Por lo tanto, el problema de la investigación radica en la necesidad imperante de cuantificar en tiempo real la cantidad de CO2 y CH4 en ppm; en cultivos de lechugas y plantas forestales sembradas en las terrazas y el invernadero de la Carrera de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para determinar la relación directa de estos gases con el crecimiento de las plantas y la calidad del suelo donde están los cultivos.

En este sentido, se propone el diseño y la implementación de un dispositivo electrónico que permite cuantificar los valores de estos gases desde cualquier lugar y en cualquier momento, tiene como valor añadido una página web para almacenamiento y descarga de datos.

El alcance de la investigación abarca el diseño, la implementación del dispositivo electrónico, diseño de una página web para almacenamiento de datos en un servidor, validación de las mediciones del dispositivo implementado en comparación con un instrumento patrón y la realización pruebas experimentales de mediciones de CO2 y CO4 con el dispositivo electrónico en cultivos de lechuga y plantas forestales; en un invernadero y cinco terrazas en suelos sin ningún abono, con carbón, paca de heno y cascarilla de arroz.

En el documento se presentan secciones como la metodología, la propuesta de solución, el análisis e interpretación de resultados, conclusiones y bibliografía.

2. Metodología

El lugar donde se implementó el dispositivo electrónico es en la región Sierra provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Eloy Alfaro en la Universidad Técnica de Cotopaxi en la extensión de Salache en la Carrera de Agronomía, como se muestra en las Figuras 1.a, 1.b y 1. c.

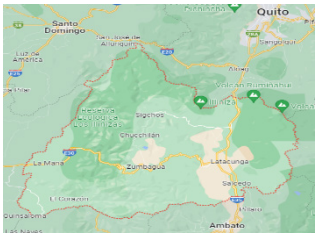


Figura 1.a – Mapa de la provincia de Cotopaxi



Figura 1.b – Mapa del sector de Salache



Figura 1.c – Ubicación del dispositivo electrónico

Los métodos utilizados para la propuesta fueron el bibliográfico, de campo, experimental, cuantitativo y cualitativo. Las técnicas de investigación que permitieron cumplir los objetivos de la investigación fueron la observación, la simulación y la medición; para

el diseño y la implementación del dispositivo electrónico y su conexión con la página web se utilizaron como instrumentos el multímetro, sensores, software de simulación en versiones estudiantiles (Proteus, IDE de Arduino, HTML CSS Node.js, Fusion 360) y fichas de datos.

2.1. Propuesta de solución

Los sistemas automatizados son soluciones innovadoras que suelen utilizar software y hardware para proporcionar altos niveles de fiabilidad de la información sobre la intervención humana. (Martínez et al., 2023).

A continuación, se describe una propuesta de solución que cubre las necesidades antes descritas. El dispositivo electrónico permitirá monitorear los valores de los gases en los sembríos, con su respectiva fecha y hora en intervalos de tiempo que se requiera, mediante la página web alojada en un servidor se podrá observar en tiempo real el comportamiento del dióxido de carbono y metano mediante gráficas en dos dimensiones, las mismas que se pueden observar en el celular, computador y/o en la pantalla del dispositivo electrónico que es móvil.

Los materiales utilizados para la implementación del dispositivo electrónico se presentan en la Tabla 1.

Cantidad	Materiales	Características
1	Arduino 2560	Microcontrolador ATmega2560, 54 entradas/salidas digitales, 15 salidas PWM, 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16Mhz, conexión USB, jack para alimentación DC.
1	ESP 8266	Módulo wifi, CPU RISC de 32-bit, RAM instrucción 64 KB, RAM datos 96 KB, memoria externa flash QSPI - 512 KB a 4 MB.
1	Sensor de CO_2 (RS485)	Rango de medición: 0-5000 ppm; DC: 10-30V; Corriente media:< 85mA; Temperatura: -40°C – 80°C; Humedad: 0-100%RH; Tiempo de respuesta: <=15s.
1	Sensor de CH_4 (RS485)	Rango de medición: 0-5000 ppm; DC: 10-30V; Corriente media:< 85mA; Temperatura: -40°C – 80°C; Humedad: 0-100%RH; Tiempo de respuesta: <=15s.
1	Módulo LM2596 - Regulator step down	Voltaje de entrada: 4.5V a 40V DC; Voltaje de salida: 1.23V a 37V DC; Corriente de salida: máx. 3A, 2.5A
1	Módulo Micro SD	Soporte para tarjetas micro SD (<=2GB) y micro SDHC (alta velocidad, <=32GB); Alimentación: 4.5-5.5V DC (regulador de 3.3V incorporado); Pines de programación (6): CS, SCK, MOSI, MISO, VCC, GND; Dimensiones: 42x24mm
1	Módulo RTC DS3231 interface I2C	Registra fecha, día y hora; lleva integrado un cristal de cuarzo de 32.768kHz
1	Shield Bornera Arduino Mega 2560	Dimensión PCB: 77x12x10 cm; Grosor de PCB: 1.6mm; Material: FR-4 de alta calidad PCB de fibra de vidrio.
1	NX4832T035 Nextion Display 3.5	Voltaje de operación: 4.75V (mín.), 5V (típico) y 7V(máx.); Dimensiones: 73.44mm x 48.96mm; Resolución: 480×320pixeles; Color: 16 bit 565, 65K, 65536 colores; Memoria Flash: 16 MB

Cantidad	Materiales	Características
1	Relé estado sólido SSR-60DA 60A, input 3-32Vdc output 24-380Vac	Corriente de carga nominal: 60A; Tipo de relevador: DA (control DC – carga AC); Entrada: DC 3-32V; Salida: AC 24-380V
1	Batería Lipo 7.4V 2200mAh	Tiene 2 celdas y la salida es de 7.4V 2200mAh de almacenamiento de carga.
1	Cargador baterías lipo de 2s y 3s imax b3 20w pro full	Adecuado para 2S 3S 7,4 V 11,1 V batería LiPo. Potencia automática apagada, ahorro de energía.

Tabla 1 – Materiales utilizados para el diseño e implementación del dispositivo

Las características técnicas de materiales fueron previamente analizadas y seleccionados de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

La tarjeta Arduino AtMega 2560 se encarga de registrar, procesar y enviar la información captada por los sensores. (Granda et al. 2022). Arduino Mega 2560, es una placa electrónica basada en el ATmega2560. Tiene 54 pines digitales de entrada/salida, 16 entradas analógicas, cuatro UARTs (puertos seriales), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reinicio. (Vega E, Santamaría P, y Rivas T 2014).

Los sensores de CO2 y CH4; son transmisores que se usan en cultivos a cielo abierto y en invernaderos, poseen una sonda de detección de gas de alta sensibilidad con señal estable y alta presión, poseen características de amplio rango de medición, buena linealidad y larga distancia de transmisión, es apto para uso interior y exterior.

El módulo ESP8266 es un chip integrado con conexión Wifi y compatible con el protocolo TCP/IP; su objetivo es dar acceso a cualquier microcontrolador a una red. (Morales Matamoros et al. 2021).

El protocolo de comunicación utilizado fue el RS-485, (Estándar EIA - 485) es una mejora sobre RS-422 ya que incrementa el número de dispositivos que se pueden conectar (de 10 a 32), posee gran inmunidad al ruido, es considerada la mejor opción de transmisión serial para aplicaciones industriales que necesitan dispositivos distribuidos en red conectados a una PC u otro controlador para la recopilación de datos u otras operaciones. (Prieto Meléndez et al. 2015).

En la Figura 4; se observa el diagrama general del dispositivo; así como la interconexión entre sus bloques. Arduino recibe los datos proporcionados por los sensores mediante comunicación serial que a su vez es procesada y visualizada en la pantalla Nextion, mediante la conexión internet transmite los datos a la página web, para ser observados en la computadora o celular y finalmente descargarlos en un archivo en formato PDF.

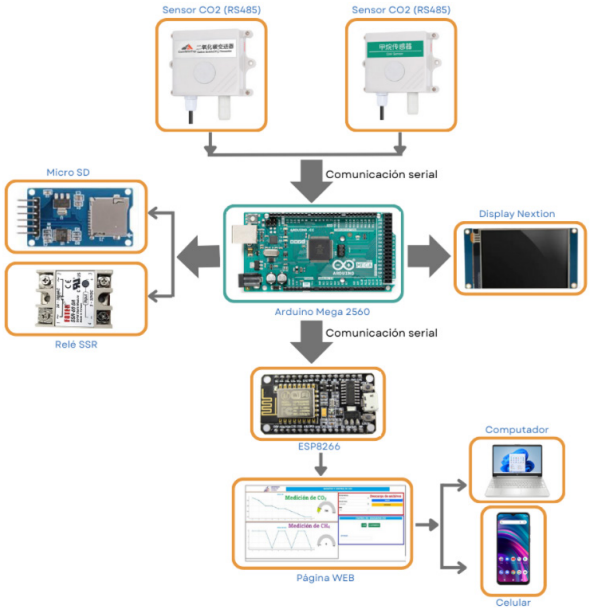


Figura 4 – Diagrama general del dispositivo

La conexión de cada uno de los componentes se efectuó de manera preliminar en una tarjeta impresa diseñada en Proteus como se muestra en la Figura 5.

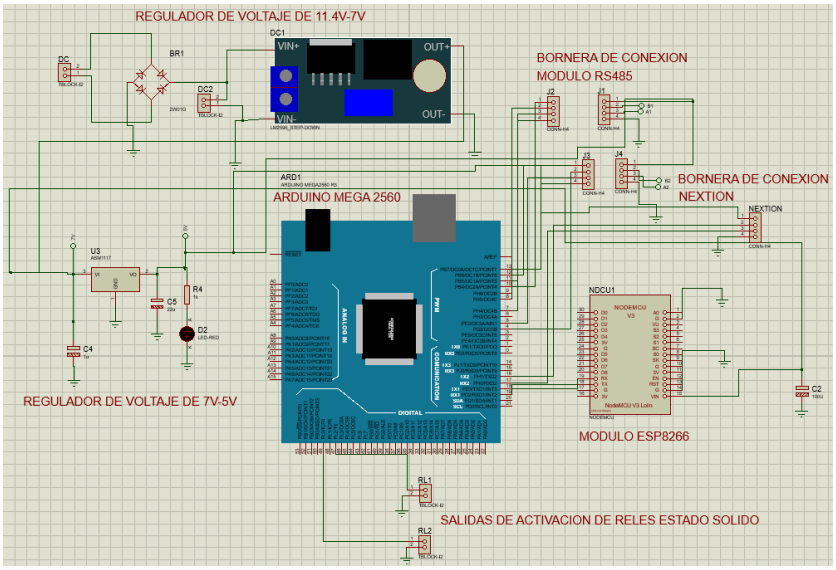


Figura 5 – Esquema de conexiones en Proteus

Se puede visualizar la conexión de cada uno de los componentes diseñados Proteus, lo cual sirvió para comprobar la funcionalidad de los sensores de gases (Dióxido de Carbono y Metano), módulo internet, tarjeta SD, Relés, regulador de voltaje y pantalla Nextion. Todos los módulos que se conectan a la tarjeta Arduino se alimentan a 5 voltios VCC.

La programación de Arduino Mega 2560 se realizó de acuerdo a los requerimientos de la Carrera de Agronomía, la misma que fue elaborada en el software IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) de Arduino que trabaja en el lenguaje C + +.

En la Figura 6, se visualiza el diagrama de flujo para la programación del dispositivo. Se realizó la configuración de sensores con sus respectivas librerías, la colocación de cada módulo en los pines correspondientes, realizada la lectura de los gases, los valores se visualizan en la pantalla Nextion y en página web, mediante comunicación serial con el módulo ESP8266 compatible con Arduino.

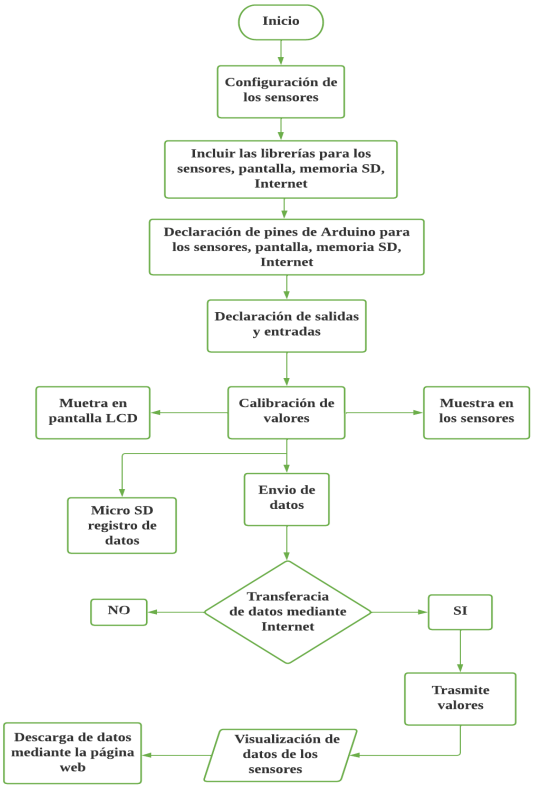


Figura 6 – Diagrama de flujo para la programación del dispositivo

Para el diseño y visualización de la página web se utilizaron códigos de programación como las técnicas de HTML, CSS, Node.js, como se indica en la Figura 7.

Las páginas web tanto en ámbitos científicos, políticos y de gobierno son hoy por hoy una fuente de datos rica e interesante para el desarrollo del análisis de grandes volúmenes de datos o "análisis de Big Data" (Rosso-Mateus et al. 2022). Programas de uso libre incluyen MySQL/MariaDB y otros como gestores de bases de datos; PHP / Node.js, y JavaScript, Ajax, HTML5 y CSS, como tecnologías web de maquetado base 'back-end' y 'front-end', respectivamente. (Mora-Aguilera et al. 2021).

En la Figura 7, se observa el diagrama de flujo para la programación de la página web, se inicializa la configuración de las conexiones de internet, si la conexión es correcta se da inicio a la obtención de datos de los sensores de CO2 y CH4; se receptan sus valores y se exponen. El momento que se obtienen los valores también existe una espera de 60 segundos para renovar y finalizar. La aplicación permite visualizar en tiempo real los datos que miden los sensores, especificando el día, la hora, los minutos y segundos en que se obtuvieron los datos y que se pueden descargar en archivo PDF.

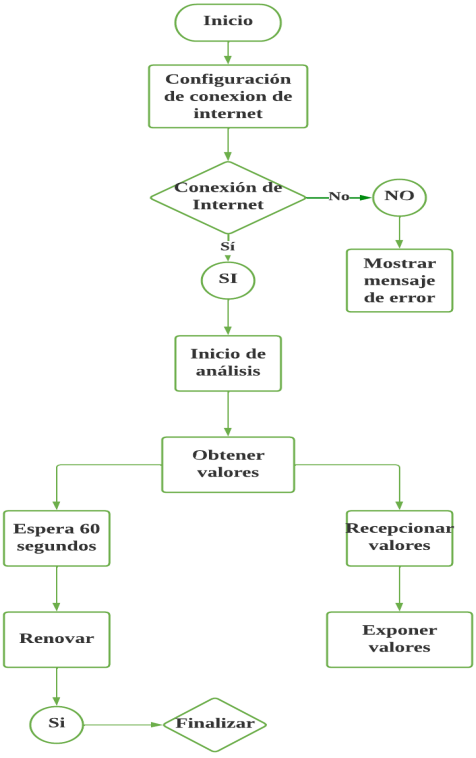


Figura 7 – Diagrama de flujo para la programación de la página web

2.2 Vinculación de la página web

Para las pruebas experimentales de medición de gases de carbono y para tener acceso a la página web se ingresa en el servidor de Google, contratado para este fin, mediante el siguiente enlace http://89.117.32.19/control, como se puede apreciar en la Figura 8; es importante mencionar que para mediciones posteriores se está gestionado un servidor propio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, que permita almacenar los datos de CO2 y CH4 en los sembríos de la Carrera de Agronomía.



Figura 8 – Ingreso al servidor

Al encender el dispositivo electrónico, los sensores obtienen en tiempo real las mediciones de gases de CO2 y CH4, el módulo ESP8266 envía los datos a la página web. En la Figura 9, se aprecia la interfaz de la página web, aquí se deben ingresar usuario: admin y contraseña: esp8266admin.



Figura 9 – Pantalla inicial para ingreso a la página web

En la interfaz principal se observan cuatro dashboard, etiquetados como “Medición de Dióxido CO2”, “Medición de CH4”, “Descarga de archivos” y “Control del generador de CO2”, como se aprecia en la Figura 10.

En los dos primeros dashboard se observan los valores medidos de CO2 y CH4 en una escala semicircular en ppm; así como también sus formas de onda. El tercer dashboard corresponde a la descarga de archivos en donde se puede seleccionar la fecha inicial y final y el gas a medir, al dar un clic en el recuadro de color amarillo inicia la descarga de

datos generando el archivo en pdf. También se diseñó una dashboard para determinar un set-point del valor del CO2 para investigaciones futuras.

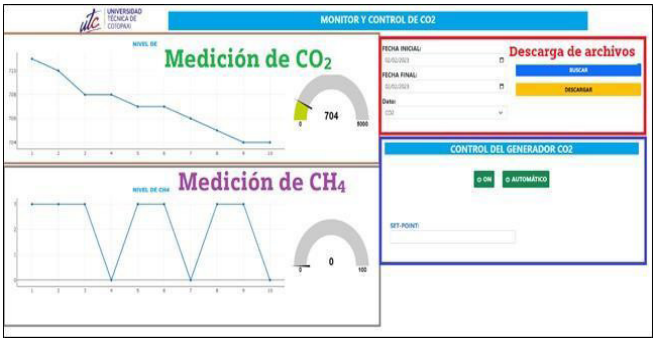


Figura 10 – Dashboards de la página web

En la Figura 11, se observa la parte frontal del dispositivo electrónico y su pantalla Nextion para la medición de Co2 y CH4.

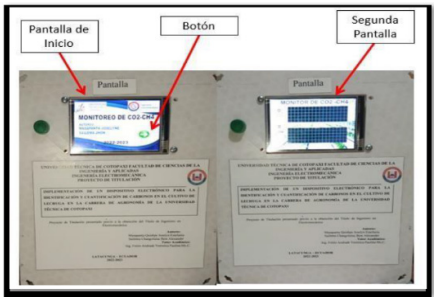


Figura 11 – Vista frontal del dispositivo electrónico

En la Figura 12, se observa la puesta en marcha del dispositivo electrónico para la medición de dióxido de carbono y metano a cielo abierto.



Figura 12 – Medición de CO2 y CH4

En las Figuras 13.a, 13.b, 13.c y 13.d; se puede observar las mediciones de dióxido de carbono y metano en sembríos de lechuga en suelos con carbono, paca de heno, cascarilla de arroz y en el invernadero, respectivamente.

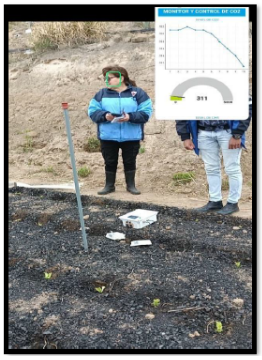


Figura 13.a – Sembrío de lechuga en suelos abonados con carbón

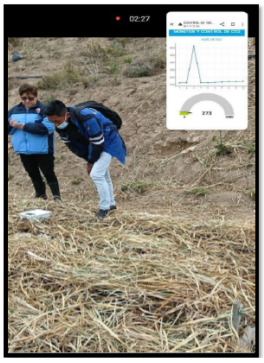


Figura 13.b – Sembrío de lechuga en suelos abonados con paca de heno

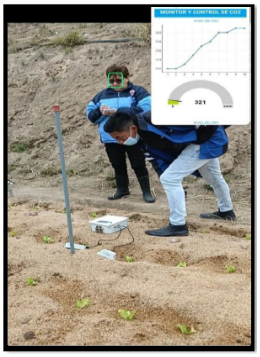


Figura 13.c – Sembrío de lechuga en suelos abonados con cascara de arroz

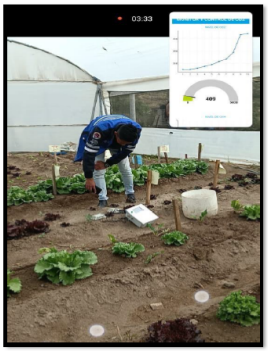


Figura 13.d – Sembrío de lechuga en invernadero

3. Análisis e interpretación de resultados

La toma de datos se realizó en sembríos de lechuga en dos terrazas y un invernadero; también se obtuvo datos en sembríos de plantas forestales a alturas bajas, medias y altas.

3.1. Resultados experimentales en sembríos de lechuga

En la Figura 14, se muestran los datos obtenidos de CO2 en ppm (partículas por millón) con el dispositivo electrónico en los sembríos de lechuga, clasificadas por terrazas e invernaderos. Los datos se tomaron a partir de las 07h00 hasta las 11h45 de la mañana, con intervalos de 15 minutos; se puede apreciar que los niveles más bajos están en la terraza 6, en donde el suelo no tiene ningún otro componente, mientras que los niveles más altos están en el sembrío de lechuga en invernadero.

En la Figura 15, se observan los promedios de mediciones de CO2 en ppm, en cada una de las terrazas e invernadero. Se aprecia que el valor del CO2 va incrementando en las terrazas a cielo abierto en donde el suelo tiene otros componentes como carbón, paca de heno y cascarilla de arroz; con valores de 294 ppm, 300 ppm y 309 ppm respectivamente; sin embargo, en el sembrío de lechuga en el invernadero se tiene el valor más alto 319 ppm, superior al de las terrazas a cielo abierto.

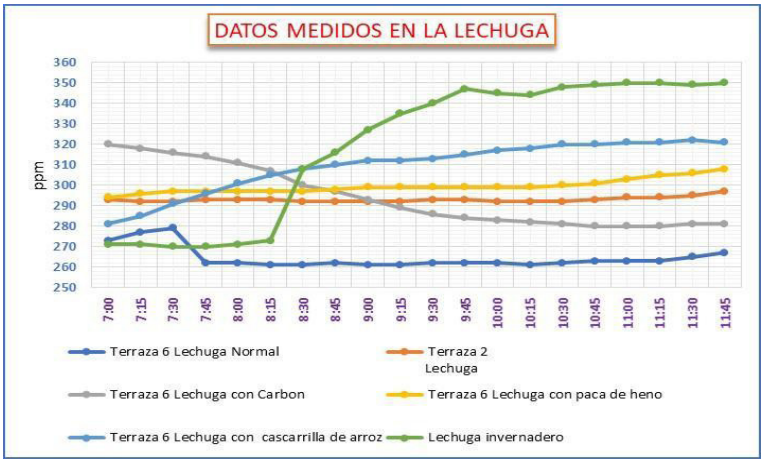


Figura 14 – Mediciones de CO2 (ppm) en cultivos de lechuga

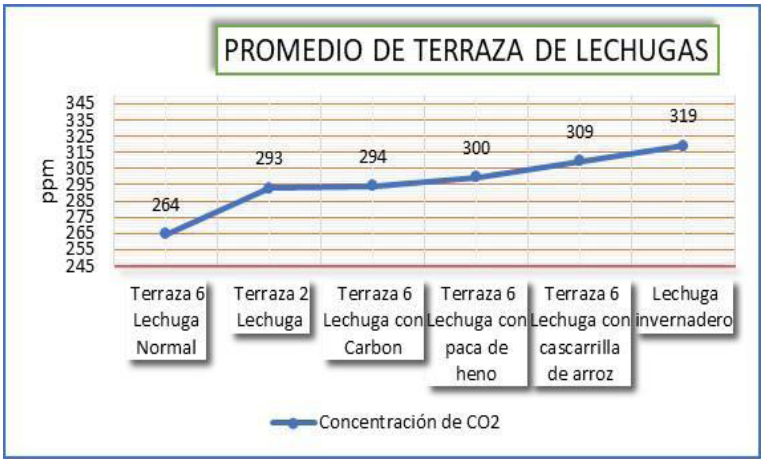


Figura 15 – Promedios de mediciones de CO2 (ppm) en cultivos de lechuga

La concentración de CO2 en el exterior está en torno a 350-380 ppm (Nutricontrol 2020), los valores medidos con el dispositivo a cielo abierto están comprendidos entre 264 ppm – 309 ppm; siendo valores inferiores por el proceso de fotosíntesis en los sembríos.

Para las especies normalmente cultivadas en invernadero, se reconoce que para una buena producción se requieren de 400 a 600 µmol/mol (ppm). Pueden existir disminución del valor de CO2, debido a dos razones: alta tasa fotosintética y una ventilación insuficiente (Estrella 2020). El valor promedio de 319ppm en el invernadero se debe a que las muestras fueron tomadas de 07h00 a 11h45; considerando que la máxima actividad fotosintética está comprendida entre las 09h00 a 18h00 y a que probablemente existe falta de ventilación natural en el invernadero.

3.2. Resultados experimentales en sembríos de plantas forestales

Con respeto a los sembríos de plantas forestales, las pruebas experimentales para la toma de datos se realizaron en tres terrazas a diferentes alturas, en la Figura 16, se aprecian las curvas originadas por la toma de datos de CO2, la medición inicio a las 07h00 y terminó a las 11h45, con intervalos de 15 minutos; al igual que los sembríos de lechuga. En este gráfico se puede observar que los niveles más bajos de CO2 corresponden a la terraza 1 por estar a una altura más baja; mientras que los niveles más altos se obtuvieron en sembríos de plantas forestales en el nivel alto.

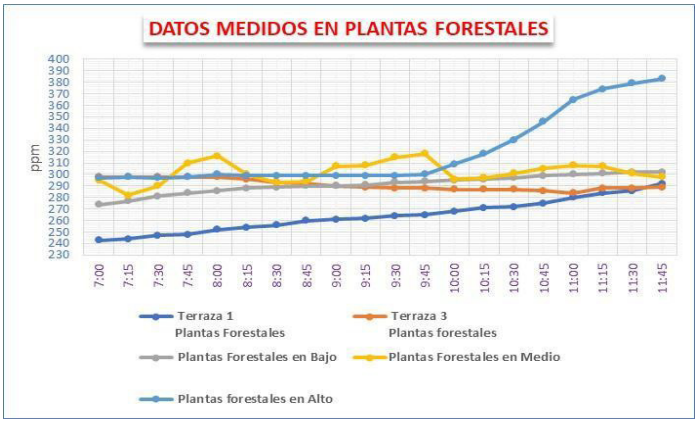


Figura 16 – Mediciones de CO2 (ppm) en cultivos de plantas forestales

Los promedios de CO2 en plantas forestales se observan en la Figura 17, se aprecia que a medida que la altura de las terrazas se incrementa también se incrementan los valores de CO2 en ppm, siendo el valor más bajo de 264 ppm en la terraza 1 y el nivel más alto en sembríos de niveles altos con un valor de 319 ppm.

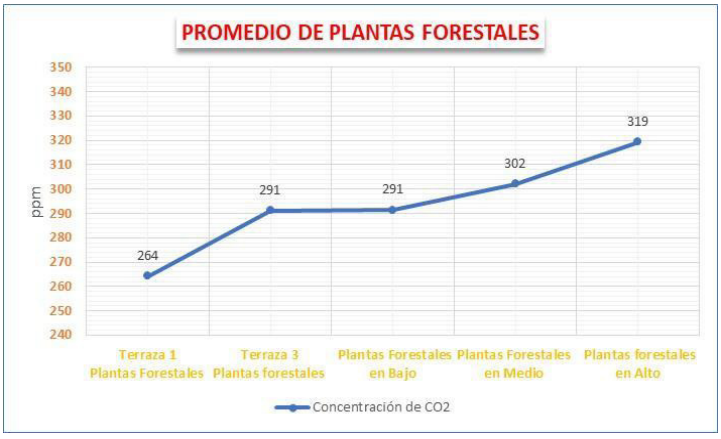


Figura 17 – Mediciones de CO2 (ppm) en cultivos de plantas forestales

No se presentan datos de mediciones CH4, debido a que el dispositivo electrónico marcó cero ppm; sin embargo, el dispositivo se utilizará en futuras investigaciones en donde los suelos de los sembríos tengan abonos orgánicos de animales; o a su vez en época de postcosecha en donde existe la presencia de metano.

3.4. Inter comparación del dispositivo

La Inter comparación y validación de los datos que se realizó con un dispositivo patrón modelo CO2 Meter + HUMIDITY THERMOMETER y Testo 350, que es propiedad de IPGMServicios ambientales, el cual se encuentra calibrado y certificado para el monitoreo de los gases de dióxido de carbono (CO2) y metano (CH4).

Los sensores de CO2, fueron encerados mediante inyección de aire zero lo cual ayuda a los sensores a eliminar cualquier impureza, obteniendo como resultados valores que no sean superiores a cero, a través de un generador de aire Zero, Thermo scientific, modelo 111.

En los sembríos de lechuga y de plantas forestales, se realizaron 100 mediciones de CO2; con el instrumento patrón y el dispositivo electrónico implementando; obteniéndose como valores promedios 337 pp m y 332 ppm, respectivamente. Se aplicó la ecuación correspondiente:

$$Error\ Relativo\ \% = \frac{Valor\ teórico - Valor\ experimental}{Valor\ teórico}\ x\ 100\%$$

$$Error\ Relativo\ \% = \frac{337\ ppm - 332\ ppm}{337\ ppm}\ x\ 100\% = 1048\%$$

4. Conclusiones

El diseño y la implementación del dispositivo electrónico permitió identificar y cuantificar la presencia de CO2 en tiempo real para ser observados en una página web en el computador, celular y/o pantalla del dispositivo; desde cualquier parte del mundo con una conexión a internet facilitando la descarga de datos para la generación de históricos de este gas y determinar su incidencia en el crecimiento de las plantas y calidad del suelo en cultivos de lechuga y plantas forestales a cielo abierto y cerrado.

El dispositivo tiene un grado de protección IP54; (5) protegido contra la penetración de polvo; (4) protegido contra las proyecciones de agua. Los componentes electrónicos del dispositivo están contenidos en una caja metálica; la pantalla y orificios disponen de un recubrimiento y cauchos de plástico que impide el ingreso de polvo y líquidos; nivel de robustez adecuado para las mediciones en plantaciones.

La precisión del dispositivo electrónico para mediciones de CO2 es de 4,88 ppm, considerando que el sensor tiene un rango de 0 – 5000 ppm.

La exactitud del instrumento de medición se la obtuvo mediante el cálculo del error relativo porcentual entre las mediciones realizadas con el instrumento patrón y el dispositivo electrónico dando un valor del 1,48%.

En las pruebas experimentales se determinó que la mayor concentración de CO2 se tiene en los invernaderos en donde existen sembríos de lechuga y a cielo abierto en sembríos de plantas forestales en las terrazas altas; el valor para los dos casos corresponde a 319 ppm.

La presencia de CO2 se incrementa en sembríos de lechuga que tienen suelos con otros componentes como carbón, paca de heno y cascarilla de arroz, con valores de 294 ppm, 300 ppm y 309 ppm respectivamente.

Los valores de dióxido de carbono, detectados por el dispositivo electrónico en cultivos a cielo abierto y cerrado, en sembríos de lechuga y plantas forestales en las terrazas e invernaderos de la Carrera de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi fueron inferiores a 450 ppm que está dentro del rango permisible de CO2.

Referencias

Aguilar, Gloria Mónica Martínez, Abel Sosa Escobedo, y Vanessa Maribel Morales Ibarra. 2022. «Desarrollo de sitio web para IoT con Arduino». *Científica* 26(1):1-12.

Carbonell Bojollo, Rosa M. 2009. «Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y del manejo del suelo sobre el papel de la agricultura en los procesos de fijación y emisión de carbono». http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Córdoba (ESP).

Chanchí-Golondrino, Gabriel-Elías, Manuel-Alejandro Ospina-Alarcón, y Manuel Saba. 2022. «Sistema IoT para el monitoreo de variables climatológicas en cultivos de agricultura urbana». *Revista científica* 44(2):257-71.

Cherlinka. 2023. «Secuestro De Carbono En El Suelo Y Su Efecto Medioambiental». Recuperado 18 de mayo de 2024 (https://eos.com/es/blog/secuestro-de-carbono-en-suelo/).

Estrella. 2020. «Manejo del CO2 en invernadero». *Agrofacto*. Recuperado 26 de mayo de 2024 (https://agrofacto.com/co2-invernadero/).

Granda, Nelson, Jenny Monga, Cristian Barreno, Franklin Quilumba, Nelson Granda, Jenny Monga, Cristian Barreno, y Franklin Quilumba. 2022. «Desarrollo de una estación meteorológica y una herramienta computacional para la evaluación de los recursos eólico y solar». *Revista Técnica energía* 18(2):113-23. doi: 10.37116/revistaenergia. v18.n2.2022.495.

Martínez, Jesús Sierra, Juan Carlos Elizondo Leal, Daniel López Aguirre, Yadira Quiñonez, José Hugo Barrón Zambrano, Alan Diaz Manríquez, Vicente Paul Saldívar Alonso, y José Ramon Martínez Angulo. 2023. «Aplicación móvil para monitoreo del consumo de materia seca en rumiantes usando la tecnología bluetooth». *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação* (49):66-82. doi: 10.17013/risti.49.66-82.

Montaño-Blacio, Manuel, Jorge González-Escarabay, Óscar Jiménez-Sarango, Leydi Mingo-Morocho, y César Carrión-Aguirre. 2023. «Diseño Y Despliegue De Un Sistema De Monitoreo Basado En Iot Para Cultivos Hidropónicos». *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología* (30):9-18.

Mora-Aguilera, Gustavo, Gerardo Acevedo-Sánchez, Eduardo Guzmán-Hernández, Oscar Eder Flores-Colorado, Juan José Coria-Contreras, Coral Mendoza-Ramos, Verónica Inés Martínez-Bustamante, Abel López-Buenfil, Rigoberto González-Gómez, Miguel Ángel Javier-López, y otros. 2021. «Sistemas de vigilancia epidemiológicos para interfaz web y aplicaciones en roya del cafeto». *Revista mexicana de fitopatología* 39(3):452-92. doi: 10.18781/r.mex.fit.2104-6.

Morales Matamoros, Oswaldo, Jesús Jaime Moreno Escobar, Ricardo Tejeida Padilla, Ana Gabriela Ramírez Gutiérrez, Pedro Flores Jiménez, Oswaldo Morales Matamoros, Jesús Jaime Moreno Escobar, Ricardo Tejeida Padilla, Ana Gabriela Ramírez Gutiérrez, y Pedro Flores Jiménez. 2021. «Optimización de una red definida por software basada en la construcción del fractal de Peano». *Computación y Sistemas* 25(1):33-45. doi: 10.13053/cys-25-1-3319.

Murillo-Williams, Adriana, Justin Brackenrich, y Daniela Carrijo. 2022. «¿Qué es el Carbono?» Recuperado 28 de abril de 2024 (https://extension.psu.edu/que-es-el-carbono).

Nutricontrol. 2020. «CÓMO INFLUYE EL DIÓXIDO DE CARBONO (CO2) EN EL CULTIVO EN INVERNADERO - Nutricontrol». Recuperado 26 de mayo de 2024 (https://nutricontrol.com/es/como-influye-el-dioxido-de-carbono-co2-en-el-cultivo-en-invernadero/).

Perez-Silva, Rodrigo, Jorge Campos, Rodrigo Pérez-Silva, y Jorge Campos. 2021. «¿Agricultura 4.0? Estudiando la evidencia de la automatización en la agricultura chilena». *International journal of agriculture and natural resources* 48(3):233-47. doi: 10.7764/ijanr.v48i3.2339.

Prieto Meléndez, Rafael, Alejandro Padrón-Godínez, Alberto Becerra, C. Jaimes, y Raúl Hernández. 2015. *Comunicación entre Controladores Utilizando el Protocolo RS-485*.

Quiroga Montoya, Edwin Andrés, Sergio Fernando Jaramillo Colorado, Wilmar Yesid Campo Muñoz, y Gabriel Elías Chanchí Golondrino. 2017. «Propuesta de una Arquitectura para Agricultura de Precisión Soportada en IoT». *RISTI: Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação* (24):39-56.

Riaño, Efren, María Espinosa C., y Cesar Guerrero. 2020. «Evaluando contribuciones de usabilidad en soluciones TIC-IOT para la agricultura: Una perspectiva desde la bibliometría». *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*.

Rosso-Mateus, Andrés E., Yeimy M. Montilla-Montilla, Sonia C. Garzón-Martínez, Andrés E. Rosso-Mateus, Yeimy M. Montilla-Montilla, y Sonia C. Garzón-Martínez. 2022. «Metodología para obtención y análisis de datos inmobiliarios usando fuentes alternativas: estudio de caso en tres ciudades intermedias de Colombia». *Ingeniería* 27(3). doi: 10.14483/23448393.17952.

Soto, Jhonatan Paolo Tovar, José de los Santos Solórzano Suárez, Andrés Badillo Rodríguez, y Genner Oswaldo Rodríguez Cainaba. 2019. «Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual». *Lámpsakos* (22):86-105.

Torre, M. Zambrano-de la, M. Guzmán-Fernández, C. Sifuentes-Gallardo, V. Manuel Ortiz-Romero, Oscar Cruz-Domínguez, M. Fraire-Hernández, J. Pérez-Martínez, y H. Durán-Muñoz. 2020. «Una Guía Práctica para Desarrollar Equipo de Laboratorio con Arduino». *Conciencia Tecnológica* (59).

Vega E, Adriana Marcela, Francisco Santamaría P, y Edwin Rivas T. 2014. «Internet de los objetos empleando arduino para la gestión eléctrica domiciliaria». *Revista Escuela de Administración de Negocios* (77):24-41.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 25/05/2024
Aceitação/Acceptance: 29/07/2024

Aplicación IoT: Medidor Inteligente para el consumo de agua potable

Vitonera Arleth Damaris[1], Ríos Guiracocha Miguel Ángel[1],
Hidalgo Oñate Ángel Guillermo[1]

arleth.lopez9671@utc.edu.ec; miguel.rios3423@utc.edu.ec; angel.hidalgo@utc.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi 050108, Ecuador

Pages: 678-695

Resumen: En Ecuador, las Juntas Administradoras de Agua Potable (JAAP) enfrentan desafíos significativos, especialmente en la medición manual del consumo de agua, que es ineficiente principalmente debido a errores humanos, consumo de tiempo y recursos. Este estudio propone una solución empleando Internet de las cosas (IoT), utilizando un enfoque secuencial de desarrollo correspondiente a la metodología Waterfall para diseñar un sistema que incluye un prototipo energizado por energía solar y tecnología LoRa para la comunicación a distancia. Evaluado en la JAAP "San Antonio de Aláquez" de Latacunga, el prototipo demostró una transmisión exitosa hasta 10 km con un error de ±1,70%. Con un Retorno de Inversión (ROI) proyectado del 54,7%, el proyecto confirma la viabilidad económica de la solución, ofreciendo una alternativa eficiente y tecnológicamente avanzada para la medición del consumo de agua, mostrando su factibilidad técnica y financiera.

Palabras-clave: — IoT; Juntas de agua; LoRa; MQTT, Node-RED.

IoT Application: Smart metering for water consumption

Abstract: In Ecuador, the Water Management Councils (WMCs) face significant challenges, particularly with the manual measurement of water consumption, which is inefficient mainly due to human errors, time consumption, and resource use. This study proposed an Internet of Things (IoT) solution, utilizing a sequential development approach corresponding to the Waterfall methodology to design a system that includes a prototype powered by solar energy and LoRa technology for long-distance communication. Evaluated at the WMC "San Antonio de Aláquez" in Latacunga, the prototype demonstrated successful transmission up to 10 km with an error of ±1.70%. With a projected Return on Investment (ROI) of 54.7%, the project confirms the economic viability of the solution, offering an efficient and technologically advanced alternative for water consumption measurement, showcasing its technical and financial feasibility.

Keywords: IoT; Water Management Councils; LoRa; MQTT; Node-RED.

1. Introducción

Este artículo presenta el desarrollo de un medidor inteligente de consumo de agua basado en IoT que combina sensores de flujo de agua, una plataforma de comunicación inalámbrica con tecnología LoRa y una interfaz de usuario accesible a través de dispositivos móviles. El objetivo es proporcionar un sistema capaz de monitorear el uso de agua en tiempo real, detectar fugas y promover un uso más consciente y eficiente del recurso. El proyecto destaca por su capacidad de operar en áreas con infraestructura limitada, utilizando energía de manera eficiente y manteniendo la conectividad incluso en ubicaciones remotas.

La gestión del suministro de agua en zonas rurales ha sido tradicionalmente un desafío, con procesos manuales que demandan tiempo y son propensos a errores, afectando la precisión y la satisfacción de los residentes (Bakker et al., 2008). Estos sistemas manuales, según Hunter et al. (2009), pueden llevar a ineficiencias significativas y a conflictos con los usuarios del servicio. Por ello, los sistemas automatizados son una manera eficiente de gestión adecuada del consumo de agua potable.

Gallardo et al., (2023) introdujo la metodología Waterfall, resaltando su utilidad en proyectos donde los requisitos son claros y estables. Aunque algunos críticos sugieren que esta metodología puede ser inflexible (Boehm, 1988), su aplicación en proyectos con alcance y objetivos bien definidos sigue siendo valorada por su estructura y claridad. Debido a que lo esperado con este estudio se adapta a un enfoque secuencial, Waterfall fue la metodología de trabajo seleccionada.

La incorporación del Internet of Things (IoT) en este proyecto con un medidor inteligente de agua ha mostrado un desempeño eficaz para la reducción de costos y aumento de la precisión. Según Gubbi et al. (2013) el IoT ofrece oportunidades sin precedentes para la recolección de datos en tiempo real y la toma de decisiones. La tecnología LoRa, en particular, se presenta como una solución prometedora para transmitir datos desde lugares remotos con bajo consumo de energía (Augustin et al., 2016), facilitando la gestión del recurso hídrico en entornos rurales (Sinha et al., 2017).

Existen varios prototipos de medidores inteligentes que se han propuesto anteriormente. Por ejemplo, Farinango (2018) desarrolló un sistema de medidor inteligente de agua potable domiciliario para la JAAP “El ABRA”. Permite monitorear el consumo de agua, gestionar servicios y acceder al historial de consumo desde cualquier ubicación con conexión a Internet. Emplea una placa electrónica ESP E12 integrada con un medidor y regulador de agua, un sensor de flujo y una electroválvula. La implementación ha solucionado problemas como la demora en la recopilación de datos y los errores en los registros, reduciendo significativamente los tiempos de ejecución. Sin embargo, presenta limitaciones en su dependencia de la conectividad a Internet y la falta de una fuente autónoma de energía.

También, Jácome & León (2014) donde su proyecto se enfocó en el diseño y construcción de un sistema de medición inteligente para gestionar el consumo de energía eléctrica y agua potable en hogares, utilizando tecnología inalámbrica para una visualización detallada del consumo. La introducción de este sistema busca mejorar la toma de datos en la medición, brindando a los usuarios información detallada sobre su consumo y permitiéndoles participar activamente en la optimización de recursos. Además,

la capacidad de comparar el consumo con las planillas ofrece una herramienta útil para el control del gasto. A través de dispositivos como el sensor de agua YF-S201, el módulo de comunicación XBee-S2 y la tarjeta Arduino Mega 2560, se logra obtener información instantánea y una interfaz gráfica amigable para el usuario. Sin embargo, las limitaciones en el alcance de la comunicación inalámbrica deben ser consideradas, ya que dispositivos separados por más de 40 metros pueden experimentar pérdida de comunicación, afectando así la efectividad del sistema en su despliegue en hogares.

Borja (2021) cuyo proyecto se enfoca en la implementación de una red de área amplia de baja potencia (LPWAN) utilizando tecnología LoRa para controlar el consumo de agua potable en la ciudad de Quito. Desarrolló un medidor inteligente para monitorear y calcular el consumo de agua a distancia, con el objetivo de visualizar en tiempo real el consumo mediante una plataforma web, reduciendo la necesidad de recursos humanos para la medición. Se emplearon dispositivos como el sensor de flujo de caudal YF-S201, Arduino UNO, y el shield LoRa Dragino SX127x. A pesar de lograr una buena cobertura de comunicación LoRa que abarcó un área de 0.77 km² con un perímetro de 3.95 km, y establecer un respaldo de energía con baterías recargables de 4000 mAh proporcionando hasta 10 horas de autonomía en condiciones ideales, las limitaciones en cuanto a la necesidad de conexión eléctrica constante y la recarga continua de baterías podrían presentar desafíos en áreas con infraestructura limitada.

Por otra parte la norma NTE INEN-OIML (2009) los medidores de agua equipados con dispositivos electrónicos deben cumplir con estándares rigurosos para garantizar su funcionalidad y precisión en diversas condiciones. La Norma Técnica Ecuatoriana establece tres categorías de fuentes de energía para estos medidores, permitiendo su uso individual o combinado. Para cada opción, se especifican requisitos claros, como la capacidad de mantener la indicación de volumen durante al menos un año después de una interrupción de energía, protección contra sabotaje y directrices precisas para el reemplazo de baterías, asegurando que ninguna propiedad o parámetro del medidor se vea afectado.

Además, los fabricantes deben garantizar la fiabilidad y durabilidad de los medidores de agua con dispositivos electrónicos, ya sea mediante baterías no reemplazables con una vida útil claramente indicada que supere el tiempo de vida operacional del medidor en al menos un año, o mediante baterías reemplazables con instrucciones precisas para su cambio y sin afectar las propiedades del medidor durante la sustitución. Estas disposiciones aseguran que los medidores mantengan su funcionalidad y precisión incluso en situaciones adversas, cumpliendo con los estándares de calidad y seguridad establecidos por la normativa ecuatoriana.

El IoT es la conexión digital entre objetos cotidianos y la red de internet, permitiendo intercambiar información con otros dispositivos o centros de control sin necesidad de intervención humana (Corrales et al., 2024), recolectando datos importantes sobre el uso y rendimiento de los objetos. Esto facilita la monitorización y operación de los objetos, creando una serie de experiencias y oportunidades únicas e innovadoras para personas, empresas y ciudades (López & Cárdenas, 2019).

Además, el IoT es uno de los pilares fundamental del desarrollo de la Industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial. Esta revolución se caracteriza por

la organización innovadora de los medios de producción, basándose en la digitalización completa de todas las áreas de la vida humana. Esto es un fenómeno relativamente nuevo y tendrá un impacto significativo en la vida y sus procesos de transformación en los próximos años (Buyya & Dastjerdi, 2016).

Por otro lado, las redes LPWAN, conocidas como redes de bajo consumo energético y área extensa, son tecnologías inalámbricas que facilitan la transmisión de pequeñas cantidades de datos a largas distancias. Destacan por su capacidad para conectar dispositivos en áreas extensas y remotas de manera eficiente, convirtiéndolas en una solución idónea para diversas aplicaciones.

A diferencia de las redes inalámbricas de sensores de corto alcance (WSN), las LPWAN están diseñadas para ofrecer una amplia cobertura con un consumo de energía reducido, permitiendo así un acceso más económico. Estas tecnologías se clasifican según la banda de frecuencia operativa, dividiéndose en las que operan en un espectro sin licencia y las que operan en un espectro autorizado, esto proporciona flexibilidad y adaptabilidad a distintos entornos y requisitos de comunicación. De acuerdo con la banda de frecuencia operativa, las tecnologías de comunicación aplicadas se pueden dividir en dos tipos: las que operan en un espectro sin licencia y las que operan en un espectro autorizado (Gallardo et al., 2023).

De la misma manera estudios por Kerzner (2013) subrayan la importancia de considerar tanto los costos iniciales como los beneficios a largo plazo de proyectos tecnológicos. En el contexto de la gestión del agua, la automatización y la mejora de del sistema actual de medición del consumo de agua pueden resultar en ahorros significativos y en una mayor satisfacción de los usuarios.

A pesar de que existen dificultades para determinar el retorno de la inversión (ROI) de proyectos tecnológicos (Lucero, 2016), debido a la complejidad en asignar una cuantificación económica a los beneficios directos e indirectos; en el presente trabajo se ha desarrollado el cálculo del ROI basados en una metodología propuesta por Microsoft Corporation (2016) precisamente para soluciones de Internet de las cosas.

En este contexto, el presente proyecto de medidor inteligente de consumo de agua se propone como una solución integral para superar las limitaciones de los sistemas actuales, contando con un sistema automático para la gestión eficiente del recurso hídrico en zonas rurales y urbanas.

2. Metodología

El proyecto empleó un enfoque secuencial (Waterfall), combinando elementos cualitativos y cuantitativos para abordar la viabilidad de implementar un sistema automático de monitoreo de consumo de agua en juntas de agua. Así, en el presente trabajo se abordaron cuatro de las cinco fases que se propone en la metodología Waterfall (ver Figura 1), que corresponden a: identificación de los requerimientos de la propuesta, diseño, implementación, verificación y testeo.

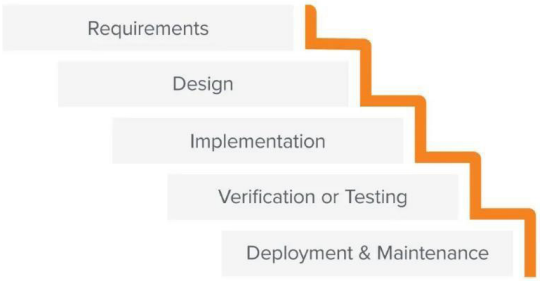


Figura 1 – Fases de la metodología Waterfall (Equipo de comunicaciones de Adobe, 2022)

2.1. Situación de estudio

La Junta Administradora de Agua Potable (JAAP) "San Antonio de Aláquez" gestiona el suministro de agua mediante un sistema manual para la lectura de medidores residenciales, que incluye además otras tareas como instalaciones y reparaciones de la red. El proceso manual, realizado por un único operario, enfrenta desafíos como el tiempo y esfuerzo requerido para visitar cada hogar mensualmente, situación que se ve afectada por factores externos como el clima. La política de facturación establece un consumo mínimo de 15 metros cúbicos por $2.00, con un cargo adicional de $0.15 por cada metro cúbico extra.

La administración atiende a 650 usuarios y emplea un total de cinco días para completar la recolección de datos, dos días son asignados a la secretaria y tres días al operario. Durante estos cinco días, el operario cubre 50 kilómetros en motocicleta y trabaja durante 20 días al mes. Esto se traduce en una eficiencia del operador del 85%. Sin embargo, durante los días en que se dedica a la toma de lecturas de medidores, se descuidan otras tareas importantes como la reparación de rupturas de tuberías, debido a que las ubicaciones de los medidores están alejadas de la zona céntrica. Por consiguiente, el operario se ve frecuentemente obligado a realizar horas extras para solventar estos inconvenientes.

Con la propuesta de un sistema inteligente de medición de consumo de agua, el operador podrá dedicar el 100% de su tiempo en actividades de mantenimiento, reparaciones e instalación de medidores para nuevos usuarios, proyectando un aumento en la eficiencia del 15%.

2.2. Identificación de requerimientos

En esta fase inicial, se abordaron los requisitos esenciales para la optimización del proceso actual de medición del consumo de agua potable en las juntas de agua. Se examinó cada paso del proceso de medición, abarcando la recolección de lecturas de los medidores. Como consecuencia se identificaron los siguientes requisitos:

Precisión y Fiabilidad: El medidor debía proporcionar mediciones en metros cúbicos precisas del consumo de agua, con un margen de error mínimo. Así como también, funcionar de manera confiable bajo diversas condiciones de presión y calidad del agua, asegurando un rendimiento constante a lo largo del tiempo.

Transmisión de datos a larga distancia y en tiempo real: Dado que la junta de agua proporciona servicios a una amplia área geográfica, es fundamental contar con una solución de comunicación de largo alcance que abarque todos los sectores involucrados así como también el medidor debía transmitir datos de uso de agua en tiempo real o a intervalos predefinidos a un sistema de gestión centralizado para su monitoreo, facturación y análisis que eliminaría la necesidad de que el operario se desplace físicamente a cada domicilio.

Bajo consumo de energía: Debido a que el área incidencia de la JAAP "San Antonio de Aláquez" es rural, el medidor debía estar diseñado para un bajo consumo de energía, con opciones para operación a batería e integrar fuentes de energía solar.

Durabilidad y Resistencia al Agua: El dispositivo debe ser duradero, capaz de soportar condiciones ambientales adversas, y resistente al agua para asegurar una operación a largo plazo sin degradación física o funcional.

Escalabilidad e Integración: La arquitectura del sistema debería ser escalable para acomodar el crecimiento en el número de usuarios e integrable con sistemas existentes de gestión y facturación de agua, soportando estándares de interoperabilidad.

Interfaz de Usuario y Accesibilidad: Una interfaz de usuario accesible, posiblemente a través de una aplicación móvil o portal web, que permita a los consumidores monitorear sus patrones de consumo de agua, recibir alertas por posibles fugas y gestionar sus cuentas.

Detección Automatizada de Fugas y Alertas: El medidor debería incorporar algoritmos para detectar patrones de consumo anormales que indiquen fugas, alertando de manera oportuna a los usuarios y al proveedor de servicios sobre posibles problemas.

Costo-beneficio: Aunque integra tecnologías avanzadas, el medidor debía presentar un ROI positivo, equilibrando la inversión inicial contra los ahorros operativos y los beneficios a largo plazo.

Mantenimiento y Soporte: Debe proporcionarse facilidad de mantenimiento, actualizaciones de firmware y soporte técnico para asegurar la longevidad del medidor y su adaptabilidad a futuros avances tecnológicos.

2.3. Diseño

La etapa de diseño se destinó a la conceptualización y planificación de la arquitectura propuesta para el sistema de monitoreo automático del consumo de agua potable, cuyo desarrollo se llevó a cabo a lo largo de este enfoque tecnológico. Se estableció una estructura coherente que permita la integración efectiva de los componentes necesarios.

Para llevar a cabo el diseño del sistema de medición inteligente del consumo de agua, se siguió la arquitectura de Internet de las Cosas. Esta arquitectura que se muestra

en la Figura 2 proporciona un marco sólido para la integración y comunicación de los dispositivos en un entorno conectado e interoperable.

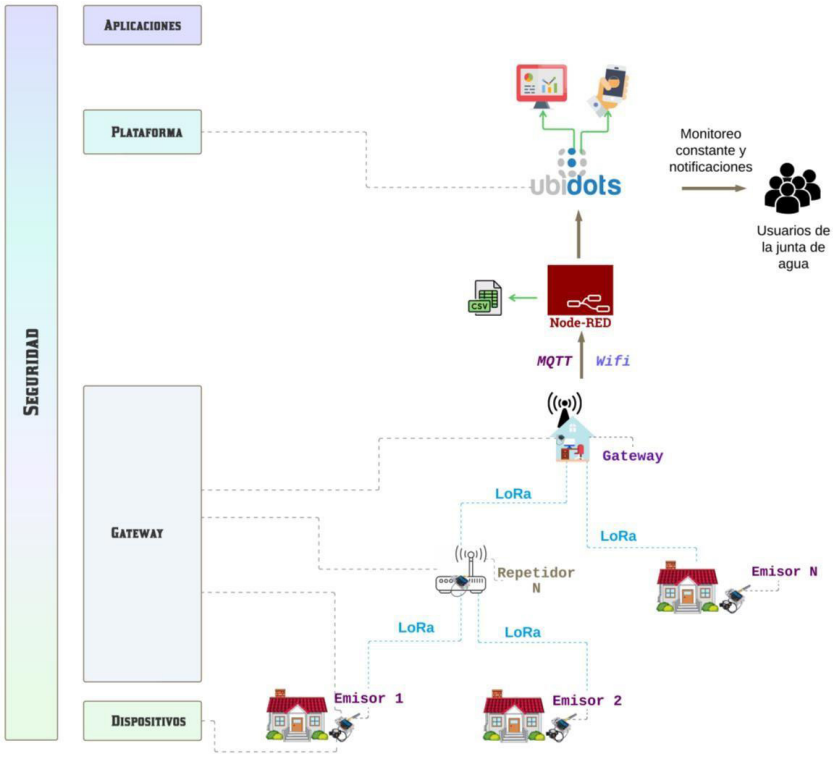


Figura 2 – Arquitectura del sistema de monitoreo automático

En este contexto, es fundamental contar con tecnologías de comunicación eficientes y confiables. Entre las opciones más conocidas y ampliamente utilizadas de largo alcance y baja potencia se encuentran SigFox y LoRa. La elección final recayó en LoRa debido a varias ventajas que ofrece, como la facilidad para crear cobertura en cualquier ubicación. Esto la convierte en la opción ideal para la aplicación de monitoreo de consumo de agua en áreas rurales, donde hay distancias considerablemente largas entre los medidores.

Además, en esta etapa se analizó los diferentes componentes a utilizar en el desarrollo del sistema, como sensor de flujo se seleccionó el YF- S201 y para Gateway y medidor inteligente la placa de desarrollo Heltec WiFi LoRa 32 V3. Las antenas usadas para Gateway es una antena de 9 dBi de potencia y para el repetidor una antena de fibra de vidrio de 5.8 dBi, esta última soporta condiciones climáticas variables. También, se consideró el uso de paneles solares en los dispositivos a excepción del Gateway LoRa.

2.4. Implementación

Durante la fase de implementación, se realizó un análisis para seleccionar los dispositivos adecuados que se incorporaron en el sistema propuesto. La elección de estos dispositivos será esencial para garantizar un desempeño óptimo y una operación fluida del sistema de monitoreo automático.

El medidor de agua inteligente es un prototipo funcional que permite recopilar datos de consumo de agua. Durante la instalación del medidor inteligente, se realizó la conexión del sensor de caudal YF-S201 a la placa Heltec WiFi LoRa 32 V3, utilizando los pines correspondientes para la alimentación y transferencia de datos.

El medidor inteligente se energiza con una batería de 3.7 V y de 8800 mAh. La batería fue dimensionada para tener un tiempo de autonomía aproximado de 8 días. Para recargar la batería, se requiere dos paneles solares de 6V y 500mAh. Estos paneles solares se conectan al módulo cargador de batería, el cual se encarga de recargar la batería del medidor inteligente. En cuanto a la Gateway, está conectado a través de un cargador de 5 V, que proporciona la energía necesaria para la placa. Este cargador se ha adaptado para satisfacer los requisitos de alimentación específicos de la Gateway en las oficinas de la empresa de agua.

En el módulo del transmisor, se programó la funcionalidad para controlar la medición de caudal y volumen. La salida del sensor es una onda cuadrada cuya frecuencia es proporcional al caudal atravesado.

$$Q = \frac{f}{K} \tag{1}$$

En la ecuación (2.1) el coeficiente *K*, que convierte la frecuencia *f* medida en *Hz* en caudal *Q* medido en *L/min*, está determinado por los parámetros del sensor. El fabricante suministra un valor de referencia en la hoja de especificaciones. Sin embargo, el valor constante *K* varía en cada caudalímetro, el valor de la constante *K* en el caudalímetro YF-S201 es de 7.5. Utilizando el valor de referencia, se puede obtener una precisión de aproximadamente ±10%. Para mayor precisión, habrá que hacer un ensayo de calibración específico para el caudalímetro.

El medidor inteligente de agua, se programó para que envíe un mensaje cada hora y que tenga el valor de volumen y se almacene en la memoria interna de la placa Heltec WiFi LoRa 32 V3.

Por otro lado, en el segundo módulo es un Gateway LoRa, el cual se programó con la funcionalidad para recibir todos los datos enviados por el medidor inteligente usando la tecnología LoRa. Además, se utiliza la comunicación MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), para enviar los datos a Node-RED, donde se almacenan y procesan para su posterior análisis y enviar el dato de consumo a Ubidots. Es importante destacar que todas estas actividades realizadas por el Gateway requieren una conexión a internet para su correcto funcionamiento.

Debido a que algunas viviendas que reciben el suministro de agua de la junta están a considerable distancia de sus oficinas centrales, donde se prevé instalar el Gateway.

Por esta razón, en ciertas zonas resulta necesario implementar repetidores, como intermediarios de comunicación, permitiendo así que la señal del consumo de agua pueda llegar sin problemas hasta su destino final, es decir, el Gateway.

El medidor de agua inteligente propuesto utiliza la tecnología LoRa para transmitir los datos recopilados desde el sensor hacia un Gateway central o repetidor que aumentara la potencia de envío hacia el Gateway. El alcance depende en gran medida del entorno o de las obstrucciones en un lugar determinado, pero LoRa Alliance (2015) detalla que LoRa® y LoRaWAN™ tienen un presupuesto de enlace mayor que cualquier otra tecnología de comunicación estandarizada.

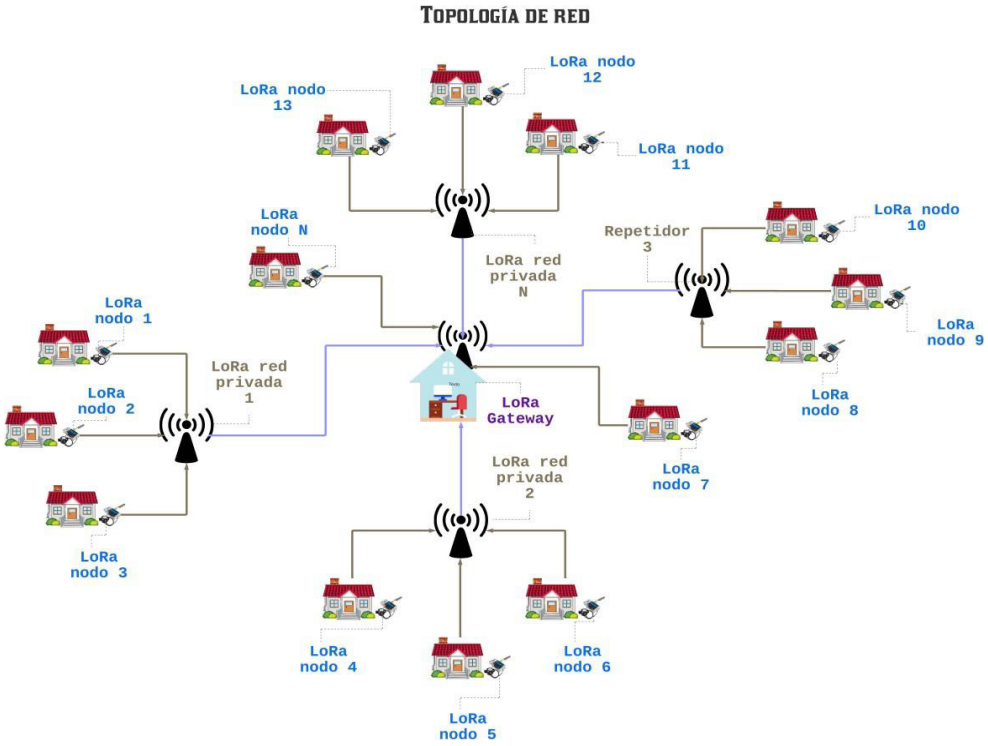


Figura 3 – Topología de red del sistema de medición de agua inteligente

Toda la comunicación LoRa entre los diferentes dispositivos trabaja en una frecuencia libre que según la Agenda de regulación y control de las telecomunicaciones (2018), la frecuencia de radio libre en el Ecuador para RLAN (Red de Área Local Regional) es de 915 MHz.

La topología de red se compone de un Gateway central con múltiples emisores y repetidores conectados a él. En la Figura 3 se muestra el mapa lógico de los medidores de agua inteligente. El emisor se encarga de censar el flujo utilizado y si este se encuentra lejos del Gateway la información pasa a un repetidor, el cual toma el dato de agua

utilizada y lo envía al Gateway. Por otro lado, si el emisor se encuentra dentro de la cobertura de señal principal, la información va directo al Gateway.

Verificación y testeo

El diseño experimental implicó una prueba piloto en una junta de agua, para comprobar la factibilidad técnica. Se emplearon métodos específicos como análisis de costos y beneficios para evaluar la viabilidad financiera. De esta manera, a través de la etapa de verificación y pruebas, se evaluó los logros obtenidos por el prototipo del sistema automático de medición y monitoreo desarrollado para las juntas administradoras de agua potable. Estos procedimientos permitieron validar la efectividad y precisión del sistema en condiciones reales de operación.

3. Resultados y discusión

3.1. Análisis técnico

Inicialmente, se llevó a cabo la verificación de la distancia de transmisión de mensajes mediante varias pruebas realizadas a distancias específicas. La Tabla 1 presenta los resultados de las pruebas de transmisión más relevantes. La primera distancia evaluada fue de aproximadamente 2 km en una zona urbana, donde se observó que, aunque los datos llegaban al receptor, la presencia de edificios altos dificultaba la comunicación entre dispositivos. Posteriormente, se realizaron pruebas exitosas a distancias de 3 a 5 km, manteniendo la línea de vista entre dispositivos y utilizando una antena de 5.8 dBi de potencia. Se continuó con una distancia de 7 km, donde se encontraron obstáculos como lomas, cables de alta tensión y casas agrupadas, afectando la frecuencia esperada de recepción de mensajes. Finalmente, se logró alcanzar una distancia aproximada de 10 km, a pesar de la presencia de vegetación y pequeñas lomas, con una excelente recepción de mensajes. Se ubicó el medidor en la casa del usuario más alejado de la oficina central de la junta de agua, como se muestra en la Figura 4. Utilizando un repetidor con antena de 5.8 dBi ubicado a 3 metros de altura, los mensajes llegaron correctamente al gateway, equipado con una antena de 9 dBi ubicada a 9 metros de altura, así como a la aplicación de Node-RED instalada en la computadora de la oficina de la JAAP “San Antonio de Aláquez”.

Distancia determinada (km)	Vista entre dispositivos	Antenas Usadas (dBi)	Recepción de mensajes
2	Zona de edificios	Medidor 5.8 y Gateway 2	Buena
3	Libre	Medidor 5.8 y Gateway 2	Excelente
5	Libre	Medidor 5.8 y Gateway 2	Excelente
7	Zona boscosa y montañosa y presencia de cables de alta tensión	Medidor 5.8 y Gateway 2	Mala
10	Zona boscosa y montañosa.	Medidor 2, repetidor 5.8 y Gateway 9	Excelente

Tabla 1 – Principales pruebas de transmisión

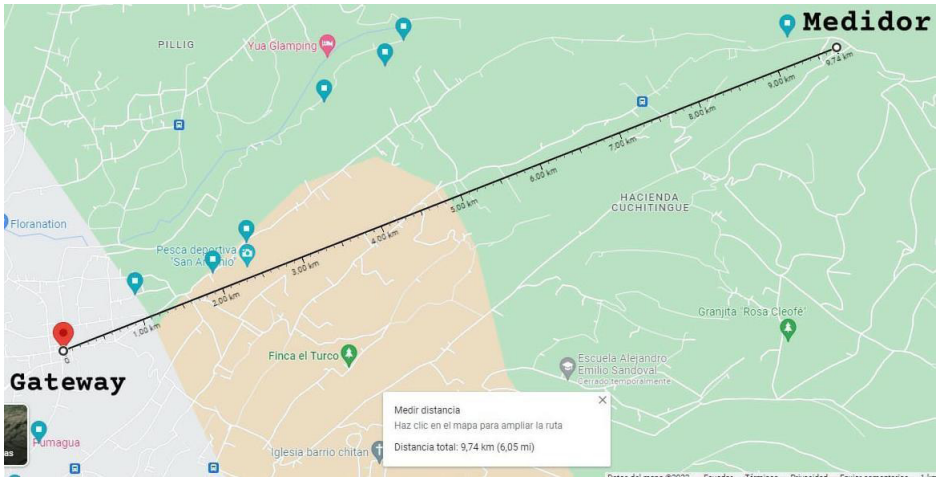


Figura 4 – Alcance de la comunicación

Para reducir el error del caudalímetro en la JAAP "San Antonio de Aláquez", se realizó un procedimiento de calibración calculando el factor *K* con la Ecuación (3.1). Este cálculo se basó en el número de pulsos detectados en un minuto frente al volumen real medido *V*, obteniendo un valor de *K* de 6.91. La calibración involucró la recolección de muestras con este valor para evaluar el error de medición, resultando en un error promedio inicial de 1.06%.

$$K = \frac{N° \, Pulsos}{V * 60} \tag{2}$$

Posteriormente, se ajustó el sensor según este error promedio y se procedió a evaluar la exactitud y el error de las mediciones ajustadas. La aplicación de este ajuste mejoró significativamente la exactitud y se volvieron a recolectar muestras, reduciendo el error promedio a 0.35%. Y el margen de error que se obtuvo fue ±1.70% de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 2.

Muestra	Real (mL)	Medidor ajustado (mL)	Error
1	764	751	-1.70%
2	1120	1112	-0.71%
3	1395	1394	-0.07%
4	1745	1765	+1.15%
5	2249	2287	+1.69%
6	3557	3583	+0.73%
7	4018	4076	+1.44%

Muestra	Real (mL)	Medidor ajustado (mL)	Error
8	5191	5231	+0.77%
9	6146	6163	+0.28%
10	6461	6455	-0.09%
	Error promedio 0.35%		
	Rango de error ±1.70%		

Tabla 2 – Resultados de mediciones con el ajuste

Una vez corregido el factor *K*, se llevó a cabo una prueba de precisión en comparación con los medidores tradicionales. Durante esta prueba, se dejó que el agua pasara por ambos medidores durante el mismo período de tiempo para determinar la precisión del medidor de agua inteligente.

El medidor tradicional tuvo un volumen inicial de 2.86 m^3, luego el medidor tradicional ganó un volumen final de 2.92 m^3. Restando la medición de metros cúbicos, se obtiene un resultado de 5.09 x 10^{-2} m^3 que representa el volumen de agua que pasó por el medidor durante el tiempo de prueba.

Las mediciones realizadas por el medidor inteligente durante la prueba arrojaron la última medida registrada de 4.99 x 10^{-2} m^3, correspondiente al volumen obtenido durante el mismo período de tiempo. (Ver Figura 5)

Para calcular el error del medidor inteligente, se utiliza la fórmula:

$$E = \left(1 - \frac{Valor\ medido}{Valor\ real}\right) * 100\%$$

$$\left(STYLEREF\ 1 \backslash s\ 3.SEQ\ Ecuacion \backslash * ARABIC \backslash s\ 1\ 2\right)$$

$$E = \left(1 - \frac{0.0499}{0.0509}\right) * 100\%$$

$$E = 1.96\%$$

Esto indica que el medidor inteligente presenta una similitud del 98% en sus mediciones en comparación con el medidor tradicional.

3.2. Análisis económico

En este apartado se ha considerado realizar el análisis del Retorno de Inversión (ROI) según la metodología propuesta por Microsoft Corporation (2016), la cual abarca más allá de la evaluación inicial de costes y ahorros. Se enfoca en identificar y capitalizar las nuevas oportunidades generadas por la solución IoT. Este enfoque estratégico implica empezar con un objetivo empresarial que consiste en mejorar la eficiencia operativa

y reducir los costos asociados a la gestión del suministro de agua. Con los medidores inteligentes, se elimina la necesidad de realizar lecturas manuales, ahorrando tiempo y recursos humanos.

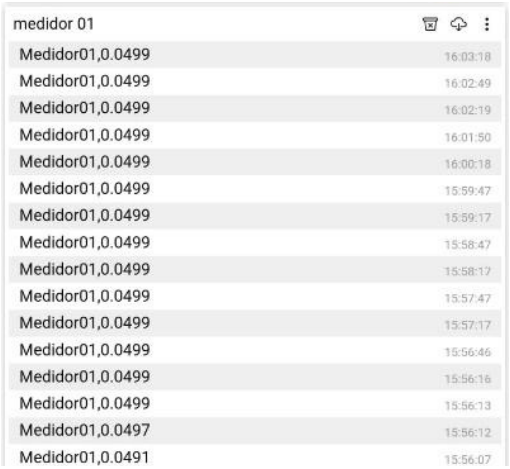


Figura 5 – Datos obtenidos del medidor inteligente

Además, empezar con cálculos básicos por ello la normativa de la Agencia de Regulación y Control de Agua (2021),establece que los usuarios autorizados para el uso productivo del agua deben instalar, a su propio costo, dispositivos para la medición del caudal, conforme a las especificaciones dictadas por la Autoridad Única del Agua. La recopilación manual de datos de alrededor de 650 medidores de agua consume tres días de trabajo, seguido de medio día adicional para que la secretaria de la JAAP procese y transfiera estos datos a un sistema de facturación como se observa en la Tabla 3.

Para obtener una estimación más precisa y cercana a la realidad, se elaboró una proforma mostrada en la Tabla 4 destinada a la implementación del sistema automático de monitoreo de agua. Así, se recopilaron los costos de los mayoristas locales asociados a los dispositivos y componentes empleados en el sistema.

Detalle	Precio mensual	Precio anual
Operador	$67.50	$810.00
Secretaria	$11.25	$135.00
Agua no contabilizada	$200.00	$2400.00
Costos de transporte	$30.00	$360.00
Total	$308.75	$3705.00

Tabla 3 – Costos operativos del sistema actual de recolección de datos

Detalle	Cantidad	Precio por unidad	Precio Total
Módulo Wifi LoRa 32 marca Heltec V3	1	$28.00	$28.00
Batería de Li-ion 3.7v (8800 mAh)	1	$2.85	$2.85
Soporte de Batería	1	$0.80	$0.80
Tornillos General	8	$0.10	$0.80
Cables Jumpers Dupont	11	$0.07	$0.77
Caudalímetro digital Yf-201	1	$7.00	$7.00
Carcasa de protección	1	$20.00	$20.00
Universal 1/2”	2	$1.20	$2.40
Unión roscable	1	$0.75	$0.75
Cargador de batería TP4056	1	$2.30	$2.30
Placa PCB Soldada	1	$8.00	$8.00
Panel Solar 6V y 500 mAh	2	$5.50	$11.00
Costo de mano de obra	1	$1.58	$1.58
Total			$86.25

Tabla 4 – Costos de proforma asociados al medidor inteligente

Dado que únicamente se requirió un *Gateway* por sistema, no se incurrió en alteraciones en los costos de mano de obra. (Ver Tabla 5)

También se desglosó en una tabla los costos mayoristas aplicados al repetidor de mensajes, enriqueciendo aún más el análisis y comprensión integral de los gastos asociados al sistema propuesto (Ver Tabla 6).

La ubicación geográfica de la junta de agua ha llevado a la decisión estratégica de instalar 10 repetidores para garantizar una recepción adecuada de las señales de los medidores inteligentes, con los costos de inversión detallados. (Ver Tabla 7)

Detalle	Cantidad	Precio por unidad	Precio Total
Módulo Wifi LoRa 32 marca Heltec V3	1	$28.00	$28.00
Carcasa de protección	1	$10.00	$10.00
Antena multibanda 9 dBi	1	$16.89	$16.89
Led	1	$0.10	$0.10
Cargador de celular con cable	1	$5.00	$5.00
Resistencia	1	$0.04	$0.04
Cable SMA 65 ft	1	$33.06	$33.06
Placa PCB Soldada	1	$12.00	$12.00
Costo de mano de obra			$870.00
Total			$975.09

Tabla 5 – Costos de proforma asociados al Gateway

Detalle	Cantidad	Precio por unidad	Precio Total
Módulo Wifi LoRa 32 marca Heltec V3	1	$28.00	$28.00
Batería de Li-ion 3.7v (8800 mAh)	1	$2.85	$2.85
Soporte de Batería	1	$0.80	$0.80
Carcasa de protección	1	$10.00	$10.00
Antena de fibra de vidrio 5,8 dBi con cable (3m)	1	$39.89	$39.89
Placa PCB Soldada	1	$8.00	$8.00
Panel Solar 6V y 500 mAh	1	$5.50	$5.50
Costo de mano de obra	1	$27.00	$27.00
Total			$122.04

Tabla 6 – Costos de proforma asociados al repetidor de mensajes

Detalle	Cantidad/hora	Precio por unidad	Precio total
Medidor inteligente	650	$86.25	$56065.50
Gateway	1	$975.09	$975.09
Repetidor de mensajes	10	$122.04	$1220.40
Capacitación	10	$200.00	$200
Total		$1183.38	$58460.99

Tabla 7 – Costo de implementación del sistema de medidores de agua inteligente

Se proyecta que el usuario final cubra los costos relacionados con el medidor inteligente en la Tabla 8, se especificó el valor y los elementos que le corresponden a la JAAP adquirir para la puesta en marcha del proyecto. A continuación, se calculó el Retorno de la Inversión del sistema completo de medición inteligente de agua (Microsoft Corporation, 2016).

Detalle	Cantidad / hora	Precio por unidad o por hora	Precio total
Capacitación	10	20	$200.00
Gateway	1	975.09	$975.09
Repetidor de mensajes	10	122.04	$1220.40
Total			$2395.49

Tabla 8 – Costos por implementación del sistema inteligente a cargo de la junta de agua

$$ROI = \frac{Beneficio}{Inversion} * 100\%$$
$$\left(STYLEREF\ 1 \setminus S\ 3.3\right)$$

$$ROI = \frac{3705.00 - 2395.49}{2195.49} * 100$$

$$ROI = 54.7\%$$

Se obtuvo un resultado del 54.7%, confirmando que la implementación de medidores de agua inteligentes en la junta de agua será una inversión rentable y se esperan obtener beneficios significativos.

Este sistema de medición inteligente ofrece ventajas tanto para la junta de agua como para los clientes. Por un lado, permite a la junta de agua optimizar el cobro y el control del consumo de agua, reduciendo los costos operativos y administrativos. Por otro lado, permite a los clientes acceder a información detallada sobre su consumo diario de agua, facilitándoles adoptar hábitos más eficientes y ecológicos.

Asimismo, esto permitiría habilitar en el futuro un sistema de pago electrónico o en línea, mediante el cual los clientes puedan consultar y cancelar sus facturas mensuales desde su dispositivo móvil, sin necesidad de acudir a la oficina. De esta manera, se agiliza el proceso de pago y se evitan las demoras y las multas.

4. Conclusiones

La implementación de la tecnología IoT en los medidores de agua presenta una solución innovadora y eficiente para abordar los desafíos asociados con la medición manual del consumo de agua. El estudio realizado en la JAAP "San Antonio de Aláquez" en Latacunga, Ecuador, demuestra la viabilidad técnica y económica, para optimizar la gestión del recurso hídrico, especialmente en zonas rurales y con infraestructura limitada, garantizando ahorro y eficiencia.

La caracterización del método de trabajo actual del operador de la JAAP "San Antonio de Aláquez" revela que su eficiencia puede mejorar en un 15% al reemplazar el registro manual de consumo de agua potable por el sistema automático de medición, ya que no se ocuparán los 3 días para el registro de lecturas, con ello se fortalecerán las actividades de mayor criticidad como nuevas instalaciones, mantenimientos y reparaciones.

Se ha logrado alcanzar una distancia efectiva de transmisión de datos del sistema de alrededor de 10 km con el uso de antenas de potencia superior a 5 dBi; así como también, mediante la modificación del factor K del sensor de caudal, se obtuvo un margen de error del medidor inteligente de ±1.70%.

Se ha estimado un retorno a la inversión (ROI) del 54.7% en la JAAP "San Antonio de Aláquez"; indicando que, por cada unidad monetaria invertida, se espera obtener un retorno de 55 centavos en términos de ahorro y optimización de recursos.

Referencias

Agenda de regulación y control de las telecomunicaciones. (2018). Norma espectro de uso libre y espectro para uso determinado en bandas libres. *AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES*.

Augustin, A., Yi, J., Clausen, T., & Townsley, W. (2016). A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. *Sensors*, *16*(9), Article 9. https://doi.org/10.3390/s16091466

Bakker, K., Kooy, M., Shofiani, N. E., & Martijn, E. J. (2008). Governance Failure: Rethinking the Institutional Dimensions of Urban Water Supply to Poor Households. *World Development*, *36*(10), Article 10. https://doi.org/10.1016/J.WORLDDEV.2007.09.015

Boehm, B. W. (1988). A spiral model of software development and enhancement. *Computer*, *21*(5), Article 5. https://doi.org/10.1109/2.59

Borja Alberto. (2021). *Implementación de una red LPWAN para el control de consumo de agua potable utilizando tecnología LoRa*.

Buyya, R., & Dastjerdi, A. V. (Eds.). (2016). *Internet de las cosas (IoT)*. https://doi.org/10.1016/C2015-0-04135-1

Coello, M. (2021). *AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL AGUA RESOLUCIÓN Nro. ARCA-DE-002-2021 Msc. María Luisa Coello Recalde*.

Corrales, B. P., Jaya, L. D., Vaca, J. R., & Zambrano, X. A. (2024). Control System for a Cacao Drying Process: Case Study Cylindrical Dryer. En J. P. Salgado-Guerrero, H. R. Vega-Carrillo, G. García-Fernández, & V. Robles-Bykbaev (Eds.), *Systems, Smart Technologies and Innovation for Society* (Vol. 870, pp. 71-80). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51982-6_7

Equipo de comunicaciones de Adobe. (2022, marzo 18). *Adobe Experience Cloud Blog*. Metodología Waterfall: una guía completa.

Farinango Juan. (2018). *"SISTEMA DE MEDIDOR INTELIGENTE DE AGUA POTABLE DOMICILIARIO PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA «El ABRA»."*

Gallardo, A. R., Herrera, J. R., Andrade, M., & Ramos, E. M. (Eds.). (2023). *Internet de las cosas Teoría y práctica enfoque académico*.

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, *29*(7), Article 7. https://doi.org/10.1016/J.FUTURE.2013.01.010

Hunter, P. R., Zmirou-Navier, D., & Hartemann, P. (2009). Estimating the impact on health of poor reliability of drinking water interventions in developing countries. *Science of The Total Environment*, *407*(8), Article 8. https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2009.01.018

Jácome, O., & León, J. (2014). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN IN[TEL]IGENTE PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y MEDICIÓN DE AGUA POTABLE EN LOS HOGARES*.

Kerzner, H. (2013). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling*.

López, W., & Cárdenas, J. (2019). *Tecnología internet of things (IoT) y el big data*. Mare Ingenii. http://cipres.sanmateo.edu.co/index.php/mi

LoRa Alliance. (2015). *A technical overview of LoRa® and LoRaWAN ™ What is it?*

Lucero, S. (2016). IoT platforms: Enabling the Internet of Things. *White paper*.

Microsoft Corporation. (2016). *Addressing ROI in Internet of Things Solutions A practical approach to calculating the return on investment for the Internet of Your Things. Executive Summary*. www.InternetofYourThings.com

NTE INEN-OIML. (2009). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN METROLOGÍA. MEDIDORES DE AGUA POTABLE FRÍA. PARTE 1: REQUISITOS TÉCNICOS Y METROLÓGICOS*.

Sinha, R. S., Wei, Y., & Hwang, S. H. (2017). A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT. *ICT Express*, *3*(1), Article 1. https://doi.org/10.1016/J.ICTE.2017.03.004

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 21/05/2024
Aceitação/Acceptance: 31/07/2024

"Optimización de la distribución de paquetes WLAN con tecnología Mesh: un estudio de caso del Hospital de Latacunga, Ecuador"

Juan Carlos Chancusig Chisag[1], Mirian Dorila Iza Carate[2],
Edwin Edison Quinatoa Arequipa[3], Yadira Araceli Herrera Martínez[4]

Please provide

[1] Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador Facultad de CIYA Carrera Sistemas de Información

Pages: 696-724

Resumen: En la actualidad, existe un mal uso para algunas tecnologías que mejoran el tráfico de red, las cuales pueden afectar tanto en la eficacia como en la transmisión de paquetes de datos. La presente investigación tiene como objetivo optimizar la distribución de paquetes de una red wlan mediante el uso de la metodología top down y mccabe. El enfoque de la implementación de la tecnología mesh es establecer una malla de interconexión entre los nodos con el switch, realizando configuración IP en cada uno de ellos. Los resultados que se obtuvieron en consecuencia del uso de la tecnología mesh basado en la metodología top down y mccabe en la distribución de paquetes de una red wlan, condujo al decremento del tiempo de entrega de paquetes en un 32%, la reducción del porcentaje de paquetes perdidos en un 42%, también se redujo el tiempo de retardo de extremo a extremo de paquetes en un 42% y por último la transferencia efectiva de paquetes aumento en un 61%, efectuando el propósito de la investigación.

Palabras claves: Red inalámbrica, tecnología Mesh, conectividad, Distribución de paquetes.

"Optimization of WLAN packet distribution with Mesh technology: a case study of the Latacunga Hospital, Ecuador"

Abstract: Currently, there is an incorrect use for some technologies that improve network traffic, which can affect both the efficiency and packet transmission. The objective of this research is to optimize the packet distribution of a WLAN network through the use of the top-down and McCabe methodologies. The focus of mesh technology implementation is to establish an interconnected mesh among nodes with the switch, performing IP configuration on each of them. The results of using mesh technology based on the top-down and McCabe methodologies in WLAN packet distribution led to a 32% of decrease in packet delivery time, a 42% of reduction in the percentage of lost packets, a 42% of reduction in end-to-end packet delay time, and finally, a 61% of increase in effective packet transfer, achieving the purpose of the research.

Keywords: Wireless network; Mesh technology; Connectivity; Packet distribution.

1. Introducción

En los últimos tiempos, la red más grande del mundo conocida como Internet ha revolucionado completamente a la humanidad, esto gracias a la ayuda de una serie de protocolos de comunicación compatibles entre sí, a los cuales se les ha denominado TCP/IP. Pero estas redes han sufrido constantes cambios, dando paso a las redes inalámbricas las cuales son un aspecto muy importante por cuanto su tecnología ha contribuido a cambiar la forma en que se realizan las comunicaciones dentro de la sociedad. Al ser una red de comunicación que utiliza ondas electromagnéticas, este aspecto ha brindado relevancia desde el punto de vista económico, ya que ha posibilitado el ahorro de una gran cantidad de dinero al sustituir la conexión por cable. En consecuencia, es importante para cualquier organización contar con la tecnología mesh para tener una buena conectividad para la distribución de paquetes de una red WLAN. Como antecedentes podemos revelar que el autor (KELSEY, 2007), indica el procedimiento de la implementación y las etapas de diseño para los nodos de la red inalámbrica comunitaria usando una topología de red basada en malla, logrando su evaluación, el rendimiento de los nodos y recomendaciones. De igual manera según (Valencia, 2021), la aplicación de la metodología TOP DOWN NETWORK DESIGN, en el diseño de la estructura tecnológica de red y las políticas de seguridad, Es muy significativo. También tenemos que (Quimbiamba, 2009) utilizo como técnica la entrevista y como instrumento el formato de entrevistas; porque la entrevista utilizara el formato de entrevista para la adquisición de datos. Según (Mosquera, 2011), el diseño de un piloto de Red Wireless Mesh con OpenWrt y protocolo OLSR; y su implementación en un ambiente de Laboratorio. De igual manera (S. Mieles, 2012) , se diseñó e implementó un prototipo de red mesh en un ambiente de laboratorio conformado por 6 enrutadores Linksys WRT54gs v3.0, mediante el filtrado de paquetes OLSR. También tenemos que (Domínguez, 2003,), indica que en el sector de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) surge gracias a tres factores fundamentales: el político, tecnológico y estratégico. De igual manera (A. Asami, 2017) propusieron un algoritmo innovador para crear un árbol de multidifusión con equilibrio de carga en MCMR WMN. De igual manera (A. Ariza-Quintana, May 2014) propusieron la implementación en OMNeT++ de una arquitectura de protocolo versátil para la simulación de redes inalámbricas en malla (WMN) 802.11. Del mismo modo (O. Baghban Karimi, 2014) ,se enfocó en la multidifusión de alto rendimiento que combate la interferencia y la limitación del ancho de banda de los canales inalámbricos, que son particularmente graves con las mallas inalámbricas. También tenemos que (C. BEMMOUSSAT, 2013) , indica que, Wireless Mesh Networking se concibe como una solución para la próxima generación de redes y una tecnología prometedora para admitir aplicaciones multimedia. De igual manera (Zaruba, 2012.), abordaron el problema del enrutamiento de paquetes para el reenvío de datos eficiente en redes de malla inalámbricas (WMN) con la ayuda de hormigas inteligentes que actúan como agentes inteligentes. Así mismo (Cao, 2010.) abordo el problema de la asignación de recursos con el objetivo de proporcionar un acceso justo al canal inalámbrico para todos los nodos, así como un alto rendimiento de red en redes de malla IEEE 802.16. De igual manera el autor (V. T. Le, October, 2011) optimizó la ubicación de la puerta de enlace para el rendimiento en redes inalámbricas en malla y proponemos un algoritmo novedoso basado en la optimización de enjambre de partículas (PSO). Así mismo, el autor (T. Tfc, 2011.), diseño un sistema que permitió

realizar una distribución frecuencial eficiente y global para minimizar el impacto de las interferencias entre los nodos. De igual manera el autor (M. S. Islam) propuso SHWMP, un protocolo HWMP seguro para WMN. De igual modo (D. Rico-Bautista, 2014), indica que as redes inalámbricas (WLAN) ofrece una alternativa de implementación más asequible con respecto a las redes cableadas, debido a su simplicidad en instalación y administración, permitiendo una adaptabilidad superior a la mayoría de estructuras o entornos. Así mismo (F. Kaabi, 2010), indica que, para evitar colisiones de transmisión y mejorar el rendimiento de la red en redes de malla inalámbricas (WMN), se necesita un protocolo de control de acceso al medio (MAC) confiable y eficiente y una buena asignación de canales. También (C. Li, 2013), indica que, el servidor de autenticación no necesita estar involucrado en el proceso de autenticación de traspaso. En su lugar, los puntos de acceso de malla autentican directamente a los clientes móviles mediante tickets, evitando las comunicaciones inalámbricas de múltiples saltos para minimizar el retraso de la autenticación. Igualmente tenemos que (al., 2011) presentó un paradigma de acceso a Internet de banda ancha desarrollado en el contexto del proyecto ADHOC-SYS. De igual manera (Tripathy, 2016,) nos indica que, la seguridad en las transmisiones de multidifusión es crucial, sin la cual los servicios de red se ven significativamente interrumpidos. Del mismo modo (R. Matos, 2014) , nos indica que, las redes de malla inalámbricas (WMN) y la gestión programable de los recursos de red aportados por las innovadoras técnicas de virtualización de redes son una fuerza doble para permitir el acceso personalizado a través de entornos inalámbricos.

Es de suma importancia tener una solución para esta problemática ya que la información en toda empresa es relevante siempre, debe ser eficiente el tiempo de reacción a la acción de petición de esta información estando completa cuando se solicita ya que queremos que nuestros clientes tengan una experiencia optima cuando estén conectados a internet los dispositivos tengan una experiencia y tengan calidad en ella. En lo tecnológico en la empresa se dispondrá del uso de los equipos Access Point con el uso de la tecnología MESH ya que con la estructura que cuenta realizará que todos los equipos AP actúen como nodos de enlaces a la red, de tal forma que los dispositivos dentro de la empresa conectados a la red tengan una mejor conectividad con una mejora importante en el alcance y desempeño de la red wifi.

El objetivo del presente artículo es optimizar la distribución de paquetes de una red wlan en el hospital de Latacunga, mediante la tecnología mesh aplicando top down y mccabe.

Para una mejor presentación del artículo se ha desarrollado en base a la siguiente estructura; en primer lugar, se establece la introducción, la cual contiene los antecedentes tanto internacionales como nacionales, el objetivo de la investigación, la problemática, y justificación de la investigación; luego se presenta un marco teórico el cual describe las bases medulares del tema; como tercer punto se describe la metodología que se empleará indicando el tipo de investigación, las técnicas y los instrumentos que se han utilizado para la recolección de los datos. En el apartado de los resultados y discusión se presentan los datos obtenidos a través de las técnicas aplicadas los cuales se confrontan con los resultados de otros estudios previos. Finalmente se establecen las conclusiones que se derivan del análisis de los resultados obtenidos en el presente estudio, destacando su potencial para automatizar respuestas ante emergencias, facilitar la comunicación entre residentes y autoridades, y optimizar el monitoreo y análisis de datos de seguridad (Haz, 2019).

2. Background Teórico

En el mundo actual para poder optimizar la distribución de paquetes de datos dentro de una red Wlan, utilizamos diseño de un piloto de Red Wireless Mesh con OpenWrt y protocolo OLSR (Domínguez, 2003,) Según (C. BEMMOUSSAT, 2013), El presente caso de estudio buscará realizar un análisis de la red de comunicaciones inalámbrica (tecnología Wifi - estándar IEEE 802.11 b/g/n) instalada diferentes entidades empresariales y entregar una propuesta de mejora a la misma. Con respecto con la norma RFC 3393 se considera como el costo estadístico referente con la variación del retardo entre paquetes; comúnmente implementado como la variación de la demora en los paquetes continuos. (R. Lara, 2016.), El jitter (j) es la variación existente entre los pulsos de una transmisión digital y puede presentarse por medio de variaciones en la amplitud e intensidad de señal, los que se originan gracias a los tiempos de espera de conexión, la congestión del tráfico de datos y la interferencia (Álava, 2020.). El retardo o delay que tiene una red ya sea consiste en el tiempo que demora en llegar un paquete de un lugar a otro (R. Sem, 2020.).

3. Método De Investigación

En esta presente investigación se consideró aplicar la metodología Top Down y Mccabe para el desarrollo de esta solución.

3.1. Metodología Top Down y Mccabe

Estas metodologías están enfocadas específicamente al área de redes lo que permite un mejor análisis de flujos de transferencia de datos.

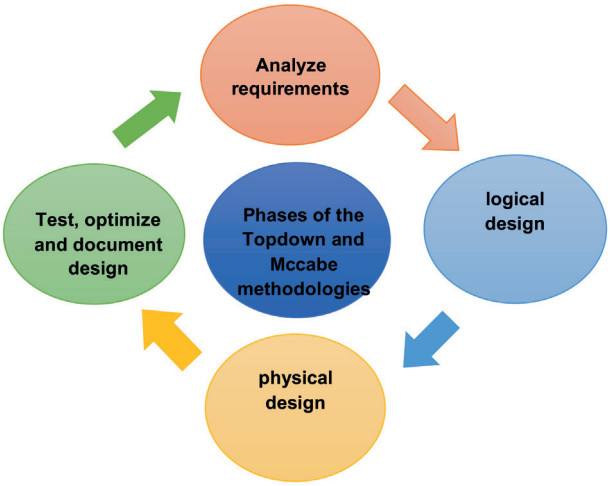


Figura 1 – Metodología Top Down y Mccabe

a. Analizar requerimientos: Es un estudio profundo de una necesidad tecnológica que tiene una empresa u organización. Se realiza un análisis exhaustivo del producto que se va a desarrollar.
b. Diseño Lógico: En esta fase se diseña la topología de red, el modelo de direccionamiento y nombramiento y se selecciona los protocolos para los dispositivos de interconexión.
c. Diseño Físico: Durante esta fase se especifica las tecnologías y productos para llevar a cabo los diseños lógicos seleccionador.
d. Probar, optimizar y documentar diseño: En esta fase se constata y documenta que cualquier proceso, procedimiento o método conduce efectivamente a los resultados esperados.

3.2. Metodología de investigación Aplicado

a) Operacionalización de las Variables

Indicator	Index	Unit of measurement	Observation Unit
Parcel delivery time (Jitter).	[20-30]	Milliseconds/packet	Manual Review
Percentage of Lost Packets.	[3-5]	Percentage	Manual Review
End-to-end delay time (Delay).	[150-200]	Milliseconds/packet	Manual Review
Effective Packet Transfer Amount (Throughput)	[30-70]	Bytes/second	Manual Review

Tabla 1 – Variable Dependiente

b) Diseño de Investigación

Esta investigación es una del tipo aplicada.

RGe X O1

RGc __ O2

Donde:

Ge=Grupo experimental: Grupo de estudio al se aplicará el estímulo (Tecnología Mesh).

Gc=Grupo de control: Grupo de estudio al que no se le aplicara el estímulo.

Se toman datos del grupo experimental (Ge), se les aplica la variable independiente y se toma datos del grupo de control (Gc) y no se les aplica la variable independiente. Los elementos de la muestra se eligen de manera aleatoria (R) a los cuales se les aplica un Estímulo (X).

c) Universo y Muestra

Para el universo, se tomaron todos los procesos de distribución de paquetes de una red Wlan en Hospitales públicos y privados del Ecuador: N=Indeterminado.

Para la muestra, se consideraron los procesos de distribución de paquetes de una red Wlan en el Hospital de Latacunga. n=30.

d) Procedimientos de Recolección de Datos

En esta investigación el instrumento de recolección de datos fue la ficha de observación, las técnicas utilizadas fueron la observación directa e indirecta.

e) Declaración de las Hipótesis

Se plantearon las siguientes hipótesis:

H1: El uso de la tecnología Mesh aplicando la metodología Top Down y McCabe disminuye el tiempo de entrega de paquetes para la distribución de paquetes de una red WLAN en el Hospital de Latacunga.

H2: El uso de la tecnología Mesh aplicando la metodología Top Down y McCabe disminuye el porcentaje de paquetes perdidos para la distribución de paquetes de una red WLAN en el Hospital de Latacunga.

H3: El uso de la tecnología Mesh aplicando la metodología Top Down y McCabe disminuye el tiempo de retardo de extremo a extremo para la distribución de paquetes de una red WLAN en el Hospital de Latacunga.

H4: El uso de la tecnología Mesh aplicando la metodología Top Down y McCabe incrementa el porcentaje de transferencia efectiva de paquetes para la distribución de paquetes de una red WLAN en el Hospital de Latacunga.

Para la contrastación de las hipótesis, se planteó la siguiente solución para cada uno de los indicadores:

$\mu 1$ = Media poblacional (H1, H2, H3) para PosPrueba del Gc.

$\mu 2$ = Media poblacional (H1, H2, H3) para PosPrueba del Ge.

Donde:

Ho: $\mu 1 < \mu 2$

Ha: $\mu 1 \geq \mu 2$

Además:

$\mu 1$ = Media poblacional (H4) para PosPrueba del Gc.

$\mu 2$ = Media poblacional (H4) para PosPrueba del Ge.

Donde:

Ho: $\mu 1 > \mu 2$

Ha: $\mu 1 \leq \mu 2$

Finalmente, se realizó la prueba de normalidad de los datos, el análisis estadístico descriptivo y las hipótesis se validaron usando la prueba t de Student con el software especializado Minitab.

4. Case Study

Para la aplicación de la tecnología mesh, se aplicó las metodologías Topdown y Mccabe, las cuales aplicando una unión de ambas desarrollas 4 fases: Análisis de requerimientos, Diseño lógico, Diseño Físico, Probar-Optimizar y documentar el diseño.

4.1. Análisis de requerimientos

a) Análisis de las metas del negocio

En este primer punto se lleva a cabo una revisión de los componentes de los procesos, incluyendo entradas, salidas los cuales nos ayudaran a producir los resultados.

- Misión
- Visión
- Objetivos de la empresa

b) Análisis de las metas técnicas

En esta fase se describe las principales metas de rediseño de la empresa en las cuales se trabajará.

- Tecnologías a implementar.
- Reducción de gastos de operación.
- Seguridad interna a implementar.
- Mejorar la calidad de servicio
- Administración centralizada.

c) Análisis de la red existente

Para realizar un correcto rediseño es necesario analizar correctamente la infraestructura tomando en cuenta todos los dispositivos instalados junto con la segmentación actual y así plantear los cambios a realizar para cumplir los requerimientos del Hospital de Latacunga.

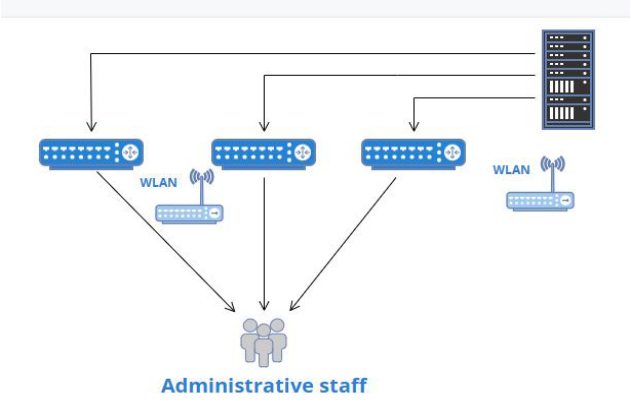


Figura 2 – Diagrama de la red existente

Los racks internos cuentan con una fuente de alimentación eléctrica ininterrumpida (UPS), a su vez dentro de ellos se encuentra en funcionamiento un ATS que permite realizar un mantenimiento periódico al UPS de Data Center de manera regular.



Figura 3 – Gabinete de red principal

En el área de Hospitalización se cuenta con un gabinete el cual cuenta con switch que reparte la red a los distintos usuarios, al igual que en el gabinete principal, tampoco se cuenta con un enfriamiento total de la cabina.



Figura 4 – Gabinete de red en el área de hospitalización

En el área COVID se cuenta con un tercer gabinete el cual cuenta con switch que reparte la red a los distintos usuarios, al igual que en el gabinete principal y el segundo tampoco se cuenta con un enfriamiento total de la cabina. En este gabinete podemos observar que se cuenta con un modem que reparte señal a las cámaras de seguridad que solo están ubicados en esta parte del hospital.



Figura 5 – Gabinete de red del área de emergencia

El Hospital de Latacunga cuenta con los distintos modelos de Switch ubicados en sus 3 gabinetes que están adecuadamente distribuidos.

Switch Tp-link TP-SG1016

- Protocolos de interconexión de datos: Ethernet, Fast Ethernet
- 16 puertos RJ45
- Velocidad de transmisión de datos 10 a 1000 Mb/s
- Vigencia Tecnología del 2016
- Los switches de la marca Tp-link fueron adquiridos el año 2016 e implementados el mismo año, se compró 4 equipos.



Figura 6 – Switch ubicado en los 3 gabinetes de red

Hospital de Latacunga cuenta 3 Access Point de la marca Tp-Link, los cuales están distribuidos en 3 áreas del hospital dejando sin buena conexión al are de emergencia.

Access Point Tp-Link

- Protocolos de interconexión de datos: Ethernet, Fast Ethernet
- 01 puertos RJ45
- Configuración repetidora.
- Vigencia Tecnología del 2016



Figura 7 – Access point ubicado en las 3 áreas del hospital

d) Caracterización del tráfico existente

Para la medición del Trafico de Red se optó por el uso de un software PRTG Network Monitor VMware el cual se adaptado perfectamente para la realización de la medición del tráfico de red en la cual brinda los registros necesarios. Documentación de las características del rendimiento de la red determinado por la cantidad de tráfico de datos que pasa por la tecnología PLC, como principales medios de transmisión hacia el Servidor PACs, la identificación del retardo de extremo a extremo, posibles líneas de emisión de interferencia que afectan el rendimiento de la red.

4.2. Diseño Lógico

a) Selección de tecnologías

En esta fase se hace la selección y descripción del equipo con tecnología mesh que se usara para el desarrollo de la solución.

El nodo mesh-Vektor 3600-AC series cuenta con las características:

- Protocolos de interconexión de datos: fast ethernet, giga ethernet
- Tecnología true mesh
- Mbps: 3600Mps

Este equipo es proporcionado por la empresa Nexxt Solutions Perú, el cual administra remotamente y brinda los servicios de direccionamientos DHCP, segmentación de redes, habilitación de puerto Giga- Ethernet.



Figura 8 – Nodo con tecnología mesh

b) Mecanismos de Interconexión

En esta fase se diseña la red con la tecnología mesh teniendo como base, el espacio en donde se implementaría en un futuro, y en diseños de redes de este tipo que ya han sido construidas e implementadas, se observa entonces que la red consta de tres espacios: A. Zona de Administración de Red: Está constituida en la cabecera de la red, y en ésta se encuentran todos los equipos de administración y soporte de la red, también allí llegan los dos ISP´s con sus canales de internet (165 Mbps).

1. Viaje de un paquete desde un nodo a un switch

En este punto se visualiza como un paquete con inicio desde un nodo viaja por la red generando el tráfico necesario para llegar al switch

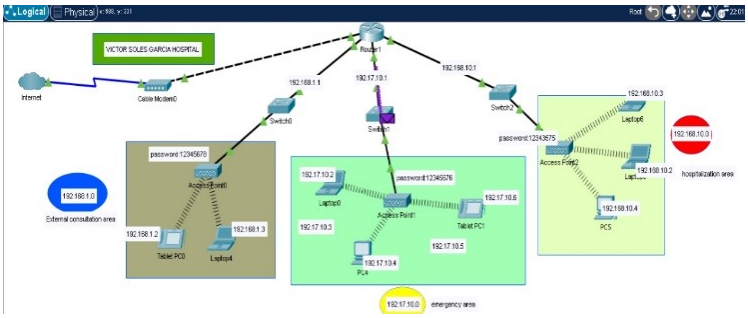


Figura 9 – Paquete viaja de un nodo a switch

2. Viaje de un paquete entre los nodos

En este punto se visualiza como un paquete con inicio desde un nodo viaja por la red hacia los otros nodos generando tráfico de red.

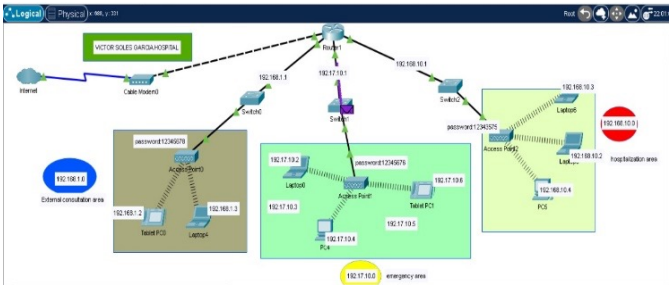


Figura 10 – Paquete viaja entre los nodos

3. Viaje de un paquete desde un nodo al host

En este punto se visualiza como un paquete con inicio desde un nodo viaja por la red hasta el host generando el tráfico de red necesario para la conectividad.

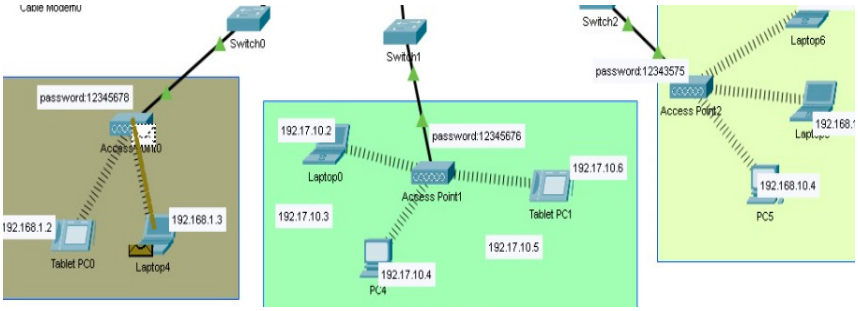


Figura 11 – Paquete viaja del nodo al host

4. Viaje de un paquete desde un host a otro nodo

En este punto se visualiza como un paquete desde su llegada al host un viaja por la red hasta los otros nodos generando el tráfico de red necesario para la conectividad.

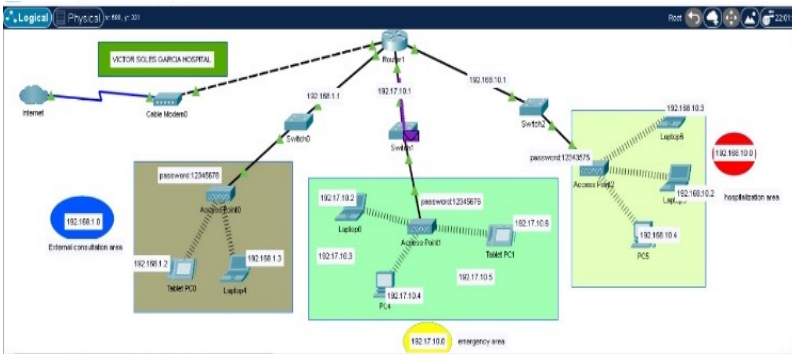


Figura 12 – Paquete viaja de un host a otro nodo

c) Integrar los aspectos tecnológicos

En esta fase los nodos se enrutan los nodos que se han escogido con antelación para la solución de la red, y estos son los encargados de brindar interconectividad a todos los usuarios de la red, teniendo en cuenta que estos se encargaran también en conjunto con la zona de administración de hacer ese paso transparente para el usuario de punto de acceso sin que este último se dé cuenta, obteniendo así el objetivo fundamental de toda red el cual es el de disponibilidad.

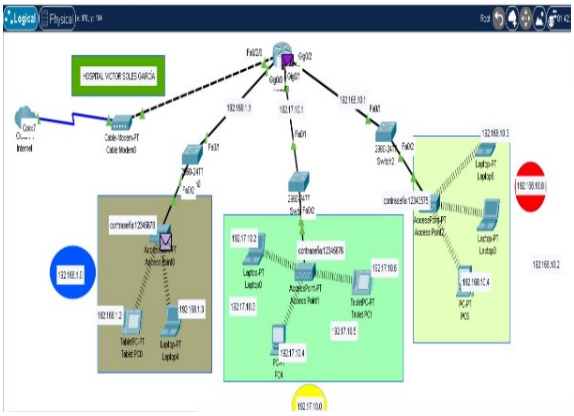


Figura 13 – Zona de administración de la red wifi mesh-autor

También están los usuarios de la red, los cuales dentro de la simulación se representan bajo las herramientas de subredes, y allí teniendo la opción de cargar equipos (PC´s), y de tal manera poder ver el comportamiento de éstas.



Figura 14 – Usuarios de la red wifi mesh-autor

4.3. Diseño Físico

a) Seleccionar la ubicación de los equipos

En esta fase se realiza la ubicación de los nodos los cuales se implementarán estratégicamente en las 3 áreas del hospital Hospital de Latacunga.



Figura 15 – Distribución de los nodos en el hospital

b) Desarrollo del diagrama físico de la red wlan

En esta fase se diseña como están distribuidos los equipos con los que contaba la empresa antes de la implementación de la tecnología mesh.

1. Distribución de la red física wlan del área externa.

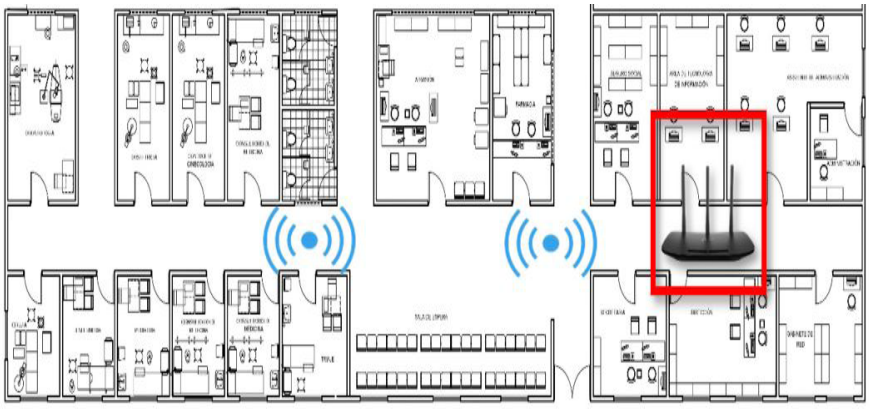


Figura 16 – Distribución del Access point en el área de consulta externa

En el área de consulta externa se encuentran funcionando las áreas de Dirección, secretaria, Oficinas administrativas, Admisión, farmacia, consultorio medicina,

ginecología, obstetricia, odontología, cirugía, enfermería, pediatría, triaje las cuales cuentan con los distintos equipos tecnológicos.

AREA	TIPOS EQUIPOS	CANTIDAD
ADMISSION 01	COMPUTER	1
	PRINTING MACHINE	1
	IP PHONE	1
DIRECTION	COMPUTER	1
SECRETARY	LAPTOP	1
ADMINISTRATIVE OFFICE	LAPTOP	2
	COMPUTER	3
PHARMACY	COMPUTER	1
MEDICAL OFFICE	COMPUTER	1
GYNECOLOGY	COMPUTER	1
OBSTETRICS	LAPTOP	1
ODONTOLOGY	COMPUTER	1
SURGERY	COMPUTER	1
NURSING	COMPUTER	1
PEDIATRICS	LAPTOP	1
TRIAGE	COMPUTER	1

Tabla 2 – Equipos tecnológicos en las áreas de consulta externa

2. Distribución de la red física wlan del área de emergencia.



Figura 17 – Distribución del Access point en el área de emergencia

En el área de emergencia se encuentran funcionando las áreas de Nutrición, psicología, Medicina física, electroterapia, adulto mayor, admisión, tópico de emergencia, enfermería, ginecología, pediatría, rayos x, sala de parto, las cuales cuentan con los siguientes equipos tecnológicos.

AREA	TYPES OF EQUIPMENT	QUANTITY
ECOGRAPHY	LAPTOP	1
GYNECOLOGY	LAPTOP	1
SURGERY	LAPTOP	1
MEDICINE	COMPUTER	1
NURSING	LAPTOP	1
COVID AREA	LAPTOP	1

Tabla 3 – Equipos tecnológicos en las áreas de emergencia

3. Distribución de la red física wlan del área de hospitalización.



Figura 18 – Distribución del Access point en el área de hospitalización

En área de emergencia se encuentran funcionando las áreas de Ecografía, ginecología, cirugía, medicina, enfermería, área COVID.

AREA	TIPOS DE EQUIPOS	CANTIDAD
ADMISSION 02	LAPTOP	1
	PRINTING MACHINE	1
	IP PHONE	1
NUTRITION	COMPUTER	1
PSYCHOLOGY	COMPUTER	1
PHYSICAL MEDICINE	LAPTOP	1

AREA	TIPOS DE EQUIPOS	CANTIDAD
ELECTROTHERAPY	COMPUTER	1
ELDERLY	COMPUTER	1
ADMISSION	COMPUTER	1
EMERGENCY TOPIC	COMPUTER	1
NURSING	LAPTOP	1
GYNECOLOGY	COMPUTER	1
PEDIATRICS	COMPUTER	1
X-RAYS	LAPTOP	1
DELIVERY ROOM	COMPUTER	1

Tabla 4 – Equipos tecnológicos en las áreas de hospitalización

4.4.Probar, optimizar y documentar diseño.

a) Simulación del alcance de la red wlan propuesto

En esta fase se plantea la ubicación de los nodos mesh debidamente posicionados en las áreas para un mayor alcance.

1. Distribución de la red física wlan del área de consulta externa

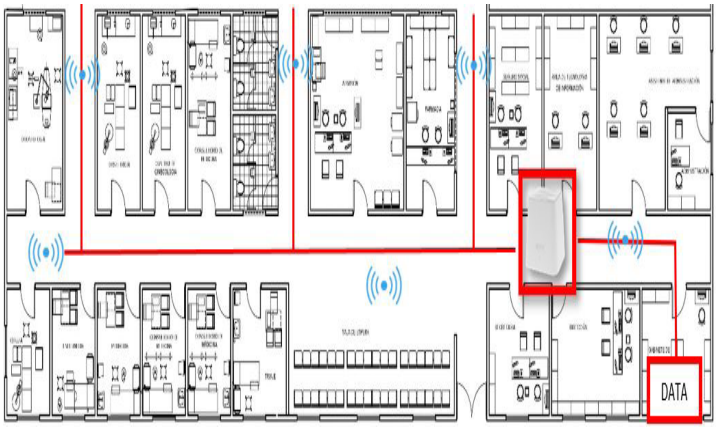


Figura 19 – Diseño físico de la red wlan del área de consulta externa

2. Distribución de la red física wlan del área de emergencia

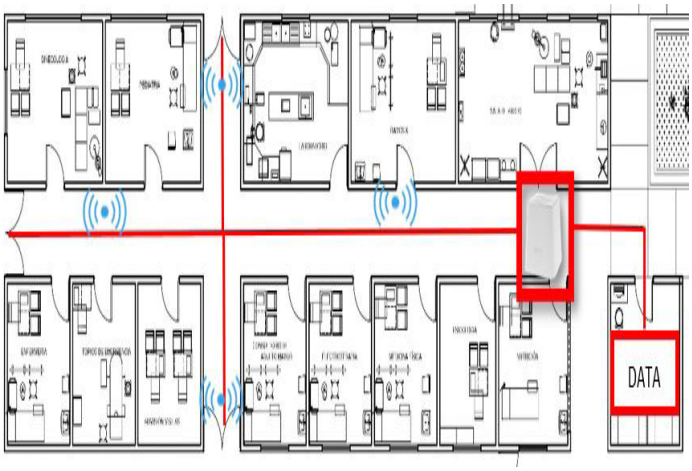


Figura 20 – Diseño físico de la red wlan del área de emergencia

3. Distribución de la red física wlan del área de hospitalización



Figura 21 – Diseño físico de la red wlan del área de emergencia

Del mismo modo utilizamos el software Wireshark para analizar el tráfico de red y aplicar un estudio de las comunicaciones para resolver los problemas dentro de la red wlan.

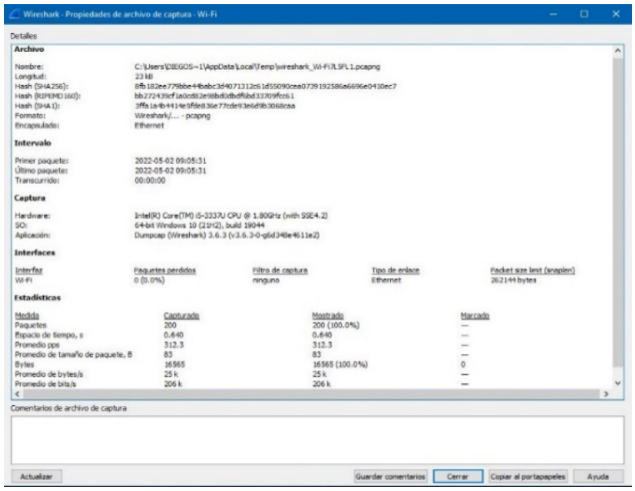


Figura 22 – Software Wireshark analizando el tráfico

5. Resultados Y Discusión

5.1. Resultados

Tiempo de entrega de paquetes. Porcentaje de paquetes perdidos. Tiempo de retardo de extremo a extremo. Cantidad de transferencia efectiva de paquetes.

A. Resultados Experimentales: Se realizaron mediciones y se recopilaron 30 valores para cada indicador utilizando técnicas estadísticas.

	I1: Packet delivery time (Milliseconds)		I2: Lost Packet Percentage (%)		I3: End-to-End Delay Time (Milliseconds)		I4: Effective Packet Transfer Amount (Amount)	
Nº	**Gc postest**	**Ge PosTest**	**Gc postest**	**Ge PosTest**	**Gc postest**	**Ge PosTest**	**Gc postest**	**Ge PosTest**
1	1.45	0.93	10	3	0.39	0.27	67	578
2	1.28	0.77	10	4	0.76	0.15	169	406
3	1.53	0.55	12	2	0.7	0.1	174	452
4	1.54	0.74	12	1	0.48	0.3	336	409
5	1.58	0.72	12	0	1.06	0.2	121	396
6	1.63	0.83	16	4	0.48	0.24	229	492
7	1.44	0.75	15	3	1.16	0.31	106	558
8	2.24	0.69	12	6	1.02	0.08	123	434
9	1.79	0.95	16	4	1.07	0.13	104	483
10	1.25	0.84	8	5	0.84	0.27	159	444
11	1.13	0.97	11	6	0.64	0.32	207	522

	I1: Packet delivery time (Milliseconds)		I2: Lost Packet Percentage (%)		I3: End-to-End Delay Time (Milliseconds)		I4: Effective Packet Transfer Amount (Amount)	
Nº	**Gc postest**	**Ge PosTest**	**Gc postest**	**Ge PosTest**	**Gc postest**	**Ge PosTest**	**Gc postest**	**Ge PosTest**
12	1.23	0.87	11	1	1.01	0.31	137	477
13	1.81	0.41	12	5	1.08	0.25	96	413
14	1.07	0.68	8	2	0.62	0.17	214	468
15	1.66	0.88	9	0	0.43	0.35	317	360
16	2.77	0.91	14	2	1.12	0.24	59	532
17	1.20	0.58	8	6	0.68	0.27	186	396
18	0.94	0.92	8	0	0.62	0.08	226	531
19	1.70	0.55	12	6	0.45	0.1	288	374
20	1.28	0.73	13	1	0.79	0.17	175	430
21	1.56	0.58	12	2	0.85	0.25	310	421
22	1.50	0.77	10	3	0.47	0.11	279	542
23	1.03	0.80	12	5	0.59	0.18	234	372
24	1.68	0.88	10	2	0.6	0.35	324	413
25	0.97	0.72	13	0	0.38	0.19	336	545
26	1.01	0.67	8	1	0.92	0.25	127	357
27	1.08	0.66	10	5	0.41	0.33	271	506
28	1.45	0.81	10	3	1.04	0.1	132	356
29	1.42	0.63	11	7	1.27	0.29	178	373
30	1.61	0.47	8	4	0.54	0.11	327	390

Tabla 5 – Resultados de la Posprueba del Gc y Posprueba del Ge para los I1, I2, I3, I4.

El efecto de aplicar la solución de la tecnología mesh y el uso de las metodologías Topdown y Mccabe tuvo resultados positivos para todos sus indicadores.

B. Prueba de Normalidad

I1: Tiempo de entrega de paquetes

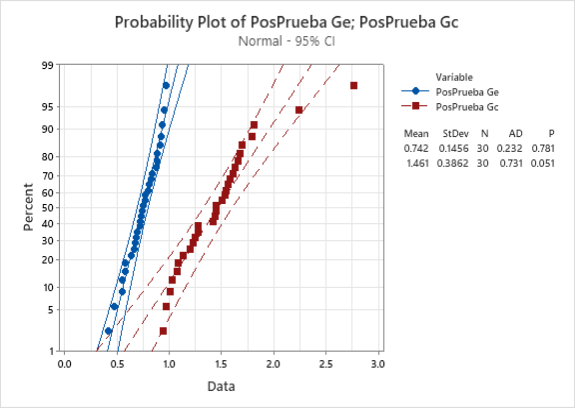


Figura 23 – Prueba de Normalidad Indicador 1

Se puede visualizar que la posprueba del grupo experimental (Ge) y del grupo de control (Gc), el valor de p (0.781 y 0.051) es > α (0.05) equivalente al 95% del nivel de significancia. Por lo tanto, se demuestra que lo valores del indicador tienen un comportamiento normal.

I2: Porcentaje de paquetes perdidos

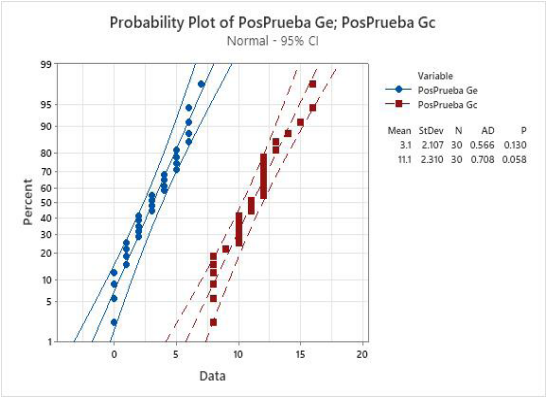


Figura 24 – Prueba de Normalidad Indicador 2

Se puede visualizar que la posprueba del grupo experimental (Ge) y del grupo de control (Gc), el valor de p (0.130 y 0.058) es > α (0.05) equivalente al 95% del nivel de significancia. Se demuestra que lo valores del indicador tienen un comportamiento normal.

I3: Tiempo de retardo de extremo a extremo

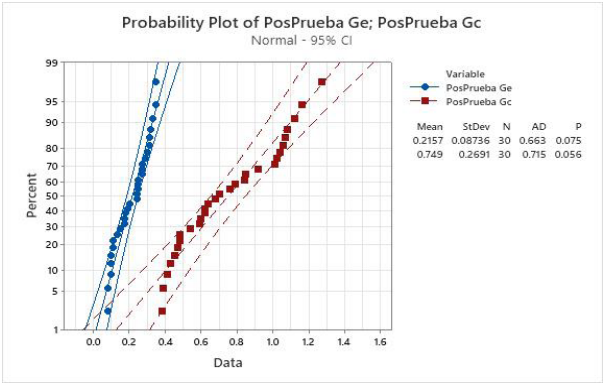


Figura 25 – Prueba de Normalidad Indicador 3

Se puede visualizar que la posprueba del grupo experimental (Ge) y del grupo de control (Gc), el valor de p (0.075 y 0.056) es > α (0.05) equivalente al 95% del nivel de significancia. Por consiguiente, los valores del indicador tienen un comportamiento normal.

I4: Porcentaje de transferencia efectiva de paquetes

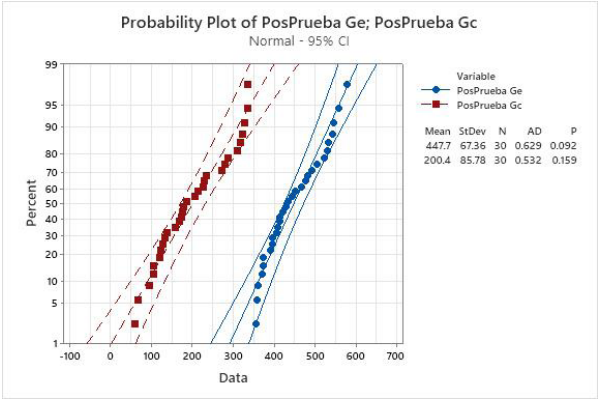


Figura 26 – Prueba de Normalidad Indicador 4

Se puede visualizar que la posprueba del grupo experimental (Ge) y del grupo de control (Gc), el valor de p (0.092 y 0.159) es > α (0.05) equivalente al 95% del nivel de significancia. Se demuestra que lo valores del indicador tienen un comportamiento normal.

5.2. Discusión

A. Con Estadística Descriptiva

Sample	N	Mean	StDev	AD	p-value
I1: Pos-test (Gc)	30	1.461	0.3862	0.731	0.051
I1: Pos-test (Ge)		0.742	0.1456	0.232	0.781
I2: Pos-test (Gc)	30	11.1	2.310	0.708	0.058
I2: Pos-test (Ge)		3.1	2.107	0.566	0.130
I3: Pos-test (Gc)	30	0.749	0.2691	0.715	0.056
I3: Pos-test (Ge)		0.2157	0.08736	0.663	0.075
I4: Pos-test (Gc)	30	447.7	67.36	0.629	0.092
I4: Pos-test (Ge)		200.4	85.75	0.532	0.159

Tabla 6 – Resultados de la estadística descriptiva con el software minitab

De acuerdo a los resultados de la prueba de normalidad de "Anderson Darling", el AD y p-value son > α (0.05); por lo tanto, se comprobó que la normalidad de los datos. También se observó que con un nivel de confianza del 95%, la media y la desviación estándar se obtuvo resultados normales en los datos de los indicadores.

Sample	n	95% confidence intervals for the mean	Kurtosis	Asymmetry	Q3
I1: Postest (Ge)	30	0.68765 - 0.79635	-0.429741	-0.415666	0.87250
I2: Postest (Ge)	30	2.3134 - 3.8866	-1.13284	0.09627	5.0000
I3: Postest (Ge)	30	0.18304 - 0.24829	-1.32874	-0.13105	0.29250
I4: Postest (Ge)	30	422.51 - 472.82	-1.11700	0.37771	510.00

Tabla 7 – Resumen de Resultados para los Indicadores

El resumen para cada indicador en la tabla muestra que, alrededor del 95% de los valores están dentro de 2 desviaciones estándar de la media, la Kurtosis indica que hay valores con picos muy bajos, la Asimetría indica que la mayoría de valores son bajos, el 3er Cuartil (Q3) indica que el 75% de los valores es menor que o igual a este valor.

Para el indicador I1: los resultados fueron semejantes a los de (Fernandez, 2021.), quien en su investigación Análisis del desempeño de un enlace descendente de redes basadas en los estándares IEEE 802.11b, expreso que, el promedio del tiempo de entrega de paquetes en el Ge (0.85) fue menor al Gc (1.10). Así mismo los resultados fueron semejantes a los de (D. A. Navarro Rey), quien en su investigación Diferencia de los protocolos MIP V4/MIP V6 y cómo afectan las métricas de QoS en el servicio IPTV sobre IMS en una infraestructura de red móvil, expreso que, el promedio del tiempo de entrega de paquetes en el Ge (0.70) fue significativamente menos al Gc (0.90). Además, los resultados fueron semejantes a los de (P. En, 2012.), quien en su investigación

Influencia del tamaño de paquetes sobre la perdida de paquetes en un enlace UDP/IP/IEEE 802.11a, expreso que, el promedio del tiempo de entrega de paquetes en el Ge (0.60) fue menor al Gc (0.87). De la misma manera los resultados fueron semejantes a los de (santander, 2017.) quien en su investigación Que es el jitter y cómo afecta a tu conexión, expreso que, el promedio sobre el tiempo de entrega de paquetes en el Ge (1.02) fue menor al Gc (1.26).

Por consiguiente, podemos inferir que la utilización de la tecnología mesh aplicando la metodología topdown y mccabe, permitió resultados positivos, basados en la disminución de tiempo de entrega de paquetes, que se deben considerar en toda distribución de paquetes de datos.

Para el indicador I2: los resultados fueron semejantes a los de (C. Golondrino), quien en su investigación Herramienta para el análisis de latencia y perdida de paquetes en redes haciendo uso de algoritmos de clasificación soportados en arboles de decisión, expreso que, el promedio de porcentaje de paquetes perdidos en el Ge (3.5) fue menor al Gc (8). Así mismo los resultados fueron semejantes a los de (Marco, 2017.) quien en su investigación Influencia del tamaño de paquetes sobre la perdida de paquetes en un enlace UDP/IP/IEEE 802.11a, expreso que, el promedio de porcentaje de paquetes perdidos en el Ge (2.72) fue significativamente menos al Gc (8.25). Además, los resultados fueron semejantes a los de (Liberatori, Redes de Datos y sus Protocolos, 2018.), quien en su investigación Redes de datos y sus protocolos, expreso que, el promedio de porcentaje de paquetes perdidos en el Ge (4.7) fue menor al Gc (8.87). De la misma manera los resultados fueron semejantes a los de (Ynga., 2020), quien en su investigación Arquitecturas de redes de computadoras definidas por software, expreso que, el promedio de porcentaje de paquetes perdidos en el Ge (2.1) fue menor al Gc (6.4).

Por lo tanto, podemos concluir que la utilización de la tecnología mesh aplicando la metodología topdown y mccabe, permitió resultados positivos, basados en la disminución de porcentaje de paquetes perdidos, que se deben considerar en toda distribución de paquetes de datos.

Para el indicador I3: los resultados fueron semejantes a los de (Popim., 2020,) , quien en su investigación Acceso del paciente a la red oncológica en la vigencia de ley, expreso que, el promedio del tiempo de retardo de extremo a extremo en el Ge (0.15) fue menor al Gc (0.49). Así mismo los resultados fueron semejantes a los de (Cueva, “Evaluación del desempeño de la tecnología wifi en concordancia con los estándares IEEE 802.11 b/g/n en el interior de una cámara anecoica para la banda de 2.4 GHz / Performance evaluation of technology Wi-Fi in conf) quien en su investigación Evaluación del desempeño de la tecnología wifi en concordancia con los estándares IEEE 802.11 b/g/n en el interior de una cámara anecoica para la banda de 2.4 GHz, expreso que, el promedio del tiempo de retardo de extremo a extremo en el Ge (0.10) fue significativamente menos al Gc (0.87). Además, los resultados fueron semejantes a los de (Freire., 2008,) quien en su investigación Retardo en la transmisión de información en la red Internet, expreso que, el promedio del tiempo de retardo de extremo a extremo en el Ge (0.25) fue menor al Gc (0.65). De la misma manera los resultados fueron semejantes a los de (S. Velásquez, 2017.), quien en su investigación Control de sistema de primer orden con retardo basado en eventos, expreso que, el promedio del tiempo de retardo de extremo a extremo en el Ge (0.10) fue menor al Gc (0.75).

En consecuencia, podemos inferir que la utilización de la tecnología mesh aplicando la metodología topdown y mccabe, permitió resultados positivos, basados en la disminución de tiempo de retardo de extremo a extremo, que se deben considerar en toda distribución de paquetes de datos.

Para el indicador I4: los resultados fueron semejantes a los de (M. Nuñez, 2017) quien en su investigación Bases for the construction on a QoS model for a video-calls service in a virtualized IMS network, expreso que, el promedio de la cantidad de transferencia efectiva de paquetes en el Ge (250) fue mayor al Gc (140). Así mismo los resultados fueron semejantes a los de (A. Alvarez, 2016.) quienes en su investigación Sistema de monitoreo de capacidad de redes inalámbricas 802.11, expreso que, el promedio de la cantidad de transferencia efectiva de paquetes en el Ge (320) fue significativamente mayor al Gc (180). Además, los resultados fueron semejantes a los de (Herrera, 2019) quien en su investigación Modelo de optimización de rendimiento en redes 802.11ac Utilizando programación multi - objetivo, expreso que, el promedio de la cantidad de transferencia efectiva de paquetes en el Ge (390) fue mayor al Gc (110). De la misma manera los resultados fueron semejantes a los de (Siles, 2019.) quien en su investigación Estudio radioeléctrico y problemáticas en una red wifi con alta densidad de usuarios, expreso que, el promedio de la cantidad de transferencia efectiva de paquetes en el Ge (480) fue mayor al Gc (310).

Por consiguiente, podemos inferir que la utilización de la tecnología mesh aplicando la metodología topdown y mccabe, permitió resultados positivos, basados en el incremento de cantidad de transferencia efectiva de paquetes, que se deben considerar en toda distribución de paquetes de datos.

B. Con Estadística Inferencial: Prueba de Hipótesis

En la tabla 8 se muestran los valores de la aplicación de las pruebas estadísticas para la contrastación de las hipótesis.

Sample	N	Ho	t-value	p.value
I1: Postest (Gc)	30	$\mu1 \leq \mu2$	9.54	0.000
I1: Postest (Ge)				
I2: Postest (Gc)	30	$\mu1 \leq \mu2$	14.02	0.000
I2: Postest (Ge)				
I3: Postest (Gc)	30	$\mu1 \leq \mu2$	10.32	0.000
I3: Postest (Ge)				
I4: Postest (Gc)	30	$\mu1 \geq \mu2$	-12.42	0.000
I4: Postest (Ge)				

Tabla 8 – Contrastación de Hipótesis para los Indicadores Paramétricos

Puesto que todos los valores de p son menores que α (0.05), los resultados proporcionan suficiente evidencia para rechazar las hipótesis nulas (Ho), y las hipótesis alternas fueron ciertas. Las pruebas resultaron ser significativas.

De acuerdo a la investigación realizada acerca del "Servicio de calidad en la transferencia de paquetes", los resultados que muestra en las pruebas de hipótesis, los valores de p son menores que α (0.05), así mismo en su investigación sobre un "sistema de monitoreo de capacidad de redes inalámbricas", sus resultados que muestra en la prueba de hipótesis, los valores de p son menores que α (0.05). También son semejantes los resultados obtenidos por quien en su investigación "Modelo de optimización de rendimiento en redes", los valores p son menores que α (0.05), también tenemos que los resultados son semejantes a la investigación realizada por [40],el cual haciendo un estudio radio eléctrico en una red wifi logró resultados en los cuales p con menores a α (0.05).

Por lo tanto, podemos concluir que la utilización de la tecnología mesh aplicando la metodología topdown y mccabe, permitió resultados positivos, basados en la aplicación de los nodos, logrando rechazar las hipótesis nulas en todos los indicadores, que se deben considerar en toda distribución de paquetes de datos.

CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

- El uso de nodos con tecnología mesh impacta positivamente en la mejora de la red de datos en los equipos de tecnologías de la información.
- Según los resultados de la prueba de normalidad de Anderson-Darling, el AD y el valor p son > α (0,05); por lo tanto, se confirmó la normalidad de los datos. También se observó que con un nivel de confianza del 95% la media y la desviación estándar arrojaron resultados normales en los datos de los indicadores.
- El diseño de la topología de la red en la investigación es de gran utilidad para la toma de decisiones en el análisis de datos para soportar la velocidad del tráfico de red generado con los nodos.
- Para investigaciones futuras, recomendamos realizar pruebas de rendimiento de la red entre el servidor y el host del cliente en todo el sistema antes de implementar la tecnología de malla. Esto permitirá medidas proactivas que se pueden mejorar continuamente y garantizar la disponibilidad continua del servicio. Además, sugerimos documentar el estado de antes y después de la infraestructura de cableado y buscar soluciones que satisfagan las necesidades de la empresa, las cuales estarán determinadas por la mejora de sus equipos.

Referencias

A. Alvarez, M. I. (2016.). "Sistema de monitoreo de capacidad de redes inal ´," .

A. Ariza-Quintana, E. C.-C. (May 2014). "An architecture for the implementation of Mesh Networks in OMNeT++," . *doi: 10.4108/icst.simutools2009.5549*.

A. Asami, M. A. (2017). "Multicast Routing with Load Balancing in Multi-Channel Multi-Radio Wireless Mesh Networks," . *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.,doi: 10.14569/ijacsa.2017.081233.*, vol. 8, no. 12, pp. 264–269. .

al., F. Y. (2011). "Broadband internet access via multi-hop wireless mesh networks: Design, protocol and experiments,". *Wirel. Pers. Commun, doi: 10.1007/s11277-009-9907-9.*, vol. 58, no. 4, pp. 807–829.

Álava, M. (2020.). "La socialización de la investigación mediante la formación docente en América," . *Rev. Ibérica Sist. y Tecnol. Informarción.*, vol. E, no. 31, pp. 11–12. .

C. BEMMOUSSAT, F. D. (2013). "On the Support of Multimedia Applications over Wireless Mesh Networks," . *Int. J. Wirel. Mob. Networks, doi: 10.5121/ijwmn.2013.5212.*, vol. 5, no. 2, pp. 157–173.

C. Golondrino, E. G. (s.f.). , "Herramienta para el análisis de latencia y pérdida de paquetes en redes haciendo uso de algoritmos de clasificación soportados en árboles de decisión," . vol. 41, no. 29, pp. 1–17, 20.

C. Li, U. T. (2013). "Efficient authentication for fast handover in wireless mesh networks," . *Comput. Secur., doi: 10.1016/j.cose.2013.06.001.*, vol. 37, pp. 124–142.

Cao, L. P. (2010.). "Fairness resource allocation and scheduling for IEEE 802.16 mesh networks," . *J. Networks, doi: 10.4304/jnw.5.6.724-731.*, vol. 5, no. 6, pp. 724–731.

Cueva, C. S. (s.f.). "Evaluación del desempeño de la tecnología wifi en concordancia con los estándares IEEE 802.11 b/g/n en el interior de una cámara anecoica para la banda de 2.4 GHz / Performance evaluation of technology Wi-Fi in conf.

D. A. Navarro Rey, J. E. (s.f.). "Diferencia de los protocolos MIP V4 / MIP V6 y cómo afectan las métricas de QoS en el servicio IPTV sobre IMS en una infraestructura de red móvil,". *vol. 13,*(no. 1, p.), Av. Investig. en Ing.

D. Rico-Bautista, L. S.-E.-B. (2014). "Redes mesh, una alternativa a problemas de cobertura de red: una revisión de literatura," . *Rev. Ingenio UFPSO, [Online]. Available: http://revistas.ufpso.e*, vol. 7, no. 1, pp. 27–42.

Domínguez, M. (2003,). , "Las tecnologías de la información y la comunicación: sus opciones, sus limitaciones y sus efectos en la enseñanza," . *Nómadas, [Online]. Available: https://www.uned.ac.cr/academica/edutec/memoria/ponencias/hiraldo_162.pdf*, no. 8, p. 20, .

F. Kaabi, S. G. (2010). "Channel Allocation and Routing in Wireless Mesh Networks: A survey and qualitative comparison between schemes," . *Int. J. Wirel. Mob. Networks, [Online]. Available: http://citeseerx.ist*, vol. 2, no. 1, pp. 132–150. .

Fernandez, C. (2021.). "basadas en los estándares IEEE 802 . 11b , IEEE 802 . 11n y WDS .," . no. 16.

Freire., F. (2008,). "Retardo en la transmisión de información en la red Internet,". *Ingenius, doi: 10.17163/ings.n2.2008.03*, no. 2, p. 22.

Haz, L., Carrera, I., Molina, M. F., & Bernal, G. V. S. (2019). Prototype of smart community alarm for monitoring events and incidents related to citizen safety. *2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–4. https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760645

Herrera, H. (2019). "Modelo de optimización de rendimiento en redes 802.11ac utilizando programación multi-objetivo,". *p. 97, 2018, [Online]. Available: http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/14493/1/HerreraHerreraHectorManuel.pdf.*

KELSEY, D. M. (2007). “Redes Inalambricas Enmalladas Metropolitanas. *”Monografias. Com, [Online]. Available: http://www.monografias.com/trabajos-pdf/redes-inalambricas-enmalladas-metropolitanas/redes-inalambricas-enmallada*, pp. 1–148.

Liberatori, M. C. (2018.). Redes de Datos y sus Protocolos. vol. 51, no. 1. .

M. Nuñez, C. J. (2017). , “Performance evaluation of VoIP technology in an extended service set,” . *Sist. Telemática, doi: 10.18046/syt.v15i42.*, , vol. 85, no. 42, pp. 85–100.

M. S. Islam, M. A. (s.f.). “SHWMP: A secure hybrid wireless mesh protocol for IEEE 802.11s wireless mesh networks,” . *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 5730 LNCS, pp. 95–1.

Marco, R. M. (2017.). “Influencia Del Tamaño De Paquetes Sobre La Pérdida De Paquetes En Un Enlace,”. pp. 1–14.

Mosquera, A. M. (2011). “Diseño y Simulación de una red MESH en el Municipio de Santa Rosa de Cabal,”. *[Online]. Available: http://repositorio.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/10785/1490/1/CDMIST49.pdf*, p. 62.

O. Baghban Karimi, J. L. (2014). “Multicast with cooperative gateways in multi-channel wireless mesh networks,”. *Ad Hoc Networks, doi: 10.1016/j.adhoc.2011.10.002.*, vol. 13, no. PART A, pp. 170–180.

P. En, U. N. (2012.). *“Revista Electrónica de Estudios Telemáticos,”* , pp. 16–26.

Popim., M. S. (2020,). “Access of the patient to the cancer network under the ‘Sixty-Day Law’: Integrative Review,”. *Rev. Bras. Enferm., doi: 10.1590/0034-7167-2019-0406*, vol. 73, no. 5, p. e20190406.

Quimbiamba, M. J. (2009). “Diseño de una red inalámbrica MESH (WMNs) para las parroquias rurales del cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi,”. *[Online]. Available: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle*, /15000/1443.

R. Lara, C. F. (2016.). “Análisis del desempeño en un enlace descendente de redes basadas en los entándares IEEE 802.11b, IEEE 802.11n y WSD,” . vol. 5, p. 21.

R. Matos, C. M. (2014). “Analytical modeling of context-based multi-virtual wireless mesh networks,” . *Ad Hoc Networks, vol. 13, no. PART A, doi: 10.1016/j.adhoc.2011.05.004.*, pp. 191–209.

R. Sem, F. C.-s.-r.-m. (2020.). “Retardo en Redes Inalámbricas Colaborativas Delay in Collaborative Wireless Networks,”. vol. 37, no. 1, pp. 122–130.

S. Mieles, M. D. (2012). “(Cualitativa) Investigacion cualitativa: el analisis tematico para el tratamiento de la informacion desde el enfoque de la fenomenologia social,” . *Univ. Humanística, vol. 4807, no. 201212, [Online]*, pp. 195–226.

S. Velásquez, L. P. (2017.). “Control De Sistema De Primer Orden Con Retardo Basado En Eventos Control of First Order System With Evaluation Based on Events,”. No, vol. 21, pp. 36–43.

santander. (2017.). “¿Qué es el phishing y cómo afecta a tu PyME?,”. pp. 1–8.

Siles, J. O. (2019.). “Estudio radioeléctrico y problemáticas en una red WiFi con alta densidad de usuarios Radio study and problems in a WiFi network with high user density,”. *[Online]. Available: http://www.scielo.or*, Acta Nov., vol. 9, pp. 32–52.

T. Tfc, I. C. (2011.). “Trabajo de Fin de Carrera Memoria,” .

Tripathy, R. M. (2016). “Secure Multicast Routing Algorithm for Wireless Mesh Networks,” . *J. Comput. Networks Commun., doi: 10.1155/2016/1563464.*, vol. 2016.

V. T. Le, N. H. (October, 2011). “The minimum number of gateways for maximizing throughput in wireless mesh networks,” . *ACM Int. Conf. Proceeding Ser., doi: 10.1145/2069216.2069235.*, pp. 80–85,.

Valencia, E. G. (2021). “Proyecto de investigación para el diseño e implementación de redes MESH como opción de conectividad a internet en entornos rurales,” . *[Online]. Available: https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/3333*, pp. 1–31.

Ynga., B. R. (2020). “Arquitecturas de redes de computadoras definidas por software: revisión bibliográfica,”.

Zaruba, F. B. (2012.). “O N the U Se of S Mart a Nts for E Fficient,” . vol. 4, no. 2 .

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 21/03/2024
Aceitação/Acceptance: 24/06/2024

Video mapping artístico inspirado en la indumentaria del personaje Ángel de la Estrella

Marcela Ximena Parra Pérez[1], Jorge Daniel Ocampo Díaz[2],
David Sebastián Vargas Enríquez[2]

marcela.parra@utc.edu.ec; jorge.ocampo7773@utc.edu.ec; david.vargas0763@utc.edu.ec

[1] Grupo de Investigación Diseño Gráfico y Multimedia para el Desarrollo Humano y Social, Facultad de Ciencias Sociales Artes y Educación, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga 050102, Ecuador.

[2]Facultad de Ciencias Sociales Artes y Educación, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga 050102, Ecuador.

Pages: 725-743

Resumen: Esta investigación enfrenta el reto de reconectar a los jóvenes de Latacunga con la festividad tradicional de la Mama Negra, mediante una propuesta artística utilizando la técnica del video mapping, resaltando elementos distintivos de la indumentaria del Ángel de la Estrella. Se empleó un enfoque cualitativo que incluye técnicas de campo y análisis morfológico de elementos culturales que profundizan su legado cultural, promoviendo así la preservación de este patrimonio. Cómo resultado se logra diseñar una obra digital que revela cómo la fusión de arte y tecnología pueden crear el interés en esta celebración, narrando su historia y cultura, que motiva a la juventud a valorar y conservar sus tradiciones.

Palabras-clave: Video mapping; artístico, morfología; indumentaria; Ángel de la Estrella

Graphic proposal for video mapping inspired by the clothing of the character Ángel de la Estrella

Abstract: This research tackles the challenge of reconnecting the youth of Latacunga with the traditional Mama Negra festival, using an artistic proposal that utilizes video mapping technology to highlight distinctive elements of the Angel of the Star's attire. A qualitative approach was used, including field techniques and morphological analysis of cultural elements that deepen their cultural legacy, thereby promoting the preservation of this heritage. As a result, a digital artwork was designed that demonstrates how the fusion of art and technology can generate interest in this celebration, narrating its history and culture, and motivating the youth to value and preserve their traditions.

Keywords: Video mapping; artistic, morphology; attire; Angel of the Star.

1. Introducción

La Fiesta de la Mama Negra se destaca como la celebración más emblemática en Latacunga, Ecuador, simbolizando un pilar clave en su tejido cultural y social, esta festividad se realiza dos veces anualmente. La primera celebración, que tiene lugar los días 23 y 24 de septiembre, es organizada por los comerciantes en honor a la Virgen de las Mercedes, y en noviembre, coincidiendo con la conmemoración de la independencia de Latacunga el 11 de noviembre de 1821. (Schneider, 2007)

La celebración de la *Festividad de la Mama Negra* en Latacunga enfrenta una disminución de interés, especialmente entre los jóvenes de 21 a 29 años, debido al abuso de alcohol, el comportamiento descontrolado durante el evento y la percepción de inseguridad. Esto ha llevado a algunos habitantes a buscar opciones alternativas o incluso a dejar la ciudad en esas fechas. Ante este desafío se sugiere una estrategia turística que resalte y proteja su riqueza cultural, promoviendo el orgullo y la responsabilidad en su conservación. (Brazales y Cabezas, 2020).

Frente a este decrecimiento del interés de los jóvenes, surge la interrogante de la investigación: ¿De qué manera la integración de elementos culturales latacungueños en proyectos de video mapping puede aumentar el interés de los jóvenes y apoyar la preservación de festividades tradicionales?. Según Dresler y Jackson (2024), los festivales culturales ofrecen una plataforma única para crear un espacio significativo a través de elementos como arquitectura, música y comida, tal como se observa en el caso del [1]Festival Art Deco.

El objetivo de esta investigación es establecer una conexión visual entre la comunidad de Latacunga y su profundo legado cultural. Al proyectar un producto artístico mediante la técnica del video mapping[2] inspirada en las formas y adornos de la vestimenta del personaje El Ángel de la Estrella.

El Ángel de la Estrella considerado personaje secundario de la *Mama Negra*, se destaca por su vestimenta elegante, de color blanca y detalles dorados, montando un caballo decorado, porta un cetro y una corona. Simboliza la protección católica durante el desfile, declamando versos en honor a la *Virgen de la Merced*. (Díaz y Santacruz, 2020).

Este trabajo empleó una metodología de investigación de campo y observación descriptiva, esenciales para identificar elementos culturales tradicionales. Estas herramientas permitieron una recolección de datos efectiva, para ofrecer el desarrollo de una obra artística digital que captura y refleja elementos propios de la cultura latacungueña, los cuales han sido invisibilizados por la comunidad.

[1] El Art Deco de Napier, es un festival artístico cultural en Nueva Zelanda, fundado en 1985, desempeña un papel crucial en la conservación y promoción del patrimonio arquitectónico, atrayendo a miles de visitantes. (Sánchez, 2023)
[2] El video mapping implica el uso de proyecciones visuales sobre superficies tridimensionales para crear experiencias inmersivas. (Werby et al., 2024)

2. Revisión de la Literatura

2.1. Video mapping artístico

El video mapping artístico es una exhibición que emplea áreas de la urbe, incluyendo iglesias y estructuras arquitectónicas, donde se fusionan el arte, la tecnología y aspectos culturales para potenciar la creatividad a su máximo esplendor. Cappeller (2024), sostiene que el enfoque actual en arquitectura y diseño urbano enfatiza la reutilización de espacios existentes, viéndolos como recursos clave para innovar y experimentar en el entorno urbano.

Para transformar lugares públicos a través del arte, es esencial que los miembros de la comunidad se involucren activamente para identificar y aprovechar zonas que fomenten la expresión artística y cultural. De acuerdo con Cativelli y Teixeira (2024), una ciudad creativa que aprovecha los entornos urbanos puede impulsar la participación de la ciudadanía, siempre que exista un sentido de pertenencia, determinación y habilidad para reflexionar y actuar. Esto permite que sucedan acciones extraordinarias cuando se presentan las oportunidades adecuadas.

En la actualidad, el media-art[3] ofrece nuevas posibilidades de interactuar con el público mediante el video mapping, con diseños innovadores y atractivos, que incluyen imágenes con efectos visuales, sonidos, música y animaciones, que permiten la creación de escenas inmersivas. En concordancia con Sosnytskyi y Borodchenko (2024), las mediatecnologías representan la fusión de tecnologías avanzadas con el entorno urbano, dando origen a la media architecture[4]. Esta integración transforma las ciudades, haciéndolas más interactivas.

En la creación de proyecciones en áreas arquitectónicas demanda el uso de software que aborde desafíos técnicos asociados con la implementación de la proyección audiovisual. Esta aplicación permite interactuar con los elementos de la edificación, transformando la apariencia de la infraestructura en un mapeo tridimensional lleno de color que realza la belleza artística de la fachada. En este sentido Kullick, (2023) afirma que las proyecciones públicas sobre edificios y monumentos, buscan desmitificar los mitos asociados a estas estructuras. Además, visibilizan edificios históricamente invisibles permitiendo acceso simbólico a espacios antes excluyentes.

3. Metodología

En este estudio, se adoptó un enfoque cualitativo que comenzó con una investigación de campo durante una visita guiada al museo municipal “Casa de los Marqueses” de Miraflores en la ciudad de Latacunga. Durante esta visita, se delimitó como objeto de estudio al personaje del Ángel de la Estrella, quien ocupa un lugar destacado en la festividad de la *Mama Negra*.

[3] Media-Art se enfoca en el campo artístico a través del uso de tecnologías digitales, que incluye el videoarte, el arte interactivo y el arte digital. (Jeroe, 2021)

[4] Media architecture se centra en cómo las tecnologías digitales y los medios interactivos pueden incorporarse en estructuras arquitectónicas. (Sosnytskyi y Borodchenko, 2024)

Se emplearon como instrumentos de recolección de datos: revisión bibliográfica y entrevistas a profundidad con expertos en trajería de la festividad. Esto facilitó la obtención de un registro exhaustivo de los abalorios utilizados en el traje, abordando aspectos relacionados con su estilo y forma. Como metodología de diseño se generó un análisis morfológico para la definición de las nuevas figuras, que posteriormente se utilizaran en la parte gráfica conceptual del video mapping.



Figura 1 – Referencia de la Indumentaria del Ángel de la Estrella

3.1. Análisis de datos

Para conformar la muestra, se escogieron seis elementos del atuendo del Ángel de la Estrella, los cuales incluyen abalorios llamativos que exhiben un diseño exclusivo, característico de la creatividad de las artesanas. Estos componentes comprenden la corona, el cetro, la túnica, la faja, la capa y las zapatillas.

La selección de elementos muestrales se llevó a cabo mediante un muestreo aleatorio simple, utilizando el método random.sample de Python para escoger de manera aleatoria los componentes de los datos. La selección de muestras es un componente crítico de la investigación en ciencia de datos, algo que Bruce y Bruce (2020, p. 72) discuten extensamente en su obra.

Código	Nombre
PMN-AI-01	Corona
PMN-AI-02	Cetro
PMN-AI-03	Túnica
PMN-AI-04	Faja
PMN-AI-05	Capa
PMN-AI-06	Zapatillas

Tabla 1 – Marco Muestral de la Indumentaria

Este enfoque garantiza que cada pieza tiene la misma oportunidad de ser elegida, manteniendo la aleatoriedad y la objetividad del proceso de selección. Este método es transparente y justo, especialmente útil en estudios con un pequeño número de elementos a considerar. De esta manera se seleccionaron tres piezas —la corona, la zapatilla y el cetro— para llevar a cabo un estudio morfológico[5] exhaustivo, el cual se utilizará en la creación de gráficas para la animación del video mapping.

3.2. Metodo de análisis morfológico

En el proceso de elección de las formas de piezas seleccionadas, se partió por reconocer las gráficas de cada figura, determinando el espacio que ocupa, el tamaño, color y textura. Según Wong (2001), "El diseño es un proceso de creación visual con un propósito" (p. 41).

El análisis morfológico, se llevó a cabo mediante un estudio detallado del aspecto de los abalorios que componen el traje. Este se describe a continuación:

Descripción de las formas: Las formas halladas tienen características orgánicas de color blanco y dorado, con texturas lisas, nacaradas y brillantes. Los abalorios están hechos de pedrería de plástico.

Descomposición de formas: Al descomponer los abalorios en sus figuras básicas, se destaca la presencia predominante de círculos y óvalos.

Función y Estilo: Los abalorios añaden belleza y estilo al traje, realza su apariencia visual con colores y diseños específicos, cumple una función esencial en la tradición de la festividad, simbolizan y conservan las historias y creencias de la cultura Latacungueña.

3.3. Análisis Semiótico

- *Formas:* Las formas orgánicas, alude a elementos naturales y curvilíneos, sugiriendo una conexión con la naturaleza y la vida. Esto puede simbolizar armonía, fluidez y vitalidad. Los círculos y ovalos, como formas geométricas

[5] La morfología en el diseño gráfico puede interpretarse como el estudio de la forma y estructura de los elementos visuales dentro de una composición artística. (Samara, 2007). Los estudios morfológicos en las disciplinas del Diseño transitaron un proceso de transformación conceptual en el marco del estructuralismo. (Giordano, 2016)

universales, simbolizan totalidad, perfección y eternidad, mientras que los óvalos, siendo más alargados, representan dinamismo, fertilidad y expansión. Juntos, su uso predominante en los abalorios sugiere un equilibrio entre la estabilidad y el crecimiento, transmitiendo conceptos de unidad e integridad.

- *Colores:* El blanco suele simbolizar pureza, paz y espiritualidad, mientras que el dorado está asociado con el lujo, la riqueza y el poder. Juntos, estos colores pueden evocar una sensación de elegancia y prestigio.
- *Texturas:* Las texturas lisas y brillantes sugieren refinamiento y sofisticación. La nacarada agrega un efecto iridiscente que puede simbolizar belleza y misterio, dando a los abalorios un atractivo visual distintivo.
- Simbolismo: Los abalorios son símbolos culturales profundos que representan y preservan la historia y creencias de la cultura Latacungueña. Cumplen un papel crucial en la transmisión del patrimonio cultural, actuando como signos que perpetúan las narrativas y valores de la comunidad, conectando a los individuos con su pasado y fortaleciendo su sentido de pertenencia.

3.4. Análisis de Formas

En primera instancia se llevó a cabo una descripción iconográfica de las piezas seleccionadas, con el fin de establecer la conceptualización, luego se realizó la variación de las formas, lo que posibilitará a las figuras elegidas generar nuevas formas y composiciones, esto ofreció una perspectiva sobre cómo se visualizarán las imágenes en una animación para proyecciones de video mapping.

Código:	**PMN-AI-01**
Nombre:	**Corona**
Gráfica:	
Descripción iconográfica:	La representación gráfica en la corona, se la denominará con el nombre “Resplandor de Luz”, el origen de este nombre es propio de los autores de esta investigación, se caracteriza por establecer un vínculo ancestral entre lo tangible e intangible, y en un sentido conceptual, ilustra la relación con el ser humano y el entendimiento, subrayando el anhelo de alcanzar un estado de iluminación espiritual.
Análisis de la forma y estructura:	Dentro de sus cualidades formales sobresale la creación de una figura orgánica con la forma de una hoja, la cual, al girar 45 grados y agruparse de manera concéntrica, conforma una estrella. Al repetirse, una circunferencia en el centro abraza a cada uno de estos elementos, resultando en una composición de equilibrio simétrico radial.
Variaciones formales:	

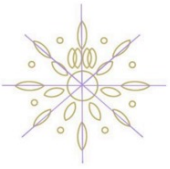
Código:	**PMN-AI-01**	
 Intersección de módulos	 Superposición de figuras	 Repetición de tamaño
 Formas geométricas circulares	 Interrelación de distanciamiento	 Disposición circular
 Contraste de tamaño	 Balance simétrico radial	 Incorporación de submódulos

Tabla 2 – Análisis morfológico de la Corona

Código:	**PMN-AI-06**
Nombre:	**Zapatilla**
Gráfica:	
Descripción iconográfica:	En la gráfica encontrada en la zapatilla, se denominará como “Escudo Protector”, la composición representa la relación entre el individuo y el ser divino, “refleja la protección que el Ángel le brinda a la Virgen María sobre la ciudad de Latacunga, se cree que ella intercede ante Dios para que la ciudad sea bendecida con paz, prosperidad y felicidad.” (Francisco Ulloa, Comunicación personal, 12 de enero del 2024)
Análisis de la forma y estructura:	En la estructura de la forma se identifica una retícula basada en un cuadrado segmentado en 16 secciones iguales, extendiéndose tanto vertical como horizontalmente. Se distinguen círculos que se alinean con cada segmentación y se superponen sobre ellos, y en cada extremo del cuadrado, hay una circunferencia situada a un ángulo de 45 grados.

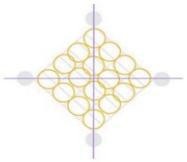
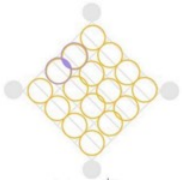
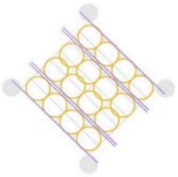
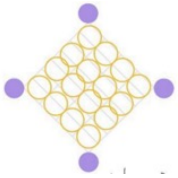
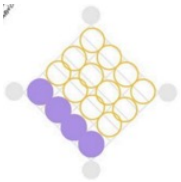
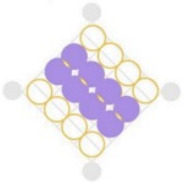
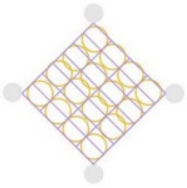
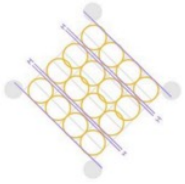
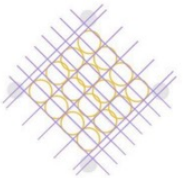
Código:	**PMN-AI-06**	
Variaciones formales:		
 Radiación de estructura concéntrica	 Intersección	 Anomalía en la estructura
 Repetición de tamaño	 Repetición de posición	 Superposición de estructuras de repetición
 Similitud	 Distanciamiento	 Líneas diagonales

Tabla 3 – Análisis morfológico de la Zapatilla

Código:	**PMN-AI-02**
Nombre:	**Cetro**
Gráfica:	
Descripción iconográfica:	La figura de la estrella en el centro de un personaje lleva el nombre de “Guía Divina”, que simboliza a menudo “la luz, la guía, la pureza, y la divinidad”. Este elemento puede representar la autoridad celestial o espiritual del personaje, sugiriendo que su poder o protección proviene de un plano superior o divino. La estrella en un cetro también puede interpretarse como un signo de iluminación y esperanza, indicando que el personaje desempeña un papel de guía o liderazgo espiritual.

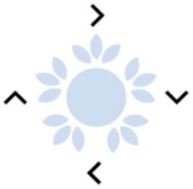
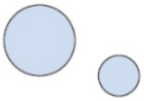
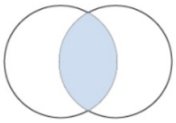
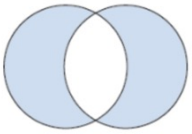
Análisis de la forma y estructura:	Entre las características compositivas, existen formas geométricas y orgánicas que posteriormente se agruparon para simular la forma ornamental mediante la radiación de estructura concéntrica que según (Wong, 2021) "Al seleccionar una parte específica o un segmento de una estructura concéntrica y replicarlo, es posible crear una nueva estructura concéntrica con múltiples centros, a veces requiriendo ajustes necesarios."
Variaciones formales:	
 Radiación de estructura concéntrica	 Intersección
 Anomalía en la estructura	
Repetición de tamaño	Repetición de posición
Superposición de estructuras de repetición	
 Similitud	 Distanciamiento
 Líneas diagonales	

Tabla 4 – Análisis morfológico del Cetro

4. Resultados

Para la obtención de los resultados del video mapping, se registra un proceso organizado en tres fases clave: preproducción, producción y postproducción. Durante la preproducción, se planificó el proyecto y se diseñó la narrativa. En la fase de producción se centró en la creación de contenidos visuales que se adaptan específicamente a la estructura de proyección. Finalmente, la postproducción que incluyó el montaje, la edición y la aplicación de efectos especiales, culminando en la proyección final. Estas fases son cruciales para lograr el impacto visual y narrativo del video mapping, integrando técnica y creatividad de manera efectiva (Higueras, Gómez, y Alberich, 2021).

4.1. Pre-producción

En la fase de la preproducción se inició por la ideación del producto multimedia, esta generación de ideas permitió integrar al guión literario, en este texto se organizó y presentó la narrativa de la obra audiovisual, especificando diálogos, descripciones y direcciones para la producción.

Título:	Bajo el manto de las estrellas
Tiempo:	2 minutos con 41 segundos
Proyección:	Iglesia de San Agustin (Latacunga-Ecuador)
Personajes:	Ángel de la Estrella
	GUION LITERARIO
ESCENA 1	Se presenta una cuenta regresiva de 10 segundos, con los números destacados en blanco. A medida que cada número cambia, se desvanece como si se transformara en humo. En el fondo, se dibuja la silueta de una iglesia en tonos oscuros, diseñada específicamente para que la cuenta regresiva sobresale notablemente en la composición.
ESCENA 2	Se introduce un espectro de luz que gradualmente se contrae hasta moldear la forma completa de la puerta de la iglesia. Esta transición mantiene la atención concentrada en la puerta, con el espectro luminoso como principal foco visual.
ESCENA 3	Desde el centro de la puerta comienzan a emanar circunferencias que se expanden hacia los bordes, superando los límites del contorno de la iglesia. Estas formas evocan la imagen de gotas de agua al caer, creando ondulaciones que se dispersan, similar a las ondas en el agua.
ESCENA 4	En esta escena, comienzan a apreciarse distintas figuras derivadas de las fichas morfológicas. Luego, se crea la ilusión de adentrarse por la puerta hacia el interior oscuro de la iglesia. De improviso, se ilumina una luz que recorre el entorno, semejante a encender las luces en una habitación oscura. Este recorrido visual culmina con la aparición de una representación realista del volcán Cotopaxi, que se convierte en el punto focal de la escena.
ESCENA 5	En esta secuencia, la luz se filtra por las laderas del volcán y se eleva hacia el cráter. A continuación, la luz se dirige hacia el cielo, revelando la figura del Ángel de la Estrella con una representación realista. Este comienza a acercarse, centrando la atención en sus alas hasta que domina completamente la escena sobre la iglesia, y el fondo se transforma en un tono extremadamente claro, simbolizando la pureza del personaje.
ESCENA 6	Es aquí donde el Ángel reaparece, revelando que él será el encargado de llevar cada una de sus peticiones a la Virgen de las Mercedes, comprometiéndose a hacerlo con devoción y dedicación para apaciguar sus preocupaciones.
ESCENA 7	El Ángel, demostrando su generosidad y sin dudarlo, intercede ante la Virgen para que las erupciones del Volcán Cotopaxi se calmen y por el mejoramiento de las condiciones de vida del pueblo. Lleno de felicidad, con su cetro en mano, bendice al pueblo, mientras la luz inicial vuelve a recorrer el escenario, intensificándose gradualmente hasta ocupar por completo la escena, regresando finalmente el fondo a un profundo negro.
ESCENA 8	Las manos del Ángel se abren, liberando a un grupo de palomas que vuelan ante la Virgen de las Mercedes. Con una sonrisa y los ojos cerrados, el Ángel da pie a la aparición de los abalorios, marcando un momento de profunda significación y conexión.
ESCENA 9	En este momento, se exhiben los abalorios abarcando cada aspecto de la maqueta, incluyendo contornos, aristas y vértices, cubriendo la totalidad del formato. Para concluir la presentación, luces difuminadas se esparcen, dando paso a la visualización de los créditos de los autores.

Tabla 5 – Guion Literario Video Mapping

A continuación, se elaboró el guión técnico, el cual esencialmente se mapeó los aspectos técnicos del proyecto. Esta etapa implicó segmentar el contenido en diferentes tomas y secuencias, asignándoles un orden secuencial. Se especificó la duración exacta, los efectos de sonido y demás datos técnicos vitales que son cruciales para la organización y planificación efectiva de la producción audiovisual. Este proceso asegura que todos los elementos visuales y sonoros estén perfectamente alineados y coordinados para la ejecución del proyecto.

ESCENA			IMAGEN	AUDIO
ESCENA	**TIEMPO**	**PLANO**	**DESCRIPCIÓN DEL PLANO**	**EFECTOS DE SONIDOS**
1	20 seg.	General	Plano medio	Alegre de campanas
2	30 seg.	General	Plano medio	Ambiental
3	15 seg.	Neutral	Plano medio de la luz que forma la puerta de la iglesia	Sonidos de misterio y de seguimiento
4	25 seg.	Primer detalle	Plano detalle de los latidos en forma de circunferencias	Sonidos tranquilos y de naturaleza
5	30 seg.	General	Plano general de la maqueta con formas morfológicas	Sonidos emotivos, alegres e inspiradores
6	25 seg.	Primer panorámico	Plano panorámico del volcán Cotopaxi y el Ángel de la Estrella	Sonidos emotivos, alegres e inspiradores
7	30 seg.	Medio	Plano medio de las personas en plegaria	Sonidos emotivos, alegres e inspiradores
8	20 seg.	General	Plano general del Ángel bendiciendo al pueblo	Sonido inspirador y tranquilo
9	46 seg.	Medio / General	Plano medio de las manos del Ángel soltando palomas En este punto se muestran las formas de los abalorios que figuran por las paredes.	Música de fondo festiva alegre

Tabla 6 – Guion Técnico Video Mapping

Durante la etapa de preproducción, se seleccionó como escenario la Iglesia de San Agustín, situada en el corazón histórico de Latacunga, específicamente en la parroquia La Matriz, en las intersecciones de las calles Quito y Hermanas Páez. Esta emblemática edificación, erigida en el siglo XV, es notable por su diseño colonial, el cual refleja la religiosidad y el fervor espiritual de la comunidad.

Para analizar las características físicas del área, se efectuó un proceso de geolocalización utilizando una fotografía panorámica de la fachada frontal junto con una imagen aérea que abarca toda la iglesia.



Figura 2 – Referencia de la Iglesia de San Agustín

Luego, se realizó la vista frontal de la fachada de la iglesia, con el objetivo de identificar las formas y dimensiones.



Figura 3 – Referencia del plano frontal de la iglesia

Con esta información, se utilizó para la creación de un modelo a escala, el cual se utilizará para realizar los primeros ensayos de iluminación.



Figura 4 – Referencia del prototipo a escala

4.2. Producción

En la producción se generó el contenido visual de la obra artística, se emplearon imágenes y secuencias de animación, destinados a dar dinamismo a la superficie seleccionada. Para ello, se recurrió a programas especializados en ilustración, animación, modelado 3D y técnicas de escaneo tridimensional.

Para la animación se emplearon los abalorios seleccionados durante el análisis morfológico que permitieron desarrollar el contenido visual. A cada imagen se le añadió movimiento que armonizan con la narrativa y la música. Esta fase es fundamental para lograr una visualización final impresionante.

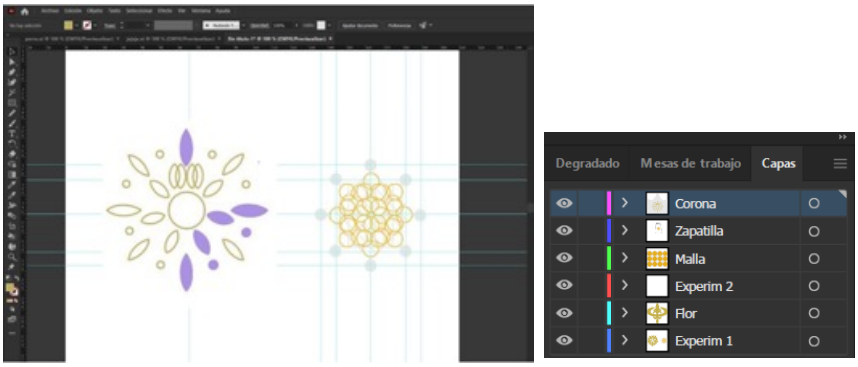


Figura 5 – Referencia de la producción de las animaciones.

Para determinar las estructuras de la iglesia, se aplicó tecnología de escaneo 3D para registrar la geometría precisa de la superficie sobre la que proyectaremos. Esto facilita la creación de un modelo en tres dimensiones, el cual actúa como referencia para ajustar nuestra proyección a la configuración específica de la superficie.

4.3. Post-producción

La etapa de postproducción se integró la edición de las animaciones, el audio y efectos visuales, que conlleva la elección de softwares para la proyección. Se realizó un proceso de creación de audio, utilizando una selección de sonidos de canciones tradicionales de Latacunga, y se registraron instrumentos como la trompeta y el bombo. Adicionalmente, se efectuó la grabación de una voz en off.

Para concretar el proceso, se realizó el mapeo con los ajustes en el prototipo, donde se sincronizó el contenido visual diseñado para adaptarse con precisión a la superficie de proyección. Los ajustes se realizaron en tiempo real, acoplando la posición, el enfoque y la distorsión del contenido proyectado para que coincida con la superficie de proyección, asegurando así que el resultado final sea visualmente coherente y envolvente desde la perspectiva del espectador.

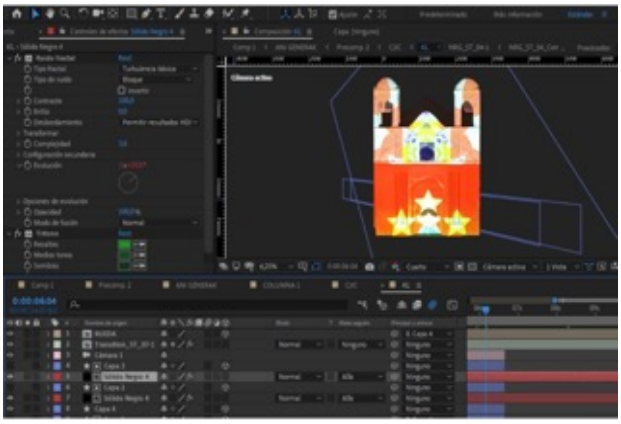


Figura 6 – Referencia de la edición y montaje final.

4.4. Implementación

Con la implementación de esta propuesta, se pretende transformar visualmente el espacio arquitectónico de la Iglesia de San Agustín, y contar con una narrativa visual de una manera dinámica y atractiva del Angel de la Estrella, creando experiencias inmersivas que capturan la atención del espectador.

Técnicamente, se espera precisión y alineación en las proyecciones, alta calidad de imagen, estabilidad, rendimiento y sincronización perfecta entre audio y video. Operativamente, se busca facilidad de configuración, fiabilidad del sistema y flexibilidad para adaptarse a diferentes entornos.

En cuanto al impacto en la audiencia, se espera crear impresiones duraderas, aumentar la participación y agregar valor significativo al evento. A futuro, se busca fomentar la innovación continua y generar documentación para mejorar futuras implementaciones. En general, el video mapping artístico busca crear experiencias visuales y emocionales impactantes mediante el uso innovador de la tecnología de proyección.

5. Discusión

Tras el análisis de los datos obtenidos en la investigación, esta propuesta considera la posibilidad de proporcionar una alternativa de composición gráfica que se integre a las tendencias actuales del video mapping, como forma de expresión de arte en espacios públicos, buscando comprender cómo esta práctica se ha desarrollado y transformado en el contexto contemporáneo.

Las vivencias e inspiraciones de otros contextos han motivado el desarrollo de esta iniciativa, para narrar visualmente la historia y significado de una festividad, al resaltar los rasgos culturales distintivos del Ángel de la Estrella, que se pretende plasmar mediante proyecciones dinámicas y atractivas sobre edificaciones emblemáticas. Se

busca no solo captar la atención de los jóvenes, sino también inculcar un sentido de orgullo y pertinencia hacia la preservación de esta tradición. Esta estrategia tiene el potencial de reavivar el interés de los jóvenes y puede servir como un puente entre generaciones, renovando el aprecio por la riqueza cultural de Latacunga y promoviendo una celebración más participativa.

Algunos resultados de proyecciones artísticas en el espacio público se obtuvieron en el estudio Kullick (2023), proporciona un análisis exhaustivo de las intervenciones audiovisuales del artista polaco Krzysztof Wodiczko, destacando su importancia en el arte urbano en diversas arquitecturas. Wodiczko, reconocido por sus proyecciones sobre edificios y monumentos, utiliza esta técnica como medio de crítica social y política. El texto examina el trasfondo y la evolución de su obra, desde sus inicios en Polonia hasta su influencia en América Latina, enfocándose en cómo sus proyecciones lumínicas desafían las nociones de espacio público y privado.

Otro estudio de Dresler y Jackson (2024), exploran las experiencias nostálgicas de los asistentes al Festival de Art Deco de Napier, los organizadores del festival diseñan un espacio interactivo para maximizar la nostalgia, integrando objetos, actividades y la estética de la época Art Deco para transportar a los visitantes a los años 1920 y 1930. Esta nostalgia no solo atrae a los visitantes, sino que también fomenta una conexión comunitaria y un sentido de pertenencia durante el festival. Los hallazgos sugieren la importancia de comprender los diferentes tipos de nostalgia para mejorar la gestión de emociones y fomentar un sentido de relevancia en eventos históricos.

La iniciativa del video mapping en Latacunga se centra en emplear proyecciones dinámicas y atractivas sobre edificaciones emblemáticas para narrar visualmente la historia y el significado de la festividad de la Mama Negra. Mientras que la obra de Wodiczko se centra en utilizar el espacio público para provocar diálogo y reflexión crítica, el Festival de Art Deco de Napier busca reconstruir y revivir una época pasada para fortalecer los lazos comunitarios.

6. Conclusiones

El resultado de la investigación destaca cómo la integración de elementos culturales significativos, como las formas de los abalorios de la indumentaria del Ángel de la Estrella y la música tradicional de Latacunga, se combinan con formas arquitectónicas, en un proyecto de video mapping que narra la historia y tradición del lugar, de manera que permite fomentar un mayor interés de los jóvenes y apoyar la preservación de la festividad de la Mama Negra. Esta conclusión responde efectivamente a la pregunta de investigación planteada, demostrando que una propuesta con el uso de medios multimedia que respetan y promueven la cultura local puede ser una herramienta poderosa para involucrar a las generaciones más jóvenes y garantizar la continuidad de las tradiciones culturales.

La metodología del estudio morfológico, permite un análisis exhaustivo y sistemático de las formas, facilitando la creación de nuevas figuras que respeten la tradición y la estética del objeto de estudio, en este caso, los abalorios del traje Ángel de la Estrella, que se puede lograr un diseño coherente y culturalmente significativo, adaptado a las necesidades contemporáneas del proyecto de investigación.

La selección minuciosa de piezas para el análisis morfológico subraya la importancia de la objetividad y la transparencia en la investigación, asegurando que los elementos elegidos reflejen fielmente la creatividad y el diseño único de las artesanías locales. El resultado es una obra artística digital que no solo capta la esencia de la cultura tradicional a través de un innovador video mapping, sino que también promueve la apreciación y conservación de este rico patrimonio cultural.

El proyecto integra narrativas históricas y lo adapta a una expresión artística moderna, a partir de lo observado en las tablas 4 y 5, permiten concluir que la implementación del uso de guiones audiovisuales que narran la vida e historia del personaje, enfatizando la fiesta y alegoría de la Mama Negra, ha sido muy representativo. Así también en la imagen 5, se destaca los elementos gráficos tomados de los detalles ornamentales de su indumentaria para darles vida a través de la animación, en la imagen 6 se incorpora como lienzo la fachada arquitectónica de la iglesia de San Agustín, ofreciendo una experiencia visual inmersiva y dinámica.

Uno de los limitantes es el empleo de tecnología de punta, como el escaneo 3D, para adaptar las proyecciones a la arquitectura específica de la Iglesia de San Agustín, asegurando que las proyecciones se alineen perfectamente con la estructura física. El acceso a tecnología avanzada de video mapping puede ser costoso o difícil de manejar, lo que podría restringir las posibilidades creativas o la escala del proyecto.

Este estudio demuestra que la fusión de tecnología moderna con elementos culturales tradicionales tiene gran trascendencia en una urbe, se sugiere a futuro continuar explorando este enfoque interdisciplinario, asegurando una representación auténtica y respetuosa de la cultura local, y buscar métodos innovadores para evaluar y sustentar el impacto cultural de estas iniciativas.

Referencias

Bruce, P., & Bruce, A. (2020). *Practical Statistics for Data Scientists: 50+ Essential Concepts Using R and Python* (2ª ed.). O'Reilly Media. https://books.google.es/books? hl= es&lr=&id= k2XcDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Bruce,+P., +%26+Bruce,+A.+(2020).+Practical+ Statistics+for+Data+ Scientists: +50%2B+ Essential+Concepts+ Using+R+and+ Python+(2%C2%AA+ed.).+ O%27Reilly+Media.&ots= dEHjik_kFV&sig= KJBvENY3t74 XbC8U9cH4m-6ykMg#v=onepage&q= Bruce%2 C%20P.%2C%20%26%20 Bruce%2C% 20A.%20 (2020).%20 Practical%20 Statistics%20for%20Data%20Scientists%3A%20 50%2B%20Essential%20 Concepts%20Using%20 R%20and% 20Python%20 (2%C2%AA%20ed.).%20O'Reilly%20Media.&f=false

Brazales Herrera, D., & Cabezas Mejía, E. (2020). Diagnóstico de la pérdida del interés del latacungueño hacia la Fiesta de la Mama Negra Novembrina en el cantón Latacunga, Ecuador. *Fundadores de GLOBUS*, (1), 77-80. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44063879

Cappeller, R. (2024). Artistic interventions for urban innovation: Comparing new forms of engagement in public space by two local initiatives. *Cities*, 147, 104792. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275124000064

Cativelli, A. S., & Teixeira, C. S. (2024). Cidades criativas e suas unidades de informação: uma nova rota para o distrito criativo de Florianópolis/SC. *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, 17, e019021. sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275124000064

Díaz, S. D. P. H., & Santacruz, N. A. C. (2019). La fiesta de la Mama Negra, uno de los patrimonios culturales intangibles de la ciudad de Latacunga, Ecuador. https://scripta-old.scimago.es/bitstream/handle/20.500.12552/7065/35_5%20La%20fiesta%20de%20la%20Mama%20Negra%2c%20uno%20de%20los%20patrimonios%20culturales%20intangibles%20de%20la%20ciudad%20de%20Latacunga%2c%20Ecuador.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dresler, E., & Jackson, V. (2024). Multidimensionality of nostalgic festival experiences: The Art Deco Festival case. *Journal of Destination Marketing & Management*, 31, 100827. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212571X23000665

Giordano, D. (2016). *La arquitectura en América Latina: Seminario de Arquitectura Contemporánea 2016*. Universidad de Cuenca. ISBN 978-9978-14-325-4.

Higueras Ruiz, M. J., Gómez Pérez, F. J., & Alberich Pascual, J. (2021). Productor ejecutivo-creativo de series de ficción en la industria televisiva española. *Cuadernos.info*, (50), 227-248. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-367X2021000300012&script=sci_arttext&tlng=pt

Jeroen, J. (2021, marzo 26). How Media Architecture Is Shaping Our Cities – And With It Our Lives. *Plataforma Arquitectura*. ISSN 0719-8884 https://www.archdaily.com/959178/

Kullick, E. B. (2023). Las proyecciones públicas de Krzysztof Wodiczko: arte público, monumento y victimización. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, (119), 224-244. http://www.scielo.org.ar/pdf/ccedce/n119/1853-3523-ccedce-119-224.pdf

Samara, T. (2007). *Design elements: A graphic style manual*. Rockport publishers. https://books.google.es/books?hl=es&lr= &id=zipdUxzimyoC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Samara,+ T.+(2007). +Design+elements:+ A+graphic+style+manual.+ Rockport+publishers.&ots= IEiTOR1zDU&sig= 93GRO3lSPOCFIdhChQSlM_b3lt8#v= onepage&q&f=false

Sánchez, L. (2023, agosto 9). Napier es la ciudad art decó de Nueva Zelanda. *Mundo Diners*. https://revistamundodiners.com/mundo-diners-plus/napier/

Schneider, D. (2007). La Mama Negra - ¿símbolo de la multiculturalidad ecuatoriana?. *Indiana*, 24, 157-171. https://www.redalyc.org/pdf/2470/247016522007.pdf

Sosnytskyi, Y. O., & Borodchenko, N. V. (2024). Architectural videomapping as a form of media art in urban space. *Publishing House "Baltija Publishing"*. http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/download/430/11462/24023-1?inline=1

Werby, A., Huang, C., Büchner, M., Valada, A., & Burgard, W. (2024, March). Hierarchical Open-Vocabulary 3D Scene Graphs for Language-Grounded Robot https://arxiv.org/pdf/2403.17846

Navigation. In *First Workshop on Vision-Language Models for Navigation and Manipulation at ICRA 2024*. https://arxiv.org/pdf/2312.04533

Wong, W. (2021). *Fundamentos del diseño*. Editorial Gustavo Gili. ISBN: 9788425216435. https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A3%3A25835875/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A153883177&crl=c

Critérios Editoriais

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, que foca a investigação e a aplicação prática inovadora no domínio dos sistemas e tecnologias de informação.

O Conselho Editorial da RISTI incentiva potenciais autores a submeterem artigos originais e inovadores para avaliação pelo Conselho Científico.

A submissão de artigos para publicação na RISTI deve realizar-se de acordo com as chamadas de artigos e as instruções e normas disponibilizadas no sítio Web da revista (http://www.risti.xyz).

Todos os artigos submetidos são avaliados por um conjunto de membros do Conselho Científico, não inferior a três elementos.

Em cada número da revista são publicados entre cinco a oito dos melhores artigos submetidos.

Criterios Editoriales

La RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información) es un periódico científico, centrado en la investigación y en la aplicación práctica innovadora en el dominio de los sistemas y tecnologías de la información.

El Consejo Editorial de la RISTI incentiva autores potenciales a enviar sus artículos originales e innovadores para evaluación por el Consejo Científico.

Lo envío de artículos para publicación en la RISTI debe hacerse de conformidad con las llamadas de los artículos y las instrucciones y normas establecidas en el sitio Web de la revista (http://www.risti.xyz).

Todos los trabajos enviados son evaluados por un número de miembros del Consejo Científico de no menos de tres elementos.

En cada número de la revista se publican cinco a ocho de los mejores artículos enviados.

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

©RISTI 2024 http://www.risti.xyz

