

	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		0(136)	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Iván Barbosa Ortega Jineth Alejandra Sanjuan Rincón		
FACULTAD	Ingenierías		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería de Sistemas		
DIRECTOR	Fabián Ranulfo Cuesta Quintero		
TÍTULO DE LA TESIS	Diseño de un Sistema de Red de Telemedicina para la atención médica en la Región del Catatumbo.		
TITULO EN INGLES	Design of a Telemedicine Network System for medical care in the Catatumbo Region.		
RESUMEN (70 palabras)			
<p>El Sistema de Telemedicina propuesto tiene como fin permitir la atención médica a distancia, en Ocaña como nodo central y en los municipios pertenecientes a la Región del Catatumbo. El diseño planteado combina protocolos de enrutamiento versión 6, redes virtuales, protocolo de internet versión 6 y dispositivos con tecnología de Internet de las Cosas. Finalmente, se obtiene un diseño simulado que apunta al objetivo número 3 de desarrollo sostenible.</p>			
RESUMEN EN INGLES			
<p>The proposed Telemedicine System is intended to enable remote medical care in Ocaña as a central node and in the municipalities belonging to the Catatumbo Region. The proposed design combines routing protocols version 6, virtual networks, internet protocol version 6 and devices with Internet of Things technology. Finally, a simulated design is obtained that aims at the objective number 3 of sustainable development.</p>			
PALABRAS CLAVES	Internet de las Cosas, Protocolo de Enrutamiento Versión 6, Redes virtuales, Telemedicina.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Internet of Things, Routing Protocol version 6, Virtual Networks, Telemedicine.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 136	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 39	CD-ROM:



**Diseño de un Sistema de Red de Telemedicina para la Atención Médica en la Región del
Catatumbo**

Iván Barbosa Ortega

Jineth Alejandra Sanjuan Rincón

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Ingeniería de Sistemas

Msc. Fabián Ranulfo Cuesta Quintero

22 Febrero de 2022

Agradecimiento

Agradecemos primeramente a Dios, por ser nuestra guía durante todo el proceso y por darnos la oportunidad de obtener un logro más en nuestra carrera profesional.

Agradecemos a nuestro director de tesis, el ingeniero Fabián Cuesta, por la confianza y el apoyo que nos brindó desde un inicio, pues sus conocimientos impartidos no solo durante el desarrollo del proyecto, sino también durante toda carrera, fueron de vital importancia en la ejecución del mismo. Asimismo, agradecemos su tiempo dedicado, y cada uno de sus consejos y recomendaciones dadas para que se culminara satisfactoriamente dicho proceso.

Agradecemos también a nuestros jurados asignados, los ingenieros Dewar Rico y Edwin Barrientos, quienes brindaron todo su apoyo y respuesta oportuna durante el desarrollo de la tesis.

Agradecemos a nuestra familia, docentes, compañeros y amigos que hicieron parte de nuestro proceso en toda la formación académica en estos últimos años.

Finalmente agradecemos a la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña por brindarnos los conocimientos y las herramientas necesarias para la culminación de esta etapa profesional.

Dedicatoria

A Dios, por darnos la vida y la fuerza para lograr nuestras metas, pues recibimos sus bendiciones diariamente.

A nuestros padres y familiares, por ser ese apoyo incondicional en nuestra vida, pues sus sacrificios y esfuerzos se ven reflejados en los frutos que hoy en día podemos celebrar y disfrutar.

Gracias a todos.

Índice

Introducción	11
Capítulo 1. Diseño de un sistema de red de telemedicina para la atención médica en la región del Catatumbo	13
1.1. Planteamiento del problema	13
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. Justificación	18
1.5. Delimitaciones	21
1.5.1. Geográfica	21
1.5.2. Temporal	21
1.5.3. Conceptual	21
1.5.4. Operativa	22
Capítulo 2. Marco referencial	23
2.1. Marco histórico	23
2.1.1. Antecedentes bibliográficos a nivel internacional	23
2.1.2. Antecedentes bibliográficos a nivel nacional	26
2.1.3. Antecedentes bibliográficos a nivel regional/local	28
2.2. Marco contextual	29
2.3. Marco conceptual	31
2.4. Marco teórico	36
2.4.1. Redes de computadores	36

	5
2.4.2. Internet	39
2.4.3. Telemedicina	41
2.5. Marco legal	47
Capítulo 3. Diseño metodológico	54
3.1. Tipo de investigación	54
3.2. Población y Muestra	56
3.2.1. Población	56
3.2.2. Muestra	56
3.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de información	57
3.4. Análisis de información	57
Capítulo 4. Diseño de un sistema de red de telemedicina para la atención médica en la región del Catatumbo.	58
4.1. Descripción de la propuesta	58
4.2. Herramientas empleadas en la elaboración del diseño	64
4.2.1. Cisco Packet Tracer Version 8.2	64
4.2.2. UISP Design Center	65
4.2.3. MQTT Lens	66
4.2.4. Ubidots	66
4.3. Equipos establecidos en el diseño	66
4.3.1. Router cisco serie 4000:	67
4.3.2. Switch cisco serie 2960	69
4.3.3. Servidor Cisco B200 M6	71
4.3.4. Access Point PT	72
4.3.5. Monitor de temperatura	73
4.3.6. Detector de movimiento	73

4.3.7. Termostato	74
4.3.8. Elemento de calefacción	74
4.3.9. Cámara web	75
4.3.10. Cableado estructurado	75
4.4. Equipos activos para el diseño de la red de telemedicina	76
4.5. Diseño lógico	77
4.5.1. Rangos de IPV6	77
4.5.2. Diseño lógico de red simplificado	79
4.6. Diseño físico	80
4.7. Configuraciones realizadas	85
4.7.1. Configuraciones básicas de seguridad en el router	85
4.7.2. Configuración de direccionamiento en IPV6 en el router	87
4.7.3. Configuración de DHCPv6 en el router	88
4.7.4 Configuración de enrutamiento dinámico en IPV6 en el router	89
4.7.5. Configuraciones básicas de seguridad en el Switch	90
4.7.6. Configuraciones en el servidor IoT	92
4.8. Tecnologías utilizadas	96
4.8.1. Comunicación inalámbrica	96
4.8.2. Videoconferencia	97
4.8.3. Monitores de salud	97
4.8.4. IoT	97
4.8.5. RIPv6	98
4.8.6. Encriptación de la información	98
4.8.7. Protocolos de red	99
Capítulo 5. Evaluación de la red propuesta	101

5.1. Evaluación del rendimiento de la topología.	101
5.2. Cálculo de ancho de banda.	103
5.3. Simulación de los enlaces.	105
5.4. Evaluación del comportamiento de los dispositivos IoT	112
5.5. Escalabilidad	118
5.6. Recomendaciones para implementación	119
Capítulo 6. Resultados	122
Capítulo 7. Conclusiones	124
Capítulo 8. Recomendaciones	126
Referencias	128

Lista de Figuras

Figura 1: Región del Catatumbo.	58
Figura 2: Estación de telemedicina.	60
Figura 3: Nodo principal ESE hospital Emiro Quintero Cañizares.	62
Figura 4: Enrutador de servicios integrados Cisco 4321	67
Figura 5: Switches Cisco Catalyst serie 2960.....	69
Figura 6: Servidor Cisco B200 M6.....	71
Figura 7: Access Point Cisco 200	73
Figura 8: Diseño lógico de red simplificado.....	79
Figura 9: Diseño lógico de red ampliado.....	80
Figura 10:Diseño físico de la red propuesta	81
Figura 11: Diseño físico del nodo principal hospital Emiro Quintero Cañizares	82
Figura 12: Rack nodo principal hospital Emiro Quintero Cañizares	83
Figura 13: Diseño físico nodo Convención	84
Figura 14: Rack nodo Convención	85
Figura 15: Configuraciones básicas en el Router	86
Figura 16: Comando para visualizar las configuraciones en el Router	87
Figura 17: Configuración de direccionamiento en IPV6	88
Figura 18: Configuración de direccionamiento automático en PC.....	88
Figura 19: Configuración de DHCPv6	89
Figura 20: Configuración de enrutamiento dinámico.	90
Figura 21: Configuraciones básicas en el Switch	90
Figura 22: Configuraciones básicas en el Switch	91
Figura 23: Comando para visualizar las configuraciones en el Switch	92
Figura 24: Dominio e IP del servidor IoT.....	92
Figura 25: Credenciales de acceso al servidor IoT	93
Figura 26: Configuración del servidor remoto.....	94
Figura 27: Reglas de las condiciones de funcionamiento de los dispositivos IoT.....	95
Figura 28: Dispositivos IoT vinculados al servidor	96

Figura 29: Utilización del comando Ping	102
Figura 30: Utilización del comando Tracert	103
Figura 31: Utilización del comando Netstat	103
Figura 32: Línea de vista del Hospital Emiro Quintero Cañizares con el centro de salud Convención	107
Figura 33: Línea de vista Pueblo Nuevo con Santa Lucía	108
Figura 34: Línea de vista Pueblo Nuevo con el hospital Emiro Quintero Cañizares	109
Figura 35: Línea de vista Santa Lucia con el centro de salud Convención	110
Figura 36: Ubicación de los puntos de enlace Hospital Emiro Quintero Cañizares con centro de salud Convención.	111
Figura 37: Interfaz Ubidots	113
Figura 38: Gráfico Flujo Espiratorio Forzado sobre tiempo.....	115
Figura 39: Gráfica del comportamiento de medicamento sobre tiempo.....	116

Lista de Tablas

Tabla 1: Principales características del Router Cisco serie 4000	68
Tabla 2: Principales características del Switch Cisco Catalyst serie 2960	69
Tabla 3: Especificaciones técnicas de Servidor Cisco B200 M6.....	72
Tabla 4: Rangos de IPV6 asignados a redes LAN.....	78
Tabla 5: Rangos de IPV6 asignados a redes WAN.....	78
Tabla 6: Ancho de banda estimado para cada puesto de salud.....	105

Introducción

La telemedicina durante los últimos años ha llegado a ser una alternativa viable y distintiva en la atención médica, un tema que se ha venido consolidando aún más, luego de la pandemia producida por el SARS-CoV-21. Esta modalidad, evidentemente ha contribuido al mejoramiento en el acceso y calidad de la atención médica mediante el uso de las TIC, garantizando pertinencia, oportunidad, accesibilidad y seguridad en dicho sistema.

Según el Ministerio de Salud y Protección Social, del 1 de enero hasta el 30 de septiembre del 2020, incrementaron en un 117% el número de sedes prestadoras de servicios de salud en modalidad de telemedicina, el cual también aumentó en un 192%. (Minsalud, 2020). En este sentido, es posible afirmar que a partir de la pandemia producida por el Covid-19, tecnologías avanzadas como la telemedicina han incrementado su implementación y cada vez es más utilizada por su eficiencia en la prestación de servicios.

Básicamente, el trabajo de la telemedicina junto con el IoT es solventar aquellas inconsistencias que a diario aquejan a la comunidad en general cuando acceden a un servicio médico. Por lo que la idea de la presente investigación gira en torno al diseño de un sistema que permita la atención de pacientes de forma remota, por medio del uso de tecnologías como la telemedicina e IoT.

La problemática surge en la población del Catatumbo donde se evidencia el difícil acceso a la salud debido a factores económicos y sociales, pues la escasez de recursos, la violencia, el

pésimo estado de las vías carreteables que comunican a Ocaña con los otros municipios de la región, el Covid-19, la ineficiencia en los servicios prestados, el personal médico limitado, entre otros, han sido los causantes de esta situación crítica y preocupante para toda la comunidad. A esto se le suma, el poco interés que se le da a la incursión de nuevas tecnologías y redes que, en cierto modo, ayudarían indiscutiblemente en la mejora de los servicios.

Por lo tanto, el presente proyecto parte de una investigación aplicada y con un enfoque cualitativo, donde se estudia cada una de las situaciones que experimentan los pacientes de Ocaña y municipios pertenecientes al Catatumbo al momento de solicitar y acceder a algún servicio médico. A su vez, se identifica el funcionamiento de las diferentes tecnologías, equipos y/o dispositivos adaptables al entorno rural para lograr exitosamente una comunicación entre todos los nodos implicados en el diseño del sistema de red de telemedicina para la atención médica en la región del Catatumbo con el uso de tecnologías IoT. Finalmente, se evalúa la propuesta del sistema mediante procesos de simulación y modelamiento.

Capítulo 1. Diseño de un sistema de red de telemedicina para la atención médica en la región del Catatumbo

1.1. Planteamiento del problema

Según la organización panamericana de salud (2020) el 30% de la población en Latinoamérica y el Caribe, no cuentan con acceso a salud pública de forma gratuita debido principalmente a factores geográficos, la poca inversión de los gobiernos y la deficiente calidad del servicio prestado. Los médicos y especialistas de la salud en Latinoamérica están ubicados principalmente en las grandes ciudades lo que dificulta el acceso a la asistencia médica de personas que habitan en zonas rurales o en barrios reclusos, además, se requiere largos tiempos de espera y requisitos administrativos engorrosos. Aunque los gobiernos han aumentado sus esfuerzos por brindar un mejor servicio de salud y una mayor cobertura, estos aún no son suficientes debido principalmente a su mala administración y poca capacidad económica, lo que produce que la inversión realizada continúe siendo bastante baja a la requerida para subsanar todas las deficiencias de los sistemas de salud. (Báscolo et al., 2020)

Por otro lado, la emergencia sanitaria generada por el Covid-19 ha obligado a los gobiernos e instituciones de salud a desafiar enormes retos, ya que deben enfrentarse a los entornos altamente cambiantes y de gran incertidumbre. Como resultado, la situación provocada por el COVID-19 cambió la vida de las personas, comunidades y empresas, las cuales se adaptaron a las nuevas formas de vida que trajo consigo la llegada de la pandemia, donde se

vieron obligados a implementar estrategias de sobrevivencia, adaptándose a esta situación y a este entorno de manera eficiente como se observó en el sector salud, pues el impacto en el talento humano, instrumentos médicos, infraestructura y protocolos de seguridad, han sido replanteados y transformados, sin embargo, la calidez en la atención a los pacientes continúa presentando un alto número de deficiencias. Dichos usuarios informan retrasos cada vez mayores en la atención y en muchos casos suspenden el tratamiento por temor a la infección de algún virus como el SARS-CoV-21, lo que lleva a la interrupción de los procedimientos médicos, siendo esto perjudicial para la salud de los pacientes. (Javier Silva & Rosario Pacahuala, 2021)

En el caso de Colombia para el año 2018, el 95% de la población se encontraba afiliada al régimen de salud (Ministerio de salud y proteccion social, 2018), para el año 2020 este valor representaba el 95.07% según el ministerio de salud, mostrando un crecimiento bastante lento durante los dos años (Ministerio de salud y proteccion social, 2020). Aunque este valor indica que un número bastante significativo de colombianos pueden tener acceso a la salud, la realidad es muy distinta ya que el sistema de salud colombiano continúa presentado muchas deficiencias que afectan en gran manera no solo a la población urbana sino también a aquellos que residen en las zonas rurales más recludas del país o con situación de conflicto. Entre los claros ejemplos de los problemas que se presentan constantemente se puede encontrar que en municipios como Cumbitara (Nariño) y Medio San Juan (Chocó) pues solo el 45% y 46% de la población respectivamente cuenta con una afiliación al régimen de salud, en cambio municipios como Fonseca (La guajira) cuentan con 95% de sus habitantes afiliados, pero con pocos resultados en salud. (Ministerio de salud y proteccion social, 2018).

Uno de los factores más influyentes para que se presenten estos problemas es la baja inversión en salud por parte del estado colombiano, pues el país tiene uno de los presupuestos de salud más bajos de toda la región de las Américas. (Ministerio de salud y protección social, 2020)

Entre las consecuencias que derivan de los problemas del sistema de salud se encuentra que en las zonas rurales se da altas tasas de desnutrición y mortalidad infantil, debido a que cuentan con una menor cobertura de vacunación y el acceso a los profesionales de salud es más difícil ya que estos se encuentran concentrados principalmente en los municipios y ciudades más grandes. (Ministerio de salud y protección social, 2018)

Por su parte, el sistema de salud en Colombia ha podido sobrellevar la emergencia sanitaria producida por el Coronavirus, aunque durante esta se han agrandado algunos de los problemas ya presentes en dicho sistema tales como; el aumento en los tiempos de agendamiento de citas médicas, cancelación de procedimientos médicos, disminución de la atención hospitalaria y consultas médicas, entre otros.

Si se hace un enfoque en la región del Catatumbo, cada uno de los municipios que componen esta parte del país, cuentan escasamente con los servicios básicos de salud como lo son las consultas generales y en el área de especialistas limitados a solamente odontología. Por esta razón se requiere que en la mayoría de los casos cuando se hace necesario la consulta con un especialista de la salud, los pacientes se vean obligados a trasladarse hasta el Hospital Emiro Quintero Cañizares ubicado en el municipio de Ocaña, ya que es el único centro médico de la

región más cercano que cuenta con los especialistas necesarios para realizar la mayoría de procedimientos médicos de gran complejidad. A esta problemática presentada se le suma el pésimo estado de las vías carreteables que comunican el municipio de Ocaña con los diferentes municipios de la región del Catatumbo, lo que lleva a que los pacientes tengan que recorrer varias horas en la mayoría de los casos para poder recibir una atención médica adecuada, en lo que además se le suman los costos de los desplazamientos que no son cubiertos por las EPS.

También se debe tener en cuenta que la reciente pandemia producida por el coronavirus COVID-19 redujo en gran manera la capacidad de atención médica, debido básicamente a las medidas adoptadas por el gobierno nacional con el propósito de evitar la propagación del virus, pues aún continúa el temor generado en las personas por los altos contagios que se presentan en lugares como hospitales o centros médicos. El hospital Emiro Quintero Cañizares aún no ha explorado ni ha utilizado tecnologías para resolver problemas típicos como la atención primaria de pacientes presentados diariamente en la zona hospitalaria, debido a esto no se pueden optimizar equipos o procesos, entre otros. Además, no cuentan con un sistema propio que proporcione internet y centralice los servicios que se manejan internamente, por lo que este trabajo de investigación propone el diseño de un sistema que permita la atención de pacientes de manera remota por medio del uso de tecnologías como la telemedicina e IoT.

Adicional a esto, el estado de las vías que comunican los municipios del Catatumbo con la ciudad de Ocaña es indignante, pues la carretera en su mayoría no se encuentra pavimentada, sino que en época de invierno se vuelve intransitable y pone en riesgo la vida de las personas que

tratan de recorrer dicho trayecto, pues la cantidad de barro y deslizamientos de tierra en la vía es enorme.

Además, la región también ha sido afectada por el conflicto armado, lo que ha resultado en una gran cantidad de desplazamientos forzados y la pérdida de infraestructura de salud, generando impacto en cuanto a las limitaciones de movilidad, dificultad al acceso de servicios primarios y vulneran el derecho a gozar de una vida digna. (Bautista, 2017)

Por estas y otras razones, el acceso a la salud profesional es extremadamente deficiente en la Región del Catatumbo, pues tanto el paciente como el médico presentan innumerables inconvenientes al momento de utilizar los servicios públicos de salud, esto debido a la falta de organización e inversión en materia de salud por parte del estado colombiano.

1.2. Formulación del problema

Dada la problemática presente que afrontan los pacientes del Hospital Emiro Quintero Cañizares en la región del Catatumbo, donde se dificulta en gran medida el acceso a la medicina profesional y el cual se ha visto agravado por la reciente pandemia a causa del Covid-19.

¿Se puede diseñar un sistema de telemedicina que combine tecnologías de telecomunicaciones e IoT para ayudar a mejorar el acceso a la salud de los pacientes del Hospital Emiro Quintero Cañizares?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de red de telemedicina para la atención médica en la región del Catatumbo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar las dificultades e inconvenientes que se presentan para la atención médica de los pacientes de la región del Catatumbo.
- Identificar el funcionamiento de diferentes tecnologías que se adapten al entorno rural propio de la región del Catatumbo
- Proponer un sistema de una infraestructura de red de telemedicina para la atención médica en la región del Catatumbo, soportado bajo la pila de protocolo IPv6.
- Evaluar la propuesta del sistema mediante procesos de simulación y modelamiento.

1.4. Justificación

La salud es considerada un elemento básico del capital humano en la sociedad, sin una buena salud, difícilmente es posible lograr objetivos personales o en comunidad que involucren un gran número de individuos, por tal motivo, es fundamental que toda la población en general reciba un servicio médico garantizado y de calidad, para ello, es necesario que las instituciones

de salud se comprometan a brindar en todo momento un óptimo servicio, tratando siempre de buscar la excelencia y la satisfacción del paciente. (Banco Mundial, 2018)

Más aún, en algunas partes del país, específicamente en el sector del Catatumbo, la falta de atención médica no solo es injusta, sino que también carece de una buena organización y control del recurso humano especializado. Claramente, la dificultad de acceder a servicios médicos en zonas rurales y de conflictos como éstas, es cada vez mayor, ya que carecen de personal médico especializado y su infraestructura no es la adecuada para atender a pacientes con gravedad, por lo que estas personas deben acudir a zonas aledañas y/o lugares lejanos que brinden el servicio necesario. Otro factor que también agudiza dicha situación es el alto gasto de dinero que se debe invertir para poder acceder a estos servicios que por lo general no son de calidad y, por consiguiente, no generan confianza al paciente.

Tras la pandemia vivida a nivel mundial y que aún sigue afectando a la sociedad, muchas han sido las secuelas que ha dejado marcada la vida de aquellas personas que contrajeron dicha enfermedad y que atravesaron por un momento de crisis en un centro médico o inclusive en sus propias casas. A raíz de estos altos contagios, en muchas personas creció el miedo de acercarse a un centro hospitalario para recibir atención médica, por lo que prefieren automedicarse o tomar remedios caseros, que podrían traer, en algunos casos, efectos colaterales que atenten contra su propia vida. (Mario Ruiz, 2020)

Asimismo, existe otra parte de la población que, debido a la vulnerabilidad de los servicios o falta de los mismos en diferentes partes del país, no pueden acceder fácilmente a

estos, como es el caso de los habitantes del Catatumbo, quienes tienen que desplazarse hasta el municipio más cercano que es Ocaña, para que puedan ser atendidos en el Hospital Emiro Quintero Cañizares y enfrentarse además a las demoras y atrasos de procedimientos realizados en dicha entidad. Con base a esto, la ineficiencia en la atención hospitalaria aumentó, siendo este el mayor obstáculo para reducir la mortalidad. Incluso si se garantiza el acceso a determinados servicios de salud, especialmente en las partes más vulnerables de la población, pero no se es capaz de salvar y mejorar vidas, no se evidenciaría un progreso en la prestación de dicho servicio. Básicamente, los gastos sanitarios derrochadores e ineficientes reducen la confianza del paciente en el sistema de salud. (OMS, 2020)

Ante dichos problemas, surge una estrategia para llegar a todos aquellos municipios del Catatumbo donde difícilmente se puede acceder a los servicios de salud como una consulta con un especialista. La idea es diseñar un sistema de atención virtual o también conocida como telemedicina, una alternativa que puede permitir a los pacientes acceder a los servicios sanitarios de una manera más sencilla, y asimismo facilitarle a los profesionales de la salud una mejor comunicación con otros especialistas sobre la condición de los pacientes con determinada enfermedad, ya que al contar con varias opiniones se puede tomar decisiones adecuadas e incluso sería posible debatir temas cuyo impacto sea significativo en el tratamiento de las enfermedades, reforzando sus conocimientos en conjunto, todo esto por medio de reuniones y conferencias virtuales. (Juan Miguel González Aguilar., 2015)

De esta manera, el desarrollo de dicho proyecto generará un diseño de red, el cual permita la comunicación entre el hospital Emiro Quintero Cañizares y cada uno de los puestos de

salud de atención básica de los diferentes municipios de la región del Catatumbo, por medio de una infraestructura de red, servicios de red y el uso de tecnologías como la IoT. Este sistema de telemedicina permitirá a los médicos, diagnosticar y tratar a los pacientes sin necesidad de que estos últimos se trasladen hasta un centro médico especializado, sino que de forma remota puedan realizar consultas médicas a través de videoconferencias con el especialista e incluso capturar datos por medio de dispositivos IoMT.

1.5. Delimitaciones

1.5.1. Geográfica

La población objetivo seleccionada para la elaboración de este proyecto corresponde a los habitantes de la región del Catatumbo de los siguientes municipios: Abrego, La Playa, Hacarí, San Calixto, El Tarra, Convención y Teorama. Donde además se ve involucrado el hospital Emiro Quintero Cañizares del municipio de Ocaña y la comunidad allí perteneciente.

1.5.2. Temporal

El tiempo necesario para la ejecución del proyecto es de 8 meses, a partir de la aprobación de la propuesta.

1.5.3. Conceptual

Durante el desarrollo del presente proyecto se tratarán conceptos como: IoT, IoMT, redes y telecomunicaciones, telemedicina, salud, servicios de red, infraestructura de red.

1.5.4. Operativa

Este proyecto plantea la creación de un diseño de red en un entorno simulado mediante el uso de herramientas propias para la simulación de redes.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1. Marco histórico

A lo largo del tiempo se han venido desarrollando diferentes estudios a nivel local, regional, nacional e internacional relacionados con el tema central de la presente investigación, los cuales se citan a continuación como referente al proyecto en cuestión. Dicha información ha sido extraída de varias fuentes bibliográficas como artículos, revistas académicas, informes, entre otros.

2.1.1. Antecedentes bibliográficos a nivel internacional

La telemedicina es un concepto que ha sido aplicado a nivel mundial y a su vez es el objeto y tema principal para muchos investigadores los cuales no se han limitado, por lo que la han complementado con otras tecnologías y la han llevado a diferentes escenarios y contextos. De acuerdo a los autores Mohamed & Abdellatif (2019) en su investigación titulada “Telemedicina: una aplicación de IoT para sistemas sanitarios” la cual fue realizada en Egipto, describe la telemedicina como un “término abstracto utilizado para definir los servicios médicos prestados a través de la tecnología de la información y las telecomunicaciones” (pp. 173-177). Su proyecto consiste en un sistema que recopila datos de varios sensores y los envía utilizando principios tecnológicos de IoMT, una placa Arduino, Matlab y C#. Además, en dicho proyecto se investiga un estudio comparativo entre tres tecnologías de comunicación utilizadas para conectar los sensores médicos al servidor las cuales serían Wi-Fi, Bluetooth y GSM,

permitiéndole a los autores identificar la tecnología más adecuada y sugerir con respecto a la naturaleza de la aplicación en sí. Se recomiendan las tecnologías Bluetooth y Wi-Fi para redes similares que pueden o no requerir acceso a Internet. Finalmente, los autores concluyen que la telemedicina es una solución estable, especialmente porque las personas brindan mayor confianza en el sistema por su alta precisión. (Mohamed & Abdellatif, 2019)

En un contexto más específico de aplicación de la telemedicina se encuentran los autores, Muzakkir Amir, Muhaimin Munizu, Idar Mappangara y Andi Tiara Salengke Adam (2021) los cuales en su artículo de investigación que lleva por título “Telemedicina para detectar el síndrome de Brugada en el este de Indonesia: un estudio observacional prospectivo multicéntrico” (p. 1), que fue realizado en Indonesia y mediante el cual proponen la telemedicina como solución a un problema presentado principalmente en el continente Asiático conocido por el nombre síndrome de Brugada. Dado que en el país de Indonesia no se cuenta con una estrategia que permita identificar los pacientes que padecen este síndrome, resulta un verdadero reto especialmente para la atención primaria, por lo que la telemedicina puede representar una solución ideal para el diagnóstico inicial de los pacientes que permita detectar si estos pueden tener esta afección. La metodología descrita por los autores durante el desarrollo del proyecto consistió en la centralización de la información tomada mediante chequeos médicos por diferentes centros de salud en un centro de cardiología especializado, donde se encargaron de analizar la información y obtener importantes resultados y estadísticas que permitan el mejoramiento en la calidad de vida de los pacientes, para conocer más acerca de la enfermedad en general. Dentro de la importante información encontrada cabe resaltar, el porcentaje de la población que tenía este síndrome, género más propenso, tipo de síndrome más común, entre

otros. Para finalizar los autores concluyen sugiriendo la telemedicina como herramienta adecuada que permite a los médicos identificar a los pacientes sospechosos de tener el síndrome de Brugada, asimismo, consideran la viabilidad de la telemedicina para identificar otras patologías médicas atípicas. (Amir et al., 2021)

Recientemente la población mundial se ha visto afectada por la actual pandemia producida por la virosis del COVID-19, la cual no solo ha cambiado el estilo de vida de las personas, sino que ha tenido un gran impacto en la forma en cómo se atienden los pacientes que asisten a un hospital, ya que si no se toman las precauciones necesarias, el riesgo de ser contagiado es irremediable, y aquí es donde la telemedicina complementada por las tecnologías actuales han ayudado a mitigar estos riesgos de contagio. Los autores Azana HafizahMohd Aman, Wan Haslina Hassan, Shilan Sameen, Zainab Senan Attarbashi, MojtabaAlizadeh y Liza AbdulLatiff (2021) en su publicación titulada “IoMT en medio de la pandemia de COVID-19: aplicación, arquitectura, tecnología y seguridad” (p. 1) la cual fue realizada en Malasia y que estudia la aplicación del Internet de las Cosas Médicas o IoMT en conjunto con otras tecnologías como Inteligencia Artificial, Big Data y Blockchain, siendo esta una estrategia para detener la propagación del Coronavirus. La investigación habla acerca de la aplicación de IoMT en diferentes países como estrategia que ayuda a mejorar la seguridad del personal médico de primera línea alcanzando así eficazmente a disminuir la exposición de vidas humanas y trayendo consigo reducción de las muertes. La investigación resalta los grandes avances tecnológicos y en términos de aplicación, dada gracias a la rápida adopción del IoMT, así como gran cantidad de investigaciones sobre su desarrollo. Para finalizar se recomienda tener en cuenta la seguridad de la información y la privacidad, ya que los mismos problemas de seguridad presentes en los

dispositivos IoT se encuentran en la IoMT pero con una importancia mayor debido a que afectan las vidas humanas. (Mohd Aman et al., 2021)

2.1.2. Antecedentes bibliográficos a nivel nacional

La telemedicina como herramienta y solución a muchos problemas de salud presentados en la actualidad no ha sido un tema ajeno en Colombia, por lo que se pueden encontrar numerosos estudios y proyectos donde se ha planteado como solución a problemas típicos de salud presentes en el territorio colombiano, como lo es el acceso a la salud en zonas de difícil acceso y reclusas. Por tal motivo, autores como Brayan Esneider Bernal Macías y Juan Carlos Rincon Arias (2020) en su proyecto de investigación el cual lleva por título “Diseño de un modelo de telemedicina para el departamento de Cundinamarca” (p. 1) presentado en el año 2020 en el cual proponen el diseño de un modelo de telemedicina para la zona rural del departamento de Cundinamarca con el objetivo de dar solución a los problemas de salud presentados principalmente en la zonas más apartadas de dicho departamento por medio del uso de conceptos y aplicaciones de redes y telecomunicaciones. Presentan un diseño de red que cumple con los estándares de conectividad y distribución, logrando así un diseño óptimo que cumple con los requerimientos necesarios. (Bernal Macías & Rincon Arias, 2020)

Por otra parte la autora Sara Bermúdez Pérez (2020) con su proyecto de investigación que lleva por título “Satisfacción del Paciente de Telemedicina durante la Pandemia COVID-19” (p. 1) elaborado en Cartagena Colombia, consiste en un estudio teniendo en cuenta diversos factores tales como, el cuidado del profesional de la salud, la adopción de tecnologías y la experiencia del

paciente frente a la telemedicina, hallando como resultado el impacto positivo que ha causado la implementación de la misma y la influencia frente a la experiencia del paciente. Finalmente recomienda a las instituciones de salud acoplarse a los nuevos servicios de salud remotos.

(Bermúdez Pérez, 2020)

Así mismo en Colombia no solamente se han llevado a cabo estudios sobre situaciones donde la telemedicina puede ser una solución, sino que también se han documentado casos en los que se ha llevado a la aplicación, como lo es el Telecenter “Doctor Luis Yarzagaray Cogollo” localizado en la Universidad de Cartagena el cual los autores Freddy Pomares Herrera y Francisco Fernandez Periche (2017) difunden en su artículo titulado “Sistema de telemedicina UdC: Un nuevo paradigma en la atención médica Colombiana para el Sur de Bolívar” (p. 1). El artículo tiene por objetivo difundir el sistema de telemedicina desarrollado por la Universidad de Cartagena y la Fundación Aumento y Salud del Caribe, quienes también contaron con apoyo mundial. El plan piloto aplicado logró validar científicamente que los instrumentos de la informática y las telecomunicaciones que fueron implementados en la salud, permiten romper las barreras geográficas, haciendo de esta manera más sencillo el diagnóstico especializado que realizan los profesionales de la salud ubicados en las zonas rurales de Colombia. El telecenter usa circuitos dedicados de banda ancha simétricos y encriptados, que respaldan la calidad diagnóstica, privacidad, estabilidad e interoperabilidad de la información transmitida, entre niveles de atención lo que posibilita brindar una más amplia cobertura, igualdad, mejor calidad del servicio y mayor efectividad, brindando un mejor servicio a la población más vulnerable y en general. Finalmente, los autores evidencian que la tecnología representa entre el 15% y 20% del costo total de implementación del sistema de telemedicina, siendo el restante referente a costos

en personal, organización, composición, capacitación, entre otros. La telemedicina no solo puede ser una solución a poblaciones remotas, sino que puede ser un beneficio para todos incluyendo los cascos urbanos. (Pomares Herrera & Fernandez Periche, 2017)

Otro estudio realizado es el presentado por el autor Jairo Alexis Moreno Cabezas (2018) que lleva por título “Estudio de factibilidad técnica financiera e implementación de un sistema de telemedicina en el hospital local de Candelaria”, en el cual destaca los avances tecnológicos que han tenido las telecomunicaciones, logrando un gran beneficio para el sector de la salud en lo que temas de cobertura respecta. El estudio realizado por el autor permite identificar situaciones en las que la telemedicina permite acercar a los pacientes y médicos del hospital del municipio de la Candelaria y hacer posibles los tratamientos médicos mediante los seguimientos remotos, apoyándose en la información financiera, técnica y médica brindada por el personal. Para finalizar el autor concluye que los beneficios de la implementación de dicho sistema de telemedicina sería una mayor cobertura, ahorro en costos y mayor acceso. El margen de utilidad identificado en el estudio financiero sería una TIR (Tasa interna de retorno) que supera al 10%. (Moreno Cabezas, 2018)

2.1.3. Antecedentes bibliográficos a nivel regional/local

Aunque a nivel regional no se encuentran investigaciones documentadas en los distintos repositorios abiertos al público, es posible encontrar evidencias en boletines informativos como el realizado por la gobernación de Norte de Santander y publicado el 27 de noviembre del 2020, donde se informa acerca de la socialización de un estudio para el diseño e implementación de

servicios de telemedicina y tele-rehabilitación en pro del beneficio de la región de Catatumbo. Dicha reunión tuvo como finalidad estudiar la viabilidad de tal proyecto, así como el posicionamiento de la telemedicina. (Gobernación de Norte de Santander, 2020)

Así mismo se evidencia la atención médica bajo modalidad de telemedicina en el departamento Norte de Santander la cual ha crecido a raíz de la problemática producida por COVID-19 como lo evidencia la EPS Ecoopsos, la cual reportó que a lo largo de los meses de marzo, abril y mayo del año 2020 registraron un total de 433 consultas médica en modalidad de telemedicina, convirtiéndolo en el segundo departamento con más número de atenciones en ese momento. Para llevar a cabo la prestación de dicho servicio, Ecoopsos EPS instauró un sistema tecnológico que permite a sus pacientes tener ingreso a la telemedicina de calidad.

La idea surge con el fin de reducir los tiempos en la asignación de consulta médica para los usuarios, los procedimientos administrativos y desplazamientos que ponen en riesgo la vida del paciente, así como garantizar la disponibilidad del criterio de especialistas a distancia.

(laopinion, 2020)

2.2. Marco contextual

El desarrollo del presente trabajo se realizará en Ocaña, Norte de Santander y estarán comprendidas zonas aledañas como la región del Catatumbo, durante un tiempo aproximado de 8 meses, donde se analizará la situación sanitaria actual que se vive en esta parte del país, con el fin de estructurar estrategias y procesos innovadores que permitan subsanar las inconsistencias

que se presentan diariamente en la prestación de servicios en el sector salud, teniendo como punto fuerte el fortalecimiento de las nuevas tecnologías y redes de telecomunicaciones.

Actualmente, muchas han sido las dificultades que se vive en toda la región del Catatumbo en materia de salud, ya que cada vez son más las quejas y reclamos por parte de los pacientes cuando requieren de un servicio (citas generales, valoración con especialistas, procesos quirúrgicos, tratamientos especiales, etc.) esto debido a la falta de organización e ineficiencia que manejan dichas entidades, sumando también el alto gasto de dinero que el paciente debe invertir para trasladarse hasta el centro médico correspondiente y a su vez, el peligro al cual se enfrenta cuando viaja, pues el mal estado de las vías impide el paso de vehículos. Por otra parte, la violencia y la pobreza son algunos de los factores que afectan directamente en esta parte de la población, lo que hace que la situación descrita anteriormente se agudice y cada vez se haga más complicado abordar dicho problema.

Vale aclarar, además, que se continúa luchando con la crisis sanitaria declarada hace aproximadamente dos años conocida como Covid-19, donde el sistema de salud resultó altamente afectado, por ello, contraer dicha enfermedad era el temor que todo ciudadano sentía si se acercaba a alguien del personal de salud o a entidades hospitalarias, a raíz de esto, muchas personas preferían quedarse en casa y enfrentar aquel virus que se llevó un centenar de vidas. Es por esto que las organizaciones optaron por implementar nuevas estrategias tecnológicas para sobrellevar dicha situación y así obtener una ventaja competitiva en el mercado.

En este contexto, el proyecto de investigación propuesto por los estudiantes Iván Barbosa Ortega y Jineth Sanjuán Rincón como modalidad de trabajo de grado en la Universidad Francisco de Paula Santander, seccional Ocaña, es proponer el diseño de un sistema de Telemedicina para el Hospital Emiro Quintero Cañizares en la ciudad de Ocaña y demás centros médicos que se encuentran ubicados en los municipios que conforman la Región del Catatumbo. La iniciativa planteada es que mediante el uso de herramientas de red y tecnologías de telecomunicaciones tales como; equipos de red Cisco, dispositivos IoMT e IoT, fibra óptica y otras tecnologías de telecomunicaciones, se obtenga una infraestructura de red soportada bajo el protocolo de Internet (IPv6) como alternativa para afrontar el difícil acceso a la salud, ya sea por causas producidas por el COVID-19, la falta de recursos, vías en mal estado, inconsistencias en la prestación del servicio, personal insuficiente, entre otros.

2.3. Marco conceptual

Internet de las cosas (IoT) significa literalmente una red interconectada de objetos físicos o 'cosas' integradas para intercambiar datos entre dispositivos/sistemas que utilizan Internet. Desde su primera mención por parte de Ashton en 1999, se ha observado un crecimiento exponencial que conduce aproximadamente 10.000 millones de dispositivos IoT conectados en la actualidad, con un aumento previsto de aproximadamente 25.000 millones hasta 2025. Técnicamente, implica la optimización del intercambio de datos y el almacenamiento de la información en un servidor en la nube seguro, desde donde los dispositivos informáticos interconectados forman una red para compartir datos y comunicarse a través de dicho servidor. El Internet de las cosas (IoT) describe una amplia gama de objetos con dispositivos de detección

y activación que recopilan, analizan y comparten datos entre los mismos, utilizando programas y plataformas. IoT, es la mayor tendencia emergente en tecnología, ha lanzado una revolución de la información sin precedentes. Es una de las tecnologías disruptivas más notables de este siglo y ha llamado la atención de la sociedad y la industria. (Dwivedi et al., 2021)

Mattern y Floerkemeir (2010) definen el IoT como los elementos conectados al mundo virtual que son controlados de manera remota y actúan como puntos de acceso físico para servicios de Internet. Por otra parte, Huang, Craig, Lin y Yan (2016) la definieron como una red mundial de objetos físicos que utilizan Internet como medio de comunicación. Finalmente, Ben-Day, Hassini y Bahroun (2019) lo describieron como una red de objetos físicos que están conectados digitalmente para detectar, monitorear e interactuar dentro de una empresa y entre la empresa y su cadena de suministro, se permite una mayor visibilidad, agilidad, seguimiento e intercambio de información que facilita la planificación, el control y la coordinación oportuna de los procesos de la cadena de suministro. (Koohang et al., 2021)

La integración y habitabilidad de Internet en el entorno, ha allanado el camino para que las aplicaciones y los sistemas de IoMT formen parte de la vida diaria. Durante la pandemia de COVID-19, el monitoreo continuo del estado de salud en un gran número inesperado de pacientes durante la etapa previa y posterior a la infección es considerablemente indispensable. Tanto los cuidadores o proveedores de atención médica como los pacientes han adaptado con éxito la supervisión, detección y tratamientos remotos de pacientes mediante Internet de las cosas médicas (IoMT, por sus siglas en inglés). Los dispositivos inteligentes basados en IoMT están teniendo un impacto a un ritmo precipitado de manera ubicua, particularmente en el estado de

pandemia global. Sin embargo, considerando la gran magnitud de la necesidad, se prevé que la atención médica sea el área más desafiante para IoMT. (Dwivedi et al., 2021)

El objetivo de Internet of Medical Things (IoMT) y los sistemas de atención médica digital es brindar a las personas la facilidad de recibir atención médica de calidad en la comodidad de sus hogares. Por lo tanto, la finalidad de IoMT es el despliegue ubicuo de sistemas de atención médica en el hogar. Hacer que dichos sistemas sean inteligentes y eficientes para la predicción oportuna de enfermedades críticas puede salvar millones de vidas y al mismo tiempo, reducir la carga de los sistemas de atención médica tradicionales, por ejemplo, los hospitales. El avance en IoT ha permitido tanto a los pacientes como a los médicos acceder a datos en tiempo real. Este avance ha reducido el costo y el consumo de energía de los sistemas de salud digitales mediante el uso de sensores y tecnologías de comunicación eficientes. (Ashfaq et al., 2022)

Actualmente, los avances tecnológicos han abierto un vasto número de oportunidades en el sector de la salud, y la pandemia provocada por el Coronavirus lo ha hecho evidente en el campo de la medicina pública. Limitar las consultas presenciales para prevenir los contagios en salas de espera y espacios de atención de los profesionales de la salud en medio del control de la pandemia, ha llevado al aumento de consultas telefónicas y videollamadas, convirtiéndose en un clásico modelo vanguardista en la atención del paciente que, sin duda, ha llegado para quedarse. Además, se tiene en cuenta que en este modelo se deben garantizar interrogantes en cuanto a seguridad, privacidad y confidencialidad. Ciertamente, mejoras en el proceso desde el punto de vista de la calidad brindada al paciente (accesibilidad, comodidad, rapidez) así como la eficiencia de los profesionales y sistemas. A raíz de esto, la telemedicina se introdujo como una

herramienta para facilitar el comportamiento de enfermería, ofreciendo a los profesionales de la salud todas sus ventajas sin ser tediosa o demasiado complicada. (M^a Pilar & Mateu Hernández, 2021)

Cada vez son más las ventajas que se pueden obtener a través de un sistema de telemedicina, por ejemplo, se reducirán los tiempos de espera y las diferencias geográficas para aquellos con acceso limitado a ciertas especialidades, se evitarían los traslados a centros médicos y hospitales especialmente para los pacientes más vulnerables, se reducirían costos y riesgos para los pacientes y sus acompañantes, se disminuirían las desigualdades por accesibilidad geográfica o movilidad, se aumentaría la velocidad de diagnóstico y tratamiento; mejoraría la continuidad de la atención, el acceso a médicos generales y especialistas hospitalarios; y, en definitiva, aumentaría la comunicación entre los diferentes servicios y áreas hospitalarias. (M^a Pilar & Mateu Hernández, 2021)

La telemedicina también tiene desventajas en términos de acceso y atención clínica, ya que, aumenta la popular brecha digital para los segmentos más necesitados o desfavorecidos de la población, puesto que se requiere de equipos tecnológicos adecuados, profesionales y pacientes capacitados para usar las nuevas tecnologías, personal técnico especializado para atender fallas que se puedan presentar ocasionalmente como ralentización de las redes de comunicación y, finalmente, la implementación de este tipo de sistemas requiere un cambio en el modelo de trabajo de los profesionales de la salud, algo que para algunos resultaría un poco complicado y desafiante. (M^a Pilar & Mateu Hernández, 2021)

Como explica la Organización Mundial de la Salud, la telemedicina es una adición útil a la interacción cara a cara, pero no un reemplazo completo. Además, es importante que los participantes sean siempre personal sanitario cualificado y que se garantice la integridad y confidencialidad de los datos de los pacientes. (OMS, 2019)

Con relación al sistema en cuestión se debe prever que una red hace referencia a la interconexión de dos o más computadoras que se comunican entre sí. Además de compartir recursos, la información se puede enviar o recibir en diferentes momentos. Dicha alternancia horaria se establece mediante determinados mensajes (comandos o señales) intercambio de roles, envío o recepción de dichos mensajes. Para Peña (2013), los componentes de la red, generalmente conectados a las redes informáticas se pueden dividir en dos tipos: redes (dispositivos de red) que gestionan el acceso y la comunicación dentro de la red, como módems, enrutadores, conmutadores, puntos de acceso, puentes, etc.; y aquellas que se conectan a través de ella (dispositivos de usuario final), como ordenadores, portátiles, tabletas, teléfonos móviles, impresoras, televisores inteligentes, consolas de videojuegos, etc.

En términos de arquitectura de red, es la forma más rentable para poner en marcha un conjunto de productos coordinados que se puedan conectar entre sí. La idea es que se interconecten protocolos y otros programas de software, para beneficiar no solo a los usuarios de la red, sino también a los proveedores de hardware y software. (Tintín-Perdomo et al., 2018)

Cuando hay comunicación, la información se comparte. Este intercambio puede ser local o remoto. Entre individuos, la comunicación local suele ser cara a cara, mientras que la

comunicación remota se realiza a largas distancias. El término telecomunicaciones se refiere a la comunicación a larga distancia. La digitalización y la combinación de Internet y las telecomunicaciones han creado una disciplina llamada telemática, en la que los conceptos de redes y movilidad juegan un papel importante. Y está influyendo en el mercado, la aplicación de la tecnología y los aspectos regulatorios y normativos actuales. La infraestructura como herramienta para la actividad económica crea condiciones importantes para aumentar la productividad y reducir el tiempo y esfuerzo para realizar actividades y procesos. Al mejorar la calidad de la infraestructura de telecomunicaciones, la industria de un país puede reducir los costos de transacción y hacer negocios. Recursos que se deben utilizar en las comunicaciones menos eficientes. Todo esto ha llevado a salarios más altos y más puestos de trabajo en la industria. Telecom se ha convertido en uno de los eventos más dinámicos del mundo. Esto se debe a que, durante la última década, la comunicación aumentó la capacidad de enviar información en más de un millón de segunda categoría. La evolución tecnológica ha cambiado la industria de las telecomunicaciones, por lo tanto, será la regulación de cada país de este importante mercado la que determinará la velocidad de esta transformación de cada uno de ellos. (Villafaña, 2018)

2.4. Marco teórico

2.4.1. Redes de computadores

- **Definición:** se conoce como redes de computadores o redes informáticas al conjunto de dispositivos autónomos que se encuentran interconectados entre sí, lo que les permite

compartir información, recursos y servicios. El desarrollo de las redes de computadores ha traído grandes aportes tanto a empresas como a personas, permitiendo el ahorro de costos y tiempo, el acceso a la información remota, la comunicación entre otros muchos beneficios. (Cáceres, 2020)

- **Tipos de redes:** por su extensión las redes se pueden clasificar en 3, descritas a continuación:
 - Redes de área local (LAN): esta es una red de entorno privado la cual se encuentra limitada por el espacio como en una infraestructura de pocos kilómetros. Su implementación más común es en empresas, edificios, universidades, entre otros y su finalidad es intercambiar datos y recursos con altas velocidades y bajas tasas de error.
 - Red de área extendida (WAN): su propósito es el acceso de información desde grandes distancias geográficas abarcando incluso toda la superficie terrestre. Cuenta con velocidades de transmisión baja y alta probabilidad de errores.
 - Redes de área metropolitana (MAN): las redes MAM son consideradas versiones extendidas de las redes LAN y la IEE las define como redes cuyo objetivo es conectar las redes LAN con las WAN. (Hernandez, 2019)

- **Equipos:** entre los dispositivos usados comúnmente para la elaboración de redes informáticas, con el fin de permitir la comunicación ya sea local o a internet, se listan los siguientes:

- Router: dispositivo encargado de la conexión entre redes, se encarga de elegir la ruta de los paquetes que viajan a través de estas.
 - Switch: este dispositivo actúa sobre el nivel de enlace donde se manejan los distintos tipos de servicios de comunicación y se ofrecen las direcciones físicas de los equipos conectados a la red. El trabajo de este dispositivo es examinar cada paquete y entregarlo a su destino.
 - Proxy: software que actúa como puente entre redes, permitiendo a todos los dispositivos conectados a una red LAN acceder a internet por medio de un solo canal de comunicación.
 - Firewall: sistema encargado de la seguridad de los dispositivos conectados a una red LAN que acceden a internet, denegando el acceso a los dispositivos que intentan conectar desde el exterior de la red.
 - Túneles: se utilizan para intercambiar datos entre dos redes, principalmente usada entre redes que usan IPV6 a través de IPV\$.
 - Repetidor: dispositivo para conectar dos redes idénticas, usados principalmente para extender la distancia de las redes LAN.
-
- **Protocolos de internet:** internet usa un sistema de identificación de dispositivos el cual se conoce como protocolo de internet, hoy en día se encuentran vigentes los siguientes protocolos:

- IPV4: protocolo de internet de cuarta versión actualmente utilizado con una longitud de 32 bits y limitado a 4.000 millones de dispositivos lo cual representa un problema con el protocolo TCP/IP cuando fue desarrollado.
- IPV6: esta es la versión 6 del protocolo de internet y el cual tiene un tamaño de 128 bits y el cual resuelve el problema de asignación de direcciones que presenta el protocolo IPV4. (Sánchez, 2020)

2.4.2. Internet

- **Definición:** se define internet como un sistema de información global el cual se relaciona de forma lógica por medio del sistema de direcciones globales basado en el protocolo de internet IP, este sistema es capaz de soportar las comunicaciones por medio de una serie de protocolos compatibles con IP haciendo accesibles los servicios de forma pública o privada.
- **Servicios básicos:** entre las herramientas disponibles más utilizadas está el correo electrónico, el servicio FTP, la WWW, entre otros.
 - Correo electrónico: este servicio permite enviar y recibir mensajes en el cual el mensaje primero llega a un servidor y este se encarga de enviarlo al destinatario. Esto permite que los mensajes quedan almacenados y que el destinatario pueda recibirlos sin la necesidad de que esté conectado.

- FTP: es un protocolo el cual permite la transferencia de archivos y la gestión de archivos almacenados en servidores, así como, enviarlos, descargarlos, crear ficheros o eliminarlos. (Chávez, 2018)

- **Internet de las cosas (IoT):** los constantes avances de la tecnología actual han permitido que todos los dispositivos electrónicos puedan estar conectados a Internet, formando un sistema denominado Internet de las Cosas (IoT). Se puede definir IoT como una red de dispositivos conectados que detectan y comparten datos de forma autónoma mediante redes de sensores inalámbricos e identificación por radiofrecuencia. La gama de aplicaciones de los dispositivos IoT es muy variada y va desde hogares y ciudades inteligentes hasta aplicaciones de atención médica, permitiendo interacción directamente con la vida cotidiana de las personas. Los sistemas IoT tienen características muy específicas y una gran cantidad de dispositivos que generan volúmenes importantes de datos; por lo tanto, requieren altos niveles de conectividad y potencia para continuar funcionando. Según informes recientes, se prevé que la cantidad de dispositivos conectados a IoT aumente cada año, alcanzando los 25 000 millones de dispositivos para 2021. (Alfrhan et al., 2021)

- **Internet de las cosas médicas (IoMT):** el objetivo principal de IoMT y los sistemas de atención médica digital es brindar a las pacientes la posibilidad de recibir atención médica de calidad de forma remota, por lo que sería correcto afirmar que la finalidad de IoMT es el despliegue de sistemas de atención médica en el hogar, de tal forma que los

pacientes reciban atención médica desde sus hogares, así mismo estos dispositivos pueden ser un excelente respaldo y ayuda para llevar los servicios de salud a los lugares más lejanos donde dichos servicios son escasos. Hacer que estos sistemas sean inteligentes y eficientes para la correcta y oportuna predicción de enfermedades críticas, puede salvar millones de vidas y, de igual manera, disminuir la carga de los sistemas de atención médica tradicionales. El avance en IoT ha permitido que tanto los pacientes como los médicos accedan a datos en tiempo real. Este avance ha reducido el costo y el consumo de energía de los sistemas de salud digitales mediante el uso de sensores y tecnologías de comunicación eficientes. (Ashfaq et al., 2022)

2.4.3. Telemedicina

De acuerdo a la organización mundial de la salud, se define a la telemedicina como “La práctica de atención médica con ayuda de comunicaciones interactivas de sonido, imágenes y datos; ello incluye la prestación de asistencia médica, la consulta, el diagnóstico y el tratamiento, así como la enseñanza y la transferencia de datos médicos” (OMS, 1997), en pocas palabras se puede definir la telemedicina como la práctica de brindar servicios médicos por medio de profesionales de la salud a distancia empleando la tecnología. Está demostrado que la telemedicina elimina las barreras y mejora el acceso a la salud de los pacientes, aumenta la continuidad de la atención, reduce las hospitalizaciones y mejora los resultados clínicos y con todo ello mejora la calidad de vida.

Debido a la problemática producida por la pandemia de COVID-19 se aceleró rápidamente la implementación de la telemedicina y la colocó al frente de la prestación de atención médica. (Balut et al., 2022)

En términos de su implementación, la telemedicina se divide en:

- Telemedicina de almacenamiento y envío: los servicios de telemedicina store-and-forward se prestan de forma asíncrona para que el proceso de intercambio de datos se pueda llevar a cabo, aunque el emisor y el receptor no estén presentes al mismo tiempo, por ejemplo, el envío de exámenes médicos para su valoración por medio de correo electrónico.
 - Diagnóstico: este campo de la telemedicina se acompaña de elementos o sistemas tecnológicos como sistemas expertos remotos, dispositivos IoT, dispositivos IoMT, entre otros, que contribuyen al uso de bases de datos en tiempo real para el diagnóstico de pacientes, lo que facilita la toma de decisiones del personal médico.
 - Telemedicina en tiempo real: los servicios de telemedicina en tiempo real o telemedicina sincrónica son aquellos que requieren que los trabajadores de la salud y los pacientes interactúen al mismo tiempo de forma interactiva, como los servicios de consulta de salud en línea que se realizan a través de videoconferencias. (Juan Miguel González Aguilar., 2015)
- **Servicios de telemedicina:** la telemedicina ofrece diversos servicios, tales como:

- Consulta a distancia: la consulta a distancia, teleconsulta o telesalud se define como la interacción entre un profesional sanitario y un paciente para realizar un diagnóstico o tratamiento utilizando tecnologías de telecomunicación.

El uso del asesoramiento físico requiere un conocimiento básico de las tecnologías de la comunicación y, sobre todo, saber cuándo es necesario un asesoramiento personal.

La consejería corporal requiere una buena conexión a internet, una computadora con capacidad de audio y video para recepción y transmisión, se recomiendan conexiones a internet rápidas y estables de al menos 1 MB, se requieren herramientas de conferencia que permitan la interacción remota.

La consulta remota es efectiva cuando se requiere la evaluación del paciente, lo que reduce las visitas de emergencia innecesarias.

Las teleconsultas programadas permiten la evaluación, seguimiento y seguimiento de pacientes que no requieren un examen médico personal. Sin embargo, dada la infraestructura tecnológica disponible, no todos los servicios de salud pueden ser reemplazados por servicios a distancia, por lo que es necesario determinar cuándo la telesalud es la solución y cuándo no.

La telesalud es una gran alternativa en situaciones de pandemia, cuando las autoridades se ven obligadas, entre otras cosas, a cerrar la sociedad, cerrar fronteras y restringir el uso de medios de transporte. Por otro lado, la telesalud también trae beneficios administrativos a los centros de salud y la oportunidad de discutir técnicas entre los profesionales de la salud. Algunos ejemplos concretos

de telesalud son las teleconferencias médicas relacionadas con el intercambio de recursos, como información y conocimiento, que facilitan la toma de decisiones, que suele utilizarse en casos de diagnóstico conjunto entre profesionales sanitarios del mismo rango y la telepresencia se refiere a cuando un especialista monitorea remotamente el tratamiento bajo la supervisión de otro médico. (Organización Panamericana de la Salud, 2020)

- Teleprevención: se refiere a la promoción de la salud mediante el uso de las tecnologías de la información y la comunicación como la televisión para la prevención de riesgos y la sensibilización de los pacientes.
- Telediagnóstico: este concepto de telemedicina incluye otras áreas, como los sistemas remotos especializados que contribuyen al diagnóstico de los pacientes, o el uso de bases de datos en línea que permiten el diagnóstico remoto a través de la transmisión electrónica de la historia clínica.
- Monitoreo remoto: esta técnica consiste en la transmisión de datos médicos tomados de un paciente con el fin de monitorear remotamente su posición y funciones vitales. Se repite en los casos en que la paciente es atendida en su domicilio.
- Vigilancia por televisión: aplicable cuando se requiera una vigilancia estricta mediante tecnologías de la información y las telecomunicaciones para tomar las medidas preventivas y de vigilancia adecuadas.
- Emergencia Remota: consiste en el uso de dispositivos móviles que permiten un diagnóstico inicial rápido, con la ayuda de expertos que monitorean las funciones

vitales del paciente con el fin de enviar información al centro de salud, lo que permite la acción oportuna necesaria. (Cardier et al., 2016)

- **Beneficios de la telemedicina:** los beneficios de la telemedicina son amplios e involucran a los diferentes actores que intervienen como:
 - El sistema de salud: entre las ventajas más importantes de la telemedicina se puede encontrar la optimización y mejor aprovechamiento de los recursos de emergencia, la mejorar gestión de la demanda hospitalaria, reducción del número de hospitalizaciones, reducción de la recurrencia de intervenciones médicas, transparencia del sistema, ampliación de las fronteras de acceso, entre otras.
 - Centros de salud: los centros de salud pueden recibir beneficios en el manejo de las historias clínicas, mejor comunicación con otros centros médicos, aplicación de los servicios, ahorro en gastos de transporte, diagnósticos oportunos, automatización de los procesos médicos y administrativos, entre otros.
 - Los profesionales: entre los beneficios para los profesionales de la salud se encuentra una mejor comunicación entre profesionales del mismo y de diferentes entornos de atención, la historia clínica se centrará en el paciente en lugar de orientarse hacia el problema, se mejorará la disponibilidad de datos del paciente, la educación toma mayor importancia igualmente los recursos de investigación, mejor manejo de la información, se evitan desplazamientos, más acceso a la información, ahorros de tiempos.

- Los pacientes: son quienes están asociados con un mayor acceso a los recursos de atención médica, un mejor acceso a la información sobre sus problemas, una mejor comprensión integral del paciente y una atención universal, se resaltan beneficios como: reducción de la desigualdad, diagnósticos más rápidos, se evitan traslados, reducción de gastos, posibilidad de mayor acompañamiento familiar, entre otros. (OMS, 2016, p. 14)

- **Equipos y medios usados:** es importante resaltar que dependiendo del contexto se pueden contemplar dos sistemas de telemedicina que serían los sincrónicos y los asincrónicos, de acuerdo a esto se pueden encontrar los siguientes dispositivos los cuales son empleados en la telemedicina:
 - Teléfono: ideal para todo tipo de pacientes, no requiere conocimientos sobre el uso de tecnologías y actualmente es el medio más extendido para el uso de la telemedicina.
 - Computadora: dispositivo altamente empleado, permite la comunicación en tiempo real con transmisión de imagen y audio, brindando una mejor interacción entre el paciente y el profesional de la salud. Los equipos de cómputo también permiten el envío de información como exámenes médicos, historias clínicas entre otros. El uso de este dispositivo requiere que el paciente tenga conocimientos básicos sobre el uso de tecnologías o un acompañante con estos conocimientos.

- Cámara web: dispositivo importante cuando se requiere interacción visual, comúnmente integrado a las computadoras.
- Computadoras con software específico: estos equipos permiten el monitoreo remoto de los pacientes, captura y procesado de información. El uso de este tipo de equipos requiere conocimientos básicos sobre el uso de tecnologías o el acompañamiento de un técnico con conocimiento sobre el uso del equipo.
- Dispositivos médicos móviles: son empleados para la captura de datos de forma remota, permitiendo el monitoreo de los pacientes en tiempo real, ejemplo de ello son las pulseras biométricas, pulsómetros, entre otros. (Romero, 2020)

2.5. Marco legal

Los aspectos legales del proyecto se basan en los principios fundamentales establecidos en la Constitución Política de Colombia, y en una serie de leyes y decretos relacionados, los cuales sirven de referencia testimonial y sustentan la investigación a realizar.

El artículo 49 de la Constitución Política de Colombia de 1911, establece que los aspectos relacionados con la salud y la higiene ambiental son servicios públicos que dependen directamente del Estado, quien es el que debe garantizar que todas las personas tengan acceso a todos los servicios de promoción, protección y rehabilitación de la salud. El Estado prepara, ordena y autoriza la prestación de los servicios de salud y saneamiento a la población con base en los principios de eficiencia, comunidad y solidaridad. Asimismo, les corresponde determinar las políticas para la asistencia de los servicios médicos por parte de los particulares, la vigilancia

y el control en la comunidad. Además, otra de sus atribuciones es ejercer las competencias del Estado, de los entes locales y de los particulares, determinando las contribuciones a cargo de los mismos según las modalidades que señale la ley. Los servicios de salud se coordinan de manera descentralizada por estos niveles de atención, con intervención de la sociedad. La ley también señala que la espera básica sea gratuita y obligatoria para todos los residentes. Todos tienen la responsabilidad de ser protectores integrales de su salud y de la salud de la comunidad.

(Constitución política de Colombia, 1991)

El Congreso de la República de Colombia, por medio de la Ley No. 1419 de 2010, estableció lineamientos para la implementación de la telemedicina en Colombia, tomando como apoyo al sistema general de seguridad social en el ámbito de la salud, conforme a los principios de unidad, solidaridad, calidad, universalidad, exhaustividad y eficiencia, para lo cual se adoptan determinadas definiciones en relación con la asistencia e implantación de las nuevas tecnologías de la información y telecomunicaciones en dicho sector. (Congreso de Colombia, 2010)

Las condiciones de elegibilidad de las entidades establecidas por el Ministerio de Seguridad Social de acuerdo con la resolución 1448 del 8 de mayo de 2006, brindan servicios de salud en el marco de un sistema de telemedicina, con el único objeto de regular dichos servicios de esta manera, y así para establecer la obligación de condiciones de cumplimiento para los establecimientos médicos, la normativa de referencia correspondiente a un régimen único de autorización para los prestadores de servicios de salud. (Ministerio de la protección social, 2006)

El Ministerio de Salud y Seguridad Social estableció las normas y criterios en el país para la implementación de la telemedicina a través de la Resolución N° 2654 de 2016, que busca promulgar las normas y parámetros de la telemedicina para la práctica de la telesalud, su variedad, los medios técnicos de uso, la calidad del servicio, la seguridad y planificación de la información y datos asociados. (Ministerio de salud y protección social, 2016)

El Ministerio de Salud y Bienestar, adoptó la Resolución 3100 de 2019, que establece los métodos y condiciones para la declaración y autorización de servicios de salud por parte de los prestadores del mismo, donde se acoge el manual de registro y en el cual se menciona la telemedicina como una modalidad de prestación de servicios de salud, que incluye diversos componentes de promoción, prevención, diagnóstico, seguimiento y recuperación, por parte de expertos en salud que hacen uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación para intercambiar datos destinados a dar entrada y posibilidad de prestar dichos servicios de salud social cuya limitación es su área geográfica (Ministerio de salud y protección social, 2019)

A través del Decreto Legislativo 538 de 2020, el Ministerio de Salud y Protección Social ha adoptado estrategias que contribuyan a prevenir y mitigar los casos detectados durante la pandemia producida por el COVID-19, y asimismo garantizar el abastecimiento de los servicios sanitarios, en el marco de las Emergencias Económicas, Sociales y Ecológicas, promovido en su artículo 8 sobre ejercicios tecnológicos que ayudan a facilitar el acceso a la asistencia médica, para lo cual se establecerá plataformas accesibles por parte de los prestadores del servicio. (Ministerio de salud y protección social, 2020)

Mediante el Decreto N° 4107 de 2011, se crea la Agencia de Medicamentos y Tecnologías Sanitarias, dependiente del Ministerio de Salud Pública y Prestación de Servicio, cuyas funciones correspondientes al Directorio son las siguientes:

- Desarrollar criterios para la identificación y organización de medicamentos, utensilios médicos y tecnologías sanitarias que contribuyan al cuidado sanitario y epizootiológico.
- Implementar lineamientos políticos para adherirse a las buenas prácticas en la cadena mercantil relacionadas con modelos de observación higiénica y epidemiológica en las áreas medicinales, equipos médicos y tecnologías sanitarias.
- Prepararse con el fin de participar en lineamientos y estrategias que analicen los temas, intereses y posiciones de Colombia en el marco de la uniformidad de las normativas regulatorias internacionales y la integración subregional y global en temas relacionados con la asistencia oportuna, calidad y utilización lógica de medicamentos, equipos médicos y tecnologías de la salud. (Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud, 2011)

La Ley Nro. 1341 de 2009 establece un marco para la preparación de políticas públicas que dirigen el entorno de las TIC, su régimen general, de competencia, cobertura y protección al consumidor, calidad de los servicios, oferta de la inversión industrial y utilización de dichas tecnologías. De esta manera, gracias a los esfuerzos del Estado se lleva a cabo el uso eficiente del espectro radioeléctrico y las redes para planificar, gestionar, administrar, regular, controlar y

vigilar adecuada y eficazmente los recursos y promover la discriminación en el acceso libre a la información en la sociedad y población del territorio del país.(Congreso de Colombia, 2009)

La Ley de 1978 de 2019, publicada por el Congreso colombiano, posee como objetivo ajustar los incentivos para los autoridades y agentes del sector TIC, incrementar su seguridad jurídica, modernizar y simplificar la institucionalidad de dicho campo, para invertir con el objetivo de cerrar efectivamente la brecha digital, promoviendo la participación en el desarrollo de proyectos relacionados del sector privado, y mejorando la eficiencia de los agentes del sector en el pago de compensaciones y costos económicos. (Congreso de Colombia, 2019)

De acuerdo al Decreto 4948 de 2009, que establece la autorización general para el registro de redes y servicios de telecomunicaciones y TIC. Ordena que cada una de las disposiciones establecidas en dicho decreto se adapten a los proveedores de redes y asimismo a los servicios de telecomunicaciones y de licencias para la utilización de recursos escasos, incluyendo los titulares de redes de telecomunicaciones no accesibles al público. Muestra la estructura, procedimientos, reforma y cancelación del registro. Establece un plazo de 90 días hábiles para que todo proveedor o concesionario de redes y/o servicios de telecomunicaciones se inscriban en sus respectivos registros. (Ministro del interior y de justicia, 2009)

La Ley 2109 de 2021 tiene por objeto definir los servicios públicos de telecomunicaciones, siendo el acceso a Internet una de las características esenciales para promover la universalidad y asegurar que dichos servicios se presten de manera eficiente, continua y permanente. Por lo tanto, se debe habilitar la conectividad para todos los habitantes

del país, sin importar las condiciones sociales o raciales, en caso de vulnerabilidad o en sectores rurales y alejados. (Congreso de Colombia, 2021)

Por su parte, el comité de estandarización conocido como IEEE 802 LAN/MAN tiene como objetivo desarrollar y mantener estándares y procedimientos de red apropiados para redes locales o pequeñas, redes de ciudad y otras áreas, mediante la realización de un proceso legítimo y acreditado con soporte global. Por lo tanto, algunos de los estándares más utilizados para Ethernet incluyen puentes y puentes VLAN, PAN inalámbrico, LAN inalámbrico, MAN inalámbrico, RAN inalámbrico, coexistencia inalámbrica y servicios de red, transferencia independiente de medios. Por ello, cada área de la red cuenta con un equipo de trabajo que brinda dirección. (Comité de Estándares, 2022).

IEEE 802.11 es un estándar que establece y administra redes de área local inalámbricas (WLAN), las cuales operan en el espectro de 2.4 GHz (gigahercios), definido en el año 1997. Originalmente, este estándar definía la operación de 1 Mbps y 2 Mbps utilizando 3 técnicas diferentes:

- Espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS)
- Espectro ensanchado de secuencia directa (DSSS)
- Infrarrojos (IR)

El estándar original requería interoperabilidad entre dispositivos de comunicación en las tecnologías inalámbricas y no interoperabilidad entre las anteriores tecnologías mencionadas.

Desde entonces, se han definido varios estándares en IEEE 802.11 los cuales permiten velocidades cambiantes de operación. Por ejemplo, el estándar IEEE 802.11b alcanza hasta 11 Mbps y el 802.11a permite hasta 54 Mbps, ya que opera a una frecuencia superior (5GHz). (Comité de Estándares, 1997)

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1. Tipo de investigación

Para el desarrollo de este proyecto se partirá de la investigación aplicada, con ella se pretende obtener más grandes perspectivas, profundización, innovación, estudio con más estabilidad y rigor en todas las propuestas que se hagan; paralelamente, se aspira a su unión para la ejecución de críticas e inferencias sobre todos los datos recolectados, para poder hacer una apropiación del asunto de indagación.

Partiendo del objetivo principal, la realización del diseño de un sistema de red de telemedicina para la atención médica enfocada en los habitantes de la región del Catatumbo que diariamente se ven afectados por las condiciones de difícil acceso a la salud, aplicando un enfoque de diseño cualitativo y partiendo de una investigación aplicada, se plantea este método de diseño cualitativo como el más acertado y el que más se ajusta a las expectativas del proyecto de investigación dado que parte de un concepto claro de estudio donde se permite determinar los elementos ya existentes para el caso de estudio, planteando el diseño de un sistema de telemedicina para la atención médica en la región del Catatumbo usando diferentes tecnologías actualmente desarrolladas, se identificará las características con citaciones de datos primarios y secundarios, útiles para definir pautas en la obtención de resultados durante la presente investigación.

Para el desarrollo e implementación de la metodología escogida se tendrá en cuenta los objetivos planteados, los cuales serán transformados en las diferentes etapas y fases del proyecto donde se aplica dicha metodología mencionada.

Primer objetivo: Analizar las dificultades e inconvenientes que se presentan para la atención médica de los pacientes de la región del Catatumbo.

- Contextualización de la situación actual de la salud en la región del Catatumbo.
- Análisis cualitativo de la información obtenida sobre el estado de la salud en la región del Catatumbo.
- Propuesta de alternativas y mejora para la atención médica en la región.

Segundo objetivo: Identificar el funcionamiento de diferentes tecnologías que se adapten al entorno rural propias de la región del Catatumbo.

- Revisión documental sobre tecnologías de comunicación actuales.
- Análisis de protocolos y sistemas de red.
- Selección de sistemas y tecnologías.

Tercer objetivo: Proponer un sistema de infraestructura de red de telemedicina para la atención médica en la región del Catatumbo, soportado bajo la pila de protocolo IPv6.

- Selección de equipos y protocolos apropiados para el diseño de red.

- Diseño lógico de la red soportada bajo el protocolo de Internet (IPv6).
- Diseño topológico de la red propuesta para el sistema.

Cuarto objetivo: Evaluar la propuesta del sistema mediante procesos de simulación y modelamiento.

- Simulación de la red en entornos de prueba.
- Evaluación de la red propuesta.
- Obtención de resultados.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población seleccionada para la elaboración de la investigación son los usuarios del Hospital Emiro Quintero Cañizares específicamente los de la Región de Catatumbo donde según el DANE dicha población está conformada por 288.452 habitantes aproximadamente hasta el 2018.

3.2.2. Muestra

Teniendo en cuenta la población se determinó que la muestra corresponde a los pacientes de los centros médicos asociados al hospital Emiro Quintero Cañizares más exactamente

aquellos pertenecientes a los municipios de Abrego, La Playa, Hacarí, San Calixto, El Tarra, Convención y Teorama, así como también los diferentes entes funcionarios públicos y administrativos asociados al sector de la salud de cada uno de estos municipios y del hospital.

3.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de información

La obtención de información primaria se realiza mediante la técnica de observación la cual permite identificar las falencias presentes en el contexto actual y mediante la elaboración de pruebas de laboratorio en entornos simulados llevadas a cabo durante el desarrollo del proyecto, de las cuales se pueden obtener datos significativos para la obtención y presentación de resultados.

Las fuentes de información secundarias corresponden a la revisión bibliográfica y documental realizada previamente y durante la ejecución del proyecto, la cual permite el desarrollo de teorías y análisis de resultados basados en estudios previos.

3.4. Análisis de información

La información obtenida mediante la observación y estudios previos se organiza de forma estructurada, obteniendo así un análisis que permita resolver los problemas tratados y presentar un plan, donde se aborde el diseño de un sistema de red de telemedicina que cumpla con los objetivos definidos.

Capítulo 4. Diseño de un sistema de red de telemedicina para la atención médica en la región del Catatumbo.

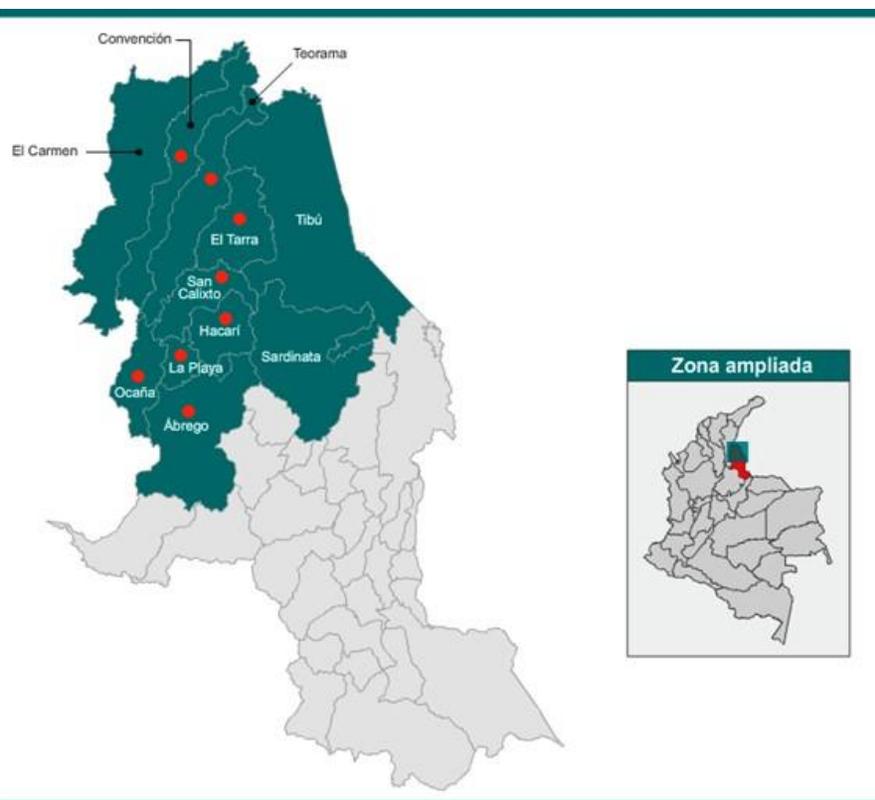
4.1. Descripción de la propuesta

La principal característica del sistema de telemedicina planteado es poner en primer lugar la salud de la población en general, atendiendo a cada persona de manera eficiente y logrando así, el diagnóstico con su respectivo tratamiento, ayudando a su vez a la prevención y rehabilitación de enfermedades.

La red diseñada para un sistema de telemedicina se compone de siete nodos secundarios o también estaciones de telemedicina que representan los centros de salud de los municipios de Abrego, la Playa, Convención, Teorama, San Calixto, Hacarí y el Tarra, a su vez se compone de un nodo principal el cual representa al hospital Emiro Quintero Cañizares del municipio de Ocaña. En la figura 1, se puede apreciar la ubicación geográfica de estos municipios de la región del Catatumbo, los cuales están marcados con un punto de color rojo.

Figura 1

Región del Catatumbo.



Nota. Tomada de (mapa-catatumbo-final | VerdadAbierta.com, 2020)

Cada estación de telemedicina cuenta con un cuarto de redes donde se encuentran equipos tales como:

- Routers (instalado uno en cada centro médico), los cuales permiten la salida de información a otras redes y a internet.
- Switches, que realizan una interconexión para enlazar equipos de una red, permitiendo la adecuada administración de esta, entre otros.

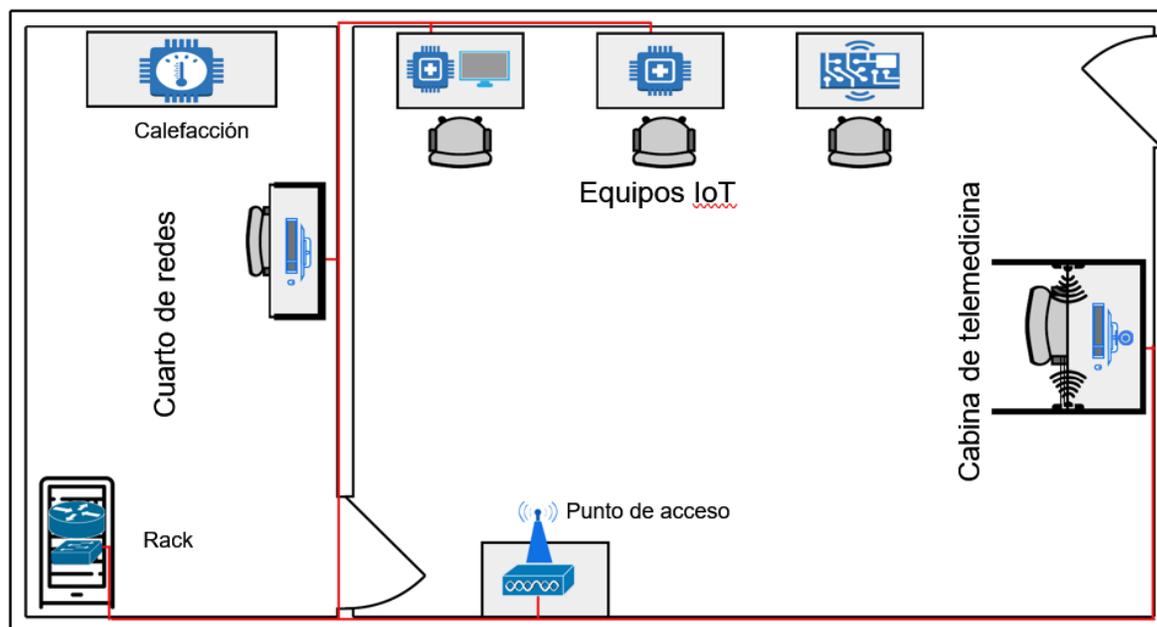
Además, cuenta con una sala de atención donde se encuentran dispositivos tales como:

- Puntos de acceso inalámbricos, que permiten establecer una conexión inalámbrica entre equipos.
- Computadoras, las cuales recolectan y ordenan la información que captan los diferentes dispositivos IoT y demás periféricos.
- Dispositivos IoMT, que capturan información sobre el estado del paciente a través de los diferentes sensores.
- Periféricos, para lograr la comunicación entre pacientes y profesionales de la salud, entre otros. Revisar figura 2.

La conexión entre los diferentes dispositivos es tanto inalámbrica mediante los puntos de acceso inalámbricos, como cableada mediante el cableado estructurado.

Figura 2

Estación de telemedicina.



Nota. Elaborado en Lucidchart.

Cada centro médico donde asisten los pacientes, se toma como una estación que va a disponer de los distintos dispositivos médicos necesarios para la valoración del paciente, por lo que se hace necesario la asignación de un asistente técnico que guíe el correcto manejo de cada equipo.

La estación principal o nodo principal ubicada en la ciudad de Ocaña, donde se encuentran los profesionales de salud, quienes son los encargados de realizar las respectivas valoraciones, cuenta con un cuarto de redes donde se encuentran equipos tales como:

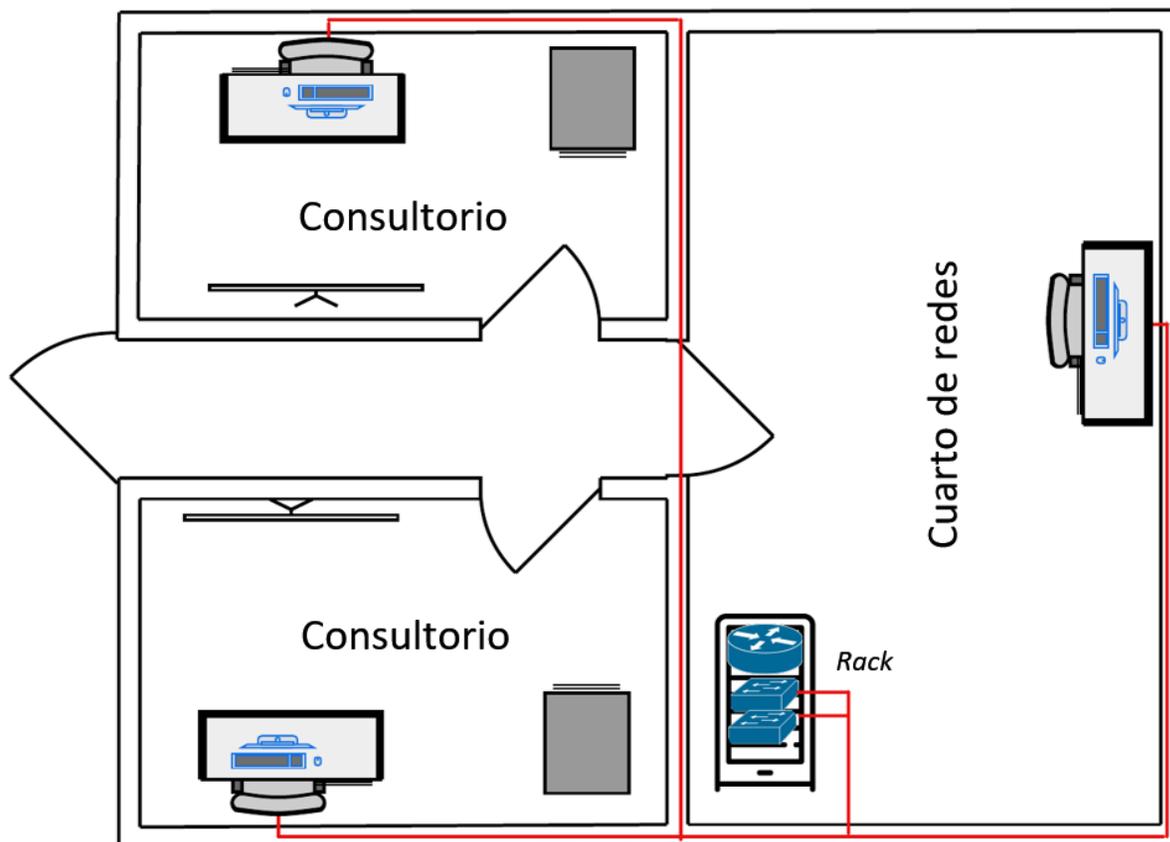
- Un router, el cual permite la salida de información a otras redes.
- Dos switches, que realizan una interconexión entre los equipos de la red y permiten la adecuada administración
- Un servidor IoT, donde son almacenados los datos capturados por los diferentes dispositivos, entre otros. Para acceder a estos datos es necesario ingresar al servidor mediante un dominio.

La red interna de la estación principal está dividida en dos, red administrativa y red de consultorios. A la red de consultorios están conectados los equipos de los diferentes profesionales de la salud, donde por medio de unas credenciales se podrá acceder a los datos capturados por los dispositivos en las estaciones de telemedicina alojados en el servidor IoT y

administrar estos dispositivos de forma remota. El servidor IoT y los equipos administrativos van a estar conectados a la red de administrativa. Ver figura 3.

Figura 3

Nodo principal ESE hospital Emiro Quintero Cañizares.



Nota. Elaborado en Lucidchart.

La conexión en las redes del nodo principal es mediante cableado estructurado.

Aparte de los dispositivos empleados por los profesionales de salud, se debe disponer de micrófonos, cámaras web, altavoces, sensor de huella, firma digital, entre otros, que permita no

solamente una comunicación entre paciente y profesional de la salud, sino también que brinden seguridad e integridad de la información durante cada proceso llevado a cabo.

En este sentido, el objetivo principal es asistir a los pacientes adecuadamente y optimizar los servicios sanitarios en tiempo real.

Gracias a la telemedicina, es posible monitorizar más fácilmente todo el proceso asistencial (trámites administrativos, gestión de datos clínicos, diagnóstico, tratamiento, entre otros) mediante redes de comunicación y sistemas de información. En este sentido, son muchos los beneficios que un sistema de red de telemedicina brinda tanto a los pacientes como al personal médico, por lo tanto, las ventajas que obtendría la población en general de la región del Catatumbo con dicho sistema al momento de brindar o recibir el servicio sería:

- Una asistencia remota que se proporcione mediante sistemas de telecomunicaciones, donde el paciente será atendido desde el centro de salud establecido en su municipio, sin necesidad de trasladarse hasta el lugar en que se encuentre el médico o especialista.
- Una consulta, revisión o diagnóstico, el cual será analizado y estudiado por médicos de diferentes lugares para obtener un diagnóstico común y acertado.
- Una monitorización constante al paciente con parámetros relacionados al proceso de asistencia sobre cambios en el estado del mismo.
- Una respuesta rápida y oportuna en los procedimientos como solicitud de citas, exámenes con especialistas, entre otros.

- La inclusión de nuevas tecnologías en la región, que en su gran parte se trata de zonas rurales.

Con base a lo anterior, la telemedicina no es un elemento tecnológico, sino una nueva forma de conducir y organizar la prestación de servicios de salud. La tecnología es solo una herramienta y como tal hay que tomarla en serio, no todo lo tecnológicamente factible es necesario o aporta valor a una organización sanitaria. Así, se gestionan de forma eficaz las tecnologías de saneamiento, introduciendo aquellas tecnologías que respondan a necesidades reales o carencias del sistema.

4.2. Herramientas empleadas en la elaboración del diseño

Con base a la finalidad del proyecto es posible encontrar algunas herramientas de código abierto o que forman parte de aquellas brindadas por la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña con las características necesarias para satisfacer los objetivos planteados. Entre las herramientas tenidas en cuenta para la elaboración del proyecto se describen las siguientes:

4.2.1. Cisco Packet Tracer Version 8.2

Cisco Packet Tracer es una potente herramienta multiplataforma que permite la simulación y evaluación de redes, IoT y ciberseguridad mediante configuraciones para los diferentes dispositivos por medio de una interfaz de comandos.

Entre las principales características se encuentran:

- Diseño y construcción de redes.
- Disponibilidad de una gran variedad de dispositivos de red, dispositivos IoT, sensores, entre otros.
- Simulación de internet de las cosas.
- Soporte para una gran variedad de protocolos como, IPV6, HTTP, FTP, Ethernet, entre otros.

Teniendo en cuenta las limitaciones de este software es importante resaltar que, a pesar de permitir la simulación de redes, los dispositivos no cuentan con todas sus características como las que cuentan un dispositivo real.

4.2.2. UISP Design Center

La herramienta de Ubiquiti para la simulación predictiva de Enlaces Inalámbricos permite llevar a cabo análisis en cuanto a la viabilidad de conexión para enlaces punto a punto (PtP) y punto a multipunto (PtmP). Es importante tener en cuenta las reglas relacionadas con la zona de Fresnel, pues a medida que aumenta la distancia del enlace también lo hace el radio, a una mayor frecuencia del enlace de radio este último disminuye, a una menor cantidad de obstáculos mejora el throughput, y la primera zona de Fresnel comprendida por el 60% debe estar libre para una conexión exitosa.

4.2.3. MQTT Lens

MQTT Lens es una herramienta de cliente de escritorio para el protocolo de mensajería MQTT. Es compatible con Windows, Mac y Linux. Permite a los usuarios conectarse a un servidor MQTT, publicar y suscribirse a tópicos, y ver los mensajes transmitidos en tiempo real. Además, tiene una interfaz gráfica de usuario fácil de usar que permite a los usuarios configurar conexiones, publicar y suscribirse a tópicos de forma intuitiva. Es una herramienta popular para desarrolladores y diseñadores de sistemas IoT.

4.2.4. Ubidots

Ubidots es una plataforma de Internet de las cosas (IoT) que permite a los usuarios conectar, monitorear y automatizar dispositivos y sensores conectados a través de la nube. Proporciona una interfaz fácil de usar para recolectar, almacenar y visualizar datos en tiempo real, y permite crear aplicaciones personalizadas y automatizaciones basadas en esos datos. Ubidots también permite la integración con otras plataformas y servicios, como servicios en la nube, plataformas de análisis y aplicaciones móviles. Es utilizado por empresas e individuos para monitorear y automatizar sus sistemas, dispositivos y procesos.

4.3. Equipos establecidos en el diseño

Con base en la tecnología disponible tanto en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña como la representada en las herramientas seleccionadas para la realización y

simulación del sistema de telemedicina, se optó por escoger los dispositivos de red de la marca Cisco, entre otros, que se describen a continuación.

4.3.1. Router cisco serie 4000:

Los enrutadores de servicios integrados de la serie 4000 de la marca Cisco brindan enrutamiento, alojamiento, seguridad, conmutación y visibilidad de aplicaciones, todo esto en un único dispositivo confiable. Este equipo permite la construcción de redes seguras, rápidas y escalables adoptando tecnologías avanzadas como SD-WAN satisfaciendo las grandes demandas de rendimiento de las redes impulsadas por las aplicaciones en la nube y siendo este, el caso redes con dispositivos IoT. (Cisco, 2018)

Figura 4

Enrutador de servicios integrados Cisco 4321



Nota. Tomada de (Cisco, 2019)

Tabla 1

Principales características del Router Cisco serie 4000

Característica	Especificación
Módulos de interfaz de red (NIM)	2
Número máximo de puertos LAN Ethernet conmutados con PoE	N / A
Tipo de módulo de servicio EtherSwitch (ancho)	N / A
Compatibilidad con PoE (voltaje) sin aumento de PoE	120 W
Prevención de intrusiones	Sí
Seguridad web de la nube de Cisco	Sí
Módulo de inserción y extracción en línea (OIR)	Sí
Tipo de fuente de alimentación	Externo: CA, PoE
Número de máximo de puertos Ethernet conmutados	N/A
Aceleración de hardware VPN (DES, 3DES, AES)	No
Puerto de gestión	1 GE (integrado fuera de banda)
Compatibilidad con PoE (vataje) con PoE boost	260 W
Plataforma de virtualización de servidores (UCS E-Series)	N / A
Módulo de servicios mejorados (SM-X)	N / A
Servicios NAT y firewall, basados en zonas	Firewall compatible con VRF y traducción de direcciones de red (NAT)
Puertos USB (tipo A)	1
Puertos WAN integrados	1 GE / SFP 1 GE
DRAM predeterminada/máxima	4GB / 8 GB
Flash predeterminado/máximo	4GB / 8GB

Característica	Especificación
Actuación	50 bps Actualizable a 100 Mbps

4.3.2. Switch cisco serie 2960

Los Switches de la serie 2960 son dispositivos apilables de configuración fija que ofrecen conectividad Gigabit y Fast Ethernet para grandes y medianas empresas e incluso sucursales. Brindan confiabilidad y seguridad a las operaciones empresariales a un menor costo total mediante una variedad de características innovadoras. (Cisco, 2021)

Figura 5

Switches Cisco Catalyst serie 2960



Nota. Tomada de (Cisco, 2021)

Tabla 2

Principales características del Switch Cisco Catalyst serie 2960

Característica	Especificación
Cantidad de puertos USB 2.0	2
Puerto de consola	RJ-45

Característica	Especificación
Puertos tipo básico de conmutación RJ-45 Ethernet	Gigabit Ethernet (10/100/1000)
Puertos básicos de conmutación RJ-45	24
SFP+ module slots quantity	2
Consumo energético	52.3 W
Frecuencia de entrada AC	50 – 60 Hz
Adición de vínculos	Soporta
Control de transmisión de tormentas	Soporta
Limitar tasa	Soporta
IGMP	Soporta
Auto MDI / MDI-X	Soporta
Protocolo de árbol de expansión	Soporta
Soporte VLAN	Soporta
Soporte 10G	Soporta
Emisión de sonidos	Soporta
Capacidad de conmutación	216 Gbit/s
Jumbo Frames, soporte	Soporta
Número de VLANs	1023
Lista de Control de Acceso (ACL)	Soporta
Soporte SSH / SSL	Soporta
DHCP features	DHCP server
Capa del interruptor	L2
Calidad de servicio (QoS) soporte	Soporta
Multidifusión, soporte	Soporta
Administración basada en web	Soporta
Memoria interna	512 MB

Característica	Especificación
Montaje en rack	Soporta
Número de fuentes de alimentación	1
Bidireccional completo (full access)	Soporta

4.3.3. Servidor Cisco B200 M6

Los servidores disponibles en el simulador de red Packet Tracer no cuentan con unas especificaciones definidas o una contraparte real de la gama de dispositivos que ofrece cisco; sin embargo, se puede recomendar uno de estos dispositivos que mejor se adapte a las necesidades del sistema propuesto. Para entornos con sitios remotos o centros de datos, el Cisco UCS de clase empresarial B200 M6 Blade Server ofrece rendimiento, flexibilidad y optimización para implementaciones en centros de datos, en la nube y en sitios remotos, incluida la infraestructura de escritorio virtual, infraestructura web, bases de datos distribuidas, infraestructura convergente, y aplicaciones empresariales como Oracle y SAP HANA.

Figura 6

Servidor Cisco B200 M6



Nota. Imagen tomada de (Jose, 2020)

Tabla 3*Especificaciones técnicas de Servidor Cisco B200 M6*

Artículo	Especificación
Procesadores	Hasta 2 3rd Gen Procesadores escalables Intel Xeon (1 o 2).
Memoria	32 ranuras DDR4 DIMM: 16, 32, 64, 128 a una velocidad de hasta 3200 MHz.
Memoria persistente Intel Optane DC	16 ranuras DIMM: 128, 256 y 512 GB a una velocidad de hasta 3200 MHz.
ML	Ranura mIOM para Cisco UCS VIC 1440.
Adaptador de entrepiso (trasero)	1 adaptador Cisco UCS VIC 1480. 1 adaptador Cisco port expander.
Adaptador de entrepiso (frontal)	1 adaptador para controlador RAID SAS Cisco FlexStorage 12-Gbps. 1 adaptador para controlador RAID SAS Cisco FlexStorage de 12 Gbps con caché de 2 GB. 1 adaptador para controlador RAID de arranque Cisco FlexStorage M.2.
Almacenamiento interno	2 unidades SSD con hasta 7.6 TB por unidad. 2 unidades NVMe Hasta 7.7 TB por unidad. 4 unidades M.2: Upto 960 GB por unidad.
Almacenamiento interno	2 unidades SSD con hasta 7.6 TB por unidad. 2 unidades NVMe Hasta 7.7 TB por unidad. 4 unidades M.2: Upto 960 GB por unidad.

4.3.4. Access Point PT

Con el fin de lograr una conexión inalámbrica en todo el sistema, se optó en utilizar Access Point de Cisco, los cuales cuentan con un solo puerto Ethernet que puede conectar una red troncal LAN y admite seis conexiones PRI para agregar líneas ISDN o 24 puertos sincrónicos/asincrónicos. (Cisco, 2022)

Figura 7

Access Point Cisco 200



Nota. Tomada de (Cisco, 2022)

4.3.5. Monitor de temperatura

Es un dispositivo que recopila datos sobre la temperatura del ambiente y los convierte en una forma legible de datos. En el simulador elegido para la práctica, se aprecia dicho dispositivo con las siguientes características:

- Compatible con el servidor de registro
- Detecta y muestra la temperatura

4.3.6. Detector de movimiento

Pequeño dispositivo que permite identificar cualquier movimiento que se realice delante de su ángulo de visión. En el simulador elegido para la práctica, se aprecia dicho dispositivo con las siguientes características:

- Compatible con el servidor de registro
- Detecta el movimiento del ratón.
- Se desactiva automáticamente después de 5 segundos sin ningún movimiento del mouse.

4.3.7. Termostato

Es aquel componente de un sistema de control simple que abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura. En el simulador elegido para la práctica, se aprecia dicho dispositivo con las siguientes características:

- Compatible con el servidor de registro
- Modo apagado
- Modo de enfriamiento
- Modo de calefacción
- Modo automático

4.3.8. Elemento de calefacción

Estructura con carga eléctrica que se utiliza para crear calor en los aparatos eléctricos para garantizar un mayor control sobre la calefacción. En el simulador elegido para la práctica, se aprecia dicho dispositivo con las siguientes características:

- Aumenta la temperatura de un espacio de oficina típico en 10C por hora.
- Reduce la humedad en un 2% por hora.
- Formato del mensaje: [estado]
- Estado: ALTO o 1 = encendido, BAJO o 0 = apagado

4.3.9. Cámara web

Dispositivo de cámara que graba y envía datos. En el simulador elegido para la práctica, se aprecia dicho dispositivo con las siguientes características:

- Compatible con el servidor de registro
- Apagado
- Encendido
- Grabación de vídeo
- Formato del mensaje: [estado]
- Estado: 0 = apagado, 1 = encendido

4.3.10. Cableado estructurado

Para conectar los dispositivos médicos, computadoras, servidores y otros dispositivos de red se utilizaron medio físicos como el cable UTP y fibra óptica para el transporte de información entre los equipos que hacen parte de cada nodo, y medios inalámbricos en forma de ondas de radio para la transmisión de datos entre los nodos de cada municipio, llevando a cabo una conexión de punto a punto.

- El cable UTP utilizado es de categoría 5e, por el cual se transmiten datos con una velocidad de hasta 100 Mbps, según el estándar TIA/EIA-568-B. Es uno de los tipos de cables más populares debido a su bajo costo, facilidad de instalación y alta compatibilidad con una amplia variedad de dispositivos y sistemas.
- Los cables de fibra óptica son comunes en las redes de telemedicina, ya que proporcionan una mayor velocidad de transmisión de datos y una mayor distancia de transmisión que los cables de cobre. Los cables de fibra óptica también son más seguros y menos propensos a interferencias electromagnéticas, lo que es especialmente importante en un entorno médico.

4.4. Equipos activos para el diseño de la red de telemedicina

Con base al alcance y portabilidad de las tecnologías en los diferentes centros de salud, se han podido determinar las necesidades de equipamiento para el diseño de la red de telemedicina.

- Sistemas de videoconferencia: Dos sistemas de videoconferencia IP para que el personal médico del Centro de salud se pueda comunicar directamente con los médicos especialistas del Hospital Regional.
- Equipos especializados en enfermedades IRA: Dos espirómetros para atender problemas de infecciones respiratorias agudas. Estos equipos son los adecuados para evaluar el rendimiento de los pulmones.
- Equipo básico de auscultación: Dos estetoscopios electrónicos para poder escuchar los sonidos emitidos por el corazón. Estos equipos estarán conectados a la red de telemedicina a través de una computadora para que puedan transmitir los sonidos hacia el Hospital Regional.
- Equipos de cómputo
 - Dos equipos de cómputo donde se conectarán los espirómetros y los estetoscopios electrónicos.
 - Dos computadoras con acceso a internet para el área administrativa del Centro de Salud para tener comunicación permanente con el Hospital Regional.

4.5. Diseño lógico

4.5.1. Rangos de IPV6

En la tabla 4 se observan los rangos de IPV6 asignados a las diferentes redes LAN, las cuales corresponden a las subredes que componen cada uno de los diferentes nodos o estaciones de telemedicina.

Tabla 4*Rangos de IPV6 asignados a redes LAN*

Nodo	Subred	Prefijo
Hospital Emiro Quintero Cañizares	2001:db8:acad:aa:: 2001:db8:acad:bb::	/64
Convención	2001:db8:acad:11::	/64
Teorama	2001:db8:acad:12::	/64
San Calixto	2001:db8:acad:13::	/64
El Tarra	2001:db8:acad:14::	/64
Hacarí	2001:db8:acad:15::	/64
La Playa	2001:db8:acad:16::	/64
Ábrego	2001:db8:acad:17::	/64

La tabla 5 presenta las subredes tipo WAN que componen esta red, las cuales permiten la comunicación de las diferentes redes LAN que están separadas por una extensa área geográfica.

Tabla 5*Rangos de IPV6 asignados a redes WAN*

WAN	Subred	Prefijo
Ocaña - Convención	2001:db8:acad:1::	/64
Convención - Teorama	2001:db8:acad:2::	/64
Teorama - San Calixto	2001:db8:acad:3::	/64
San Calixto - Ocaña	2001:db8:acad:4::	/64
El Tarra - Convención	2001:db8:acad:5::	/64
Hacarí - San Calixto	2001:db8:acad:6::	/64
La Playa - Harcarí	2001:db8:acad:7::	/64

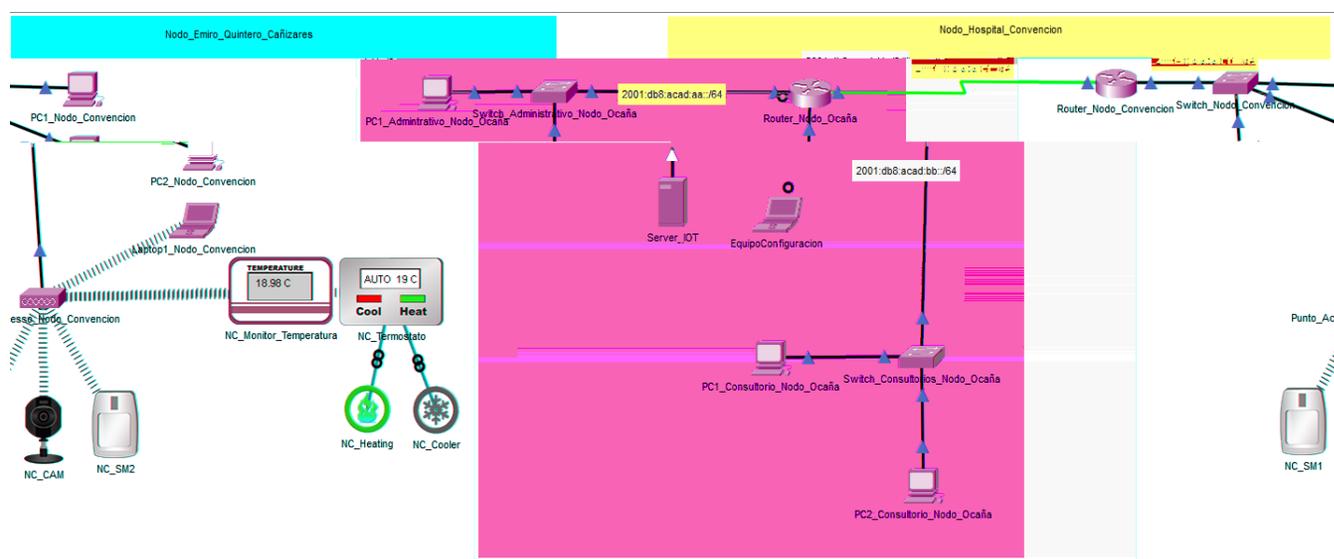
WAN	Subred	Prefijo
Ocaña - Convención	2001:db8:acad:1::	/64
Convención - Teorama	2001:db8:acad:2::	/64
La Playa - Ocaña	2001:db8:acad:8:	/64
Ábrego - Ocaña	2001:db8:acad:9:	/64
La Playa - Ábrego	2001:db8:acad:10:	/64
San Calixto - El Tarra	2001:db8:acad:21::	/64

4.5.2. Diseño lógico de red simplificado

En la figura 8 se puede observar el diseño lógico de la red propuesta para el sistema de telemedicina, esta versión simplificada permite apreciar de mejor forma los diferentes equipos que se involucran en dicha red.

Figura 8

Diseño lógico de red simplificado

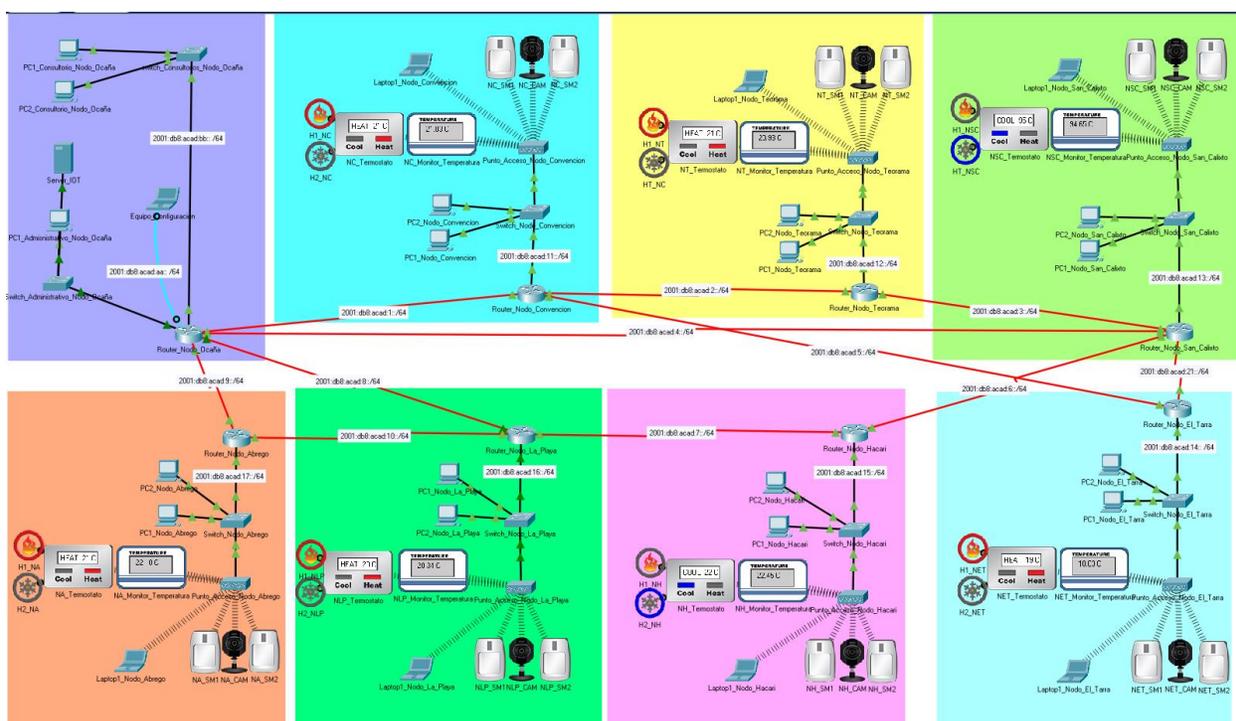


Nota. Elaborada en Packet Tracer

La figura 9 ilustra el esquema de topología de red en su configuración total propuesta para el sistema de telemedicina, en la cual se aprecian los diferentes dispositivos involucrados, junto con las subredes, bloques de direccionamiento IP y la interconexión de los mismos, lo que permite el funcionamiento de los dispositivos IoT que son gestionados de forma remota.

Figura 9

Diseño lógico de red ampliado



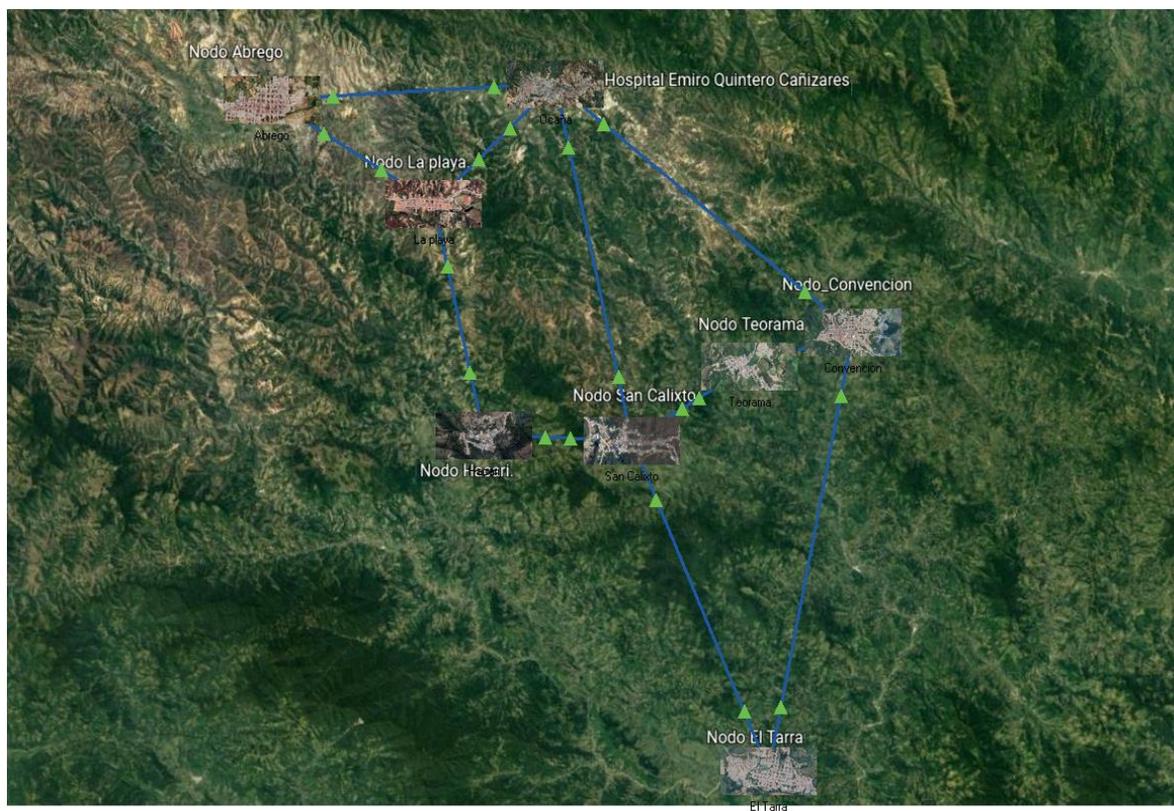
Nota. Elaborada en Packet Tracer

4.6. Diseño físico

La figura 10 presenta el diseño físico de la red propuesta para el sistema de telemedicina, proporcionando una representación geográfica de la disposición espacial de todos los nodos y la configuración de conectividad entre ellos, la cual se ajusta a una topología de malla.

Figura 10

Diseño físico de la red propuesta

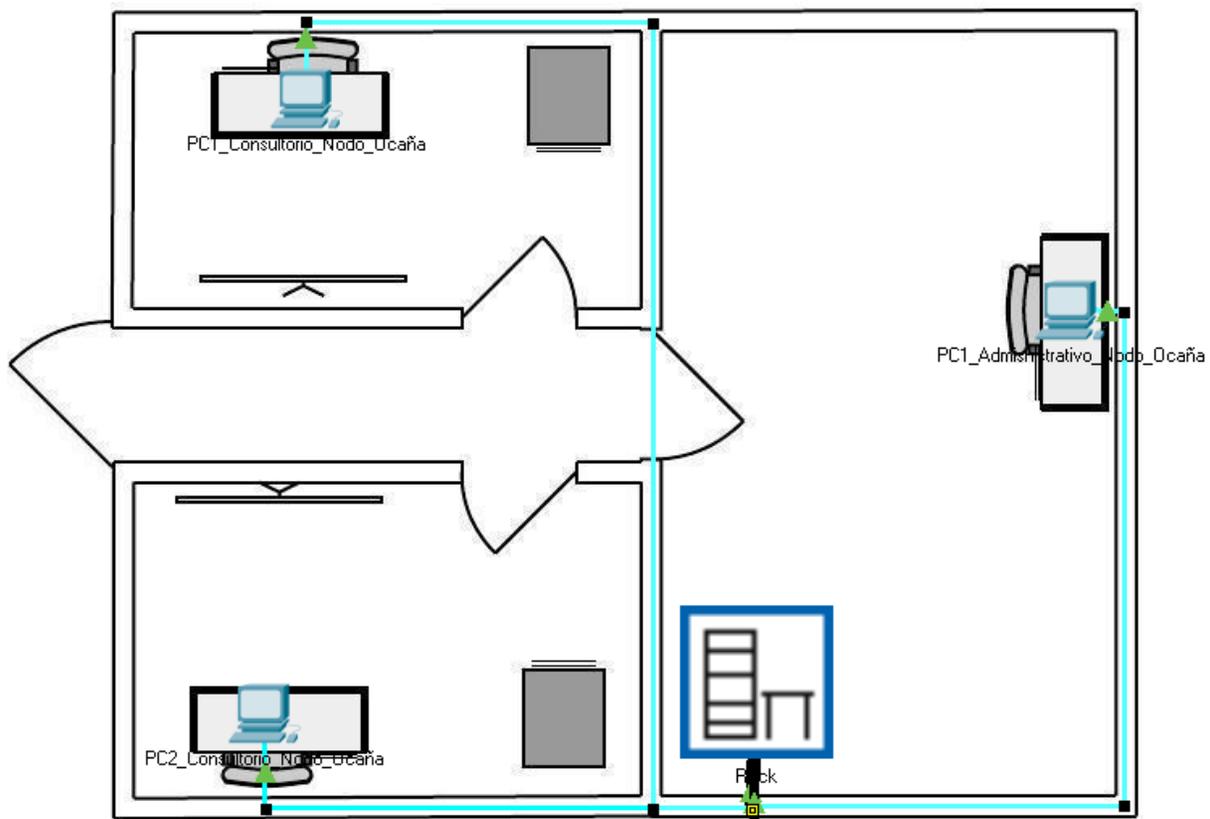


Nota. Elaborada en Packet Tracer

La figura 11 muestra un diseño de planta tentativo, este cuenta con un cuarto de redes donde se ubica el Rack, dispositivos de red y demás equipo de administración de la red y cuartos de atención médica o consultorios médicos.

Figura 11

Diseño físico del nodo principal hospital Emiro Quintero Cañizares

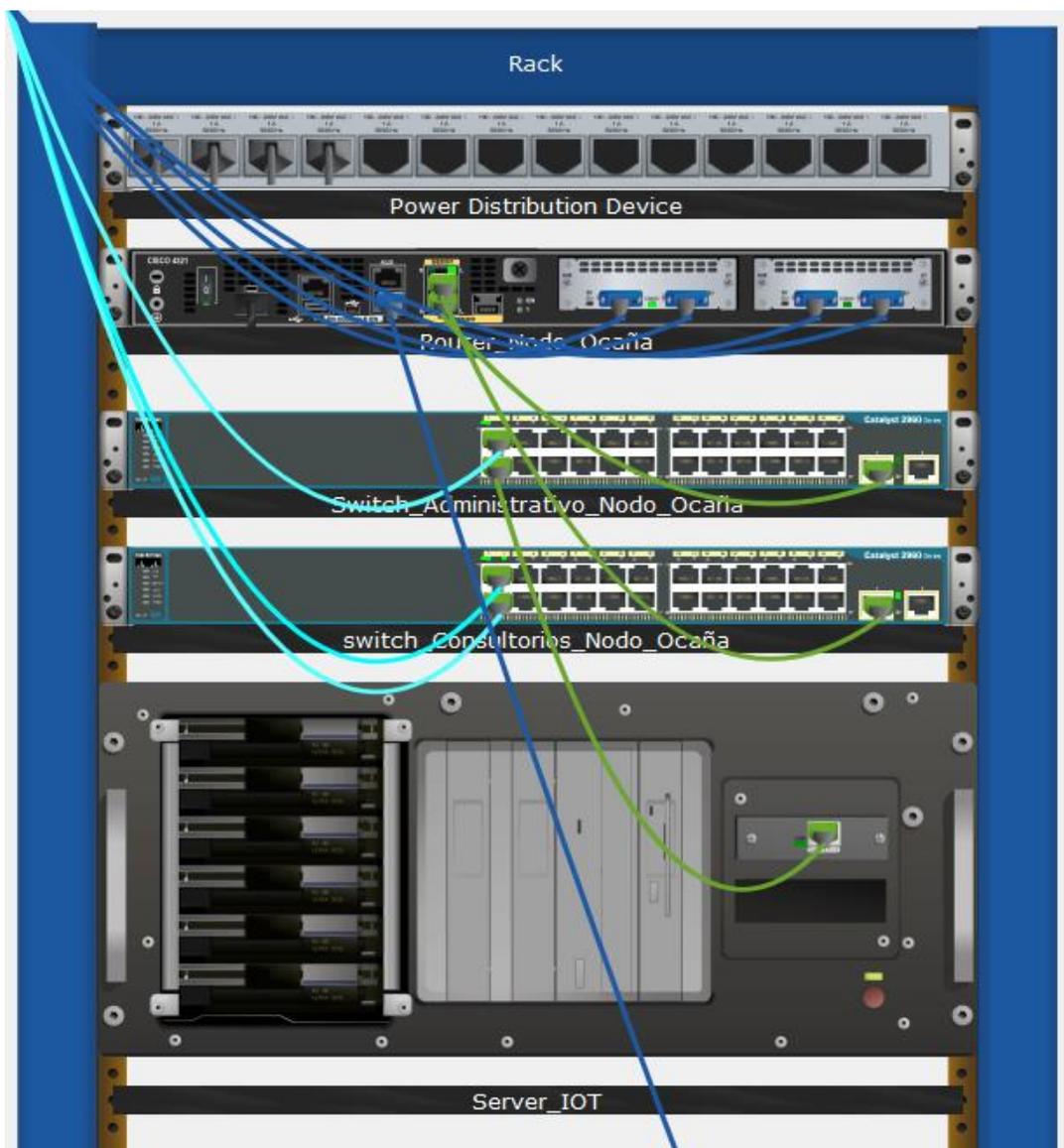


Nota. Elaborada en Packet Tracer

En la figura 12 se aprecia el Rack en donde se encuentran instalados los dispositivos de red involucrados en el nodo de Ocaña, tales como router, switch y servidor.

Figura 12

Rack nodo principal hospital Emiro Quintero Cañizares



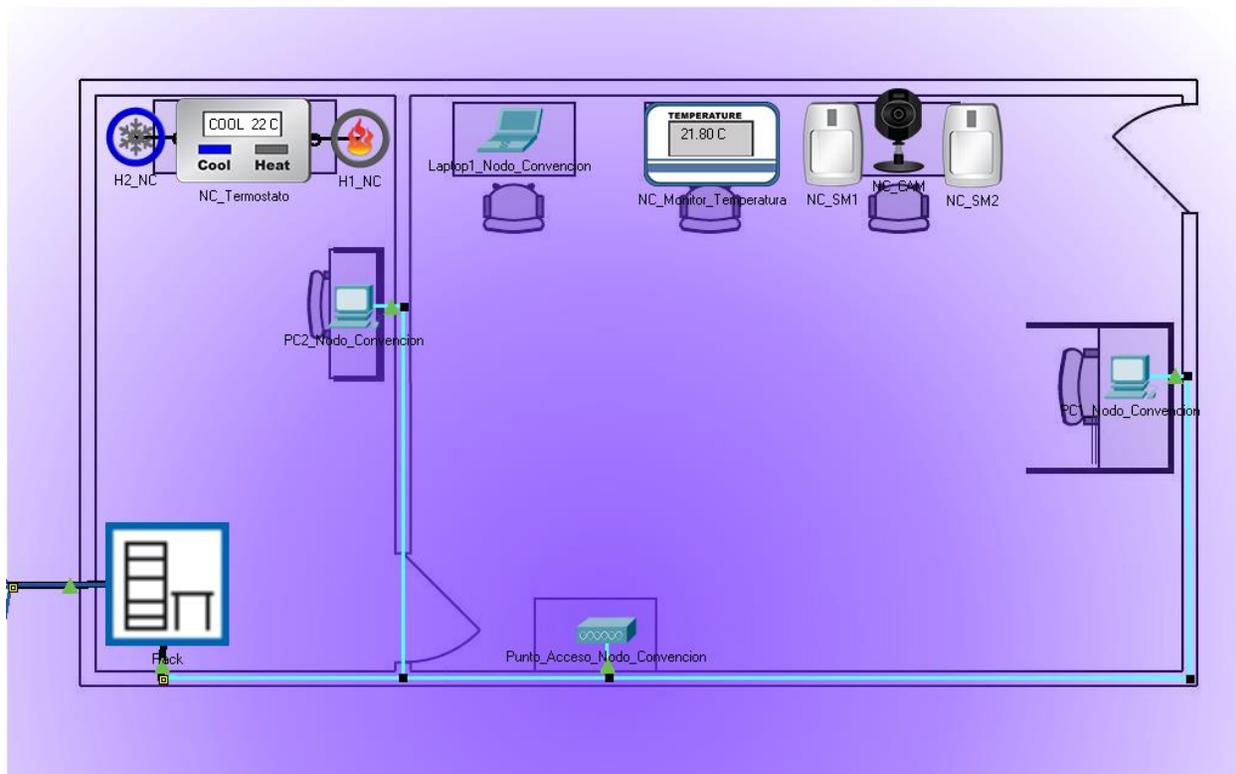
Nota. Elaborada en Packet Tracer

La figura 13 muestra un diseño de planta tentativo, este cuenta con un cuarto de redes donde se ubica el Rack, dispositivos de red y demás equipos de administración de la red. También se observa la que podría ser la sala de atención a los pacientes donde se involucran los dispositivos IoT y como están conectados estos siendo de forma cableada o inalámbrica e incluso

la potencia de la señal que emite el punto de acceso según la distancia donde se encuentra el dispositivo conectado.

Figura 13

Diseño físico nodo Convención

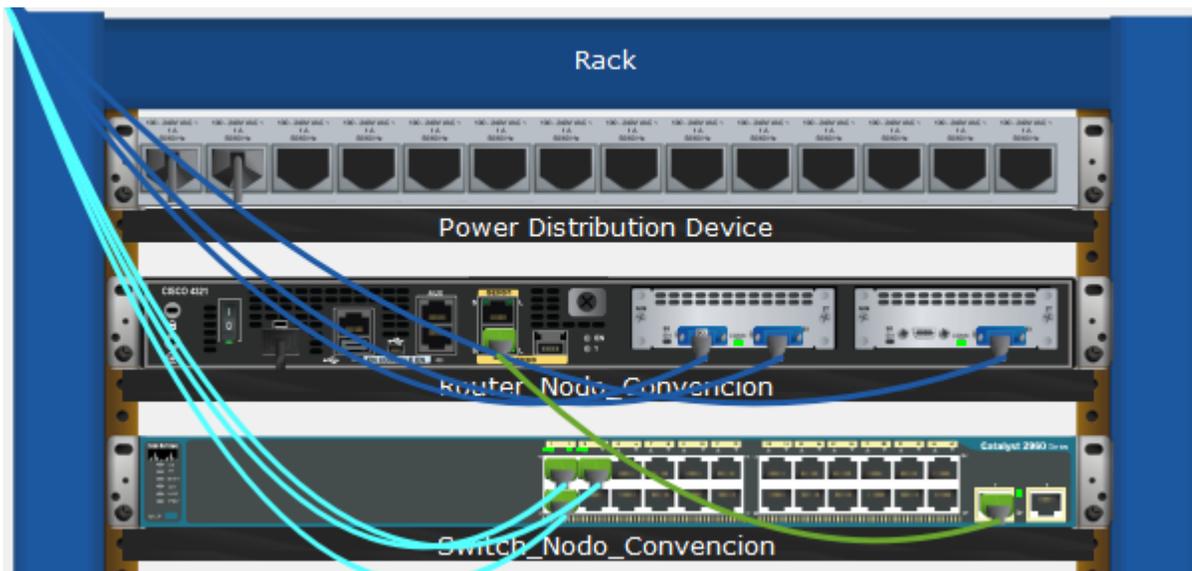


Nota. Elaborada en Packet Tracer

En la figura 14 se aprecia el rack en donde se encuentran instalados los dispositivos de red involucrados en el nodo de Convención, tales como router, switch. Este esquema se sigue para cada uno de los nodos que corresponden a los centros de salud.

Figura 14

Rack nodo Convención



Nota. Elaborada en Packet Tracer

4.7. Configuraciones realizadas

A continuación, se describen las diferentes configuraciones realizadas en cada uno de los dispositivos de red utilizados en el diseño de red del sistema de telemedicina.

4.7.1. Configuraciones básicas de seguridad en el router

- Entrar en modo de configuración global y cambiar nombre del router.
- Configurar la contraseña.
- Configura la contraseña de la línea de la consola.
- Configurar la contraseña vty para las líneas 0 a 3.
- Encriptar todas las contraseñas de texto plano.

- Ingresa el banner.
- Salga del modo de configuración global.

Figura 15

Configuraciones básicas en el Router

```
Router>enable
Router#config terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname RN_Ocana
RN_Ocana(config)#service password-encryptio
RN_Ocana(config)#enable secret rediot
RN_Ocana(config)#no ip domain-lookup
RN_Ocana(config)#banner motd #Sistema Telemedicina#
RN_Ocana(config)#line con 0
RN_Ocana(config-line)#password rediot
RN_Ocana(config-line)#login
RN_Ocana(config-line)#logging synchronous
RN_Ocana(config-line)#exit
RN_Ocana(config)#line vty 0 3
RN_Ocana(config-line)#password rediot
RN_Ocana(config-line)#login
RN_Ocana(config-line)#exit
RN_Ocana(config)#exit
RN_Ocana#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
RN_Ocana#
```

Nota. Elaborada en Packet Tracer

- Guardar en la memoria física del dispositivo los cambios realizados usando el comando “copy running-config startup-config”.

Figura 16

Comando para visualizar las configuraciones en el Router

```
RN_Ocana#show running-config
Building configuration...

Current configuration : 1056 bytes
!
version 15.4
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname RN_Ocana
!
!
!
enable secret 5 $1$mERr$4dnPTve/FPI126Vb8ATSD0
```

Nota. Elaborada en Packet Tracer

4.7.2. Configuración de direccionamiento en IPV6 en el router

- Habilitar el router para reenviar paquetes IPv6.
- Acceder a la interfaz.
- Configurar la dirección IPv6 link-local.
- Configurar el direccionamiento IPv6 en la interfaz.
- Activar la interfaz.

Figura 17

Configuración de direccionamiento en IPv6

```
Sistema Telemedicina
User Access Verification
Password:
RN_Ocana>en|
Password:
RN_Ocana#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
RN_Ocana(config)#ipv6 unicast-routing
RN_Ocana(config)#interface g0/0/0
RN_Ocana(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
RN_Ocana(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:aa::1/64
RN_Ocana(config-if)#no shutdown

RN_Ocana(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0/0, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/0/0, changed state to up
```

Nota. Elaborada en Packet Tracer

- Se debe activar el direccionamiento automático en los dispositivos de la red.

Figura 18

Configuración de direccionamiento automático en PC

IPv6 Configuration

Automatic
 Static
 IPv6 request successful.

IPv6 Address: /

Link Local Address:

Default Gateway:

DNS Server:

Nota. Elaborada en Packet Tracer

4.7.3. Configuración de DHCPv6 en el router

- Crear un pool de DHCPv6.
- Configurar los parámetros del pool.
- Acceder a la interfaz donde se repartirán las direcciones.
- Vincular el pool de direcciones a la interfaz.

Figura 19

Configuración de DHCPv6

```

RN_Ocana#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
RN_Ocana(config)#ipv6 dhcp pool Router_Ocana
RN_Ocana(config-dhcpv6)#dns-server 2001:db8:acad:aa::2
RN_Ocana(config-dhcpv6)#domain-name www.heqco.com
RN_Ocana(config-dhcpv6)#interface g0/0/1
RN_Ocana(config-if)#ipv6 nd other-config-flag
RN_Ocana(config-if)#ipv6 dhcp server Router_Ocana
RN_Ocana(config-if)#interface g0/0/0
RN_Ocana(config-if)#ipv6 nd other-config-flag
RN_Ocana(config-if)#ipv6 dhcp server Router_Ocana
RN_Ocana(config-if)#exit

```

Nota. Elaborada en Packet Tracer

4.7.4 Configuración de enrutamiento dinámico en IPV6 en el router

- Activar el encaminamiento dinámico basado en IPv6.
- Crear el proceso RIP y asignarle un nombre.
- Activar la interfaz involucrada.
- Activar el enrutamiento dinámico en la interfaz.

Figura 20

Configuración de enrutamiento dinámico.

```

RN_Ocana>ena
Password:
RN_Ocana#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
RN_Ocana(config)#ipv6 unicast-routing
RN_Ocana(config)#ip cef
RN_Ocana(config)#ipv6 router rip NOcana
RN_Ocana(config-rtr)#exit
RN_Ocana(config)#interface g0/0/0
RN_Ocana(config-if)#ipv6 rip NOcana enable

```

Nota. Elaborada en Packet Tracer

4.7.5. Configuraciones básicas de seguridad en el Switch

- Entrar en modo de configuración global y cambiar nombre del Switch.
- Encriptar la contraseña
- Establecer la contraseña
- Deshabilitar búsqueda de DNS
- Mensaje de banner

Figura 21

Configuraciones básicas en el Switch

```

Switch>enable
Switch#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#hostname SCN_Ocana
SCN_Ocana(config)#service password-encryptio
SCN_Ocana(config)#enable secret rediot
SCN_Ocana(config)#no ip domain-lookup
SCN_Ocana(config)#banner motd #Sistema Telemedicina#
SCN_Ocana(config)#vlan 10
SCN_Ocana(config-vlan)#int vlan 10
SCN_Ocana(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Vlan10, changed state to up
SCN_Ocana(config-if)#no shu

```

Nota. Elaborada en Packet Tracer

- Dar acceso a la VLAN creada en los puertos indicados
- Configuración para acceder al modo de configuración por consola
- Evitar que los mensajes de consola interrumpan la configuración
- configuración de acceso remoto a 5 usuarios
- Contraseña para todos los usuarios

Figura 22

Configuraciones básicas en el Switch

```
SCN_Ocana(config-if)#exit
SCN_Ocana(config)#int range f0/1-24, g0/1-2
SCN_Ocana(config-if-range)#switchport access vlan 10
SCN_Ocana(config-if-range)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan10, changed state to up

SCN_Ocana(config-if-range)#line con 0
SCN_Ocana(config-line)#password rediot
SCN_Ocana(config-line)#login
SCN_Ocana(config-line)#logging synchronous
SCN_Ocana(config-line)#exit
SCN_Ocana(config)#line vty 0 4
SCN_Ocana(config-line)#password rediot
SCN_Ocana(config-line)#login
```

Nota. Elaborada en Packet Tracer

- Guardar en la memoria física del dispositivo los cambios realizados usando el comando “copy running-config startup-config”.

Figura 23

Comando para visualizar las configuraciones en el Switch

```

SCN_Ocana(config)#exit
SCN_Ocana#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

SCN_Ocana#show running-config
Building configuration...

Current configuration : 2002 bytes
!
version 15.0
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname SCN_Ocana
!

```

Nota. Elaborada en Packet Tracer

4.7.6. Configuraciones en el servidor IoT

- Activar los servicios de HTTP y HTTPS.
- Activar los servicios de DNS.
- Crear un dominio a la dirección IPV6 asignada al servidor (la cual es el DNS de la red).

Figura 24

Dominio e IP del servidor IoT

No.	Name	Type	Detail
0	www.heqco.com	AAAA Record	2001:DB8:ACAD:AA::2

Nota. Elaborada en Packet Tracer

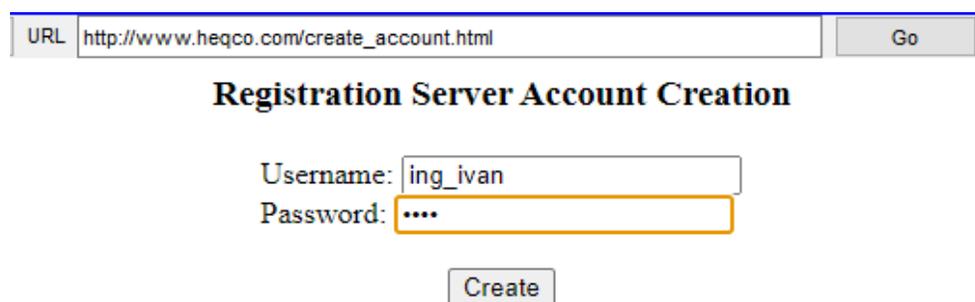
- Activar los servicios de IoT

- Desactivar los servicios disponibles restantes.

Una vez finalizada la configuración del servidor IoT se puede acceder a este mediante el dominio creado y crear las credenciales de acceso como se observa en la figura 25 con el fin de vincular los diferentes dispositivos IoT.

Figura 25

Credenciales de acceso al servidor IoT



URL

Registration Server Account Creation

Username:

Password:

Nota. Elaborada en Packet Tracer

Una vez creadas las credenciales se podrán usar estas para vincular los dispositivos IoT. Debemos vincular cada dispositivo con el servidor remoto, mediante las credenciales y el dominio creado, como se observa en la figura 26.

Figura 26

Configuración del servidor remoto



IoT Server

None

Home Gateway

Remote Server

Server Address

User Name

Password

Refresh

Nota. Elaborada en Packet Tracer

Una vez establecida la conectividad entre los dispositivos IoT y el servidor, se pueden definir las reglas de operación mediante la configuración de eventos basados en los datos recolectados, como se ilustra en la figura 27. La implementación de estas reglas en el lado del servidor se puede llevar a cabo utilizando diversos lenguajes de programación, como Java o Python.

Figura 27

Reglas de las condiciones de funcionamiento de los dispositivos IoT.

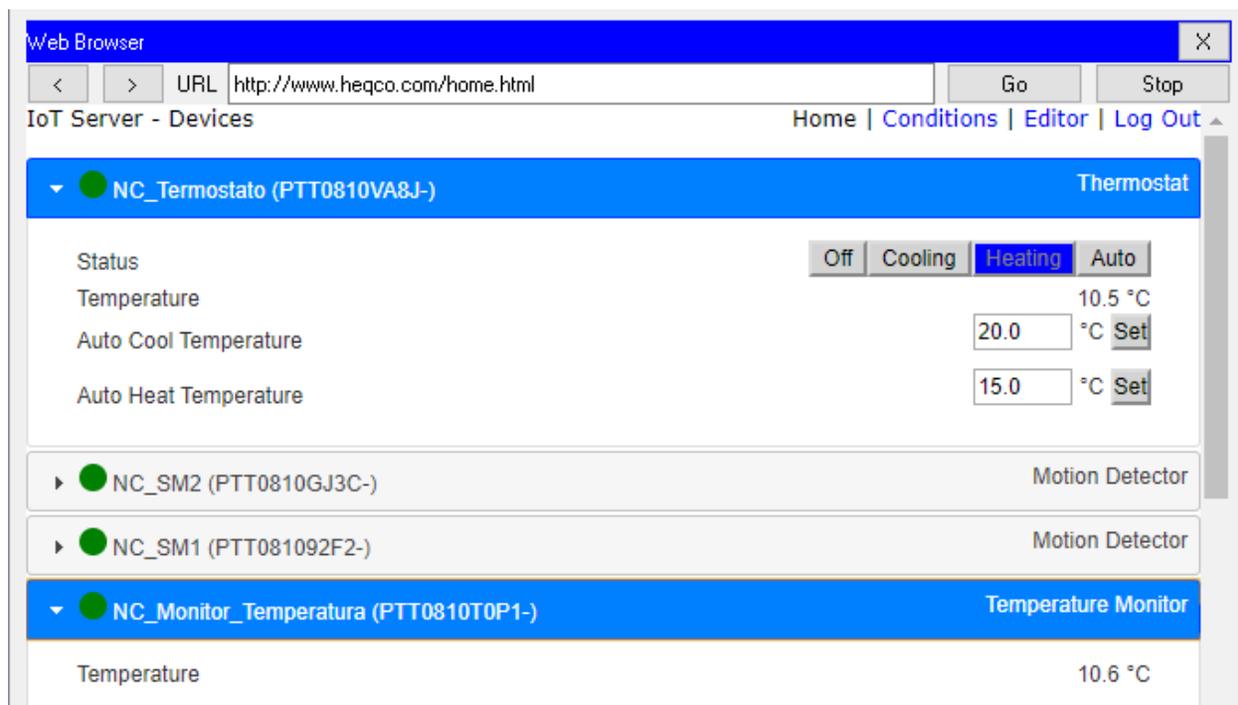
Actions	Enabled	Name	Condition	Actions
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	T1_NC	NC_Monitor_Temperatura Temperature > 22.0 °C	Set NC_Termostato Status to Cooling Set NC_Termostato Auto Cool Temperature to 22.0 °C
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	T2_NC	NC_Monitor_Temperatura Temperature < 15.0 °C	Set NC_Termostato Status to Heating Set NC_Termostato Auto Heat Temperature to 15.0 °C
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	C1_NC	NC_SM1 On is true	Set NC_CAM On to true
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	C2_NC	NC_SM2 On is true	Set NC_CAM On to false

Nota. Elaborada en Packet Tracer

La visualización de los datos recolectados en tiempo real se logra mediante el acceso al dominio del servidor, con el objetivo de llevar a cabo la monitorización y el control del comportamiento de los mismos. Observar figura 28.

Figura 28

Dispositivos IoT vinculados al servidor



Nota. Elaborada en Packet Tracer

4.8. Tecnologías utilizadas

Las tecnologías utilizadas en el diseño del sistema de telemedicina fueron las siguientes:

4.8.1. Comunicación inalámbrica

Tecnologías como el Wi-Fi, el Bluetooth y las ondas de radio utilizadas para conectar dispositivos médicos y pacientes a la red de telemedicina.

4.8.2. Videoconferencia

Las plataformas de videoconferencia, como Skype, Zoom o Hangouts, utilizadas para permitir que los médicos y los pacientes se comuniquen de manera remota.

4.8.3. Monitores de salud

Dispositivos como los sensores de movimiento, los monitores de actividad física y los monitores de signos vitales utilizados para recopilar datos sobre la salud de los pacientes y transmitirlos a los médicos. El paciente puede usar dispositivos de monitorización de la salud, como tensiómetros, glucómetros y monitores de actividad física, para recopilar datos sobre su salud y transmitirlos a los médicos a través de la red IoT.

4.8.4. IoT

Los dispositivos IoT como sensores, dispositivos de monitorización y de comunicación inalámbricos utilizados para recolectar y transmitir información sobre el estado de los pacientes a los profesionales médicos. Esto permite que los médicos puedan monitorear a los pacientes a distancia y tomar decisiones informadas sobre su tratamiento.

Con esto se observa que el uso de IoT en una red de telemedicina permite una mayor eficiencia en la atención médica y una mejor calidad de vida para los pacientes, ya que les permite ser monitoreados y tratados de manera remota.

4.8.5. RIPv6

Se utilizó el protocolo de enrutamiento RIPv6 para enrutar paquetes en redes IPv6. En este sentido, RIPng (RIP para IPv6) es una versión del protocolo de enrutamiento RIP (Routing Information Protocol) diseñada para funcionar con direcciones IPv6. Es similar al RIP tradicional en cuanto a su funcionamiento, pero utiliza formato de paquetes y mensajes específicos para IPv6. RIPng envía actualizaciones de enrutamiento multicast a todos los routers en una red, que a su vez comparten información de enrutamiento con otros routers en la misma red.

4.8.6. Encriptación de la información

Debido a que la encriptación de información es esencial para garantizar la seguridad, integridad y confidencialidad de los pacientes en una red de telemedicina. Durante el diseño del sistema se tuvieron en cuenta protocolos de encriptación como SSL/TLS, SSH, AES, descritos a continuación:

- **SSL/TLS:** se utiliza para establecer una conexión segura entre un navegador web y un servidor. SSL/TLS utiliza encriptación para proteger los datos transmitidos, lo que ayuda a prevenir ataques de espionaje y a proteger la privacidad de los pacientes.

- SSH: se utiliza para conectarse a dispositivos remotos y transferir datos de forma segura. SSH utiliza encriptación para proteger los datos transmitidos y autenticación para garantizar que solo los usuarios autorizados puedan acceder a un dispositivo remoto.
- AES: se utiliza para proteger los datos almacenados y transmitidos. AES es uno de los protocolos de encriptación más seguros y es ampliamente utilizado en el sector de la salud para proteger los datos de pacientes.

Es importante tener en cuenta que la seguridad de una red de telemedicina no depende solo de la encriptación, sino también de la implementación de medidas de seguridad adicionales, tales como, crear contraseñas robustas que no incluyan fechas de cumpleaños o nombre de personas allegadas, realizar copias de seguridad en todos los datos que se almacenan y transmiten en la red, utilizar una Red Privada Virtual (VPN) para obtener una conexión segura, entre otros.

4.8.7. Protocolos de red

Se utilizaron diferentes protocolos como IPv6, DHCP, DNS, HTTP y HTTPS, con el fin de lograr una comunicación efectiva entre los equipos configurados en la red de telemedicina. Se describen a continuación:

- El Protocolo de Internet versión 6 (IPv6) perteneciente a la capa 3 de red, fue el protocolo utilizado para el direccionamiento IP en la red, ya que proporciona un mayor número de direcciones IP. A su vez, brinda una mayor eficiencia en la transmisión de datos y

escalabilidad al momento de conectar dispositivos médicos, como monitores de signos vitales, cámaras y equipos de diagnóstico.

- El Protocolo de Configuración Dinámica de Host (DHCP) perteneciente a la capa 7 de aplicación, se utilizó para realizar el direccionamiento dinámico (automático) en la red y de esta manera, evitar la configuración manual de cada uno de los equipos y/o dispositivos conectados en el sistema de telemedicina. El servidor DHCP es el encargado de almacenar toda la información en cuanto a la asignación de direcciones válidas y únicas en la red.
- El Sistema de Nombres de Dominio (DNS) perteneciente a la capa 7 de aplicación, fue el utilizado para la asignación del nombre de dominio del servidor, al cual se conectan todos los equipos de la red de telemedicina.
- El protocolo de Intercambio de Contenido (HTTP) perteneciente a la capa 7 de aplicación, utilizado para transmitir las peticiones y respuestas entre el navegador y el servidor web.
- El Protocolo de Transferencia de Hiper-Texto (HTTPS) tiene el mismo objetivo del protocolo anterior, pero con la diferencia que es la versión más segura.

Capítulo 5. Evaluación de la red propuesta

5.1. Evaluación del rendimiento de la topología.

En este punto se realizó la evaluación de la topología propuesta mediante el uso de comandos de consulta con el fin de detectar problemas de rendimiento como cuellos de botella, congestión de tráfico, fallos en los dispositivos, con el fin de optimizar el rendimiento de la red mediante la toma de decisiones informadas, mejorando la calidad de servicio para los usuarios finales, ahorrando costos, tiempo, esfuerzo, detectar y prevenir posibles ataques a la red.

- Ping: se utiliza para evaluar el rendimiento de una red, mediante la medición de la latencia y disponibilidad de los dispositivos. En este caso, se realizó la prueba en todas las redes apuntando hacia el servidor IoT configurado como DNS. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, con una latencia baja y una eficiente recepción y envío de paquetes, logrando un 100% de efectividad.

Figura 29

Utilización del comando Ping

```
C:\>ping -t 2001:db8:acad:aa::2

Pinging 2001:db8:acad:aa::2 with 32 bytes of data:

Reply from 2001:DB8:ACAD:AA::2: bytes=32 time=14ms TTL=122
Reply from 2001:DB8:ACAD:AA::2: bytes=32 time=14ms TTL=112
Reply from 2001:DB8:ACAD:AA::2: bytes=32 time=20ms TTL=116
Reply from 2001:DB8:ACAD:AA::2: bytes=32 time=13ms TTL=114
Reply from 2001:DB8:ACAD:AA::2: bytes=32 time=11ms TTL=112
Reply from 2001:DB8:ACAD:AA::2: bytes=32 time=13ms TTL=124
Reply from 2001:DB8:ACAD:AA::2: bytes=32 time=4ms TTL=126

Ping statistics for 2001:DB8:ACAD:AA::2:
    Packets: Sent = 7, Received = 7, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 4ms, Maximum = 20ms, Average = 12ms
```

Nota. Elaborada en Packet Tracer

- Traceroute: este comando permite obtener información sobre la ruta que sigue un paquete de datos desde un dispositivo origen hasta un dispositivo destino. El protocolo utilizado para esto es el ICMP (Internet Control Message Protocol) y se basa en el envío de paquetes con un incremento progresivo en el valor de Time To Live (TTL) para determinar los saltos intermedios hasta llegar al destino final, lo que permite tener una idea detallada de los diferentes saltos que se realizan desde el origen hasta el destino. Un correcto diagnóstico permite identificar posibles cuellos de botella en una red y aislar problemas de conectividad. En este caso, el dispositivo evaluado describió el recorrido realizado hacia el servidor IoT, es importante tener en cuenta que la topología de la red está diseñada con enlaces redundantes.

Figura 30

Utilización del comando Tracert

```
C:\>tracert www.hegco.com

Tracing route to 2001:DB8:ACAD:AA::2 over a maximum of 30 hops:

  1  0 ms    0 ms    0 ms    2001:DB8:ACAD:11::1
  2  1 ms    *        8 ms    2001:DB8:ACAD:3::1
  3  2 ms    1 ms    0 ms    2001:DB8:ACAD:11::1

Trace complete.
```

Nota. Elaborada en Packet Tracer

- Netstat: Es una herramienta de línea de comandos que se utiliza para mostrar información sobre las conexiones de red activas en un sistema. Este comando proporciona información sobre protocolos, estadísticas de transmisión y estado de las conexiones.

Figura 31

Utilización del comando Netstat

```
Route Table
=====
Interface List
0x1 ..... PT TCP Loopback interface
0x2 ...00 16 6f 0d 88 ec ..... PT Ethernet interface
0x1 ..... PT TCP Loopback interface
0x2 ...00 16 6f 0d 88 ec ..... PT Bluetooth interface
=====

Active Routes:
Network Destination    Netmask          Gateway          Interface    Metric
Default Gateway:      0.0.0.0

Persistent Routes:
None
```

Nota. Elaborada en Packet Tracer

5.2. Cálculo de ancho de banda.

Los consumos de ancho de banda varían dependiendo del tipo de información que se esté transmitiendo. Algunos ejemplos de consumos de ancho de banda típicos incluyen:

- Texto simple: Poco consumo de ancho de banda, generalmente menos de 1 Kbps.
- Navegación web: El consumo de ancho de banda varía dependiendo de la página web, pero en promedio puede consumir alrededor de 1-2 Mbps.
- Streaming de video: El consumo de ancho de banda depende de la calidad del video, pero generalmente oscila entre 3-5 Mbps
- Streaming de audio: El consumo de ancho de banda depende de la calidad del audio, pero generalmente oscila entre 64-128 Kbps.
- Descarga de archivos: El consumo de ancho de banda depende del tamaño del archivo, pero generalmente oscila entre 1-10 Mbps.
- Juegos en línea: El consumo de ancho de banda varía dependiendo del juego, pero puede consumir entre 1-5 Mbps.

Los dispositivos utilizados en medicina pueden consumir una gran cantidad de ancho de banda, dependiendo del tipo de información que se esté transmitiendo.

Tabla 6

Ancho de banda estimado para cada puesto de salud

Dispositivo	Cantidad	Ancho de banda	Ancho de banda total
Sistemas de videoconferencia	2	5 Mbps	10 Mbps
Espirómetros	2	64 kbps	128 kbps
Estetoscopios electrónicos	2	128 kbps	256 kbps
Sensores ambientales	2	64 kbps	128 kbps
Sensores biodinámicos	2	64 kbps	128 kbps
Sensores fisiológicos	2	512 kbps	1 Mbps
Equipo de cómputo	2	2 Mbps	4 Mbps
Total			15.7 Mbps

En general, la transmisión de imágenes y video en medicina es uno de los mayores consumidores de ancho de banda, ya que requieren una gran cantidad de datos para transmitir las imágenes de alta calidad requeridas para una buena interpretación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos consumos de ancho de banda son solo una aproximación, ya que también pueden variar dependiendo de factores como la velocidad de conexión a Internet, la congestión de la red, y la configuración de la red.

5.3. Simulación de los enlaces.

El radioenlace es un sistema de comunicación inalámbrica mediante ondas de radio, este sistema conecta dos puntos mediante un haz de radio que viaja directamente entre ellos, sin ser interrumpido por obstáculos, existen dos tipos de radioenlace; se puede encontrar los enlaces punto a punto, los cuales permiten la conexión entre dos lugares separados por una distancia

geográfica, la cual usualmente es de varios kilómetros, y también existen los enlaces punto a multipunto, los cuales permiten la conexión de múltiples lugares, generalmente con un punto central.

Inicialmente, se debe definir los puntos a conectar, ya que estos deben tener una línea de vista despejada, seguidamente se debe definir la banda de frecuencia, como esta es una aplicación de uso de la medicina, la recomendada es la banda de 5 GHz. Mediante la herramienta UISP Design Center es posible obtener la información necesaria para determinar si el enlace es factible.

En esta evaluación se utilizará tecnología airMAX de la marca Ubiquiti Networks, para ello se usará como referencia de puntos de conexión, los nodos de Ocaña y Convención.

En la figura 32 se puede observar que no existe una línea de visión directa entre el Hospital Emiro Quintero Cañizares y el centro de salud del municipio de convención, por lo que se hace necesario utilizar unos puntos intermedios que permitan la comunicación de estos dos nodos. Es importante mencionar que, en una configuración de radioenlace, es esencial contar con una línea de visión despejada entre los dos puntos, ya que cualquier obstáculo en la trayectoria de la señal puede afectar significativamente la calidad y velocidad de la conexión. Por esta razón, la configuración de los equipos, así como la elección de una ubicación adecuada para los puntos de transmisión y recepción, son cruciales para garantizar un rendimiento óptimo.

Figura 32

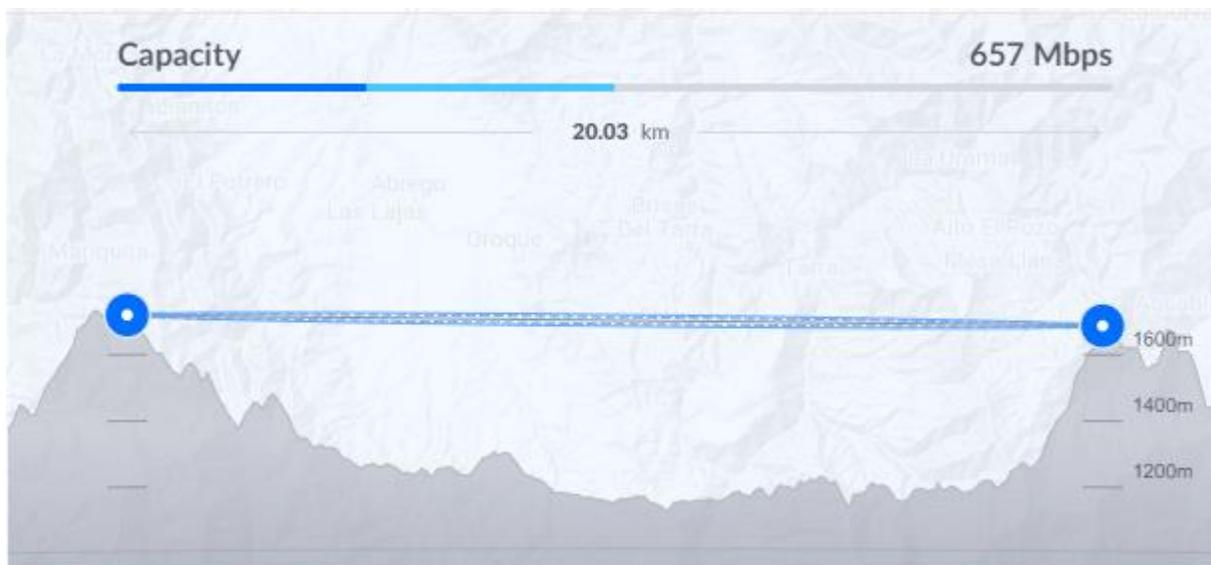
Línea de vista del Hospital Emiro Quintero Cañizares con el centro de salud Convención



Nota. Elaborada en UISP Design Center

Para superar el percance se usarán dos puntos de referencia con excelente línea de visión que corresponden a Pueblo Nuevo en Ocaña y Santa Lucía en convención, estos dos puntos son referentes para conectar no solamente los Nodos de Ocaña y Convención, sino también otros nodos como Teorama, San Calixto, Ábrego y la Playa. De acuerdo a lo descrito, se puede decir que el tipo de enlace que se adapta mejor a las necesidades de este corresponde al tipo punto a punto, formando un enlace dedicado entre los dos dispositivos. Estos enlaces son útiles para conectar dispositivos que están a grandes distancias entre sí, como es este caso.

Otro detalle a tener en cuenta es el adecuado nivel entre capacidad de transmisión, el tipo de modulación y la potencia sin sobrepasar los límites EIRP establecidos por la normativa nacional, las capacidades del equipo y logrando la mejor calidad de señal posible.

Figura 33*Línea de vista Pueblo Nuevo con Santa Lucía*

Nota. Elaborada en UISP Design Center

La figura 33 muestra una configuración de radioenlace PTP con línea de visión completamente despejada entre los puntos de Pueblo Nuevo y Santa Lucía, con una distancia de 20.03 kilómetros. Esta configuración ofrece un rendimiento de transmisión de datos de 657 Mbps, lo que se debe a la claridad de la línea de visión y la alta potencia de transmisión. El sistema cuenta con una claridad de zona del 60%, lo que indica que el 60% de la señal transmitida se recibe con una potencia suficiente en el punto de recepción.

En cuanto a los equipos utilizados, se implementaron antenas que ofrecen 34 dBi con un haz de 3 grados de apertura para asegurar una transmisión precisa y concentrada de la señal. El poder de transmisión utilizado fue de -4 dBm, lo que garantiza una señal fuerte y estable en el punto de recepción con una señal esperada de -68 dBm.

Para conectar el hospital Emiro Quintero Cañizares se realiza la evaluación de la línea de visión, entre los puntos de comunicación, Pueblo Nuevo y el hospital Emiro Quintero Cañizares. La estación base situada en Pueblo Nuevo, cuenta con una antena de ganancia de 19 dBi con un patrón de radiación de 30 grados, una potencia de transmisión de 10 dBm y un ancho de canal de 80 MHz. Con esta configuración, se espera una señal recibida de -69 dBm en el punto receptor. El receptor ubicado en el hospital Emiro Quintero Cañizares cuenta con una potencia de 1 dBm. Esta configuración entrega una capacidad de enlace de 621 Mbps a una distancia de 4.17 kilómetros y con una claridad de zona del 60 %, como se observa en la figura 34.

Figura 34

Línea de vista Pueblo Nuevo con el hospital Emiro Quintero Cañizares



Nota. Elaborada en UISP Design Center

La conexión del centro de salud de Convención se realiza mediante la estación base de Santa Lucía, lo cual garantiza una adecuada comunicación entre los puntos de comunicación. La estación base de Santa Lucía está equipada con una antena de ganancia de 37 dBi, con un patrón de radiación direccional de 5 grados, una potencia de transmisión de -10 dBm y un ancho de canal de 80 MHz. Con esta configuración, se espera una señal recibida de -58 dBm en el punto receptor. El receptor ubicado en el centro de salud de Convención está equipado con una antena de ganancia de 37 dBi con un patrón de radiación de 5 grados, una potencia de transmisión de -8 dBm. Esta configuración proporciona una capacidad de enlace de 634 Mbps a una distancia de 7.36 kilómetros y una tasa de claridad de zona del 60%, como se observa en la figura 35.

Figura 35

Línea de vista Santa Lucia con el centro de salud Convención

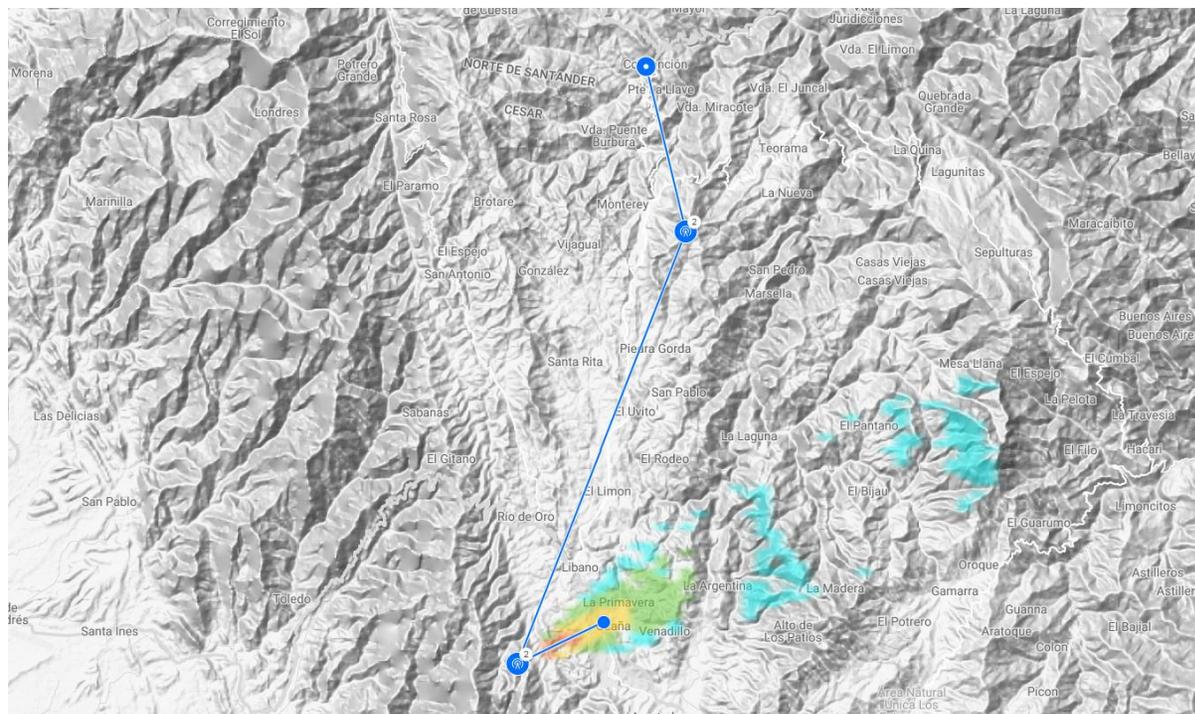


Nota. Elaborada en UISP Design Center

Figura 36

Ubicación de los puntos de enlace Hospital Emiro Quintero Cañizares con centro de salud

Convención.



Nota. Elaborada en UISP Design Center

La tecnología de comunicación inalámbrica utilizada en este sistema de telemedicina es esencial para conectar los diferentes nodos del sistema, que representan los puestos de salud involucrados. Esta tecnología permite transmitir información de manera rápida y eficiente, garantizando una excelente calidad de señal. Además, se ha demostrado que es posible ajustar la potencia de transmisión para cumplir con las necesidades específicas del sistema de telemedicina en el Catatumbo.

Los enlaces utilizados en la simulación fueron productos de la marca Ubiquiti Inc. Estos dispositivos son reconocidos por su alta calidad y rendimiento, y tienen un precio conjunto de

10.452.060 pesos colombianos, sin contar los gastos de instalación y antenas. Es importante mencionar que estos dispositivos cumplen con las normas y estándares necesarios para garantizar una transmisión segura y fiable en el sistema de telemedicina.

5.4. Evaluación del comportamiento de los dispositivos IoT

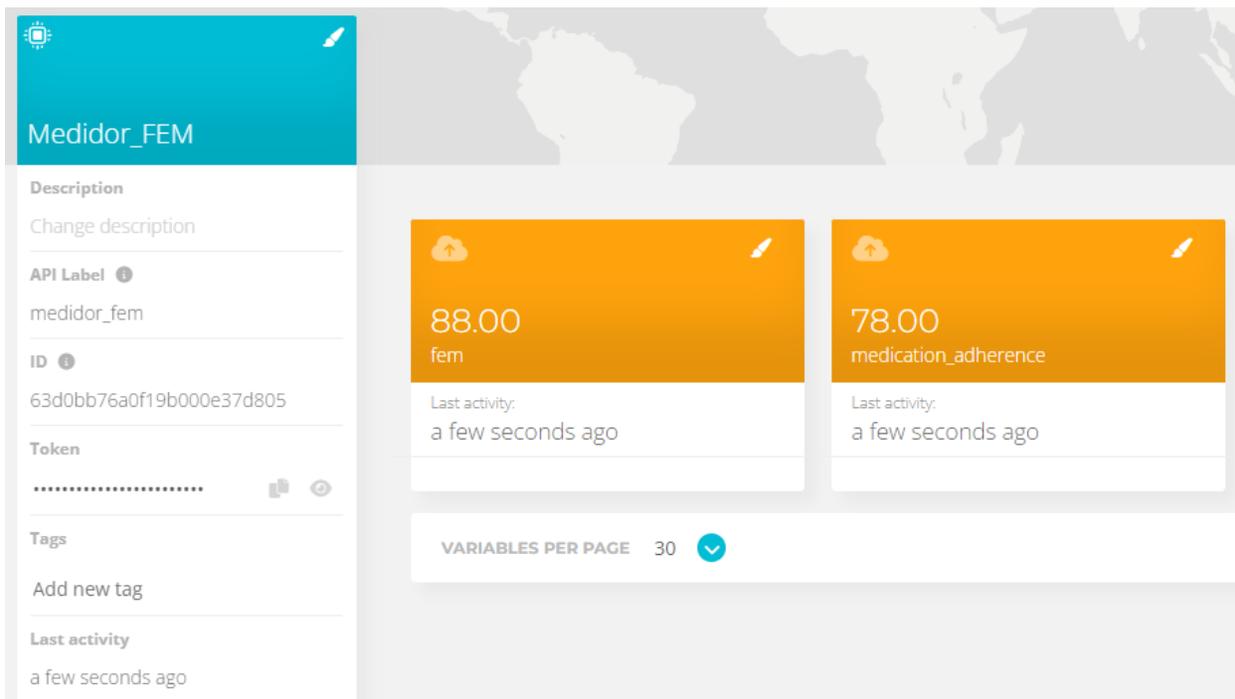
Existe una gran variedad de dispositivos IoT especializados en la salud, y empresas que ofrecen soluciones personalizadas para satisfacer las necesidades específicas de los pacientes. Con un poco de esfuerzo y los materiales adecuados, se pueden proponer prototipos que mejoren la calidad de vida de las personas en temas de salud.

En este contexto, se ha decidido utilizar herramientas de libre acceso para simular el comportamiento e interacción entre un dispositivo IoT y una plataforma que permita la toma de decisiones mediante la información capturada. En un entorno simulado se ha utilizado Ubidots, una plataforma que permite enviar datos de sensores a la nube, recibirlos, configurar tableros y alertas, conectarse con otras plataformas, utilizar herramientas de análisis y generar mapas de datos en tiempo real.

Como se puede observar en la figura 37, se tienen dos variables: el flujo espiratorio máximo y los niveles de un medicamento presente en el cuerpo de un paciente. Este dispositivo sería de gran importancia al momento de evaluar y estudiar a un paciente con síntomas de asma.

Figura 37

Interfaz Ubidots.



Nota. Elaborada en Ubidots

Para establecer una conexión con Ubidots se utiliza un dominio, un puerto y unas credenciales, este proceso es similar al que se utiliza en el simulador de redes Packet Tracer, que permite simular la conectividad de dispositivos IoT en un entorno controlado.

Para el envío de información desde los dispositivos IoT hacia la plataforma se utilizó un cliente MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), que es un protocolo de comunicación diseñado para dispositivos conectados a redes de baja potencia y baja banda ancha. Este protocolo es ampliamente utilizado en la conectividad IoT debido a su bajo consumo de recursos y su facilidad de implementación.

Los datos recogidos por los dispositivos IoT son enviados a la plataforma en formato JSON (JavaScript Object Notation), que es un formato de intercambio de datos sencillo, pero ampliamente adoptado. El uso de JSON permite que los datos sean fácilmente interpretados y procesados por la plataforma de telemedicina.

En la figura 38, se presenta una simulación gráfica del comportamiento del flujo espiratorio máximo (FEV1) con relación al tiempo para un paciente específico. El FEV1 es una medida del volumen de aire que una persona puede expulsar de sus pulmones en un segundo, y es un indicador importante de la función pulmonar en enfermedades como el asma.

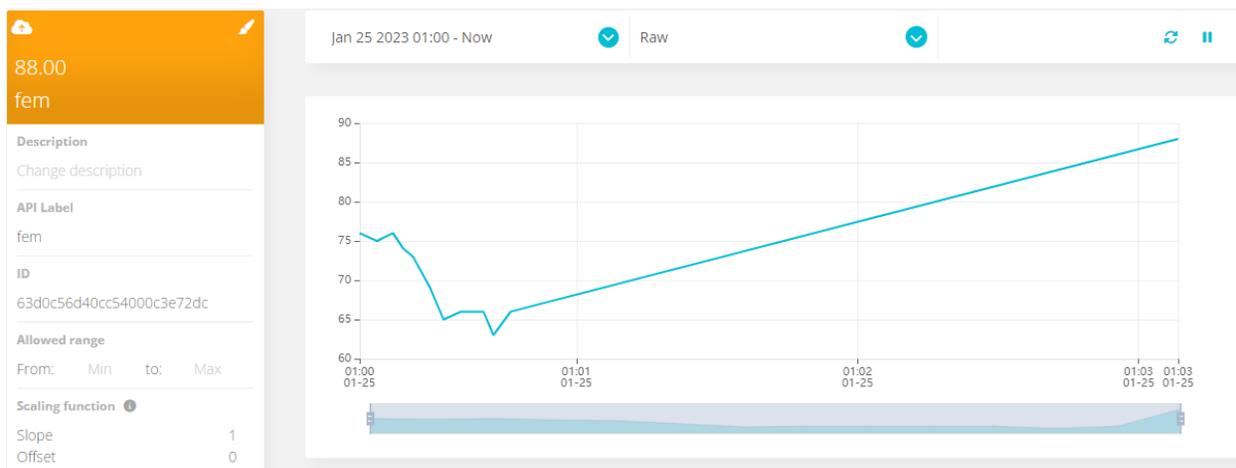
Esta gráfica se podría generar a partir de los datos recogidos por un dispositivo IoT especializado en la medición del FEV1, el cual se encuentre conectado a una plataforma de telemedicina mediante una conexión inalámbrica. Los datos son transmitidos en tiempo real a la plataforma, donde se procesan y se genera la gráfica para su visualización.

La simulación permite analizar el comportamiento del FEV1 a lo largo del tiempo, lo que permite detectar patrones y tendencias en la función pulmonar del paciente. Además, permite establecer un seguimiento continuo de la evolución de la enfermedad y detectar posibles complicaciones.

Es importante destacar que la gráfica es solo una representación visual de los datos, y debe ser interpretada por un especialista en la materia para obtener conclusiones precisas y tomar decisiones terapéuticas adecuadas.

Figura 38

Gráfico Flujo Espiratorio Forzado sobre tiempo



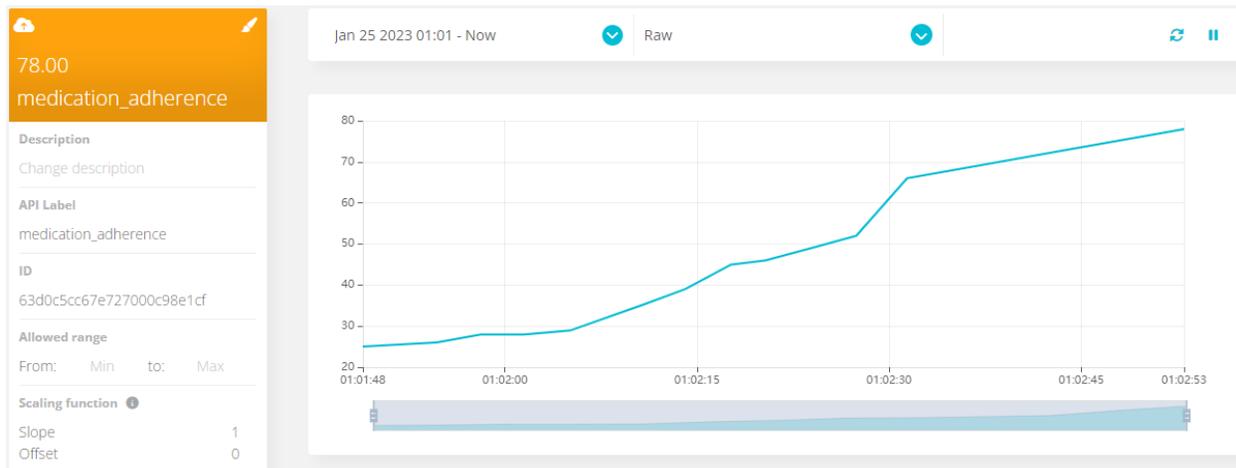
Nota. Elaborada en Ubidots

La figura 39 muestra una simulación gráfica del comportamiento de la adherencia a un medicamento en un paciente específico. La adherencia es un indicador de cuán consistentemente un paciente toma su medicación según lo recetado, y es un factor clave en la efectividad del tratamiento y en la prevención de complicaciones.

La simulación permite analizar el comportamiento de la adherencia al medicamento a lo largo del tiempo, lo que permite detectar patrones y tendencias en el comportamiento del paciente. Además, permite establecer un seguimiento continuo de la evolución del tratamiento y detectar posibles problemas de adherencia.

Figura 39

Gráfica del comportamiento de medicamento sobre tiempo



Nota. Elaborada en Ubidots

En resumen, la herramienta mencionada permite conectar los dispositivos IoT a una plataforma de telemedicina mediante una conexión segura, utilizando un dominio y un puerto específico, así como también credenciales de autenticación para garantizar la privacidad y seguridad de los datos.

El objetivo de esta herramienta es simular la evaluación de un paciente en tiempo real, permitiendo al especialista correspondiente, evaluar un paciente a pesar de que este no se encuentre frente a él, lo que permite tomar decisiones tempranas sobre el procedimiento a seguir y preparar al profesional de la salud sobre la condición del paciente cuando este requiera observación física o alguna intervención. En este sentido, se puede mencionar que la aplicación de estas herramientas es parte de una solución de telemedicina, la cual se enfoca en brindar una atención médica remota, y permite a los profesionales de la salud tomar decisiones precisas y rápidas, lo cual mejora la eficiencia y eficacia en la atención médica.

Por otra parte, se podría mejorar la eficiencia de una plataforma para uso de un sistema de telemedicina mediante la implementación de Grafana, la cual es una herramienta de análisis de datos y visualización de métricas que permite crear paneles y dashboards personalizados para la monitorización y el análisis de datos en tiempo real. Es un framework basado en Python y es ampliamente utilizado en la monitorización de sistemas, aplicaciones y dispositivos IoT.

Una de las principales características de Grafana es su capacidad para conectarse a una variedad de fuentes de datos, como bases de datos relacionales, sistemas de almacenamiento de datos NoSQL, sistemas de mensajería, y otros sistemas de recopilación de datos y monitorización. Esto permite obtener datos de diferentes fuentes y presentarlos en un único panel o dashboard para una mejor comprensión y análisis de la información.

Además, Grafana cuenta con una amplia variedad de opciones de visualización, como gráficos, tablas, mapas y alertas, lo que permite crear paneles y dashboards personalizados para cada necesidad. También cuenta con una interfaz de usuario intuitiva que permite crear y editar paneles y dashboards de forma sencilla.

En el contexto de la telemedicina, se podría utilizar Grafana para analizar y visualizar los datos recogidos por los dispositivos IoT, lo que permitiría a los profesionales de la salud tener una mejor comprensión de la condición del paciente y tomar decisiones precisas y rápidas. Además, se podría utilizar para monitorizar y analizar la eficacia de un tratamiento o la evolución de una enfermedad a lo largo del tiempo, lo cual mejorar

5.5. Escalabilidad

La escalabilidad en un sistema de telemedicina se refiere a la capacidad del mismo para adaptarse y crecer en función del aumento de la demanda y el número de usuarios. Un sistema de telemedicina escalable debe ser capaz de acomodar un crecimiento en el número de consultas médicas, pacientes y profesionales de la salud sin comprometer la calidad del servicio.

En este sentido, dicha red de telemedicina está diseñada para lograr una mayor escalabilidad en cuanto a la capacidad del sistema y a la organización para manejar el crecimiento. Entre los puntos a considerar están:

- Utilizar la nube, para obtener un crecimiento de capacidad de almacenamiento y procesamiento según sea necesario.
- Diseñar un sistema modular, en el que se puedan agregar o quitar componentes según sea necesario.
- Establecer una infraestructura de red robusta y escalable para soportar el tráfico de datos.
- Utilizar tecnologías de inteligencia artificial y aprendizaje automático para automatizar algunas tareas y mejorar la eficiencia del sistema, como lo es:
 - Análisis de imágenes: La IA puede utilizarse para analizar imágenes médicas, como radiografías, tomografías y ecografías, para detectar patologías y enfermedades.

- Diagnóstico: La IA puede utilizarse para ayudar en el diagnóstico de enfermedades, ya sea mediante la interpretación de síntomas o análisis de datos de pacientes.
- Predicción: La IA puede utilizarse para predecir el riesgo de enfermedad y para identificar a pacientes que podrían requerir atención médica inmediata.
- Telepresencia: Los robots pueden ser utilizados para proporcionar telepresencia médica, lo que permite a los médicos interactuar con pacientes en lugares remotos a través de videoconferencia y control remoto.
- Cirugías remotas: Los robots pueden ser utilizados para proporcionar cirugías remotas, lo que permite a los cirujanos realizar procedimientos en pacientes que se encuentran en lugares remotos mediante el control remoto de robots quirúrgicos.
- Asistencia a pacientes crónicos: Los robots pueden ser utilizados para ayudar a pacientes con enfermedades crónicas, como la diabetes o la enfermedad pulmonar, monitoreando sus signos vitales, brindando información sobre su estado de salud y ayudando a los pacientes a controlar sus enfermedades.

Finalmente, el sistema de telemedicina basado en IPv6 permite una mayor flexibilidad en la configuración y el diseño de redes, lo que ayuda a mejorar la escalabilidad y la capacidad de un sistema de telemedicina para adaptarse a las necesidades cambiantes.

5.6. Recomendaciones para implementación

En materia de soluciones referentes al campo de internet de las cosas existen diferentes empresas, una de ellas es MC Things, esta empresa se especializa en la implementación de dispositivos IoT (Internet de las cosas), entre los principales beneficios que ofrece se encuentra:

- **Experiencia:** MC Things tiene experiencia en la implementación de dispositivos IoT en diferentes industrias y tiene un equipo de expertos en el campo.
- **Soluciones personalizadas:** MC Things ofrece soluciones personalizadas para cada proyecto, adaptándose a las necesidades específicas de cada cliente.
- **Integración:** MC Things ofrece servicios de integración de dispositivos IoT con sistemas existentes, permitiendo una mejor eficiencia en la plataforma.
- **Soporte:** MC Things ofrece soporte técnico y servicios de mantenimiento para asegurar el correcto funcionamiento de los dispositivos IoT.
- **Costos:** MC Things ofrece dispositivos de alta calidad que funcionan a muy baja potencia.
- **Innovación:** MC Things se esfuerza en ofrecer las últimas tecnologías y soluciones innovadoras para mejorar la eficiencia en la plataforma.

Para la creación de la plataforma se recomienda el uso de Grafa y Python, ya que estas son dos herramientas muy populares que se utilizan en conjunto para crear una plataforma de telemedicina con IoT. Algunas de las razones por las que podrían ser útiles en conjunto son las siguientes:

- **Análisis de datos:** Python es un lenguaje de programación muy popular que se utiliza para el análisis de datos y la creación de algoritmos, lo que permite procesar y analizar los datos recolectados por los dispositivos IoT de manera automatizada.
- **Integración con Grafana:** Python permite crear scripts que se integran con Grafana para mostrar los datos en paneles personalizados y visualizaciones interactivas.
- **Automatización:** Python permite automatizar tareas como la recolección de datos, el análisis y la generación de alertas, lo que permite una mejor eficiencia en la plataforma de telemedicina.
- **Flexibilidad:** Python es un lenguaje de programación muy flexible, que permite la creación de scripts y aplicaciones personalizadas para adaptarse a las necesidades específicas de una plataforma de telemedicina.
- **Comunidad:** Python cuenta con una gran comunidad de desarrolladores y una amplia variedad de librerías y herramientas disponibles, lo que facilita el desarrollo de la plataforma.

Capítulo 6. Resultados

Durante el desarrollo del proyecto se han realizado presentaciones en diferentes eventos y congresos de Universidades a nivel nacional, regional y local, como las siguientes:

1. Se llevó a cabo la ponencia titulada “Diseño de un sistema de telemedicina para la atención médica en la región del Catatumbo usando IoT” el día 5 de junio del 2021 durante una Feria de Proyectos de Aula de Ingeniería de Sistemas I- 2021, organizada por el Plan de estudios de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Francisco de Paula Santander, seccional Ocaña, donde se obtuvo el primer lugar en la categoría Senior.
2. Por segunda vez, se realizó una ponencia en la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá, el 3 de septiembre del 2021 con el título “Design of a telemedicine network system for medical care in the Catatumbo region”.
3. En una tercera ocasión se sustentó la ponencia “Diseño de un sistema de Red de Telemedicina para la atención médica en la región del Catatumbo” durante el Encuentro Nacional de Semilleros de Investigación (ENSI), organizado por la División de Investigación y Extensión (DIE) el 25 de noviembre del 2021 en la Universidad Francisco de Paula Santander, seccional Ocaña.
4. Se realizó la ponencia del artículo titulado “Design of a telemedicine network system for medical care in the Catatumbo region” el día 5 de mayo del 2022 durante el quinceavo

Congreso Internacional en Electrónica y Tecnologías de Avanzada (CIETA) llevado a cabo en la Universidad de Pamplona.

Las presentaciones mencionadas anteriormente tenían como objetivo presentar un diseño de red de telemedicina con el fin de permitir la atención médica a distancia en la región del Catatumbo. En este se identifican las unidades básicas de atención en la región del Catatumbo. El diseño propuesto combina protocolos de red e internet con dispositivos con tecnología de Internet de las Cosas. Finalmente, se obtuvo un diseño simulado que demuestra que la telemedicina puede ayudar a mitigar el tercer objetivo de desarrollo sostenible.

Capítulo 7. Conclusiones

Durante el desarrollo de la presente investigación se analizaron diferentes problemáticas, entre ellas la pandemia producida por el Coronavirus, el mal estado de las vías en toda la región del Catatumbo, la lentitud en la respuesta de procedimientos médicos, la falta de personal profesional, la mala inversión del estado colombiano en el sistema de salud, el conflicto armado en la región y demás factores que ocasionan dificultades al momento de necesitar acceder a algún servicio médico. Por lo que se planteó el diseño del sistema de telemedicina para solventar gradualmente aquellos problemas que aquejan a la población.

Se identificó que una de las principales dificultades en la atención médica en la región del Catatumbo es la falta de acceso a servicios médicos de calidad debido a las limitantes geográficas y a la escasez de personal médico y recursos. Además, la falta de infraestructura adecuada, como carreteras y servicios básicos de comunicación, también dificultan el acceso a servicios médicos.

Se evaluaron varias tecnologías en la telemedicina y se determinó que algunas tecnologías, como las videoconferencias y la telemedicina móvil, son las más adecuadas para el entorno rural de la región del Catatumbo debido a su capacidad para superar las barreras geográficas y brindar acceso a servicios médicos a distancia.

Se propuso un sistema de infraestructura de red de telemedicina basado en el protocolo IPv6, el cual permite una mayor eficiencia y escalabilidad en la comunicación de datos médicos y una mejor coordinación entre los diferentes proveedores de atención médica en la región.

La propuesta del sistema de infraestructura de red de telemedicina basado en IPv6 fue evaluada mediante procesos de simulación y modelamiento, los cuales demostraron su viabilidad y eficacia en mejorar la atención médica en la región del Catatumbo. Sin embargo, es necesario llevar a cabo pruebas en el mundo real para asegurar su eficacia.

Finalmente, se hace mención al semillero de Investigación de Telecomunicaciones Móviles (SITEMO) como un recurso para la formación y el crecimiento profesional, académico y científico. La experiencia y el intercambio de ideas con otros investigadores y expertos en el tema fue un pilar valioso para el enriquecimiento y construcción del proyecto.

Capítulo 8. Recomendaciones

Es fundamental asegurar las siguientes características para la implementación de un sistema de red de telemedicina:

Redundancia de conectividad: Es importante contar con múltiples medios de conectividad, como satélite, radio, 4G/5G, para asegurar que la red sea resistente a fallos y pueda operar de manera segura en caso de que un enlace falle.

Fiabilidad: Es importante utilizar dispositivos y equipos de redes confiables y robustos, capaces de operar en condiciones extremas y con una buena disponibilidad.

Seguridad: Es crucial garantizar la seguridad de la red y la información transmitida mediante el uso de protocolos de seguridad, autenticación y encriptación.

Alimentación: Es importante tener en cuenta el acceso a la energía eléctrica, ya que en zonas remotas puede ser limitado, por lo que se recomienda utilizar equipos con baterías y sistemas de carga solares.

Capacitación: Es importante capacitar al personal local para el manejo de los dispositivos y la red, para asegurar una adecuada operación y mantenimiento de la misma.

Monitoreo: Es fundamental llevar un monitoreo constante de la red para detectar y solucionar problemas a tiempo.

Integración: Es importante integrar la telemedicina con los sistemas de salud existentes, para asegurar una atención médica eficiente y una buena comunicación entre los profesionales de la salud.

Por último, se recomienda a toda la comunidad de estudiantes y personal activo de la UFPSO ser parte de un semillero de investigación, ya que es una excelente oportunidad para desarrollar habilidades de investigación e indagar acerca de un tema en particular que sea de su interés, con el fin de recibir el apoyo de líderes investigadores y llevar sus ideas a un plano con fundamentos, contribuyendo al avance de su respectiva área.

Referencias

- Alfrhan, A., Moulahi, T., & Alabdulatif, A. (2021). Comparative study on hash functions for lightweight blockchain in Internet of Things (IoT). *Blockchain: Research and Applications*, 2(4), 100036. <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2021.100036>
- Amir, M., Munizu, M., Mappangara, I., & Adam, A. T. S. (2021). Telemedicine for detecting Brugada Syndrome in eastern Indonesia: A multi-center prospective observational study. *Annals of Medicine and Surgery*, 65, 102334. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.102334>
- Ashfaq, Z., Rafay, A., Mumtaz, R., Hassan Zaidi, S. M., Saleem, H., Raza Zaidi, S. A., Mumtaz, S., & Haque, A. (2022). A review of enabling technologies for Internet of Medical Things (IoMT) Ecosystem. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(4), 101660. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.101660>
- Balut, M. D., Wyte-Lake, T., Steers, W. N., Chu, K., Dobalian, A., Ziaieian, B., Heyworth, L., & Der-Martirosian, C. (2022). Expansion of telemedicine during COVID-19 at a VA specialty clinic. *Healthcare*, 10(1), 100599. <https://doi.org/10.1016/j.hjdsi.2021.100599>
- Banco Mundial. (2018, julio 12). *La falta de servicios de salud representa un desperdicio en materia de capital humano: Cinco maneras para lograr una cobertura sanitaria universal*. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/12/07/lack-of-health-care-is-a-waste-of-human-capital-5-ways-to-achieve-universal-health-coverage-by-2030>
- Báscolo, E., Houghton, N., & Del Riego, A. (2020). Leveraging household survey data to measure barriers to health services access in the Americas. *Revista Panamericana de*

Salud Pública, 44, 1. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.100>

Bautista, G. O. (2017). Bioética y derechos humanos: Acceso humanitario a los servicios de salud, acceso a la vida y al desarrollo humano, en el pos acuerdo: ¿Qué está en juego para la Misión Médica en las regiones apartadas? *Revista Colombiana de Bioética*, 11(3), 30. <https://doi.org/10.18270/rcb.v11i3.1918>

Bermúdez Pérez, S. (2020). *Satisfacción del Paciente de Telemedicina durante la Pandemia COVID-19* [Colegio de Estudios Superiores de Administración- CESA]. https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/4093/ADM_1047492126_2020_2.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Bernal Macías, B. E., & Rincon Arias, J. C. (2020). *DISEÑO DE UN MODELO DE TELEMEDICINA PARA EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA* [UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA]. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/20334/1/2020_Dise%c3%b1o_Modelo_Telemedicina.pdf

Cáceres, I. L. A. (2020). *MANUAL REDES DE COMPUTADORAS*. 121.

Chávez, D. C. F. (2018). *Titulo: LA IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN EN INTERNET PARA EL DESARROLLO DE UNA SOCIEDAD INFORMACIONAL*. 6.

Cisco. (2018). *Cisco 4000 Series Integrated Services Routers—Cisco*. <https://www.cisco.com/c/en/us/products/routers/4000-series-integrated-services-routers-isr/index.html>

Cisco. (2019, 7 junio). Cisco 4321 Integrated Services Router. <https://www.cisco.com/c/en/us/support/routers/4321-integrated-services-router/model.html>

Cisco. (2019, 7 junio). Cisco 4321 Integrated Services Router.

<https://www.cisco.com/c/en/us/support/routers/4321-integrated-services-router/model.html>

Cisco. (2021). *Cisco Catalyst 2960 Series Switches—Cisco*.

<https://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/catalyst-2960-series-switches/series.html>

Cisco. (2022). *Cisco Business 200 Series Access Points—Cisco Business 200 Series Access Points—Cisco*. <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/business-200-series-access-points/index.html>

Cisco. (2022, 22 enero). *Cisco Catalyst 2960-X Series Switches*.

<https://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/catalyst-2960-x-series-switches/series.html>

Comité de Estándares. (1997). *Redes Ethernet Inalámbricas*.

<http://www.radiocomunicaciones.net/pdf/wifi/tabla-de-estandares-inalambricos.pdf>

Comité de Estándares. (2022, enero 6). *IEEE802*. <https://www.ieee802.org/>

Congreso de Colombia. (2009). *Departamento Administrativo de la Función Pública*.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=36913

Congreso de Colombia. (2010). *Departamento Administrativo de la Función Pública*.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=40937#:~:text=La%20presente%20ley%20tiene%20por,contemplados%20en%20la%20presente%20ley.

Congreso de Colombia. (2019). *Departamento Administrativo de la Función Pública*.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=98210

Congreso de Colombia. (2021). *Ley N° 2108*.

<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202108%20DEL%2029%20>

DE%20JULIO%20DE%202021.pdf

Constitución política de Colombia. (1991). *CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991* (p. 16).

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/constitucion-1991.pdf>

Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud. (2011). *Páginas—Medicamentos y Tecnologías en Salud*. <https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/home-medicamentos-y-tecnologias.aspx>

Dwivedi, R., Mehrotra, D., & Chandra, S. (2021). Potential of Internet of Medical Things (IoMT) applications in building a smart healthcare system: A systematic review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2021.11.010>

Gobernacion de Norte de Santander. (2020, noviembre 27). *Centro Cardioneuromuscular ve en la telemedicina una nueva alternativa*. Gobernación de Norte de Santander. <https://www.nortedesantander.gov.co/Noticias-Gobernación-Norte-de-Santander/ArticleID/18453/Centro-Cardioneuromuscular-ve-en-la-telemedicina-una-nueva-alternativa>

Javier Silva, L. A., & Rosario Pacahuala, E. A. (2021). La Telemedicina como herramienta para enfrentar la atención de pacientes durante el contexto de la COVID-19. *Atención Primaria*, 53(7), 102061. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2021.102061>

Jose, S. (2020). <https://www.cisco.com/c/en/us/products/servers-unified-computing/ucs-b-series-blade-servers/datasheet-listing.html>.

Juan Miguel González Aguilar. (2015). *ESTUDIO PARA LA APLICACION DE LA TELEMEDICINA EN CONSULTAS Y DIAGNÓSTICOS A DISTANCIA EN EL*

- HOSPITAL TEODORO MALDONADO CARBO DE GUAYAQUIL* [Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/4115>
- Koohang, A., Sargent, C. S., Nord, J. H., & Paliszkievicz, J. (2021). Internet of Things (IoT): From awareness to continued use. *International Journal of Information Management*, 62, 102442. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102442>
- laopinión. (2020, mayo 15). *Telemedicina, atención médica en cuarentena*. Noticias de Norte de Santander, Colombia y el mundo. <https://www.laopinion.com.co/vida-y-salud/telemedicina-atencion-medica-en-cuarentena>
- M^a Pilar, V. T., & Mateu Hernández, C. A. (2021). Cruzando el puente tecnológico de la telemedicina. *Atención Primaria Práctica*, 3, 100117. <https://doi.org/10.1016/j.appr.2021.100117>
- Mapa-catatumbo-final* | *VerdadAbierta.com*. (s. f.). Recuperado 21 de enero de 2023, de <https://verdadabierta.com/el-catatumbo-de-espaldas-al-estado-y-de-cara-a-la-guerra/mapa-catatumbo-final/>
- Mario Ruiz. (2020, septiembre 29). Secuelas de la COVID-19, la visión de los especialistas en España [Resvista Española de Economía de la Salud]. *EDS - Economiadelasalud.com*. <https://economiadelasalud.com/topics/difusion/el-impacto-de-la-covid-19-tras-la-enfermedad-los-especialistas-analizan-sus-secuelas/>
- Ministerio de la protección social. (2006). *MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL*. <https://www.fucsalud.edu.co/sites/default/files/2017-01/Res1448.pdf>
- Ministerio de salud y protección social. (2016). *MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL*. https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/resolucion_no._2465_del_14_de_junio_de_20

16.pdf

Ministerio de salud y proteccion social. (2018). *Plan Nacional de Salud Rural Ministerio de Salud y Protección Social*. MINSALUD.

Ministerio de salud y protección social. (2019). *MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL*.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-3100-de-2019.pdf>

Ministerio de salud y protección social. (2020). *MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL*.

<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20538%20DEL%2012%20DE%20ABRIL%20DE%202020.pdf>

Ministerio de salud y proteccion social. (2020, noviembre 12). *Colombia sigue avanzando en la cobertura universal en salud(Boletín de Prensa No 920 de 2020)*.

<https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Colombia-sigue-avanzando-en-la-cobertura-universal-en-salud-.aspx>

Ministro del interior y de justicia. (2009). *Decreto 4948 de 2009 Nivel Nacional*.

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38478>

Minsalud. (2020, octubre 28). *Durante la pandemia se consolidó la telemedicina en el país*.

Ministerio de Salud y Protección Social. <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Durante-la-pandemia-se-consolido-la-telemedicina-en-el-pais.aspx>

Mohamed, W., & Abdellatif, M. M. (2019). Telemedicine: An IoT Application For Healthcare systems. *Proceedings of the 2019 8th International Conference on Software and Information Engineering*, 173-177. <https://doi.org/10.1145/3328833.3328881>

Mohd Aman, A. H., Hassan, W. H., Sameen, S., Attarbashi, Z. S., Alizadeh, M., & Latiff, L. A.

(2021). IoMT amid COVID-19 pandemic: Application, architecture, technology, and security. *Journal of Network and Computer Applications*, 174, 102886.

<https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102886>

Moreno Cabezas, J. A. (2018). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA*

PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMEDICINA EN EL HOSPITAL LOCAL DE CANDELARIA. [FUNDACIÓN UNIVERSIDAD CATÓLICA LUMEN GENTIUM].

[https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1566/ESTUDIO_FACTIBILIDAD_T%
c3%89CNICA_FINANCIERA_IMPLEMENTACI%
c3%93N_SISTEMA_TELEMEDICINA_HOSPITAL_LOCAL_CANDELARIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1566/ESTUDIO_FACTIBILIDAD_T%c3%89CNICA_FINANCIERA_IMPLEMENTACI%c3%93N_SISTEMA_TELEMEDICINA_HOSPITAL_LOCAL_CANDELARIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

OMS. (2019, abril 17). *La OMS publica las primeras directrices sobre intervenciones de salud digital*. <https://www.who.int/es/news/item/17-04-2019-who-releases-first-guideline-on-digital-health-interventions>

OMS. (2020, agosto 11). *Servicios sanitarios de calidad*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/quality-health-services>

Organización Panamericana de la Salud. (2020). *Teleconsulta durante una pandemia* (N.º 20-0024; p. 3).

Pomares Herrera, F., & Fernandez Periche, F. (2017). *SISTEMA DE TELEMEDICINA UdC: Un nuevo paradigma en la atención médica colombiana para el sur de Bolívar*. 1(1), 11.

<https://doi.org/10.33936/isrtic.v1i1.192>

Romero, M. (2020). *Equipos médicos para telemedicina, instrumentos y aparatos tecnológicos*.

<https://www.myrgroup.pe/blog/equipos-medicos-para-telemedicina-instrumentos-y-aparatos-tecnologicos-24>

Sánchez, G. L. A. (2020). *Capítulo II. Teoría y métodos de transición IPv4 e IPv6*.

Tintín-Perdomo, V. P., Caiza-Caizabuano, J. R., & Caicedo-Altamirano, F. S. (2018).

Arquitectura de redes de información. Principios y conceptos. *Dominio de las Ciencias*, 4(2), 103. <https://doi.org/10.23857/dc.v4i2.780>

Villafaña, D. F. (2018). *Fundamentos de Telecomunicaciones*. 75.