

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	08-07-2021	B
Dependencia		Aprobado	Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADEMICO	1(90)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Anderson Pérez Criado Jimmy Leonardo Serna Osorio		
FACULTAD	Ingeniería		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería civil		
DIRECTOR	Pedro Nel Angarita Uscategui		
TÍTULO DE LA TESIS	Diseño de un aplicativo en Excel como herramienta para medir la productividad de mano de obra en proyectos de construcción en el municipio de Ocaña, norte de Santander		
TITULO EN INGLES	Design of an application in Excel as a tool to measure labor productivity in construction projects in the municipality of Ocaña, north of Santander		
RESUMEN (70 palabras)			
<p>Esta investigación consiste en la medición de la productividad de mano de obra en proyectos de construcción mediante un aplicativo en Excel, el cual nos ayudara a estudiar las diferentes categorías de trabajo y a estimar los factores que incurren en el bajo rendimiento de las cuadrillas de trabajo. Con la intención de brindar una herramienta tecnológica que sea de gran ayuda a la hora de cuantificar la productividad.</p>			
RESUMEN EN INGLES			
<p>This research consists of measuring the productivity of labor in construction projects through an Excel application, which will help us to study the different categories of work and to estimate the factors that incur in the low performance of the work crews. With the intention of providing a technological tool that is of great help when it comes to quantifying productivity.</p>			
PALABRAS CLAVES	Productividad, Categorías de trabajo, Cuadrilla, Excel, Construcción.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Productivity, Work categories, Crew, Excel, Construction		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 90	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 52	CD-ROM: 1

Diseño de un aplicativo en Excel como herramienta para medir la productividad de mano de obra en proyectos de construcción en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Anderson Pérez Criado

Jimmy Leonardo Serna Osorio

Facultad de ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Ingeniería civil

Mtr. Pedro Nel Angarita Uscategui

15 de marzo de 2023

Dedicatoria

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; En especial a mis padres y a mi hermano quienes me han enseñado a valorar todo lo que tengo. A todos ellos dedico mi título profesional, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecución de este logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

Anderson Pérez Criado

Dedicatoria

Agradezco en primer lugar a Dios, Padre misericordioso, por el don de la vida, por guiar cada uno de mis pasos y ser fortaleza en los momentos de aflicción. Por la familia que me ha regalado y el apoyo que me han dado, gracias a su esfuerzo, dedicación y acompañamiento en cada momento de mi vida. A todos ellos dedico este nuevo triunfo, a mis padres, pilares fundamentales de mi vida Y que han forjado la persona que soy, a mis hermanos; por el cariño y el apoyo en cada momento de dificultad, y a mis abuelos por guiarme por el sendero correcto.

Espero contar con su presencia, su amor y su apoyo siempre.

Jimmy Leonardo Serna Osorio

Índice

1.	Título.....	12
1.1	Planteamiento del problema de investigación.....	12
1.2	Formulación del problema	13
1.3	Objetivos	14
1.3.1	Objetivo General	14
1.3.2	Objetivos Específicos	14
1.4	Justificación.....	15
1.5	Delimitaciones.....	16
1.5.1	Geográfica	16
1.5.2	Temporal	16
1.5.3	Conceptual.....	16
1.5.4	Operativa	16
2.	Marco Referencial.....	17
2.1	Marco Histórico.....	17
2.2	Marco Contextual	18
2.3	Marco Conceptual	19
2.4	Marco Teórico	24
2.5	Marco Legal	27
3.	Diseño Metodológico.....	29
3.1	Tipo de Investigación	29
3.2	Población y muestra	29
3.2.1	Población.....	29
3.2.2	Muestra.....	29
3.3	Técnicas e instrumentos de recolección de la información.....	29

3.4	Proceso Metodológico.....	30
4.	Resultados.....	32
4.1	Crear un algoritmo de los procesos necesarios para el análisis de productividad de mano de obra y de desarrollo del aplicativo.....	32
4.2	Diseñar los módulos en Excel que permitan medir por categorías de trabajo la productividad de mano de obra de un proyecto de construcción.....	35
4.2.1	Diseño de modulo (Interfaz de inicio).....	35
4.2.1.1	Elaboración de la interfaz del modulo.....	36
4.2.1.2	Programación de cada comando del modulo.....	36
4.2.2	Diseño de modulo (Inicio).....	37
4.2.2.1	Elaboración de la interfaz del modulo.....	37
4.2.2.2	Programación de cada comando del modulo.....	38
4.2.3	Diseño de modulo (Cuadrilla).....	38
4.2.3.1	Elaboración de la interfaz del modulo.....	39
4.2.3.2	Programación de cada comando del modulo.....	39
4.2.4	Diseño de modulo (Tiempo)	40
4.2.4.1	Elaboración de la interfaz del módulo.....	40
4.2.4.2	Programación de cada comando del modulo.....	41
4.2.5	Diseño de modulo (Trabajo)	41
4.2.5.1	Elaboración de la interfaz del modulo.....	42
4.2.5.2	Programación de cada comando del modulo.....	42
4.2.6	Diseño de modulo (Trabajo productivo)	43
4.2.6.1	Elaboración de la interfaz del modulo.....	43
4.2.6.2	Programación de cada comando del modulo.....	44
4.2.7	Diseño de modulo (Trabajo contributivo).....	44
4.2.7.1	Elaboración de la interfaz del modulo.....	45

4.2.7.2	Programación de cada comando del modulo.....	45
4.2.8	Diseño de modulo (Trabajo no contributivo).....	46
4.2.8.1	Elaboración de la interfaz del modulo.....	46
4.2.8.2	Programación de cada comando del modulo.....	47
4.2.9	Diseño hoja de Excel (Cuadrilla analizada)	47
4.2.9.1	Elaboración de la tabla en Microsoft Excel	48
4.2.10	Diseño de hoja de Excel (Actividades)	48
4.2.10.1	Elaboración de la tabla en Microsoft Excel	48
4.2.11	Diseño de hoja de Excel (Medición).....	49
4.2.11.1	Elaboración de las tablas en Microsoft Excel	49
4.2.12	Diseño de hoja de Excel (Conteo).....	50
4.2.12.1	Elaboración de las tablas en Microsoft Excel	50
4.2.13	Diseño de hoja Excel (Carta balance)	51
4.2.13.1	Elaboración de la carta balance	51
4.3	Desarrollar un manual de usuario como instructivo y guía para el buen manejo del aplicativo.....	52
4.3.1	Introducción	52
4.3.2	Objetivo.....	52
4.3.3	Requisitos	52
4.3.4	Recomendaciones para el buen manejo del aplicativo.....	53
4.4	Evaluar la funcionalidad del aplicativo en un caso de estudio específico para la validación del mismo.	71
4.4.1	Evaluación.....	71
4.4.1.1	Ubicación	71
4.4.1.2	Evidencias	72
4.4.1.3	Procedimiento.....	73

4.4.1.4 Resultados	79
5. Conclusiones	85
6. Recomendaciones	87
Referencias.....	88

figura 23. Hoja 1 manual de usuario	55
Figura 24. Hoja 2 manual de usuario	56
Figura 25. Hoja 3 manual de usuario	57
Figura 26. Hoja 4 manual de usuario	58
Figura 27. Hoja 5 manual de usuario	59
Figura 28. Hoja 6 manual de usuario	60
Figura 29. Hoja 7 manual de usuario	61
Figura 30. Hoja 8 manual de usuario	62
Figura 31. Hoja 9 manual de usuario	63
Figura 32. Hoja 10 manual de usuario	64
Figura 33. Hoja 11 manual de usuario	65
Figura 34. Hoja 12 manual de usuario	66
Figura 35. Hoja 13 manual de usuario	67
Figura 36. Hoja 14 manual de usuario	68
Figura 37. Hoja 15 manual de usuario	69
Figura 38. Hoja 16 manual de usuario	70
Figura 39. Ubicación.....	71
Figura 40. Video de evidencia	72
figura 41. Ingreso de cuadrilla	73
Figura 42. Ingreso de tiempo	74
Figura 43.Actividades productivas	75
Figura 44. Actividades contributivas	75
Figura 45. Actividades no contributivas	76

figura 46. Resultados	78
figura 47. Resultados carta balance	79
figura 48. Gráfico porcentaje de trabajo por obrero.	80
Figura 49. Gráfico porcentaje de productividad	81
Figura 50. Gráfico compilado de actividades por trabajador.....	82
Figura 51. Gráfico actividades contributivas.	83
Figura 52. Gráfico actividades no contributivas.	83

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación de la eficiencia de productividad	26
Tabla 2. Cuadrilla analizada	48
Tabla 3. Lista de actividades.....	48
Tabla 4. Medición de cuadrilla	49
Tabla 5. Conteo de actividades	50
Tabla 6. cuadrilla utilizada.....	72
Tabla 7. Asignación de actividades	77
Tabla 8 indicadores de productividad.	80

1. Título

Diseño de un aplicativo en Excel como herramienta para medir la productividad de mano de obra en proyectos de construcción en el municipio de Ocaña, norte de Santander.

1.1 Planteamiento del problema de investigación

La ejecución de proyectos de construcción a lo largo de los años ha estado cada vez más controlada con el fin de mejorar, la calidad, tiempo y costo de las obras. Tanto profesionales de la construcción como inversionistas han visto la necesidad de administrar de manera correcta los recursos y el tiempo en que estas se llevan a cabo con el fin de perfeccionar los resultados. En la actualidad la óptima realización de un proyecto constructivo se relaciona directamente con los procesos que en éste se llevan a cabo para culminar con éxito la obra. Durante muchos años dichos procesos se han hincado en la manera tradicional de realizarse, dando cabida a errores y pérdidas económicas en el desarrollo del proyecto, como lo mencionan Botero y Álvarez en su investigación titulada Identificación de pérdidas en los procesos productivos de la construcción. (Botero y Álvarez, 2012).

edificaciones, es decir, se está perdiendo aproximadamente un 30% de la mano de obra en un proyecto constructivo.

El municipio de Ocaña, Norte de Santander no ha sido ajeno a estos imprevistos en la ejecución de proyectos, donde realizar un análisis de productividad de mano de obra no toma la importancia que amerita debido a la complejidad en la toma de datos y lo difícil que puede llegar a ser el análisis de una cuadrilla numerosa. Surge la necesidad de apoyar el desarrollo de la academia, la investigación y los procesos de ejecución de proyectos de construcción con la aplicación de un instrumento tecnológico que constituya un acompañamiento y una ayuda para el estudiante o profesional en la región, donde se pueda realizar un análisis adecuado de productividad de la mano de obra de los procesos de un proyecto, para así, identificar las falencias que afectan la productividad y con el criterio profesional encontrar una ruta metodológica a seguir para solucionar el problema y en este sentido mejorar la administración de la obra y el personal.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo se podrá analizar la productividad de mano de obra en proyectos de construcción de manera rápida y efectiva?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un aplicativo en Excel para medir la productividad de las diferentes categorías de trabajo de mano de obra en proyectos de construcción en el municipio de Ocaña Norte de Santander.

1.3.2 Objetivos Específicos

Crear un algoritmo de los procesos necesarios para el análisis de productividad de mano de obra y de desarrollo del aplicativo.

Diseñar los módulos en Excel que permitan medir por categorías de trabajo la productividad de mano de obra de un proyecto de construcción.

Desarrollar un manual de usuario como instructivo y guía para el buen manejo del aplicativo.

Evaluar la funcionalidad del aplicativo en un caso de estudio específico para la validación del mismo.

1.4 Justificación

Un análisis de productividad permite en un proyecto gestionar las estrategias necesarias para cumplir con lo planteado para el desarrollo efectivo y eficiente del mismo. En la industria de la construcción existen procesos y actividades que no aportan al producto final disminuyendo los índices de productividad, en la construcción se miden varios tipos de productividad:

Productividad en equipos, materiales y mano de obra; siendo este último el factor en el que más se incide (Botero, 2002, citado por Angarita, Ovallos y Carballo, 2018).

Actualmente existe la necesidad de una herramienta tecnológica que permita desarrollar un análisis de productividad de mano de obra que tenga en cuenta las actividades que realiza el personal y los factores que afectan su rendimiento, para así poder coordinar de manera correcta la ejecución de las actividades planteadas para el proyecto.

Por lo tanto, es necesario una herramienta tecnológica que permita realizar una medición de la productividad de mano de obra en proyectos de construcción clasificando el trabajo en productivo, contributivo y no contributivo, haciendo numerosas observaciones a los trabajadores en la obra cómo se propone en la metodología Lean Construction, (citada por Botero y Álvarez, 2012), teniendo en cuenta la actividad que el personal desarrolla y el proceso constructivo que se lleva a cabo para una mejor clasificación. De tal modo, esta herramienta proporcionará un análisis de manera práctica y efectiva para docentes y profesionales en el área, con el fin de tener una carta balance que les permita conocer los factores críticos en sus obras, cambiando la forma en cómo se desarrollan los proyectos, facilitándole a los encargados la toma de decisiones, minimizando las pérdidas y agilizando los procesos a través de la aplicación de métodos que permitan un aumento en la productividad.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Geográfica

El proyecto se llevará a cabo en el Municipio de Ocaña, Norte de Santander, el cual se encuentran ubicado en la parte noreste del país.

1.5.2 Temporal

Este proyecto se desarrollará durante un periodo correspondiente a seis meses, en el cual se desarrollarán las actividades necesarias para cumplir con los objetivos planteados.

1.5.3 Conceptual

Para la identificación de las variables presentadas en el presente proyecto, es necesario tener claro conceptos como: pérdidas en obra, productividad, trabajo productivo, trabajo contributivo, trabajo no contributivo, diagrama de Ishikawa, Lean Construction.

1.5.4 Operativa

La información necesaria para el desarrollo del proyecto se obtendrá mediante visitas de campo a obras de construcción en Ocaña, Norte de Santander. La cual nos permitirá recolectar los datos necesarios para ejecución del aplicativo.

2. Marco Referencial

2.1 Marco Histórico

Cuando hablamos sobre “lean construction” hacemos referencia a la metodología que se emplea para mejorar el procedimiento de las construcciones, con la eliminación de la baja productividad que regularmente encontramos en las obras. Estos conceptos se han venido utilizando a lo largo de la historia siendo la industria de automóviles las primeras en implementar estos términos a fines de la década de los 50 e inicios de los 60 la cual pretendían mejorar su línea de producción.

La filosofía Lean Construction, se basa fundamentalmente en el concepto de Lean Production que tiene sus orígenes en el sistema de producción desarrollado por Toyota Motors después de la segunda guerra mundial. Este sistema de producción está orientado fundamentalmente a eliminar pérdidas en los procesos productivos, entendiéndose como pérdida en general todo aquello que no genera valor al producto final. (Koskela, 1992, como se citó en Porras et al., 2014).

Uno de los más reconocidos en el tema fue el ingeniero Taiichi Ohno, encargado de la producción, quien buscaba eliminar los residuos y mejorar los tiempos de entrega de los automóviles a los clientes sustituyendo la tradicional producción en masa por la producción a pedido del cliente y evitar, además, la acumulación de mercancía. Con las investigaciones se desarrolló lo que se conoce como “producción Lean” o “producción sin pérdidas”, que comprende una gran variedad de sistemas de producción que comparten el principio de minimización de pérdidas (1). (Ballard, 1999, como se citó en Porras et al., 2014).

En 1992, Koskela empezó a implementar esta filosofía en el sector de la construcción; resultado de ello es su trabajo “Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción”, producido en el grupo de investigación CIFE de la Universidad de Stanford, en el cual sostuvo que la producción debía ser mejorada mediante la eliminación de los flujos de materiales y que las actividades de conversión mejorarían la eficiencia (2). (Koskela, 1992, como se citó en Porras et al., 2014).

Es por esto que en nuestros días es la metodología más utilizada en la industria de la construcción. Permitiendo cumplir la planificación estipulada para los proyectos ahorrando en materiales a base de consumir lo presupuestado, evitando el sobre costo y realizando las operaciones realmente necesarias en las obras.

2.2 Marco Contextual

El concepto de construcción sin pérdidas es relativamente nuevo en Latinoamérica, aunque es un factor influyente en el tiempo de operación y la calidad de un producto, en los países suramericanos es un tema que avanza a paso lento. El estudio de Lean Construction se ha visto en países como Brasil, Chile, Perú y Colombia; y aunque no se presentan grandes avances, desde 2002 se vienen trabajando y estudiando estas filosofías de gestión de proyectos por CAMACOL y el arquitecto Luis Fernando Botero, docente de la Universidad EAFIT e integrante de Gescon en Colombia. (Porras, Sánchez y Galvis, 2014).

En el Departamento de Norte de Santander, dicha metodología solo se ve aplicada en la academia, en investigaciones y casos de estudio para el área de la construcción y gestión de proyectos. Según la revisión investigativa, a nivel regional es poco lo que se ha desarrollado el

tema. Los ingenieros Pedro Nel Angarita, Leandro Ovalles y Ciro Alfonso Melo han hechos distintos aportes en revistas como la Revista Ingenio, así como apoyando y orientando la formulación de trabajos de grado enfocados en el tema.

Esta investigación está dirigida a la industria de la construcción, gestión de proyectos y a la academia, con el propósito de brindar un aplicativo en Excel que permita hacer un análisis de productividad de mano de obra en proyectos de construcción, presentando un caso de estudio específico de una obra actual en el municipio de Ocaña, Norte de Santander para la verificación y utilidad de la herramienta.

2.3 Marco Conceptual

Productividad

Se puede expresar como:

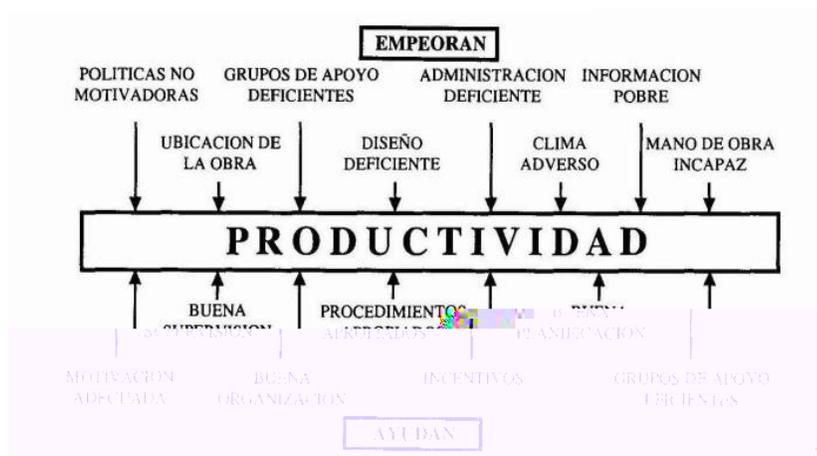
$$\text{Productividad} = \text{Cantidad producida} / \text{Recursos empleados}$$

Según Serpell (2002), la productividad también puede definirse en forma más explícita como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado; es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad, ya que de nada sirve producir muchos metros cuadrados de muros de albañilería en una obra, utilizando muy eficientemente los recursos de mano de obra, si estos muros resultan con serios problemas de calidad, hasta el punto que deben demolerse posteriormente para rehacerlos.

Hay muchos factores que afectan la productividad en la construcción. Lo importante para el administrador de una obra es saber cuáles son los más negativos, para poder actuar sobre ellos adecuadamente y disminuir sus consecuencias, y cuales aportan mayor eficiencia para incrementar su efecto. (Serpell, 2002).

Figura 1.

La productividad y algunos de sus factores



Nota. Tomado de Serpell, (2002).

Categorías de Trabajo

Los trabajos en las obras de construcción se pueden clasificar en 3 categorías, trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo.

Trabajo Productivo (TP). Hace referencia al trabajo que aporta de forma directa a la obra como, por ejemplo: asentar ladrillos, vaciar concreto, encofrados, habilitar acero, etc. (Sosa, 2007).

Trabajo Contributivo (TC). Trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo, pero que no aportan valor. Ejemplo: Recibir o dar instrucciones, leer planos, transporte de materiales, limpieza, etc. (Sosa, 2007).

Trabajo No Contributivo (TNC). Cualquier actividad que no genera valor, y que cae directamente en la categoría de pérdida. Son actividades que no son necesarias y tienen un costo. Ejemplo: Esperas, descansos, trabajo rehecho, viajes, etc. (Sosa, 2007).

Lean Construction

La construcción sin pérdidas se define como la optimización de los trabajos que agregan valor a un proyecto constructivo mientras se disminuyen o eliminan las que no lo hacen.

Según Lean Construction Institute (LCI) (Koskela, 1992), Lean Construction es un enfoque basado en la gestión de la producción para la entrega de un proyecto - una nueva manera de diseñar y construir edificios e infraestructuras. La gestión de la producción Lean ha provocado una revolución en el diseño, suministro y montaje del sector industrial. Aplicado a la gestión integral de proyectos, desde su diseño hasta su entrega, Lean cambia la forma en que se

realiza el trabajo a través de todo el proceso de entrega. Lean Construction se extiende desde los objetivos de un sistema de producción ajustada - maximizar el valor y minimizar los desperdicios - hasta las técnicas específicas, y las aplica en un nuevo proceso de entrega y ejecución del proyecto. (Pons, 2014).

En el Lean Construction se establecen 8 categorías de desperdicios o residuos: Talento no utilizado, Inventario, Movimiento, Espera, Transporte, Defectos, Sobreproducción y Sobre procesamiento.

Figura 5.

Categorías de desperdicios

De igual manera, el Lean Construction se enfoca en mejorar tres procesos con el objetivo de aumentar la eficiencia: Transformación: minimizando o eliminando los flujos, entendidos éstos como el recorrido que los materiales completan hasta su instalación en obra; Planificación: definiendo criterios y estrategias para alcanzar los objetivos del proyecto; y Control: asegurando que cada actividad se realizará en la secuencia prevista. (Pablo, M. 2019)

Visual Basic Excel

Es un lenguaje de programación disponible para los usuarios de Microsoft Office en programas como Excel. VBA se desarrolló en los años noventa para unificar los distintos lenguajes de macros de cada uno de los programas. (IONOS Digital Guide) (2020)

Trabajando en Excel, el lenguaje VBA permite: Automatizar acciones repetitivas: con VBA puede realizar en una única operación todo un grupo de comandos de Excel; Interactuar sobre los libros de Excel: el contenido y la presentación de todos los elementos incluidos en un libro (hojas, celdas, gráficos, etc.) se pueden modificar a través de código VBA; Crear formularios personalizados: los formularios son los cuadros de diálogo compuestos por controles ActiveX (cuadros de texto, listas desplegables, etc.), a los que se les puede asociar código VBA. Los formularios permiten crear interfaces amigables para la entrada o la salida de información; Generar automáticamente tablas dinámicas y gráficos: así podrá automatizar la creación de estadísticas a partir de sus datos de Excel (o de los datos de la empresa exportados a Excel); Personalizar la interfaz de Excel: la cinta de opciones de Office 2016 es totalmente personalizable y se pueden asociar macros creadas en lenguaje VBA a los comandos de la cinta o a la barra de herramientas de acceso rápido; Modificar las opciones de Excel: a cada opción de

Excel le corresponde una propiedad de un objeto VBA. Por ejemplo, puede modificar el tipo de fuente. (Michèle, A. 2010)

2.4 Marco Teórico

En este apartado se encuentra la información necesaria para determinar las variables que afectan directamente la productividad de mano de obra en los distintos procesos constructivos, exponiendo las teorías y conceptos metodológicos relevantes a la hora de realizar un análisis de productividad de mano de obra.

Metodología Lean Construcción

También conocida como construcción sin pérdidas plantea una filosofía de trabajo que busca crear buenos sistemas que permitan optimizar, reducir o eliminar los flujos para mejorar los tiempos de entrega y la calidad del producto (Porrás, Sánchez y Galvis, 2014). Dicha metodología plantea que la causa de pérdidas en un proyecto con mayor relevancia es la causada por el talento humano, es decir, la mano de obra es la categoría en la que encontramos los índices más bajos de productividad.

Carta Balance

En las Cartas de Balance, se puede describir como el proceso de una actividad en una obra de construcción, de forma detallada y precisa; También permite identificar el método utilizado para verificar si es el más adecuado o si se debe cambiar por otro, en estas es posible

determinar la cantidad de trabajadores más adecuados para cada cuadrilla, así como obtener información importante para un análisis del desempeño de cada trabajador. Según Serpell (1990), “El objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, más que la eficiencia de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino en forma más inteligente”.

La utilización de la carta balance brinda beneficios en las actividades de construcción, mejorando la ejecución de las operaciones por parte del personal y supervisión de las mismas, disminuyendo los accidentes en las obras y los costos al evitarse los atrasos en las tareas.

Teoría del Rendimiento de Mano de Obra

Se puede decir que el rendimiento de mano de obra es el tiempo que los trabajadores o equipos de trabajo tardan en completar una actividad o tarea. Saber el rendimiento es un factor esencial para crear o establecer un análisis de costos y presupuestos acertado.

Existen muchos factores que afectan el rendimiento de mano de obra en una construcción. Entre estos se encuentran los factores internos que incluyen el tipo de trabajo realizado, la cantidad de empleados en una semana o dos en el trabajo, la frecuencia de interacción con los compañeros, el equipo de protección cuando es necesario para trabajos peligrosos, entre los factores externos se incluye la calidad del tiempo, la demora en la entrega de materiales.

Todos estos factores nos pueden indicar un bajo rendimiento a la hora de medirlo, según John S. Page (1999), publicaron en su libro “Estimator's general construction man-hour manual” la clasificación de la eficiencia en la productividad, creando un rango que va de 0% cuando no se

tiene registro de ninguna actividad, hasta 100% cuando se obtiene un máximo rendimiento.

Como se muestra en la tabla 1, clasificación de la eficiencia en la productividad.

Tabla 1.

Clasificación de la eficacia de productividad

Eficiencia en la productividad	
Muy baja	10% - 40%
Baja	41% - 60%
Normal (promedio)	61% - 80%
Muy buena	81% - 90%
Excelente	91% - 100%

Nota: Tomado de John S. Page (1999).

Teoría de las 7 Herramientas de Calidad

Estas herramientas son usadas para resolver cualquier problema relacionado con la calidad, Se basan en la recogida de datos y el análisis de los hechos. Entre estas 7 herramientas se encuentran: (Ramos, D. 2018)

Hoja de Recogida de Datos. Se utiliza para recoger y clasificar información sobre un proceso o producto, Permitiendo valorar los síntomas de un problema, buscar sus causas o, incluso, recopilar datos una vez planteada alguna hipótesis. (Ramos, D. 2018)

Histograma. Se utiliza para analizar el patrón de comportamiento en un proceso de una determinada actividad. (Ramos, D. 2018)

Diagrama de Pareto. Es un gráfico basado en el principio de Pareto que, aplicado a la calidad, afirma que el 20% de las causas provocan el 80% de los problemas. (Ramos, D. 2018)

Diagrama de Espina de Pescado. Se utiliza para encontrar las causas de un problema de rendimiento a partir de un análisis más complejo. (Ramos, D. 2018)

Gráfico de Control. Se utiliza para descubrir si un proceso determinado tiene un comportamiento que podemos predecir y si es estable o no. (Ramos, D. 2018)

Diagrama de Dispersión. Se emplea para comprobar la relación que existe entre dos variables diferentes (X e Y), que pueden ser dos problemas o dos causas. (Ramos, D. 2018)

Estratificación. Se utiliza cuando manejamos muchos datos, ya que contribuye a clasificarlos o agruparlos en función de sus características comunes. (Ramos, D. 2018)

Según (Kaoru, I. 1950) estas 7 herramientas de calidad nos ayudan en la recopilación y el análisis de datos para tomar decisiones con base a ellos y así resolver la mayoría de los problemas en las áreas productivas.

2.5 Marco Legal

Nuestra investigación está regida por las siguientes normas legales y jurídicas, las cuales nos brindan una normativa a seguir a la hora de dar ejecución a nuestro proyecto.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

Por el cual se reglamentan los sistemas constructivos y las prácticas que se permiten en Colombia, entregando las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.

Norma ISO 21500

En la cual se establecen una descripción de alto nivel de conceptos y procesos que se consideran que forman parte de las buenas prácticas en dirección y gestión de proyectos.

Artículo 54 de la Constitución Política de 1991

En el cual establece que "Es obligación del Estado y de los empleadores ofrecer formación y habilitación profesional y técnica a quienes lo requieran. El Estado debe propiciar la ubicación laboral de las personas en edad de trabajar y garantizar a los minusválidos el derecho a un trabajo acorde con sus condiciones de salud"

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación se genera de forma descriptiva y cuantitativa, realizando una categorización del trabajo de acuerdo con la metodología Lean Construction donde se enfrenta la importancia de hacer un análisis de productividad de mano de obra para un proyecto de construcción y como una herramienta tecnológica puede mecanizar estas operaciones para hacer un trabajo rápido y eficaz.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población para el presente informe está conformada por proyectos de construcción del municipio de Ocaña, donde se maneje una cuadrilla para la ejecución de actividades constructivas.

3.2.2 Muestra

Tomamos un caso de estudio, una obra de construcción ejecutada en el municipio de Ocaña, Norte de Santander en la cual se desarrollen actividades relevantes para el proyecto.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

La recolección de información para este proyecto se hace mediante técnicas de observación directa. Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron videos

tomados en obra de la ejecución de unas actividades y el aplicativo en desarrollo para el registro de estas.

3.4 Proceso Metodológico

Etapa 1.

Se realiza el estado del arte con el fin de conocer la importancia de medir la productividad en un proyecto de construcción, de conocer la metodología Lean y de identificar las variables necesarias para hacer un buen análisis de información.

Etapa 2.

Se elabora un diagrama de flujo con la información recolectada, para organizar y planificar cada uno de los procesos en el desarrollo del aplicativo.

Etapa 3.

Se hace el diseño de cada una de las celdas o interfaces de datos del aplicativo que permita al usuario incluir datos tomados en campo de una medición.

Etapa 4.

Se organiza la programación para que esta herramienta haga efectúan los cálculos necesarios para cuantificar, clasificar y analizar los datos suministrados y así suministrar una carta balance, con tablas y gráficas que faciliten el entendimiento al usuario y de esta manera tomar una decisión adecuada en su proyecto.

Etapa 5.

Posteriormente se elabora un manual de usuario para indicar el manejo del programa, con el propósito de que los interesados tengan una orientación técnica y puedan comprender la ejecución del aplicativo y los resultados.

Etapa 6.

Se toma un caso de estudio particular en el municipio de Ocaña, Norte de Santander que permita implementar el aplicativo para hacer un análisis de productividad de mano de obra, y así conocer la confiabilidad del mismo y lo que puede agilizar los procesos para el mejoramiento de la ejecución de proyectos.

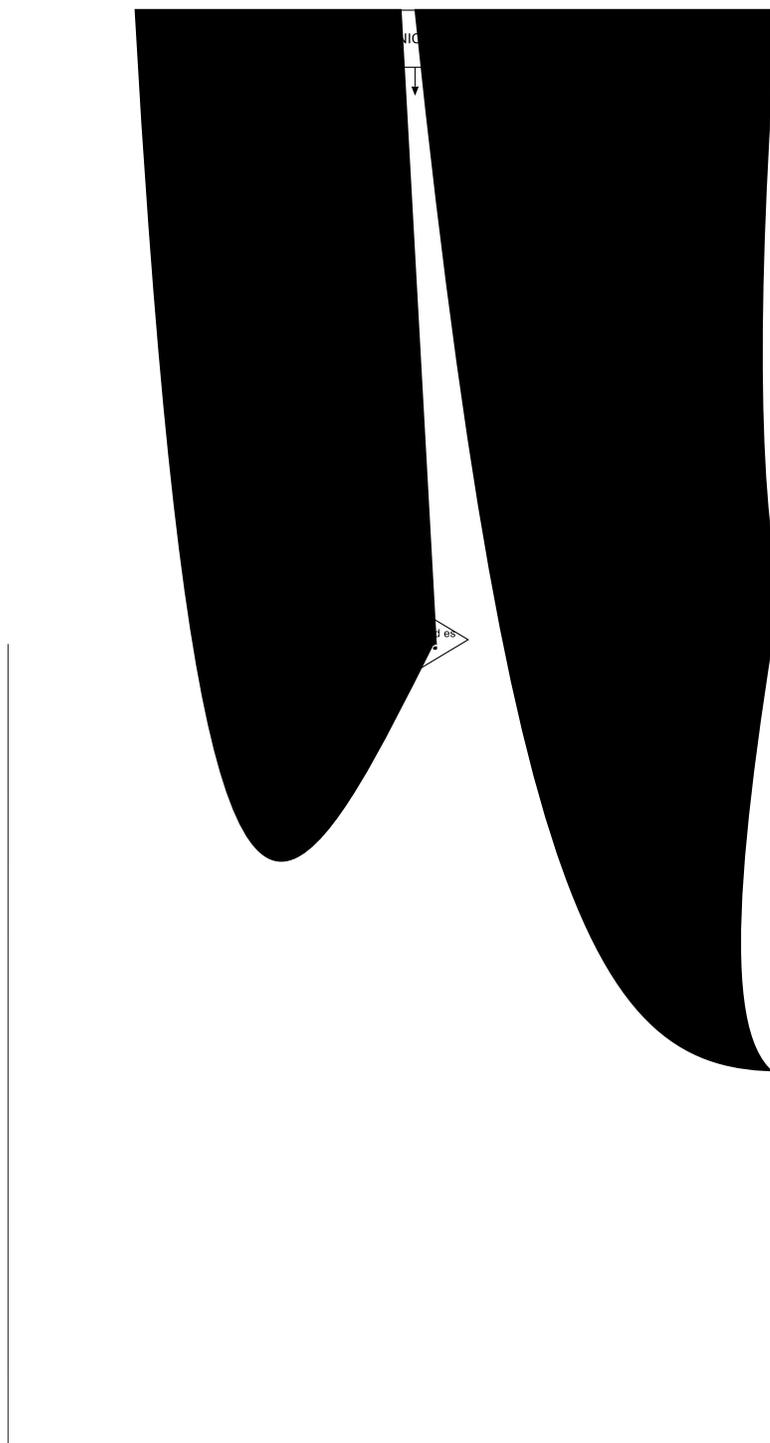
4. Resultados

4.1 Crear un algoritmo de los procesos necesarios para el análisis de productividad de mano de obra y de desarrollo del aplicativo.

Considerando la gran importancia que poseen las representaciones visuales para facilitar la presentación del flujo de datos dentro de un código de programación, se realiza un diagrama de flujo que nos muestra el procedimiento interno que desarrolla el aplicativo para la medición de productividad de mano de obra, donde el usuario pueda observar de una forma más sencilla los procedimientos que este realiza y de esta manera se pueda realizar un mejor y correcto uso del mismo, ver figura 3.

Figura 6.

Diagrama de flujo.



Nota. realizado por autores del documento

Inicialmente se identificaron las etapas necesarias para un proceso de análisis de productividad de mano de obra, reconociendo variables influyentes en dicho análisis. En este diagrama de flujo se observa cada una de estas etapas, indicando de manera ordenada los datos necesarios para realizar los cálculos estadísticos.

El diagrama inicia con una interfaz de entrada y presentación del aplicativo, seguido a esto existe la opción de dirigirse al manual de usuario o de dirigirse directamente al ingreso de datos. El manual de usuario es un documento el cual explica los procesos que realiza el aplicativo, conceptos básicos y análisis de resultados para la utilización óptima del mismo, en esta misma interfaz encontramos un punto de partida para iniciar con el ingreso de datos.

En este sentido, el aplicativo pide ingresar la cuadrilla de trabajo; el nombre del obrero con su respectiva especialidad, luego, ingresar la hora de inicio, el tiempo y los intervalos para la medición y finalmente ingresar las tareas realizadas por la cuadrilla para cumplir con la actividad, teniendo en cuenta que estas tareas se pueden clasificar en las distintas categorías de trabajo. Allí se aclara que actividad desea ingresar el usuario; las actividades de tipo productivo, si es una actividad productiva se mostrará la interfaz de Trabajo Productivo, de lo contrario se vuelve a aclarar el tipo de actividad, si la actividad es de tipo contributivo, se presenta la interfaz de Trabajo Contributivo, de lo contrario se vuelve a indicar el tipo de actividad, si la actividad es de tipo no contributivo, se presenta la interfaz de trabajo no contributivo, de lo contrario volverá a indicar el tipo de actividad, volviéndose un ciclo.

Después de ingresar las actividades el aplicativo da acceso a la tabla de mediciones donde el usuario podrá asignar de manera manual por medio de una lista desplegable las actividades a cada obrero por intervalo de tiempo. El aplicativo desarrolla de manera sistemática el conteo y análisis de datos proporcionando la opción de acceder a la Carta Balance o tabla de resultados

donde se presentan dichos cálculos en manera de porcentajes y gráficas con las cuales el usuario podrá identificar factores de incidencia en su cuadrilla y así corregirlos.

4.2 Diseñar los módulos en Excel que permitan medir por categorías de trabajo la productividad de mano de obra de un proyecto de construcción.

El diseño del aplicativo correspondiente a la medición de productividad de mano de obra se divide en ocho módulos y 5 hojas de Excel para lograr abarcar todo lo que el aplicativo requiere.

4.2.1 Diseño de modulo (Interfaz de inicio)

Para el diseño de este módulo se utilizaron dos botones, uno para seguir la ejecución y el otro para mostrar el manual de usuario, reconociendo las siguientes nomenclaturas:

- Inicio
- Manual de usuario

4.2.1.1 Elaboración de la interfaz del módulo.

Figura 7.

Modulo interfaz de inicio



Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.1.2 Programación de cada comando del modulo.

Figura 8.

Programación modulo Interfaz de inicio.

```

CommandButton2 Click
Private Sub CommandButton1_Click()
Me.Hide
Inicio.Show
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
Me.Hide
Manual.Show
End Sub

Private Sub Image3_BeforeDragOver(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean, ByVal Data As MSForms.Data
End Sub

Private Sub UserForm_Click()
Hojas3.ShowDataForm
End Sub

```

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.2 Diseño de modulo (Inicio)

En el diseño de este módulo se da una breve descripción de como funcionalidad del aplicativo, se utilizó un botón el cual nos permite seguir al siguiente modulo, reconociendo la siguiente nomenclatura:

- Ingrese cuadrilla de trabajo

4.2.2.1 Elaboración de la interfaz del modulo.

Figura 9.

Modulo inicio.

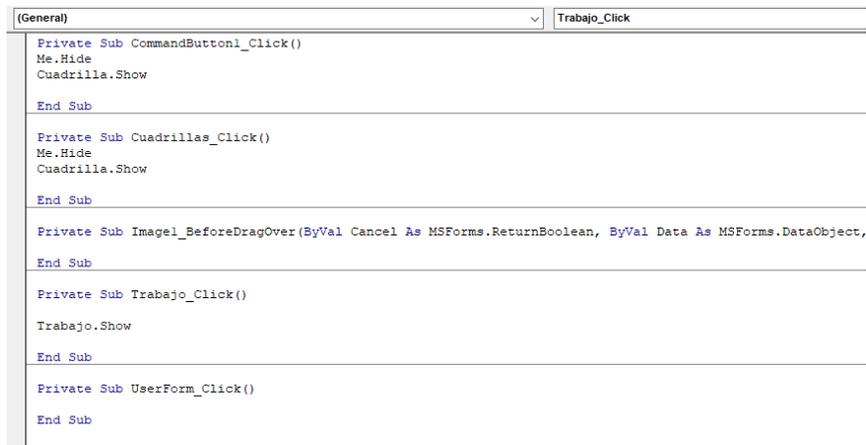


Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.2.2 Programación de cada comando del modulo.

Figura 10.

Programación modulo inicio.



```

(General) | Trabajo_Click
Private Sub CommandButton1_Click()
Me.Hide
Cuadrilla.Show
End Sub

Private Sub Cuadrillas_Click()
Me.Hide
Cuadrilla.Show
End Sub

Private Sub Image1_BeforeDragOver(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean, ByVal Data As MSForms.DataObject,
End Sub

Private Sub Trabajo_Click()
Trabajo.Show
End Sub

Private Sub UserForm_Click()
End Sub

```

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.3 Diseño de modulo (Cuadrilla)

Para el diseño de este módulo se utilizaron seis cajas de texto las cuales recogen la información del nombre de los trabajadores de la cuadrilla, de igual manera se utilizaron siete botones, seis de estos nos permiten agregar los datos a la aplicación y uno nos permite seguir al siguiente modulo, reconociendo las siguientes nomenclaturas:

- Ayudante de albañilería
- Ayudante con especialidad
- Oficial de albañilería
- Oficial con especialidad
- Técnico
- Maestro

4.2.3.1 Elaboración de la interfaz del modulo.

Figura 11.

Modulo Cuadrilla.

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.3.2 Programación de cada comando del modulo.

Figura 12.

Programación modulo cuadrilla.

```

CommandButton4 Click
Private Sub CommandButton1_Click()
Me.Hide
Tiempo.Show
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
ultimo = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "D").End(xlUp).Row + 1
Hoja2.Range("D" & ultimo).Value = TextBox1.Text
Hoja2.Range("C" & ultimo).Value = "Ayudante de albañilería"
Hoja2.Range("E" & ultimo).Value = "Ob" & ultimo - 4
TextBox1.Text = ""
End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()
ultimo = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "D").End(xlUp).Row + 1
Hoja2.Range("D" & ultimo).Value = TextBox2.Text
Hoja2.Range("C" & ultimo).Value = "Ayudante con especialidad"
Hoja2.Range("E" & ultimo).Value = "Ob" & ultimo - 4
TextBox2.Text = ""
End Sub

Private Sub CommandButton4_Click()
ultimo = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "D").End(xlUp).Row + 1
Range("D" & ultimo).Value = TextBox3.Text
Range("C" & ultimo).Value = "Oficial de albañilería"
Range("E" & ultimo).Value = "Ob" & ultimo - 4
TextBox3.Text = ""

```

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.4 Diseño de modulo (Tiempo)

Para el diseño de este módulo se utilizaron dos cajas de textos las cuales recogen la información suministrada, tres botones de opciones los cuales nos permiten escoger los segundos en que se realizaran las mediciones, se utilizaron dos botones un nos permite realizar los cálculos del número de mediciones y el otro seguir al siguiente modulo, reconociendo las siguientes nomenclaturas:

- Ingrese hora de inicio
- Tiempo en minutos
- Numero de mediciones

4.2.4.1 Elaboración de la interfaz del módulo.

Figura 13.

Modulo tiempo

The screenshot shows a software window titled 'Tiempo' with a close button in the top right corner. The interface is set against a dotted background. In the top left, there is a logo for 'Ingeniería Civil' featuring a blue circle with a white building icon. The main heading is 'Ingrese los tiempos de medición'. Below this, there are two input fields: 'Ingrese hora de inicio:' and 'Tiempo en minutos:'. A section titled 'Escoja cada cuantos segundos realizara las mediciones' contains three radio button options: '15 Segundos', '30 Segundos', and '60 Segundos', with '60 Segundos' selected. Below the radio buttons is a text input field labeled 'Numero de mediciones' and a 'Calcular' button. A note on the right side reads: 'NOTA: Ingrese la hora en horario militar' and 'Ejemplo: 1:00:00 pm =13:00:00'. At the bottom left, there is a button labeled 'Ingrese las actividades de trabajo'. The bottom right corner features the logo and name of 'Universidad Francisco de Paula Santander', 'Ocaña - Colombia', and 'Vigilada Mineducación'.

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.4.2 Programación de cada comando del modulo.

Figura 14.

Programación modulo Tiempo

```

Private Sub Calcula_Click()

Hojal.Range("Y4").Value = TextBox3.Value
Hojal.Range("B5").Value = Label9

Dim k As String
Dim l As String
Dim m As String

k = OptionButton1.Value
l = OptionButton2.Value
m = OptionButton3.Value

'15 segundos'
If k = "Verdadero" Then
Label9 = (((TextBox2.Text) * 60) / 15)
Hojal.Range("Y5").Value = "0:00:15"
End If

'30 segundos'
If l = "Verdadero" Then
Label9 = (((TextBox2.Text) * 60) / 30)
Hojal.Range("Y5").Value = "0:00:30"
End If

'60 segundos'
If m = "Verdadero" Then
Label9 = (((TextBox2.Text) * 60) / 60)
Hojal.Range("Y5").Value = "0:00:60"

```

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.5 Diseño de modulo (Trabajo)

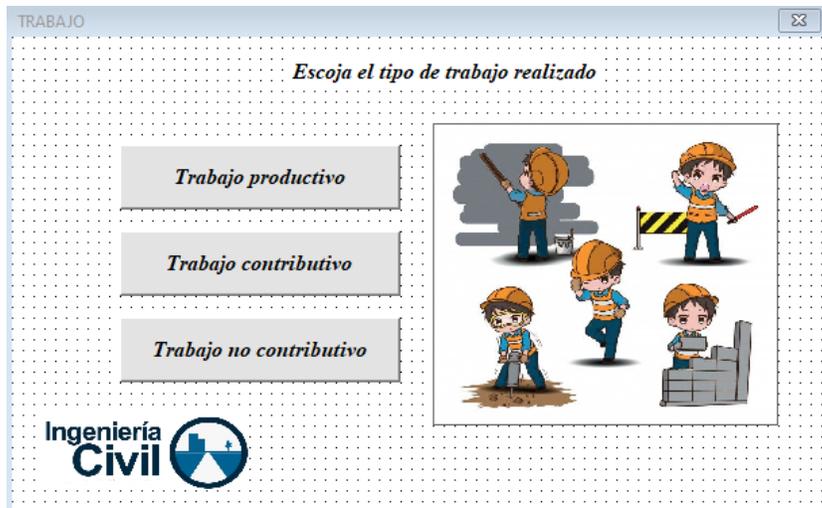
Para el diseño de este módulo se utilizaron tres botones los cuales nos permiten seleccionar la categoría de trabajo, reconociendo las siguientes nomenclaturas:

- Trabajo productivo
- Trabajo contributivo
- Trabajo no contributivo

4.2.5.1 Elaboración de la interfaz del modulo.

Figura 15.

Modulo trabajo



Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.5.2 Programación de cada comando del modulo.

Figura 16.

Programación modulo trabajo

```

(General)
Tcontrit

Private Sub CommandButton1_Click()
End Sub

Private Sub Tproductivo_Click()
End Sub

Private Sub Boton1_Click()
Me.Hide
Tproductivo.Show
End Sub

Private Sub Tcontributivo_Click()
End Sub

Private Sub Boton2_Click()
Me.Hide
Tcontributivo.Show
End Sub

Private Sub Boton3_Click()
Me.Hide
Tnocontributivo.Show
End Sub

```

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.6 Diseño de modulo (Trabajo productivo)

Para el diseño de este módulo se utilizaron dos cajas de texto las cuales nos almacenan los datos suministrados por el usuario de tipo trabajo productivo, cuatro botones, uno para agregar cada actividad, otro para calcular la información y otros dos para seguir a los siguientes módulos, reconociendo las siguientes nomenclaturas:

- Actividad
- Código
- Agregar
- Calcular

4.2.6.1 Elaboración de la interfaz del modulo.

Figura 17.

Modulo trabajo productivo.

The screenshot shows a web application interface for 'Modulo trabajo productivo'. At the top, it says 'Ingrese las actividades de trabajo productivo'. There are two input fields labeled 'Actividad' and 'Codigo'. Below these is an 'Agregar' button. An example entry is shown: 'Pegando ladrillos' with the code 'PLA'. There are two buttons for navigation: 'Trabajo contributivo' and 'Trabajo no contributivo'. A 'Calcular' button is located at the bottom. The interface also includes logos for 'Ingeniería Civil' and 'Universidad Francisco de Paula Santander'.

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.6.2 Programación de cada comando del modulo.

Figura 18.

Programación modulo trabajo productivo

```

UserForm
Private Sub Agregar_Click()
ultimo = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "B").End(xlUp).Row + 1
Range("B" & ultimo).Value = TextBox3.Text
Range("C" & ultimo).Value = TextBox2.Text
Range("D" & ultimo).Value = "T productivo"
TextBox3 = ""
TextBox2 = ""
End Sub

Private Sub Boton2_Click()
Me.Hide
Tcontributivo.Show
End Sub

Private Sub Boton3_Click()
Me.Hide
Tnocontributivo.Show
End Sub

Private Sub Calcular_Click()
Unload Me
Application.Visible = True
End Sub

Private Sub UserForm_Click()
End Sub

```

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.7 Diseño de modulo (*Trabajo contributivo*)

Para el diseño de este módulo se utilizaron dos cajas de texto las cuales nos almacenan los datos suministrados por el usuario de tipo contributivo, cuatro botones, uno para agregar cada actividad, otro para calcular la información y otros dos para seguir a los siguientes módulos, reconociendo las siguientes nomenclaturas:

- Actividad
- Código
- Agregar
- Calcular

4.2.7.1 Elaboración de la interfaz del modulo.

Figura 19.

Modulo trabajo contributivo

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.7.2 Programación de cada comando del modulo.

Figura 20.

Programación modulo trabajo contributivo

```

UserForm
Private Sub Agregar_Click()
    ultimo = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "B").End(xlUp).Row + 1

    Range("B" & ultimo).Value = TextBox3.Text
    Range("C" & ultimo).Value = TextBox2.Text
    Range("D" & ultimo).Value = "T Contributivo"

    TextBox3 = ""
    TextBox2 = ""
End Sub

Private Sub Boton1_Click()
    Me.Hide
    Tproductivo.Show
End Sub

Private Sub Boton3_Click()
    Me.Hide
    Tnocontributivo.Show
End Sub

Private Sub Label2_Click()
End Sub

Private Sub Calcular_Click()
    Unload Me
    Application.Visible = True
End Sub

```

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.8 Diseño de modulo (Trabajo no contributivo)

Para el diseño de este módulo se utilizaron dos cajas de texto las cuales nos almacenan los datos suministrados por el usuario de tipo no contributivo, cuatro botones, uno para agregar cada actividad, otro para calcular la información y otros dos para seguir a los siguientes módulos, reconociendo las siguientes nomenclaturas:

- Actividad
- Código
- Agregar
- Calcular

4.2.8.1 Elaboración de la interfaz del modulo.

Figura 21.

Modulo trabajo no contributivo

Inocontributivo

Ingeniería Civil

Ingrese las actividades de trabajo no contributivo

Actividad

Codigo

Agregar

Ejemplo:

Actividad	Codigo
Conversando con otros obreros	CCO

Trabajo productivo

Trabajo contributivo

NOTA: Ingrese las actividades y defina un codigo para tener un mejor manejo del aplicativo

Calcular

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.8.2 Programación de cada comando del modulo.

Figura 22.

Programación modulo trabajo no contributivo

```
UserForm
Private Sub Agregar_Click()
    ultimo = ActiveSheet.Cells(Rows.Count, "B").End(xlUp).Row + 1
    Range("B" & ultimo).Value = TextBox3.Text
    Range("C" & ultimo).Value = TextBox2.Text
    Range("D" & ultimo).Value = "T No Contributivo"
    TextBox3 = ""
    TextBox2 = ""
End Sub

Private Sub Boton1_Click()
    Me.Hide
    Tproductivo.Show
End Sub

Private Sub Boton2_Click()
    Me.Hide
    Tcontributivo.Show
End Sub

Private Sub Calcula_Click()
    Unload Me
    Application.Visible = True
End Sub

Private Sub Labell1_Click()
End Sub
```

Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.9 Diseño hoja de Excel (Cuadrilla analizada)

Para el diseño de esta hoja se utilizó una tabla sencilla donde se irán almacenando los datos suministrados en el módulo (Cuadrilla), la cual incluye las columnas de trabajador, nombre y código.

figura 23.

Botones hoja (cuadrilla analizada)



Nota, Realizado por autores del documento.

4.2.12 Diseño de hoja de Excel (Conteo)

Para el diseño de esta hoja se utilizaron tres tablas sencillas con una programación de contar las actividades de la hoja anterior, otra tabla para la sumatoria de los datos y una última para sacar los porcentajes por obreros de cada tipo de trabajo. Esta hoja no estará visible para los usuarios ya que es la que hace las operaciones para mostrar los resultados.

4.2.12.1 Elaboración de las tablas en Microsoft Excel.

Tabla 5.

Conteo de actividades

Conteo de actividades TP, TC, TNC															
Tipo de trabajo	Codigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

T productivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T Contributivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T No Contributivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T productivo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
T Contributivo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
T No Contributivo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Nota, Realizado por autores del documento.

4.3 Desarrollar un manual de usuario como instructivo y guía para el buen manejo del aplicativo.

4.3.1 Introducción

Con el fin de brindar una herramienta que permita medir y analizar la productividad de mano de obra en proyectos de construcción para gestionar la manera en la que estos se ejecutan y así optimizar el trabajo, se desarrolló un aplicativo práctico, que permite a estudiantes y profesionales afines al área realizar un análisis de productividad de mano de obra en una herramienta sencilla y de fácil acceso para agilizar la operación de manera sistemática y obtener un resultado que le permita al supervisor tomar las decisiones indicadas para mejorar la productividad de su cuadrilla.

4.3.2 Objetivo

El presente documento muestra los pasos a seguir para ejecutar el aplicativo de manera correcta y obtener los resultados que le permitan al usuario conocer la productividad de su cuadrilla.

4.3.3 Requisitos

Tener computadora con el programa Microsoft Excel y un conocimiento básico del mismo.

4.3.4 Recomendaciones para el buen manejo del aplicativo

- Grabar un video de máximo 20 minutos donde se puedan evidenciar todas las actividades asignadas para la obra.
- Ejecutar el aplicativo mientras observa el video para la asignación de cuadrillas, actividades y tiempos.
- Una vez ingresados los datos, el aplicativo presenta una hoja de cálculo, donde el usuario debe señalar de manera manual que actividades están realizando los trabajadores en el lapso de tiempo ya asignado para la medición.
- Luego de indicar las actividades para cada trabajador, el aplicativo presenta una hoja de resultados o carta balance, que le permite al usuario conocer el análisis de productividad realizado.
- Finalmente, el usuario tiene la opción de imprimir o descargar en PDF la carta balance del análisis de productividad de su cuadrilla.

Figura 25.

Portada manual de usuario



Nota, Realizado por autores del documento.

figura 26.

Hoja 1 manual de usuario



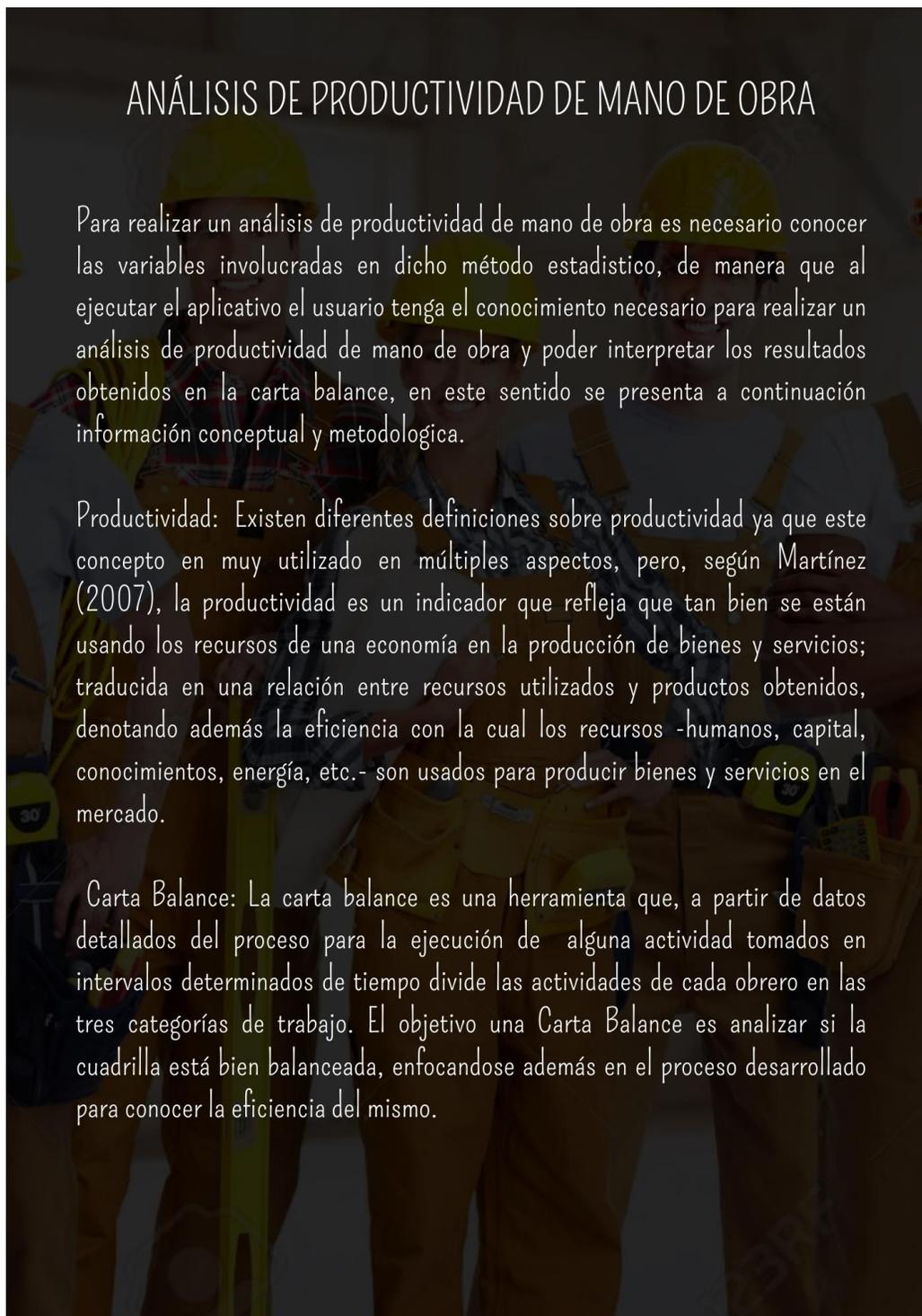
Nota, Realizado por autores del documento.

Figura 27.

Hoja 2 manual de usuario



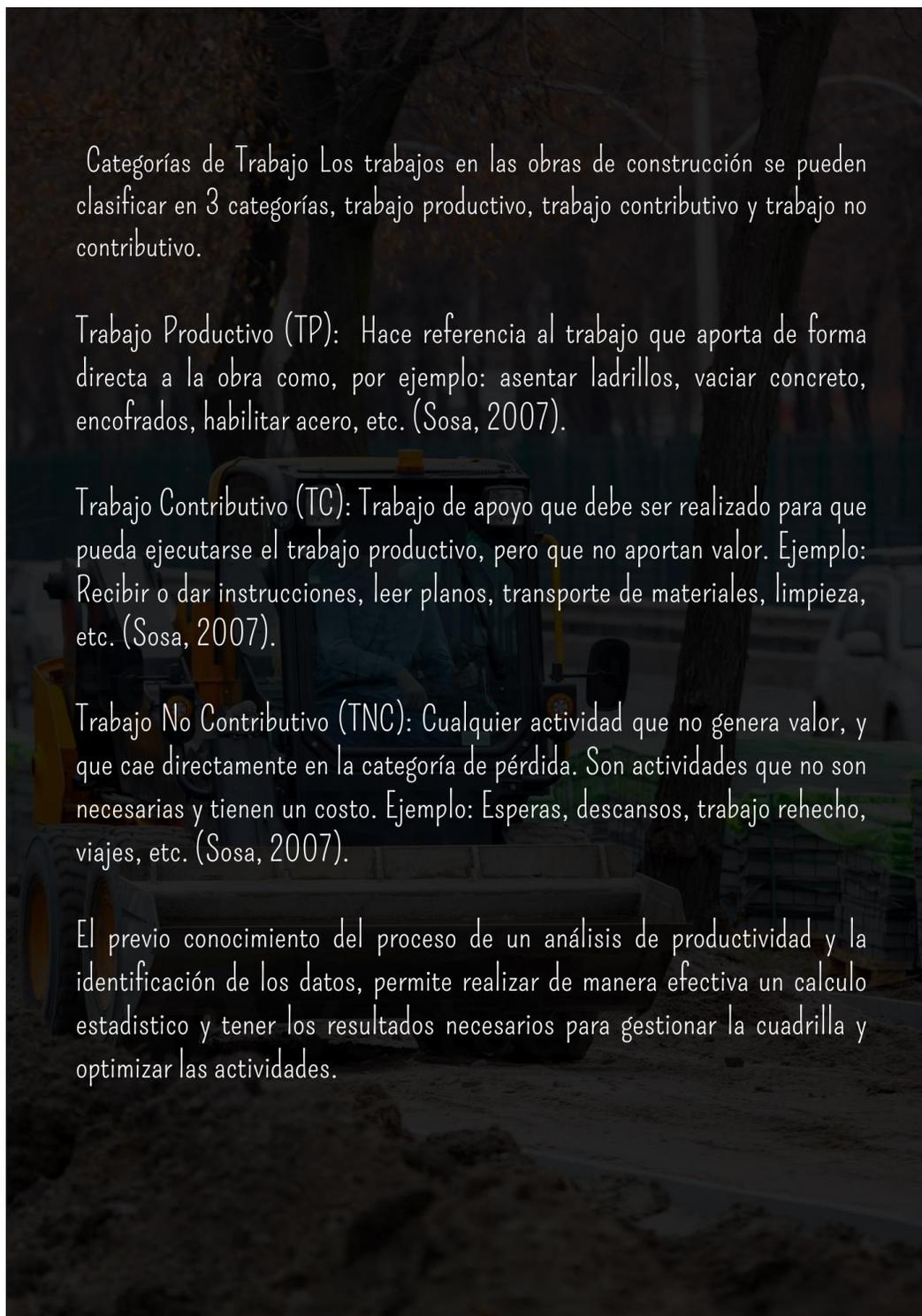
Nota, Realizado por autores del documento.

Figura 28.*Hoja 3 manual de usuario*

Nota, Realizado por autores del documento.

Figura 29.

Hoja 4 manual de usuario



Nota, Realizado por autores del documento.

Figura 30.

Hoja 5 manual de usuario

METODOLOGÍA Y PARÁMETROS DE ANÁLISIS

Esta metodología consiste en medir una cuadrilla de trabajo que esté realizando una actividad en un proyecto de construcción (Productividad detallada). Para dicha medición es necesario tener enumerados e identificados cada uno de los obreros, conocer además que tareas van a realizar para cumplir con la actividad a desarrollar y dividir estas tareas en las categorías de trabajo, identificando así el trabajo productivo, el trabajo contributivo y plantear unas tareas o actividades que realicen los empleados que no aportan al desarrollo de la actividad final, clasificándolas como trabajo No contributivo.

Ya con estos datos se procede a asignar un periodo de tiempo en el que se realizará la medición, para esto los autores recomiendan un tiempo mayor a 5 minutos para tener un mayor número de mediciones, este tiempo será dividido en intervalos de toma de datos en los que se hará cada registro (15 seg, 30 seg y 60 seg), de esta manera tendremos una base de datos donde clasificaremos por obrero e intervalo de tiempo la tarea que este estaba desempeñando.

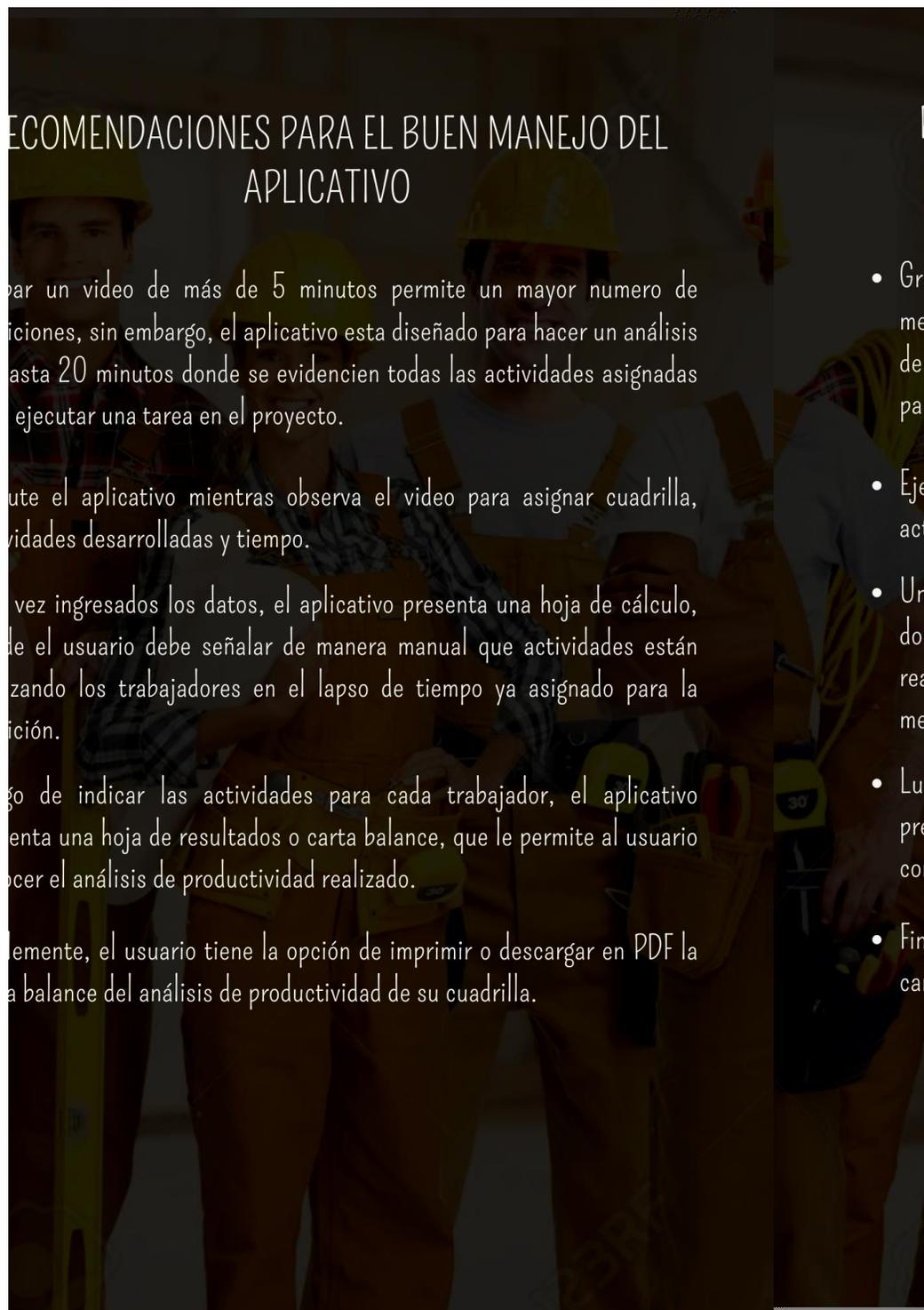
Seguidamente, se procede a hacer un conteo de datos, este conteo se realiza por tareas, por categorías de trabajo y por obreros, de manera que podamos identificar el comportamiento de cada obrero, cuales son las actividades que más se ejecutan y respecto a su categoría de trabajo identificar que tan productiva es la cuadrilla. Dicho análisis se expresa por medio de tablas de valores y porcentajes y de manera gráfica con un gran número de ilustraciones estadísticas.

Este aplicativo permite realizar el proceso de análisis de productividad de mano de obra de manera sistemática y eficiente.

Nota, Realizado por autores del documento.

Figura 31.

Hoja 6 manual de usuario



Nota, Realizado por autores del documento.

Figura 32.

Hoja 7 manual de usuario

PASO A PASO PARA EJECUTAR EL APLICATIVO DE ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA

1 Abrir el archivo llamado "Productividad"



2



Al abrir el aplicativo se ejecutará automáticamente mostrando la interfaz de inicio.

En esta interfaz se encuentran dos apartados, "Inicio" para empezar a utilizar el aplicativo y "Manual de usuario" para acceder por medio de un link a este manual.

Nota, Realizado por autores del documento.

Figura 33.

Hoja 8 manual de usuario



Nota, Realizado por autores del documento.

Figura 34.

Hoja 9 manual de usuario



Al pulsar en el botón "Ingrese los tiempos de medición" podrá ingresar el tiempo en minutos en que el usuario hará las mediciones, luego seleccione una de las 3 opciones de intervalos en los que se harán la toma de datos.

Adicional a esto el aplicativo pide ingresar la hora de inicio en horario militar, para establecer los intervalos de tiempo de las mediciones respecto a la hora de inicio. Después de ingresar los datos pulsar el botón "Calcular" para hacer el registro y calcular el numero de mediciones.

Luego se debe pulsar en el botón "Ingrese las actividades de trabajo".



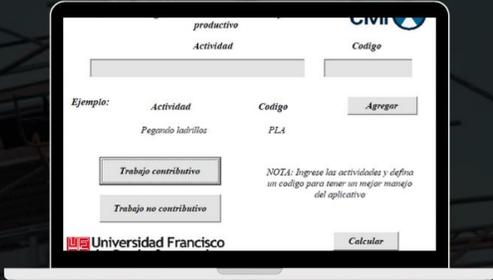
En esta interfaz se pide escoger el tipo de trabajo, dividido en:

- Trabajo productivo
- Trabajo contributivo
- Trabajo no contributivo

Nota, Realizado por autores del documento.

Figura 35.*Hoja 10 manual de usuario*

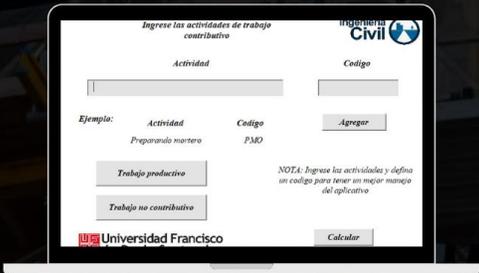
7



Al pulsar en el botón "Trabajo productivo" el aplicativo presenta una interfaz donde se debe ingresar las actividades de tipo productivo y escribir un código que describa la misma, luego pulsar en añadir para guardar los datos.

Nota: ingrese una por una las actividades, los códigos y pulse en agregar.

8



Al pulsar en el botón "Trabajo contributivo" el aplicativo presenta una interfaz donde se debe ingresar las actividades de tipo contributivo y escribir un código que describa la misma, luego pulsar en añadir para guardar los datos.

Nota: ingrese una por una las actividades, los códigos y pulse en añadir.

Nota, Realizado por autores del documento.

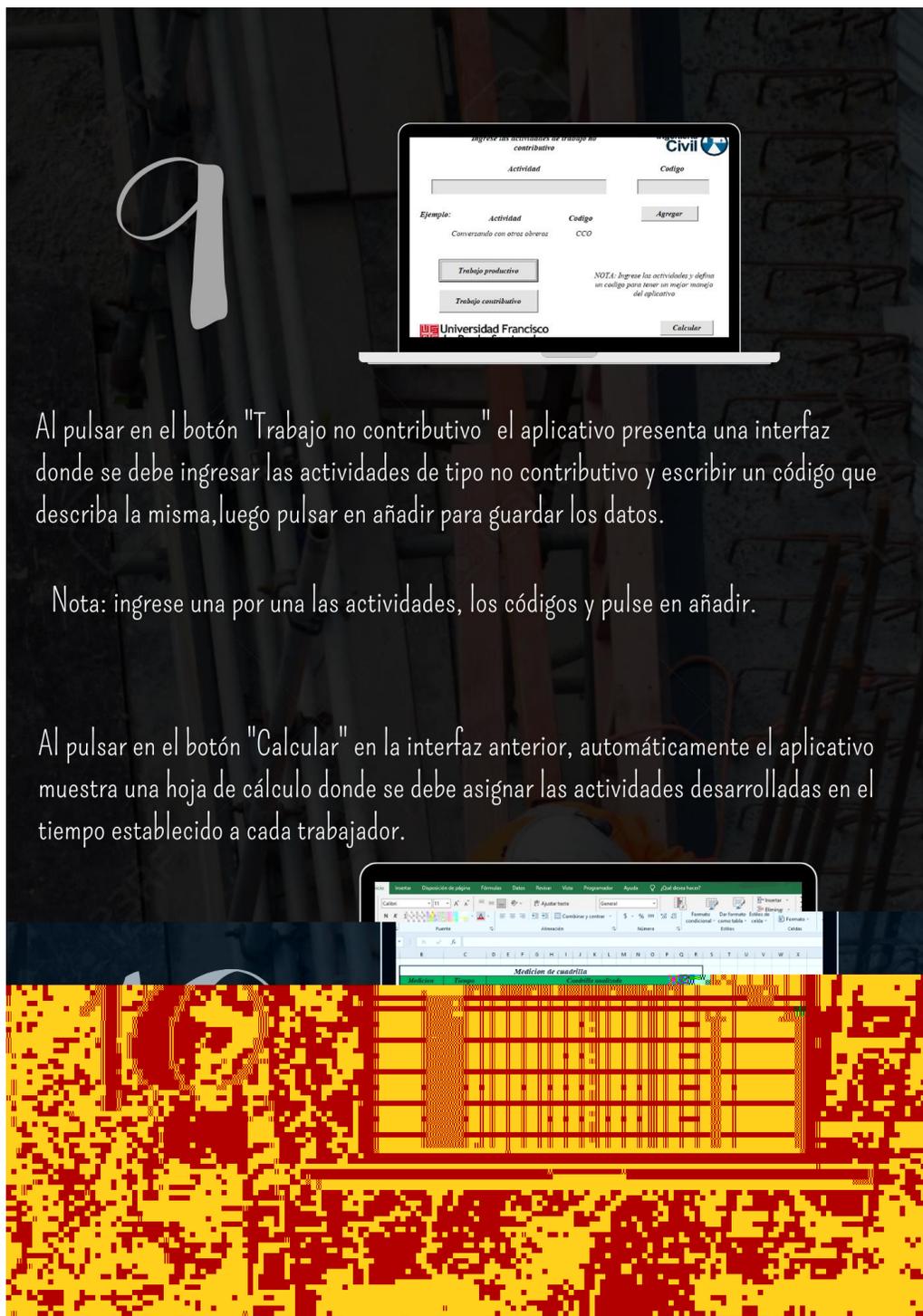
Figura 36.*Hoja 11 manual de usuario**Nota, Realizado por autores del documento.*

Figura 38.

Hoja 13 manual de usuario

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Al ejecutar el aplicativo tenemos como producto una carta balance con una serie de gráficos que permiten analizar e interpretar los resultados para que el usuario pueda tomar las medidas necesarias para gestionar su cuadrilla de trabajo.

Carta balance

Tipo de Trabajo	Obreros														Porcentajes totales	
	Ob1	Ob2	Ob3	Ob4	Ob5	Ob6	Ob7	Ob8	Ob9	Ob10	Ob11	0	0	0		0
T productivo	67%	0%	0%	0%	42%	58%	0%	52%	0%	0%	76%	0%	0%	0%	0%	27%
T Contributivo	21%	88%	88%	82%	58%	42%	0%	0%	0%	76%	0%	0%	0%	0%	0%	41%
T No Contributivo	12%	12%	12%	18%	0%	0%	100%	48%	100%	24%	24%	0%	0%	0%	0%	32%

Tu cuadrilla está realizando demasiado trabajo contributivo, se recomienda gestionar la cuadrilla para mejorar la productividad.

Nota: Resultados obtenidos del caso de estudio realizado para comprobar la veracidad del aplicativo.

Tenemos un cuadro de porcentajes de cada categoría de trabajo por obrero y un mensaje de recomendación sobre las acciones a realizar para optimizar la productividad. Dichos porcentajes de las categorías de trabajo son relacionados por medio de un algoritmo con unos indicadores de productividad a nivel internacional que podemos observar en la siguiente figura, determinando que tan optima es nuestra productividad y generando esta recomendación.

Tabla de indicadores de productividad

Categoría	TP	TC	TNC	Observaciones
Obra 60 Medellín (2003)	67.28%	23.13%	9.57%	Mejor desempeño de la muestra observada en Medellín 2003
Óptimo	60%	25%	15%	Estudio Chile 1995, muestra de 370.000 m ²
Normal	55%	25%	20%	Estudio Chile 1995, muestra de 370.000 m ²
Promedio Medellín 2003	47.2%	37.5%	15.2%	Promedio de la muestra observada en 136.572 m ²
Promedio Chile	47%	28%	25%	Estudio Chile 1995, muestra de 370.000 m ²

Tomado de Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos, Botero y Álvarez

Nota, Realizado por autores del documento.

Figura 39.

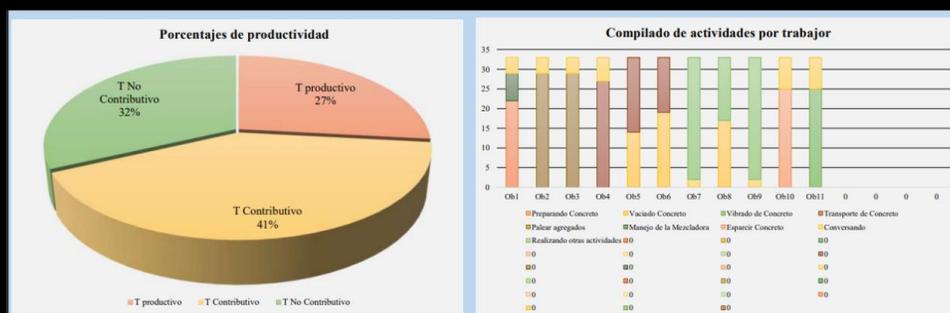
Hoja 14 manual de usuario

La carta balance también presenta un gráfico de barras con los porcentajes de las tres categorías de trabajo realizadas por obrero, para entender de manera general como ha sido el trabajo de los integrantes de la cuadrilla y una tabla de observación para identificar el obrero con el código asignado.



Además encontramos un diagrama de torta que permite conocer el comportamiento general de la cuadrilla en la actividad, estos porcentajes son los relacionados a la tabla de índices de productividad para analizar la productividad obtenida.

También encontramos un gráfico de barras compilado donde podemos identificar las actividades que desarrolla cada trabajador y en que proporción en comparación a las demás, y así poder analizar por obreros y actividades, permitiendo al usuario encontrar una ruta que intervenir para mejorar la productividad de su cuadrilla.

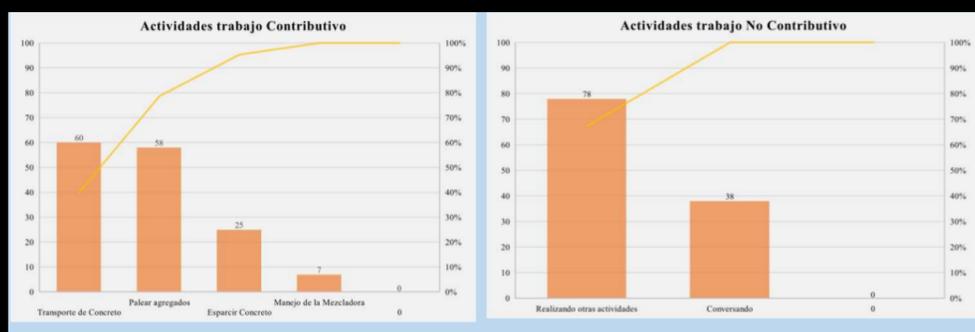


Nota, Realizado por autores del documento.

Figura 40.

Hoja 15 manual de usuario

Finalmente encontramos dos diagramas de Pareto, los cuales se basan en la regla 80/20 para ordenar las frecuencias del conteo de datos de manera que se pueda identificar las áreas en las cuales deben centrarse primero para mejorar los procesos. Este diagrama es uno de los más utilizados para la clasificación de la información de mayor y menor relevancia en la ejecución de algún proceso.



Nota, Realizado por autores del documento.

Figura 41.

Hoja 16 manual de usuario

Aplicativo en excel para medir la productividad de mano de obra en proyectos de construcción

Para obtener acceso al aplicativo escanea el código QR, descargala la carpeta, ejecuta el archivo desde un ordenador y a trabajar.



Escanea Aquí

Logo of Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña - Colombia, Vigitada Mineducación.

Nota, Realizado por autores del documento.

4.4 Evaluar la funcionalidad del aplicativo en un caso de estudio específico para la validación del mismo.

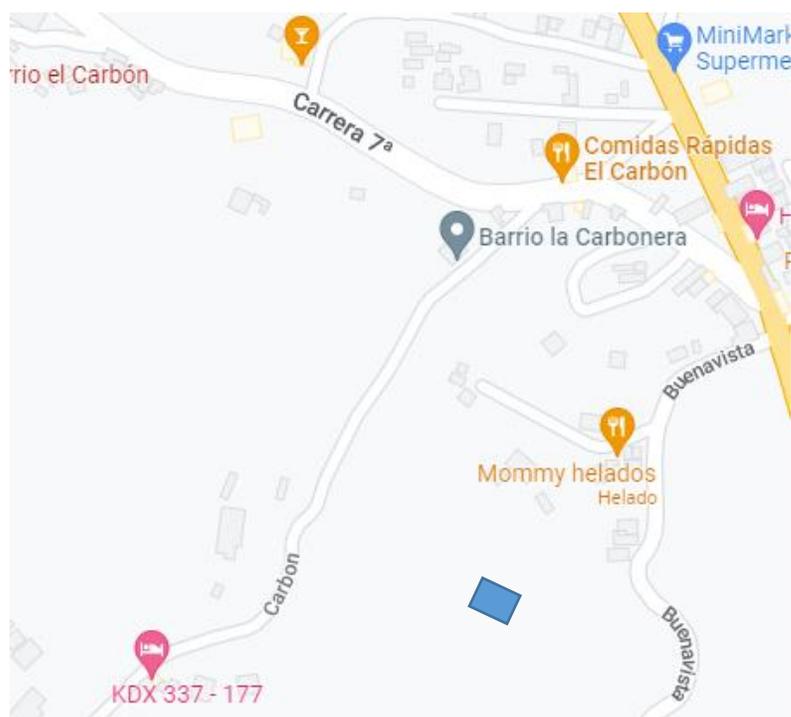
Para la validación del funcionamiento del aplicativo se escogió una obra en el municipio de Ocaña norte de Santander, esta obra se encuentra ubicada en el barrio el carbón, obteniendo resultados en las actividades específicas de esta obra.

4.4.1 Evaluación

4.4.1.1 Ubicación.

Figura 42.

Ubicación



Tomado de Google maps

Evidencias. Para la simulación del caso de estudio se evaluó la actividad de fundir vigas de cimentación, con una cuadrilla no común y numerosa.

Figura 43.

Video de evidencia



Video tomado por los autores del documento

Tabla 6.

cuadrilla utilizada

<i>Cuadrilla analizada</i>		
<i>Trabajo</i>	<i>Nombre</i>	<i>Codigo</i>
Maestro	Pedro Carrascal	Ob1
Ayudante de albañilería	Jose Arevalo	Ob2
Ayudante de albañilería	Hermides Serna	Ob3
Ayudante de albañilería	Jesús Plata	Ob4
Ayudante de albañilería	Miguel Caballero	Ob5
Ayudante de albañilería	Yeison Carrascal	Ob6
Ayudante de albañilería	Rodolfo Bolivar	Ob7
Oficial de albañilería	Jobairo Sánchez	Ob8
Oficial de albañilería	Jesús Angel	Ob9
Oficial de albañilería	Martín Coronel	Ob10
Oficial de albañilería	Juan Ortíz	Ob11

Nota, Realizado por autores del documento.

Procedimiento. Teniendo el video y los nombres de los trabajadores se empezó con la ejecución del aplicativo.

Como primer paso se ingresaron los nombres de los trabajadores en cada casilla según su experiencia y se fueron añadiendo uno por uno.

Figura 44.

Ingreso de cuadrilla

CUADRILLAS ×

Ingrese la cantidad de trabajadores

<p>Ayudante de albañilería: <i>Son obreros sin capacidad de ninguna clase.</i></p>	<input type="text" value="Jose Areval"/> <input type="button" value="Añadir"/>	<p>Tecnico: <i>Son los que realizan labores de: Electricidad, plomeria, contra maestros, construccion, topografo.</i></p>	<input type="text"/> <input type="button" value="Añadir"/>
<p>Ayudante con especialidad: <i>Son obreros con algun conocimiento o destreza por ejemplo: saben o tienen conocimiento de electricidad, plomeria, carpinteria, mamposteria, enchapes.</i></p>	<input type="text"/> <input type="button" value="Añadir"/>	<p>Maestro: <i>son los que estan acargo de la obra</i></p>	<input type="text" value="Pedro Carri"/> <input type="button" value="Añadir"/>
<p>Oficial de albañilería: <i>Son oficiales sin capacitacion especifica: El cadenero segundo</i></p>	<input type="text" value="Jesus Angel"/> <input type="button" value="Añadir"/>	<p><i>NOTA: Ingrese el primer nombre de cada trabajador y pulse en añadir.</i></p>	
<p>Oficial con especialidad: <i>Son oficiales con una destreza especifica: carpinteria, electricista, plomero, soldador, enchapador, ladrillo a la vista.</i></p>	<input type="text"/> <input type="button" value="Añadir"/>		



Nota, Realizado por autores del documento.

Paso a seguir se pulsa en el botón “Ingrese los tiempos de medición” dirigiéndonos al módulo tiempo, donde ingresamos la hora de inicio del estudio, los minutos de duración del video de evidencia, luego tomamos como tiempo de medición 15 segundos de entre las opciones y oprimimos calcular, para que haga el respectivo registro y el cálculo de cuantas tomas de datos debemos hacer.

Figura 45.*Ingreso de tiempo*

UserForm1 ×



Ingeniería Civil

Ingrese los tiempos de medición

Ingrese hora de inicio:

Tiempo en minutos:

Escoja cada cuantos segundos realizara las mediciones

15 Segundos
 30 Segundos
 60 Segundos

Numero de mediciones

32

NOTA: Ingrese la hora en horario militar

Ejemplo: 1:00:00 pm =13:00:00



Nota, Realizado por autores del documento.

Luego de ingresar los tiempos pulsamos en el botón “Ingrese las actividades de trabajo” dirigiéndonos al módulo de trabajo donde se podía escoger que tipo de trabajo se quería ingresar primero, seleccionando trabajo productivo. Se ingresaron todas las actividades de tipo productivo asignándoles un código como lo indica el aplicativo.

Figura 46.*Actividades productivas*

Tipproductivo

Ingeniería Civil

Ingrese las actividades de trabajo productivo

Actividad	Codigo
Vibrado de concreto	VdC

Ejemplo:

Actividad	Codigo
Pegando ladrillos	PLA

Trabajo contributivo

Trabajo no contributivo

NOTA: Ingrese las actividades y defina un codigo para tener un mejor manejo del aplicativo

Calcular

Universidad Francisco de Paula Santander
Oceania - Colombia
Vigilada Mineducación

Nota, Realizado por autores del documento.

Luego pulsamos en el botón “Trabajo contributivo” ingresando todas las actividades de tipo contributivo y asignándoles un código como el aplicativo lo indica.

Figura 47.*Actividades contributivas*

UserForm1

Ingeniería Civil

Ingrese las actividades de trabajo contributivo

Actividad	Codigo
Transporte de concreto	TC

Ejemplo:

Actividad	Codigo
Preparando mortero	PMO

Trabajo productivo

Trabajo no contributivo

NOTA: Ingrese las actividades y defina un codigo para tener un mejor manejo del aplicativo

Calcular

Universidad Francisco de Paula Santander
Oceania - Colombia
Vigilada Mineducación

Nota, Realizado por autores del documento.

Seguidamente pulsamos en el botón “Trabajo no contributivo” ingresando todas las actividades de tipo no contributivo y asignándoles un código como el aplicativo lo indica.

Figura 48.

Actividades no contributivas

UserForm1

Ingeniería Civil

Ingrese las actividades de trabajo no contributivo

Actividad

Conversando

Codigo

Co

Ejemplo:

Actividad	Codigo
Conversando con otros obreros	CCO

Trabajo productivo

Trabajo contributivo

Calcular

NOTA: Ingrese las actividades y defina un codigo para tener un mejor manejo del aplicativo

Universidad Francisco de Paula Santander
Océana - Colombia
Virreinato, Mineducación

Nota, Realizado por autores del documento.

Después de proporcionarle todos los datos al aplicativo pulsamos en el botón “calcular” dirigiéndonos al archivo de Excel, donde abrimos la hoja de mediciones ya con toda la información suministrada por parte del aplicativo, seguido de esto se dispuso a la asignación de actividades para cada trabajador teniendo en cuenta el número de medición y el tiempo de cada una.

Tabla 7.*Asignación de actividades*

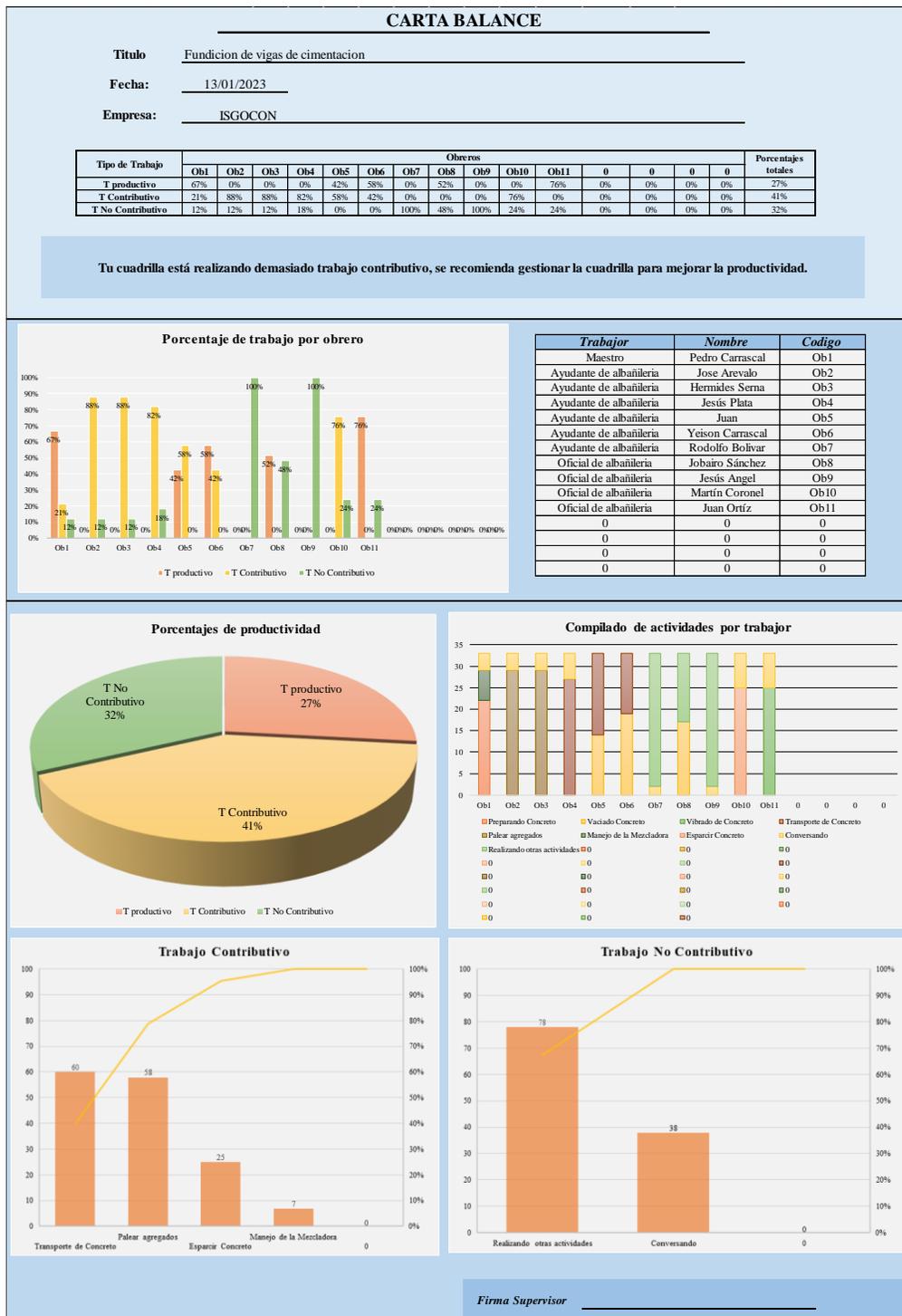
Medicion de cuadrilla																
Medicion	Tiempo	Cuadrilla analizada														
		Ob1	Ob2	Ob3	Ob4	Ob5	Ob6	Ob7	Ob8	Ob9	Ob10	Ob11	0	0	0	0
0	10:00:00	PC	PA	PA	TC	VC	TC	RO	RO	RO	EC	VdC				
1	10:00:15 a. m.	PC	PA	PA	TC	VC	TC	RO	RO	RO	EC	VdC				
2	10:00:30 a. m.	PC	PA	PA	TC	VC	TC	RO	RO	RO	EC	VdC				
3	10:00:45 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	RO	RO	EC	VdC				
4	10:01:00 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	RO	RO	EC	VdC				
5	10:01:15 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	RO	RO	Co	Co				
6	10:01:30 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	RO	RO	Co	Co				
7	10:01:45 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	RO	RO	Co	Co				
8	10:02:00 a. m.	PC	PA	PA	TC	VC	TC	RO	RO	RO	EC	VdC				
9	10:02:15 a. m.	MM	PA	PA	TC	VC	TC	RO	RO	RO	EC	VdC				
10	10:02:30 a. m.	MM	PA	PA	TC	VC	TC	RO	RO	RO	EC	VdC				
11	10:02:45 a. m.	MM	PA	PA	TC	VC	TC	RO	RO	RO	EC	VdC				
12	10:03:00 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	RO	RO	EC	VdC				
13	10:03:15 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	RO	RO	EC	VdC				
14	10:03:30 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	VC	RO	Co	Co				
15	10:03:45 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	VC	RO	Co	Co				
16	10:04:00 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	VC	RO	Co	Co				
17	10:04:15 a. m.	PC	PA	PA	TC	VC	TC	RO	VC	RO	EC	VdC				
18	10:04:30 a. m.	Co	Co	Co	Co	VC	TC	RO	VC	RO	EC	VdC				
19	10:04:45 a. m.	Co	Co	Co	Co	VC	TC	RO	VC	RO	EC	VdC				
20	10:05:00 a. m.	Co	Co	Co	Co	VC	TC	RO	VC	RO	EC	VdC				
21	10:05:15 a. m.	Co	Co	Co	Co	VC	TC	RO	VC	RO	EC	VdC				
22	10:05:30 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	VC	RO	Co	Co				
23	10:05:45 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	VC	RO	Co	Co				
24	10:06:00 a. m.	PC	PA	PA	TC	VC	TC	RO	VC	RO	EC	VdC				
25	10:06:15 a. m.	PC	PA	PA	TC	VC	TC	RO	VC	RO	EC	VdC				
26	10:06:30 a. m.	PC	PA	PA	TC	VC	TC	RO	VC	RO	EC	VdC				
27	10:06:45 a. m.	PC	PA	PA	TC	VC	TC	RO	VC	RO	EC	VdC				
28	10:07:00 a. m.	PC	PA	PA	TC	TC	VC	RO	VC	RO	EC	VdC				
29	10:07:15 a. m.	MM	PA	PA	TC	TC	VC	RO	VC	RO	EC	VdC				
30	10:07:30 a. m.	MM	PA	PA	TC	TC	VC	RO	VC	RO	Co	Co				
31	10:07:45 a. m.	MM	PA	PA	Co	VC	TC	Co	VC	Co	Co	Co				
32	10:08:00 a. m.	MM	PA	PA	Co	VC	TC	Co	VC	Co	Co	Co				

Nota, Realizado por autores del documento.

Después de esto pulsamos en el botón “carta balance” dirigiéndonos a la hoja de resultados. Obteniendo resultados estadísticos de la cuadrilla analizada.

Figura 49.

Resultados



Nota, Realizado por autores del documento.

Resultados. Al ejecutar el aplicativo tenemos como producto una carta balance con una serie de gráficos que permiten analizar e interpretar los resultados para que el usuario pueda tomar las medidas necesarias para gestionar su cuadrilla de trabajo.

Figura 50.

Resultados carta balance

Tipo de Trabajo	Obreros														Porcentajes totales	
	Ob1	Ob2	Ob3	Ob4	Ob5	Ob6	Ob7	Ob8	Ob9	Ob10	Ob11	0	0	0		0
T productivo	67%	0%	0%	0%	42%	58%	0%	52%	0%	0%	76%	0%	0%	0%	0%	27%
T Contributivo	21%	88%	88%	82%	58%	42%	0%	0%	0%	76%	0%	0%	0%	0%	0%	41%
T No Contributivo	12%	12%	12%	18%	0%	0%	100%	48%	100%	24%	24%	0%	0%	0%	0%	32%

Tu cuadrilla está realizando demasiado trabajo contributivo, se recomienda gestionar la cuadrilla para mejorar la productividad.

Nota: Resultados obtenidos del caso de estudio realizado para comprobar la veracidad del aplicativo.

Tenemos un cuadro de porcentajes de cada categoría de trabajo por obrero y un mensaje de recomendación sobre las acciones a realizar para optimizar la productividad. Dichos porcentajes de las categorías de trabajo son relacionados por medio de un algoritmo con unos indicadores de productividad a nivel internacional que podemos observar en la siguiente figura, determinando que tan optima es nuestra productividad y generando esta recomendación.

Tabla 8

indicadores de productividad.

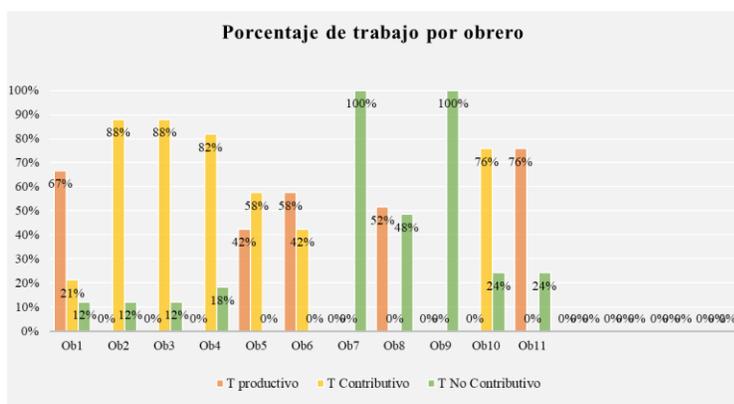
Categoría	TP	TC	TNC	Observaciones
Obra 60 Medellín (2003)	67.28%	23.13%	9.57%	Mejor desempeño de la muestra observada en Medellín 2003
Óptimo	60%	25%	15%	Estudio Chile 1995, muestra de 370.000 m ²
Normal	55%	25%	20%	Estudio Chile 1995, muestra de 370.000 m ²
Promedio Medellín 2003	47.2%	37.5%	15.2%	Promedio de la muestra observada en 136.572 m ²
Promedio Chile	47%	28%	25%	Estudio Chile 1995, muestra de 370.000 m ²

Tomado de Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos, Botero y Álvarez

En el grafico titulado **porcentaje de trabajo por obrero** se puede observar los porcentajes de los trabajadores por cada tipo de actividad. Mostrando que el obrero 7 y el obrero 9 están realizando un 100% de trabajo no contributivo, se recomienda reducir el número de cuadrilla o asignarle actividades contributivas que aporten al resultado final.

Figura 51.

Gráfico porcentaje de trabajo por obrero.

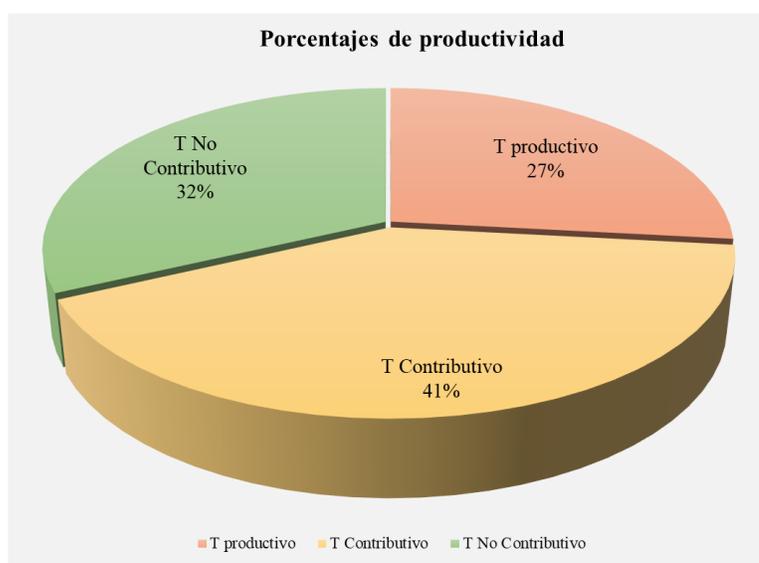


Nota, Realizado por autores del documento.

En el grafico titulado **porcentajes de productividad** se pudo observar que en la actividad evaluada hubo un mayor porcentaje de trabajo contributivo con un 41%, un trabajo no contributivo del 32% y un trabajo productivo del 27%. Estos porcentajes se relacionan directamente con la tabla de indicadores de productividad proporcionándole al usuario que tan optima es la productividad de su cuadrilla y si se debe mejor respecto a esos porcentajes.

Figura 52.

Gráfico porcentaje de productividad

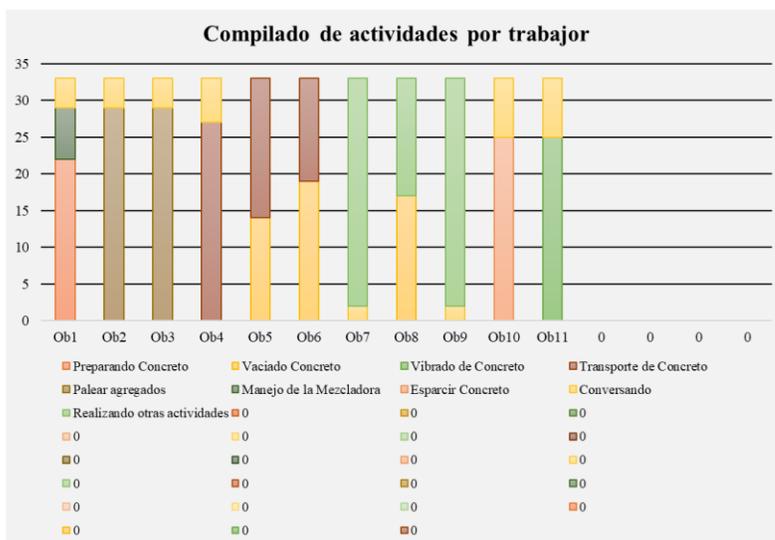


Nota, Realizado por autores del documento.

En el grafico titulado **compilado de actividades por trabajador** podemos observar que actividades están realizando más los obreros, en el caso de los trabajadores 7 y 9 están realizando otras actividades y conversando, actividades relacionadas con trabajos no contributivos. Se recomiendo gestionar la cuadrilla, reduciéndola o asignándoles trabajos contributivos o productivos.

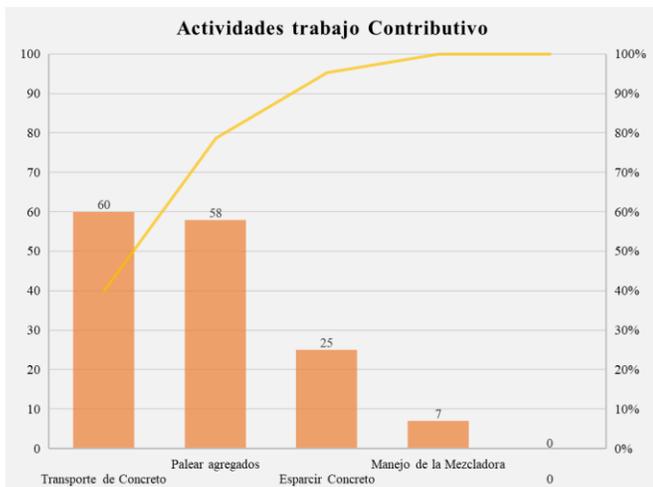
Figura 53.

Gráfico compilado de actividades por trabajador

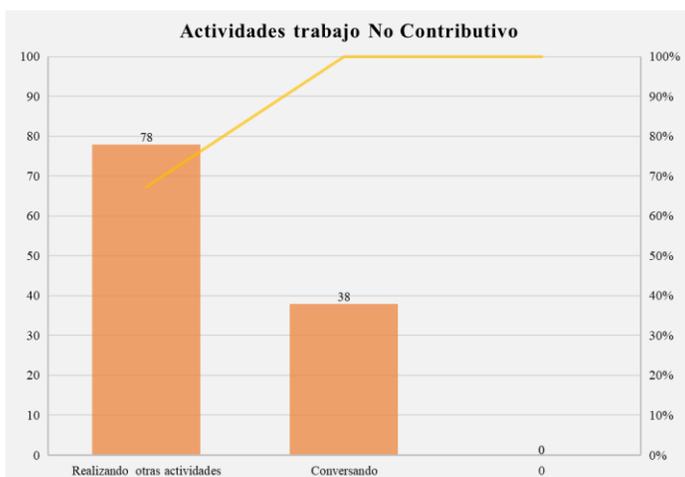


Nota, Realizado por autores del documento.

En los últimos dos gráficos titulados **Actividades trabajo contributivo y actividades trabajo no contributivo** se pudo observar dos diagramas de Pareto los cuales pudimos identificar los puntos de mejora y definir cual plan de acción es primordial para atacar sus pérdidas.

Figura 54.*Gráfico actividades contributivas.**Nota, Realizado por autores del documento.*

Se recomienda prestarles atención a las actividades de transporte de concreto y palear agregados ya que estas son las que más se repiten a lo largo de la evaluación y de este modo reducir el trabajo contributivo y aportar más en el trabajo productivo.

Figura 55.*Gráfico actividades no contributivas.**Nota, Realizado por autores del documento.*

Para el diagrama de Pareto de las actividades no contributivas se recomienda eliminar los trabajos de realizando otras actividades y conversando ya que estos no nos están aportando a la productividad de la cuadrilla, es por esto que lo mejor es sacar a estos obreros de la cuadrilla o asignarles trabajos contributivos que aporten a dicha actividad.

En conclusión, generalmente las cuadrillas se sobredimensionan teniendo muchos obreros para realizar una actividad que no los requiere, es por esto que en la mayoría de obras se evidencian perdidas de este tipo ya que los obreros se dedican a realizar trabajos no contributivos proporcionando una baja productividad de mano de obra.

5. Conclusiones

Por medio de un algoritmo se logró identificar los procesos necesarios para desarrollar el código de programación para realizar el análisis de productividad de un proyecto de construcción en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Se diseñó por medio de visual Basic y macros una programación en Excel que realice de manera sistemática el análisis de productividad de mano de obra de una actividad ejecutado por una cuadrilla, por lo que se puede concluir que variables como la cuadrilla, el tiempo de inicio del análisis y la duración del mismo, además de las actividades que se desarrollan para cumplir la tarea y a qué tipo de trabajo corresponde cada actividad (T. productivo, T. contributivo o T no contributivo), son fundamentales para realizar un análisis de productividad.

Conocer cada uno de los trabajadores, el cargo que estos cumplen y saber identificarlos permiten realizar un buen registro de datos, además, conocer el tiempo de inicio y poder establecer intervalos de tiempo, nos ayuda a cuantificar la cantidad de mediciones necesarias para el análisis.

Plantear un paso a paso para la ejecución del aplicativo, permite a estudiantes y profesionales afines al área manejar el recurso de una manera adecuada y tener resultados óptimos.

Al utilizar el aplicativo en un caso de estudio pudimos observar que gráficos estadísticos permiten una mejor interpretación de los resultados, además, que una carta balance proporciona la información necesaria para conocer la productividad de una cuadrilla y cuáles son las actividades o trabajadores en las que hay que enfocarse para mejorar dicha productividad. Por últimos, pudimos comprobar que el aplicativo es una herramienta que facilita en cierta medida el análisis de la productividad de mano de obra en proyectos de construcción y que su fácil uso lo hace una herramienta practica tanto para la academia como para el uso profesional referente a gerencia de proyectos.

6. Recomendaciones

Se debe tener presente los pasos mencionados en el manual de usuario para el uso correcto del aplicativo.

Los videos de muestra de más de 5 minutos y los intervalos de tiempo de 15 o 30 segundos generan más mediciones, y en ese sentido más datos para el análisis, lo que mejora la calidad de los resultados.

Se debe tener una noción previa de a qué tipo de trabajo corresponden las actividades desarrolladas, para ser más precisos en la asignación de datos.

Referencias

- Ballard, G., (1999). Que es Lean Construction. En: Seventh Conference of the International Group for Lean Construction, California-USA, IGLC, Paper 7.
- Botero, L., y Álvarez, M., (2012). Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción. *Revista Universidad EAFIT*, 39(130), 64–78.
<https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/911>
- Constitución política de Colombia 1991 preámbulo. Georgetown.edu. Recuperado el 31 de octubre de 2022, de <https://pdba.georgetown.edu/Constitutions/Colombia/colombia91.pdf>
- Ediciones-Eni., (2016). Presentación del lenguaje VBA. <https://www.ediciones-eni.com/open/mediabook.aspx?idR=d963cb1d003f03bbe474591c36174e7c>
- IONOS Digital Guide, (s.f.). ¿Qué es VBA? [Blog].<https://www.ionos.es/digitalguide/online-marketing/vender-en-internet/excel-vba/>
- Koskela, L. (1992). Aplicación de la nueva filosofía productiva a la construcción. Stanford University, USA.
- Martínez, E. (1998) "El concepto de productividad en el análisis económico", -:Revista VirtualPRO,, 1998. Consultado en línea en la Biblioteca Digital de Bogotá (<https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/2206859/>)
- Muñoz, P., (2019). ¿Qué es Lean Construction o Construcción sin Pérdidas? Evalore.
<https://evalore.es/que-es-lean-construction>

Nsr10 - Búsqueda en Google. (s/f). Google.com. Recuperado el 31 de octubre de 2022, de

<https://www.google.com/search?q=nsr10&oq=nsr10&aqs=chrome.69i59l4j0i10i512l6.3138j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Norma ISO 21500: Guía para la gestión de proyectos. (2017, 11 de julio). SoftwareISO.

<https://www.isotools.org/2017/07/11/norma-iso-21500-guia-gestion-proyectos/>,

Pons, J., (2014). *Introducción a Lean Constrution*. [http://www.juanfelipepons.com/wp-](http://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction.pdf)

[content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction.pdf](http://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction.pdf)

Romuacca, J., (2016). Aumento de la Productividad Utilizando el Método Lean Construction en

una Obra en la Ciudad del Cusco. *Zdocs.ro*. <https://zdocs.ro/doc/tarea-final-op01k21d7gpy>

Ramos, D. (2018, 22 de mayo). Las siete herramientas de la calidad - Blog de La Calidad .

Blogdelacalidad; Julio Besa. <https://blogdelacalidad.com/las-siete-herramientas-de-la-calidad/>

Serpell, A., (2002). *Administración de operaciones de construcción*.

<https://archive.org/details/administracionde00alfr/page/n5/mode/2up>