



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PARA PROVEER DE SERVICIOS DE
INTERNET A LA PARROQUIA ROCAFUERTE DEL CANTÓN RIOVERDE
PROVINCIA DE ESMERALDAS ECUADOR**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Telecomunicaciones**

AUTOR: JOSEPH ALDAIR SANTOS MERCADO

TUTOR: JUAN CARLOS DOMÍNGUEZ AYALA

Quito, Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo Joseph Aldair Santos Mercado, con documento de identificación N° 0804448124, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 01 de Septiembre del 2022

Atentamente



Joseph Aldair Santos Mercado
0804448124

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo Joseph Aldair Santos Mercado, con documento de identificación N° 0804448124, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del proyecto técnico: “Diseño de una red inalámbrica para proveer de servicios de internet a la parroquia Rocafuerte del cantón Rioverde provincia de Esmeraldas Ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 01 de Septiembre del 2022

Atentamente



Joseph Aldair Santos Mercado
0804448124

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Carlos Domínguez Ayala con documento de identificación N° 1713195590, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PARA PROVEER DE SERVICIOS DE INTERNET A LA PARROQUIA ROCAFUERTE DEL CANTÓN RIOVERDE PROVINCIA DE ESMERALDAS ECUADOR realizado por Joseph Aldair Santos Mercado con documento de identificación N° 080444824, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 01 de Septiembre del 2022

Atentamente,



Ing. Juan Carlos Domínguez Ayala, Mgtr.
1713195590

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a Dios y especialmente a mi familia, Patricia y Rosa, quienes siempre han creído en mis capacidades, me han apoyado incondicionalmente y a la planta docente en general de la carrera de ingeniería en telecomunicaciones que desde su pedagogía en las diversas asignaturas dieron un aporte inmenso en el desarrollo de este proyecto en la posibilidad de plasmar una propuesta que refuerce las implementaciones prácticas y fundamentales de la presente carrera.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo moral y motivación de dar siempre lo mejor de mí mismo. A la Universidad Politécnica Salesiana, a la planta docente de la carrera de ingeniería en telecomunicaciones, por ofrecerme las herramientas técnicas y prácticas para afrontar el mundo laboral y a mis colegas de carrera que en el transcurso de formación académica fueron un apoyo y supieron ofrecerme su amistad sincera en todo momento.

A mi tutor de tesis el docente Juan Carlos Domínguez, que desde su gran experiencia supo orientarme y darme las pautas necesarias para que este trabajo de investigación sea un éxito.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO 1	15
1. ANTECEDENTES Y LÍNEA BASE DE RED WIFICONECT	15
1.1. Planteamiento del problema	15
1.2. Justificación	16
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo General	18
1.3.2. Objetivos Específicos	18
1.4. Metodología	18
1.5. Levantamiento de línea base de red WISP.	19
1.5.1. Aspectos preliminares de red Wificonect.	19
1.5.2. Topología física y lógica de red Wificonect.	20
1.5.4. Direccionamiento IP y configuración de interfaces WAN y LAN.	23
1.5.5. Configuración de planes de oferta, reportes y distribución de clientes.	25
1.5.6. Configuración y recursos del equipo local del cliente.	28
1.5.7. Análisis del tráfico de red.	29
1.5.8. Configuración de seguridad de red.	30
1.5.9. Análisis de pruebas de velocidad.	31
1.5.10. Monitoreo SNMP y recursos del sistema.	33
CAPÍTULO 2	35
2. DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE NUEVA RED	35
2.1. Niveles jerárquicos de nueva red	35

2.2.	Descripción de hardware de nueva red	37
2.3.	Parámetros de escalabilidad y tolerancia a fallos.	40
2.3.1.	Plan de direccionamiento IP.	40
2.3.2.	Simulación de configuración lógica de red	40
2.3.3.	Administración de nueva red.....	42
2.4.	Requerimientos de QoS y seguridad de red.....	46
2.5.	Implementaciones futuras.....	50
2.5.1.	Renovación del contrato de plan de navegación.....	50
2.5.2.	Transición IPv6.....	50
CAPÍTULO 3		52
3.	MEDICIONES Y SIMULACIÓN DE RADIOENLACES.....	52
3.1.	Modelo de Propagación.....	52
3.2.	Área de cobertura y determinación de puntos de medición.	54
3.3.	Descripción del software de simulación	56
3.4.	Simulación de enlaces inalámbricos.	56
3.4.1.	Radioenlaces de red Wificonect actual.....	56
3.4.2.	Radioenlaces de nueva red Wificonect.....	58
3.5.	Sistema de energía eléctrica en nodo intermediario.....	60
CAPÍTULO 4		62
4.	ESTIMACIÓN DE PRESUPUESTOS Y DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS.	62
4.1.	Análisis de resultados técnicos.....	62
4.2.	Análisis de resultados económicos.....	64
4.3.	Conclusiones.	70
4.4.	Recomendaciones.....	71
4.5.	Referencias.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Ubicación geográfica de red Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos ..	21
Ilustración 2 Torre de telecomunicaciones Palestina. Elaborado por: Aldair Santos.....	21
Ilustración 3 Topología física y lógica de red actual. Elaborado por: Aldair Santos	22
Ilustración 4 Inventario de equipos de distribución de red. Elaborado por: Aldair Santos	22
Ilustración 5 Equipos complementarios de red actual. Elaborado por: Aldair Santos ...	23
Ilustración 6 Interfaz remota winbox en router Mikrotik. Elaborado por: Aldair Santos	23
Ilustración 7 Configuración nula de bridge de interfaz LAN. Elaborado por: Aldair Santos	24
Ilustración 8 Lista de direcciones IP de infraestructura de red. Elaborado por: Aldair Santos.....	24
Ilustración 9 Configuración de IP pública y segmento de red. Elaborado por: Aldair Santos.....	24
Ilustración 10 Configuración DNS del servicio de red. Elaborado por: Aldair Santos..	25
Ilustración 11 Configuración de velocidad de transmisión total. Elaborado por: Aldair Santos.....	25
Ilustración 12 Velocidad de transmisión por plan de oferta. Elaborado por: Aldair Santos	26
Ilustración 13 Escaneo de IP's activas y obtención de reporte. Elaborado por: Aldair Santos.....	27
Ilustración 14 Estadística de planes de oferta por clientes. Elaborado por: Aldair Santos	27
Ilustración 15 Distribución de IP's activas del servicio. Elaborado por: Aldair Santos.	28
Ilustración 16 Diagrama de red en utilización de un CPE. Fuente (Alvarez, 2022)	28
Ilustración 17 Configuración de equipo CPE Mikrotik. Elaborado por: Aldair Santos .	29
Ilustración 18 Velocidad de tx/rx de red Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos.....	29
Ilustración 19 Reglas de firewall. Elaborado por: Aldair Santos	30
Ilustración 20 Reglas NAT en tráfico de red. Elaborado por: Aldair Santos	31
Ilustración 21 Configuración Mangle. Elaborado por: Aldair Santos	31

Ilustración 22 Medición de Speed Test en switch central. Elaborado por: Aldair Santos	32
Ilustración 23 Medición de Speed Test en router Cisco. Elaborado por: Aldair Santos	32
Ilustración 24 Diferenciación de mediciones Speed Test. Elaborado por: Aldair Santos	33
Ilustración 25 Monitoreo SNMP en interfaz Mikrotik. Elaborado por: Aldair Santos ..	33
Ilustración 26 Parámetros y registro de datos SNMP. Elaborado por: Aldair Santos	33
Ilustración 27 Representación gráfica de Monitoreo SNMP. Elaborado por: Aldair Santos	34
Ilustración 28 Rendimiento de router Mikrotik. Elaborado por: Aldair Santos	34
Ilustración 29 Niveles jerárquicos de red Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos	36
Ilustración 30 Diseño de nueva red nivel 1. Elaborado por: Aldair Santos.....	36
Ilustración 31 Diseño de nueva red nivel 2. Elaborado por: Aldair Santos.....	37
Ilustración 32 Ponderación de decisiones de router Rocafuerte. Elaborado por: Aldair Santos.....	38
Ilustración 33 Ponderación de decisiones de switches. Elaborado por: Aldair Santos ..	39
Ilustración 34 Ponderación de decisiones de antenas de radioenlaces. Elaborado por: Aldair Santos	39
Ilustración 35 Equipos de nueva infraestructura de red. Elaborado por: Aldair Santos .	39
Ilustración 36 Bloque de direcciones de red propuestas. Fuente (Site24x7, 2022).....	40
Ilustración 37 Subneting/Vlsm. Elaborado por: Aldair Santos	40
Ilustración 38 Configuración lógica de distribución IP. Elaborado por: Aldair Santos .	41
Ilustración 39 Comandos de configuración en CLI. Elaborado por: Aldair Santos	41
Ilustración 40 Comprobación de conectividad PING. Elaborado por: Aldair Santos	41
Ilustración 41 Protocolo de redundancia de router virtual. Elaborado por: Aldair Santos	43
Ilustración 42 Interfaces WAN y LAN de router Rioverde. Elaborado por: Aldair Santos	44
Ilustración 43 Configuración VRRP dispositivo principal. Fuente (Suarez, 2019)	44
Ilustración 44 Configuración VRRP en winbox. Fuente (Suarez, 2019)	45
Ilustración 45 Ejemplo de asignación IP virtual. Fuente (Suarez, 2019)	45
Ilustración 46 Configuración NAT. Fuente (Suarez, 2019)	45
Ilustración 47 DSCP y valores de precedencia. Fuente (Nexus, 2022).....	47
Ilustración 48 Priorización del tráfico según DSCP. Elaborado por: Aldair Santos	48

Ilustración 49 Demostración marcado de conexión y paquetes. Elaborado por: Aldair Santos.....	48
Ilustración 50 Configuración Queues por prioridades. Elaborado por: Aldair Santos...	49
Ilustración 51 Planificación de direccionamiento IPv6. Elaborado por: Aldair Santos .	51
Ilustración 52 Simbología de propuesta IPv6. Elaborado por: Aldair Santos	51
Ilustración 53 Coordenadas geográficas del cantón Rioverde. Fuente (geográficas, s.f.)	54
Ilustración 54 Coordenadas Torre principal. Fuente (Maps, s.f.).....	54
Ilustración 55 Coordenadas geográficas de Torre Palestina. Fuente (Maps, s.f.)	54
Ilustración 56 Coordenadas geográficas de Torre Rocafuerte. Fuente (Maps, s.f.)	55
Ilustración 57 Coordenadas del sitio estratégico 1 del Repetidor. Fuente (Maps, s.f.)..	55
Ilustración 58 Coordenadas del sitio estratégico 2 del Repetidor. Fuente (Maps, s.f.)..	55
Ilustración 59 Coordenadas del sitio estratégico 3 del Repetidor. Fuente (Maps, s.f.)..	55
Ilustración 60 Configuración de radioenlace red actual. Elaborado por: Aldair Santos	56
Ilustración 61 Configuración de topología Máster/Slave. Elaborado por: Aldair Santos	57
Ilustración 62 Radioenlace central Rioverde & Palestina. Elaborado por: Aldair Santos	57
Ilustración 63 Configuración de unidades de nueva red. Elaborado por: Aldair Santos	58
Ilustración 64 Configuración de redes, antenas y patrón de radiación. Elaborado por: Aldair Santos	59
Ilustración 65 Radioenlaces de nueva red Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos...	59
Ilustración 66 Visualización de radioenlaces en Google Earth. Elaborado por: Aldair Santos.....	59
Ilustración 67 Distribución general de energía eléctrica. Elaborado por: Aldair Santos	60
Ilustración 68 Distribución eléctrica nodo intermediario. Elaborado por: Aldair Santos	60
Ilustración 69 Distribución eléctrica estación Rocafuerte. Elaborado por: Aldair Santos	61
Ilustración 70 Radioenlace directo Rioverde & Rocafuerte. Elaborado por: Aldair Santos	62
Ilustración 71 Elevación de antena del nodo intermediario. Elaborado por: Aldair Santos	64
Ilustración 72 Dimensiones y ángulos de Intermediario. Elaborado por: Aldair Santos	64

Ilustración 73 Inversión inicial. Elaborado por: Aldair Santos	65
Ilustración 74 Depreciación de activos. Elaborado por: Aldair Santos.....	65
Ilustración 75 Costos fijos. Elaborado por: Aldair Santos	66
Ilustración 76 Costos variables. Elaborado por: Aldair Santos	66
Ilustración 77 Ingresos del propietario Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos.....	66
Ilustración 78 Egresos del propietario Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos	67
Ilustración 79 Flujo de fondos sin financiamiento. Elaborado por: Aldair Santos.....	67
Ilustración 80 Métricas financieras y retorno de inversión inicial. Elaborado por: Aldair Santos.....	68
Ilustración 81 Flujo de fondos con financiamiento. Elaborado por: Aldair Santos	69
Ilustración 82 Tabla de amortización. Elaborado por: Aldair Santos.....	69
Ilustración 83 Métricas financieras con financiamiento. Elaborado por: Aldair Santos	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis DAFO red Wificonect.	20
Tabla 2 Equipos propuestos de red WISP.	38
Tabla 3 Priorización del tráfico de interfaz Mikrotik.	49
Tabla 4 Escenarios alternativos de coordenadas del sitio.....	63

RESUMEN

Los proveedores de servicios de internet resultan ser una oportunidad fundamental en el desarrollo de la conectividad y el alcance en dichos servicios, enfocado desde la perspectiva de desarrollo en zonas rurales donde dichos recursos presentan una complejidad en su implementación. El presente proyecto pretende establecer el estudio de los parámetros que requieren la implantación y el crecimiento de un negocio basado en una propuesta de conectividad inalámbrica que beneficie a un sector estratégico ausente de la accesibilidad de dicho servicio y que basado en un proveedor ya existente en el cantón Rioverde perteneciente a la provincia de Esmeraldas(Wificonect) pueda establecerse un modelo de red que favorezca la rentabilidad del proveedor, su estabilidad en los servicios que ofrece y una ampliación de cobertura de clientes en una zona cercana denominada “Rocafuerte”, además de considerar los requerimientos económicos de una nueva infraestructura y sus implicaciones técnicas futuras que deban considerarse a largo plazo.

ABSTRACT

Internet service providers turn out to be a fundamental opportunity in the development of connectivity and the scope of these services, focused from the perspective of development in rural areas where these resources present a complexity in their implementation. This project aims to establish the study of the parameters that require the implementation and growth of a business based on a wireless connectivity proposal that benefits a strategic sector absent from the accessibility of said service and based on an existing provider in the Rioverde canton belonging to the province of Esmeraldas (Wificonect) can establish a network model that favors the profitability of the provider, its stability in the services it offers and an expansion of customer coverage in a nearby area called "Rocafuerte", in addition to considering the economic requirements of a new infrastructure and its future technical implications that must be considered in the long term.

INTRODUCCIÓN

La implementación de un proveedor de servicios de internet inalámbrico requiere de un proceso exhaustivo que delimite el tipo de infraestructura a utilizar, los parámetros de configuración lógica de red considerando todas las capas del modelo de referencia OSI y los recursos económicos que se necesiten para la creación y distribución de este modelado de red. Por otro lado, es importante considerar el tipo de infraestructura física a emplear basado en la marca de equipos, dado que en función de esta determinación se tendría un costo aproximado que el propietario debería asumir frente a esta ejecución.

El presente proyecto se fundamenta de la red existente en el cantón Rioverde perteneciente a la provincia de Esmeraldas, bajo la operabilidad de equipos de marca Mikrotik, mismo que se encarga de la fabricación de hardware y software de routers, utilizado a nivel mundial en redes de todas las escalas (Diego, 2018). Funciona como un sistema operativo con una gran flexibilidad de administración, mantenimiento y monitoreo de red, facilita el balanceo de conexiones en el servicio de calidad, además de visualizar la cobertura de clientes y todos los aspectos de configuración del sistema que faciliten la gestión, seguridad, distribución e implicación de cambios necesarios para el bienestar de la infraestructura de red. (FLOREZ, 2022)

El análisis de las implementaciones existentes dentro del proveedor antes mencionado se centran en el crecimiento del negocio a un sector estratégico que favorezca la oportunidad de comercialización del servicio para nuevos y futuros abonados bajo el diseño de una nueva propuesta de red considerando aspectos que validen la escalabilidad, tolerancia a fallos, calidad de servicios (QoS) y la seguridad de red, además de la evaluación de la estabilidad del sistema y sus implicaciones futuras que permitan establecer una proyección de crecimiento para carecer de una decadencia del servicio y una oportunidad de oferta favorable.

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES Y LÍNEA BASE DE RED WIFICONECT

En este capítulo se detallará el planteamiento del problema, la justificación, se plantearán los objetivos y se describirá la metodología utilizada. A su vez se dará una descripción general del levantamiento de información de línea base de la infraestructura de red actual del propietario.

1.1.Planteamiento del problema

Al menos 77 millones de personas que viven en territorios rurales de América Latina y el Caribe carecen de conectividad con estándares mínimos de calidad. Un estudio centrado en 24 países latinoamericanos y caribeños ofrece un completo panorama sobre la situación de la conectividad rural en la región, revela que un 71% de la población urbana de América Latina y el Caribe cuenta con opciones de conectividad, ante menos de un 37% en la ruralidad, una brecha de 34 puntos porcentuales que mina un inmenso potencial social, económico y productivo, considerando en total, un 32% de la población de América Latina y el Caribe, o 244 millones de personas que no acceden a servicios de internet. Por otro lado, la falta de conectividad no solo impone una barrera tecnológica. Constituye también una barrera en el acceso a la salud, a la educación, a servicios sociales, al trabajo y a la economía en general. Si no se trabaja por esa barrera cada vez será más alta y tornará aún más desigual a las regiones de Latinoamérica. (IIICA, 2020)

Ecuador, es un país ubicado sobre la línea ecuatorial, en América del Sur, por lo cual su territorio se encuentra en ambos hemisferios, el mismo que está distribuido en 24 provincias que se categorizan en tres Regiones: Costa, Sierra y Oriente. (Cevallos, 2018)

El analfabetismo digital es una situación preocupante que incide en las zonas rurales del país, resulta del estudio del INEC de TIC's 2016 donde plantea el estimado porcentual de un 6,9% para el sector urbano y una desventaja del 22% para el sector rural, siendo motivo de implementación de proyectos, procesos de optimización y de emprendimiento de servicios de conectividad. (INEC, 2016)

Esmeraldas, es considerado un sitio clave para el estudio de dichos procesos tecnológicos, donde la brecha puntual de conectividad a internet parte de la diferenciación de los

sectores urbanos en ventaja a los rurales, siendo un sector alarmante y de gran impacto en el desarrollo de estas infraestructuras de red. La carencia de conectividad en dichos sectores vulnerables se fundamenta en la complejidad de estudio e implementación que estas zonas podrían presentar, además de las limitaciones de acceso a Internet de los ciudadanos provinciales y la falta de información y capacitación tecnológica de estos procesos de innovación en dichas zonas; es por ello, que este escenario limitante evidencia una problemática emergente y que requiere de técnicas óptimas y favorables para el crecimiento de conectividad de la población esmeraldeña.

Todo lo antes mencionado, se fundamenta del estudio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC's) 2016 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, el mismo que representa diferentes aspectos que detallan la problemática de estudio. Esmeraldas presenta un porcentaje del 39,5% de personas que utilizan computadoras y recursos tecnológicos, ocupando el penúltimo lugar a nivel Nacional; a su vez, el porcentaje de personas que han usado internet en los últimos 12 meses es del 40,2%, ocupando el último lugar a nivel Nacional. (INEC, 2016)

Adicionalmente, es importante considerar la problemática que acontece al equipo WISP(Proveedor de servicios de internet inalámbrico) WIFICONNECT ubicado en el cantón Rioverde de la provincia de Esmeraldas, el mismo que a partir del año 2018 inicio sus actividades de negocio proporcionando recargas de navegación de internet móvil para usuarios vecinos del sector de la localidad del creador; por lo consiguiente, por la demanda y necesidad del servicio de conectividad dicha idea de negocio incremento bajo la asesoría de expertos del área de Telecomunicaciones en montar la infraestructura de red que si bien ha evidenciado un buen crecimiento y factibilidad económica y social, requiere de muchas mejoras en los sistemas de cobertura, seguridad, escalabilidad y el inconveniente surge basado en la alta competencia del servicio que otras empresas puedan abarcar en dichos sectores y expandir dicha propuesta en un sistema mucho más óptimo y favorable para los usuarios de los pueblos cercanos.

1.2.Justificación

La realidad nacional de la conectividad a Internet es una situación importante basada en la reducción de la brecha digital, que marca una diferenciación entre la experimentación de los sectores urbanos frente a los rurales.

Según los datos establecidos por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones considera un crecimiento del número de conexiones y la penetración de internet en el estudio del año 2019 en un aproximado de 11.148.222 cuentas de Internet fijo y móvil; dicho de otro modo, en términos porcentuales sería un 65,25% de penetración del servicio de internet, donde se dividen en un 82,1% para conexiones móviles y un 17,9% para conexiones fijas. Las estadísticas antes mencionadas, justifican el potencial del proyecto y la factibilidad de estudio que la evolución de las comunicaciones ha influenciado en la nación; sin embargo, la brecha digital consiste en el desarrollo de los sectores vulnerables que a pesar de las nuevas tendencias se requiere de un trabajo exhaustivo de optimización de procesos para alcanzar una uniformidad de servicios locales. (MINTEL, Libro Blanco de Territorios Digitales en Ecuador, 2019) (MINTEL, Ecuador Digital, 2019)

Por otro lado, según la proyección 2010 - 2020 de la población ecuatoriana, por años calendario y según cantones Esmeraldas tiene un estimado de 591.083 Habitantes donde 218.727 pertenecen a la zona urbana de la provincia y solo 31.475 Pertenecen al cantón de Rioverde donde solo 5.488 pertenecen a la parroquia de Rocafuerte considerado el sitio estratégico para el diseño del presente proyecto, planteando un posible inconveniente de factibilidad económica en comparación a los servicios que podrían ofertarse en zonas urbanas, sin embargo teniendo en evidencia la problemática y necesidad del sector se consideraría una opción válida y fundamentada para la ejecución del mismo. (Ecuatoriana, 2020)

Según el estudio de Estrategia Provincial de apoyo de emprendimiento para la provincia de Esmeraldas en el año 2019, menciona que el 34% de los emprendedores de la provincia de Esmeraldas tiene de 18 a 30 años, considerada una razón válida de edad aproximada del sector universitario que podría considerar en el emprendimiento de proyectos tecnológicos, además según el resultado final de la encuesta se destaca que el emprendedurismo es inversamente proporcional a la edad, es decir, a medida que aumenta la edad de la persona, disminuye su proclividad para emprender, aunque sin desaparecer por completo. Por otro lado, otro factor clave para la iniciativa de desarrollo tecnológico de conectividad a internet en la provincia de Esmeraldas es que el 75% de los emprendedores encuestados solamente cuenta con estudios correspondientes al nivel básico(escuela y colegio), siendo un motivo fundamental para desarrollar el proyecto en dicho sector, debido a que las nuevas tendencias requieren de una formación avanzada,

exigente y en contraste con las técnicas de ingeniería de la era digital que desde la visión universitaria de formación actual pueda ofrecer alternativas y soluciones óptimas para el crecimiento de conectividad del sector. ((GADPE), 2019)

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar una red Inalámbrica de acceso a Internet mediante el dimensionamiento de un equipo WISP para mejorar los servicios de cobertura del cantón Rioverde situado en la provincia de Esmeraldas Ecuador.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar los problemas de infraestructura de la red actual WIFICONNECT para realizar un levantamiento de los requerimientos necesarios de la misma.
- Diseñar una propuesta de cobertura, topología y conectividad para determinar los parámetros de funcionamiento del sector Rocafuerte Esmeraldas Ecuador.
- Implementar un modelo de simulación de la infraestructura de red actual para reconocer el alcance de estación base y experiencia de cobertura de los clientes.
- Estimar un presupuesto de infraestructura para evaluar la factibilidad económica de la nueva estación base del equipo WISP.

1.4.Metodología

El análisis y desarrollo del presente proyecto se fundamenta de un diseño de investigación que consiste en diferentes etapas que permitirán obtener un diseño y estudio apropiado de la infraestructura de red inalámbrica propuesta, para ello se toma en consideración los siguientes procesos técnicos y metodológicos:

Inicialmente, se realizará el análisis exhaustivo del marco regulatorio de los servicios de conectividad a Internet, además de una entrevista con el propietario de la empresa Wificonect y proceder al desarrollo de todo el levantamiento de información de la red en

operación, donde se pueda identificar el sector estratégico, la ubicación de la infraestructura de la red existente, marca e inventario de equipos, planes de oferta, clientes existentes y todo el escenario del servicio de cobertura que permita reconocer las implementaciones en correcta ejecución u operabilidad y los aspectos que requieran de un mejor funcionamiento o implementación.

La siguiente etapa se centra en el diseño de una propuesta de valor agregado que permita mejorar los servicios basado en los parámetros de cobertura del sitio, el tipo de topología que desde la escalabilidad pueda adaptarse al requerimiento del estudio, donde estas consideraciones puedan ser ilustradas y faciliten esta apreciación e identificación de un escenario favorable frente a la red actual de WIFICONECT.

Posteriormente, bajo un diseño concreto y establecido basado de un fundamento verídico y comprobado en software, pueda realizarse un análisis de simulación que permita determinar el alcance o rango de cobertura de una estación base y afianzar una estimación analítica de la experiencia que muchas personas podrían presentar como clientes del servicio.

El estudio técnico es clave para proponer nuevas soluciones óptimas y beneficiosas para los pobladores de zonas alejadas y carentes de conectividad; sin embargo, es importante delimitar el presupuesto de infraestructura que el WISP presentará en todo el inventariado y de adquisición de equipos, donde basado en tabulaciones reales pueda establecerse dicho costeo. Finalmente, en modo de retroalimentación se realizará un análisis comparativo del escenario inicial frente al actual y verificar la documentación en modo de comprobación de la veracidad del estudio realizado.

1.5. Levantamiento de línea base de red WISP.

1.5.1. Aspectos preliminares de red Wificonect.

Wificonect se constituye de la idea de negocio de proveer servicios de internet inalámbrico a los pobladores pertenecientes a la localidad del cantón Rioverde de la provincia de Esmeraldas, teniendo como propietario al sr. José Lenin Rodríguez Meza (morador del sector) quien opera como persona natural a partir del año 2018 ofreciendo el servicio de internet en la banda de 2.4GHz bajo el diseño Hostpot en el uso de equipos Mikrotik, además de la prestación del servicio de recargas de navegación por tiempo limitado bajo la asignación de un ancho de banda de 2 a 3 Mbps.

El contrato efectuado por el propietario del negocio está considerado con el proveedor nacional Bridge Comunicaciones, bajo un financiamiento inicial de infraestructura alrededor de los \$1800. Posteriormente se implementó una transición de banda libre de 2.4GHz a 5GHz con la posibilidad de mejorar el servicio a los clientes e implementar una torre de telecomunicaciones para ofrecer el servicio de internet fijo a diversos beneficiarios del sector de Rioverde.

Adicionalmente, se presenta un análisis DAFO que permita establecer alternativas de solución futura y en modo de profundización del entorno social y tecnológico que incide en el negocio existente.

Tabla 1 Análisis DAFO red Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos

DEBILIDADES	AMENAZAS
Dificultades de escalabilidad de red, además de las limitaciones de implementaciones técnicas bajo la consideración de elementos de instalación estéticos y apropiados en el proceso de comercialización debido a los escasos recursos del propietario.	La oferta y demanda de empresas afines como medio competitivo y las estrategias comerciales que estas organizaciones ofrezcan frente a los usuarios.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
La cobertura inalámbrica del servicio es favorable frente a los clientes, dado el factor altamente beneficioso y potencial basado en la cercanía de los abonados para con los equipos de distribución del servicio y considerando un porcentaje de estabilidad del sistema en un 90% de accesibilidad.	Bajo la necesidad de conectividad en zonas alejadas y limitadas del servicio de internet resulta ser una oportunidad potencial en el crecimiento de usuarios pertenecientes a los sectores estratégicos, además de la facilidad de implementación de tecnologías inalámbricas como fundamentación del tipo de infraestructura de red.

1.5.2. Topología física y lógica de red Wificonect.

La red WISP Wificonect está ubicada al norte de la provincia de Esmeraldas, misma que se aprecia a continuación:

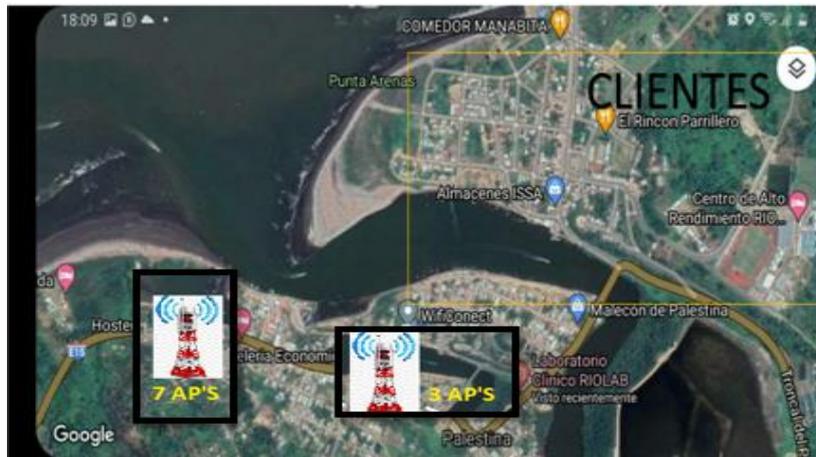


Ilustración 1 Ubicación geográfica de red Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos

En la figura anterior claramente se distingue la distribución de la red actual donde se aprecia la ubicación del propietario Wificonect mismo que cuenta con una torre de telecomunicaciones echa a base de tubo galvanizado a 12 metros de altura con tres puntos de acceso de distribución y un puenteo a una nueva torre de telecomunicaciones de 18 metros de altura con siete puntos de acceso de distribución (Ilustración 2), además de visualizar los sectores potenciales beneficiarios del servicio a una distancia aproximada de unos 3Km a la redonda.



Ilustración 2 Torre de telecomunicaciones Palestina. Elaborado por: Aldair Santos

La configuración lógica de la red actual está conformada por un único segmento de red de clase C; dicho de otro modo, carece de una segmentación de IP de visión futura de crecimiento donde figuran dos estaciones de distribución del servicio como se ha mencionado previamente. A continuación, se distingue el diagrama de topología física y lógica respectivamente:

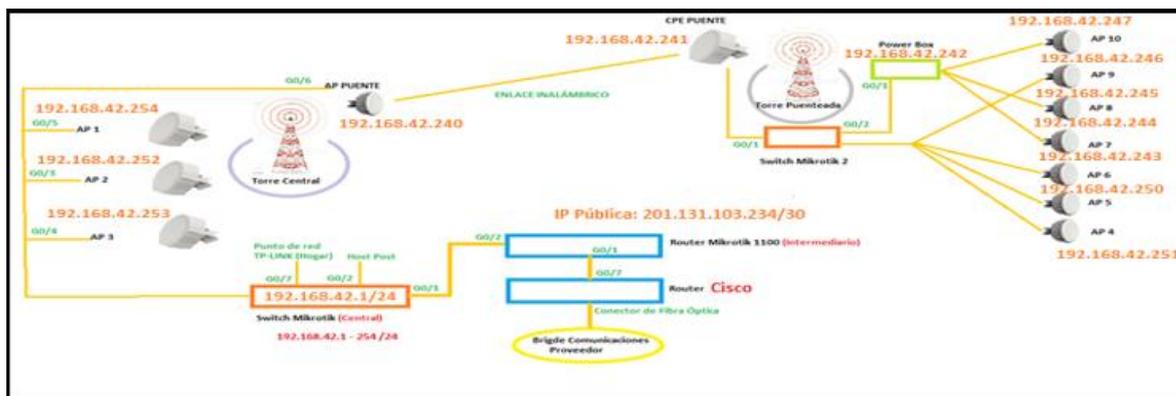


Ilustración 3 Topología física y lógica de red actual. Elaborado por: Aldair Santos

1.5.3. Descripción de hardware y software (especificaciones técnicas).

Nombre	Marca	Mac Address	Dirección IP	Modelo	Imagen
Router Proveedor	Cisco	D4:CA:6D:82:1B:8B	8.8.8.8	C1111-8P	
Router 1100	Mikrotik	78:0C:F0:A6:BC:74	201.131.103.234/30	RB1100ahx2 12 puertos giga	
Switch Central	TP-LINK	D4:CA:6D:82:1B:8C	192.168.42.1/24	TL-SG1016D 16 puertos giga	
CPE 1	Mikrotik	C4:AD:34:6E:03:61	192.168.42.254	RBOmniTikU-5HnD	
AP 2	Mikrotik	4C:5E:0C:B8:F1:E4	192.168.42.252	RB SXT G-5HPacD	
AP 3	Kosumi	00:26:CE:04:99:84	192.168.42.253	air force one 5	
AP 4	Mikrotik	CC:2D:E0:28:A0:8D	192.168.42.251	SXT G-5HPnD r2	
AP5	Mikrotik	E4:8D:8C:62:41:97	192.168.42.250	RB SXT G-5HPnD r2	
AP6	Mikrotik	6C:3B:6B:75:84:80	192.168.42.243	SXT G-5HPacD r2	
AP 7	Mikrotik	6C:3B:6B:BD:97:42	192.168.42.244	SXT G-5HPacD r2	
AP 8	Mikrotik	08:55:31:EB:CD:C7	192.168.42.245	RBOmniTikU-5HnD	
AP 9	Mikrotik	CC:2D:E0:E7:E6:A4	192.168.42.246	SXT G-5HPnD r2	
AP 10	Mikrotik	E4:8D:8C:8C:C9:5C	192.168.42.247	SXT G-5HPnD r2	

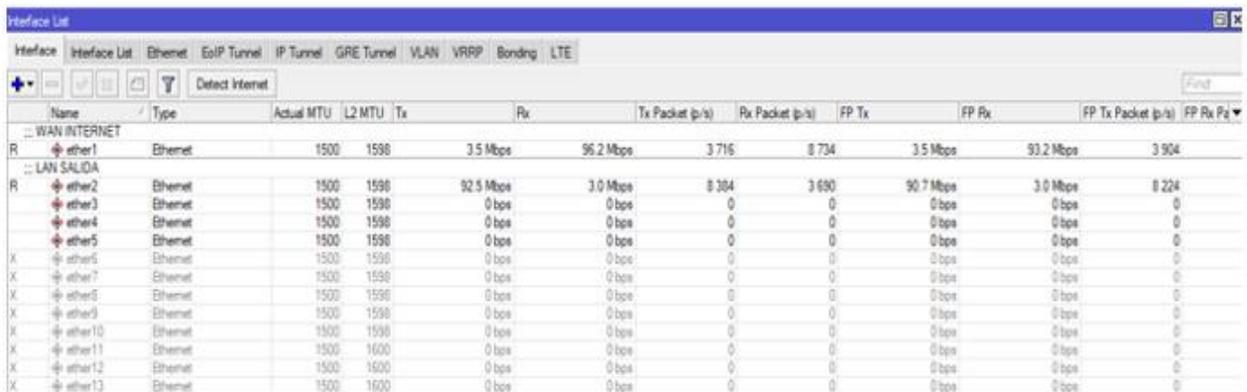
Ilustración 4 Inventario de equipos de distribución de red. Elaborado por: Aldair Santos

AP PUENTE	Mikrotik	4C:5E:0C:D8:F1:CD	192.168.42.240	SXT 5AC	
AP CPE Palestina	Mikrotik	6C:3B:6B:05:9F:B9	192.168.42.241	SXT 5AC	
SWITCH 2	TP-LINK		Sin Administración	TL-LS108G	
Power BOX	Mikrotik	08:55:31:C6:91:C4	192.168.42.242	RB960PGS-PB	

Ilustración 5 Equipos complementarios de red actual. Elaborado por: Aldair Santos

Los equipos que conforman la infraestructura de red actual tienen un tiempo de uso de 2 años aproximadamente y se distribuyen en su ubicación de acuerdo a las estaciones bases existentes, considerando los routers, el switch central y los puntos de acceso de AP PUENTE, CPE 1, AP 2 y AP 3 en la torre ubicada en el hogar del propietario y el switch 2, power box y los puntos de acceso AP CPE Palestina, AP 4, AP 5, AP 6, AP 7, AP 8, AP 9, AP 10 en la torre puentada de estación de 18 metros (Ilustración 2).

1.5.4. Direccionamiento IP y configuración de interfaces WAN y LAN.



Interface	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FP Tx	FP Rx	FP Tx Packet (p/s)	FP Rx Pk
:: WAN INTERNET											
R ether1	Ethernet	1500	1598	3.5 Mbps	96.2 Mbps	3.716	8.734	3.5 Mbps	93.2 Mbps	3.904	
:: LAN SALIDA											
R ether2	Ethernet	1500	1598	92.5 Mbps	3.0 Mbps	8.384	3.690	90.7 Mbps	3.0 Mbps	8.224	
R ether3	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	
R ether4	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	
R ether5	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	
X ether6	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	
X ether7	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	
X ether8	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	
X ether9	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	
X ether10	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	
X ether11	Ethernet	1500	1600	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	
X ether12	Ethernet	1500	1600	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	
X ether13	Ethernet	1500	1600	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	

Ilustración 6 Interfaz remota winbox en router Mikrotik. Elaborado por: Aldair Santos

El funcionamiento de red está constituido por la entrada que otorga el proveedor del servicio desde el puerto ether1 correspondiente al **WAN INTERNET** y la salida en la distribución del servicio de internet en la LAN de Wificonect desde el puerto ether2, además de carecer de una configuración bridge como se distingue a continuación:

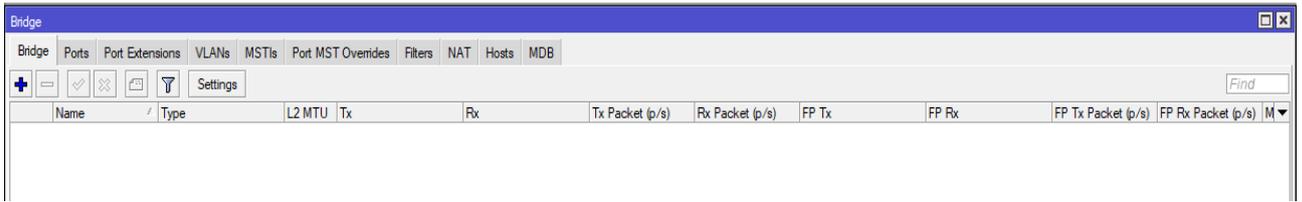


Ilustración 7 Configuración nula de bridge de interfaz LAN. Elaborado por: Aldair Santos

Dentro del menú IP > ARP se despliega una interfaz que detalla todo el segmento de red asignada a clientes o equipos pertenecientes a la red WISP alimentados desde el ether2 respectivamente:

IP Address	MAC Address	Interface
192.168.42.2	74:4D:28:2E:66:1A	ether2
192.168.42.3	4C:5E:0C:FC:EA:3F	ether2
192.168.42.6	00:0C:42:F1:8B:9F	ether2
192.168.42.7	E4:8D:8C:77:CD:09	ether2
192.168.42.8	4C:5E:0C:FC:EF:09	ether2
192.168.42.9	00:0C:42:C8:FA:9E	ether2
192.168.42.10	C4:AD:34:55:7E:FA	ether2
192.168.42.11	B8:69:F4:45:E3:B3	ether2
192.168.42.12	D4:CA:6D:CD:4D:95	ether2
192.168.42.14	E4:8D:8C:78:16:71	ether2
192.168.42.15	C4:AD:34:55:7F:49	ether2
192.168.42.18	D4:CA:6D:D1:F5:19	ether2
192.168.42.19	C4:AD:34:55:7E:D7	ether2
192.168.42.20	D4:CA:6D:89:8D:55	ether2
192.168.42.22	E4:8D:8C:74:B5:25	ether2
192.168.42.24	D4:CA:6D:D2:1F:81	ether2
192.168.42.25	00:0C:42:C8:F4:A6	ether2
192.168.42.27	6C:3B:6B:02:33:33	ether2
192.168.42.29	D4:CA:6D:FF:AA:CD	ether2
192.168.42.30	4C:5E:0C:03:F5:8B	ether2
192.168.42.31	00:15:6D:8E:93:48	ether2
192.168.42.32	4C:5E:0C:7B:93:41	ether2
192.168.42.35	D4:CA:6D:D0:33:F1	ether2
192.168.42.36	D4:CA:6D:D2:00:2D	ether2
192.168.42.37	4C:5E:0C:CE:5F:37	ether2
192.168.42.38	C4:AD:34:34:94:0C	ether2

Ilustración 8 Lista de direcciones IP de infraestructura de red. Elaborado por: Aldair Santos

A continuación se evidencia la pestaña de Address List donde se presenta las redes existentes y las interfaces a las cuales pertenece (Ilustración 8); validando así, la IP pública otorgada por el proveedor y el segmento de red debidamente configurado (Ilustración 3)

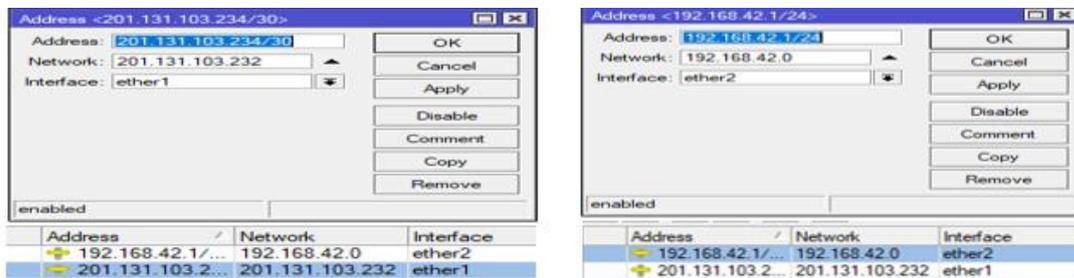


Ilustración 9 Configuración de IP pública y segmento de red. Elaborado por: Aldair Santos

De igual manera, se aprecia la configuración DNS por defecto que el propietario considera en la entrega del servicio de internet, además de las características del tiempo de espera en las aplicaciones de navegación del usuario.

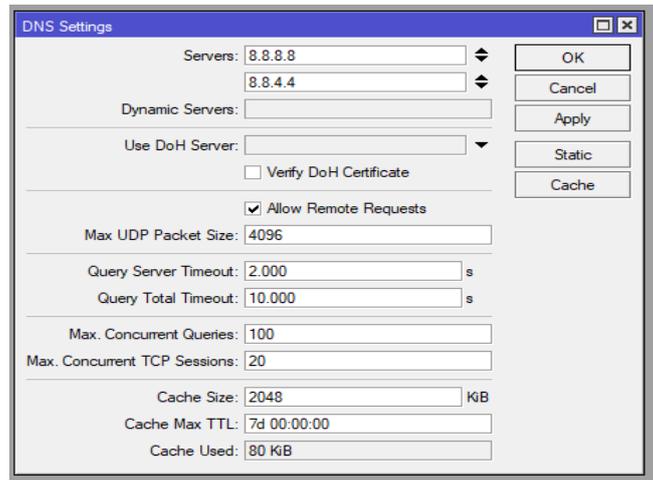


Ilustración 10 Configuración DNS del servicio de red. Elaborado por: Aldair Santos

1.5.5. Configuración de planes de oferta, reportes y distribución de clientes.

El proveedor Bridge Comunicaciones otorga al propietario de Wificonect 200 Mbps simétricos de bajada y subida, como se aprecia a continuación en la configuración de la interfaz:

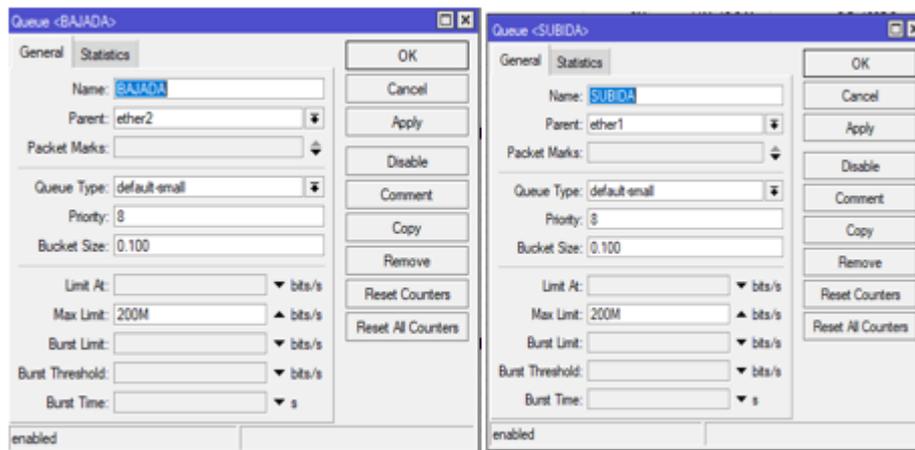


Ilustración 11 Configuración de velocidad de transmisión total. Elaborado por: Aldair Santos

La configuración del servicio está distribuida en tres planes de oferta simétricos en baja y subida en 20,15 y 10 Mbps, donde cada plan está organizado en grupos de 3 clientes; dicho de otro modo, está reglamentado bajo la compartición 3:1, apreciando así su respectiva interfaz de validación:

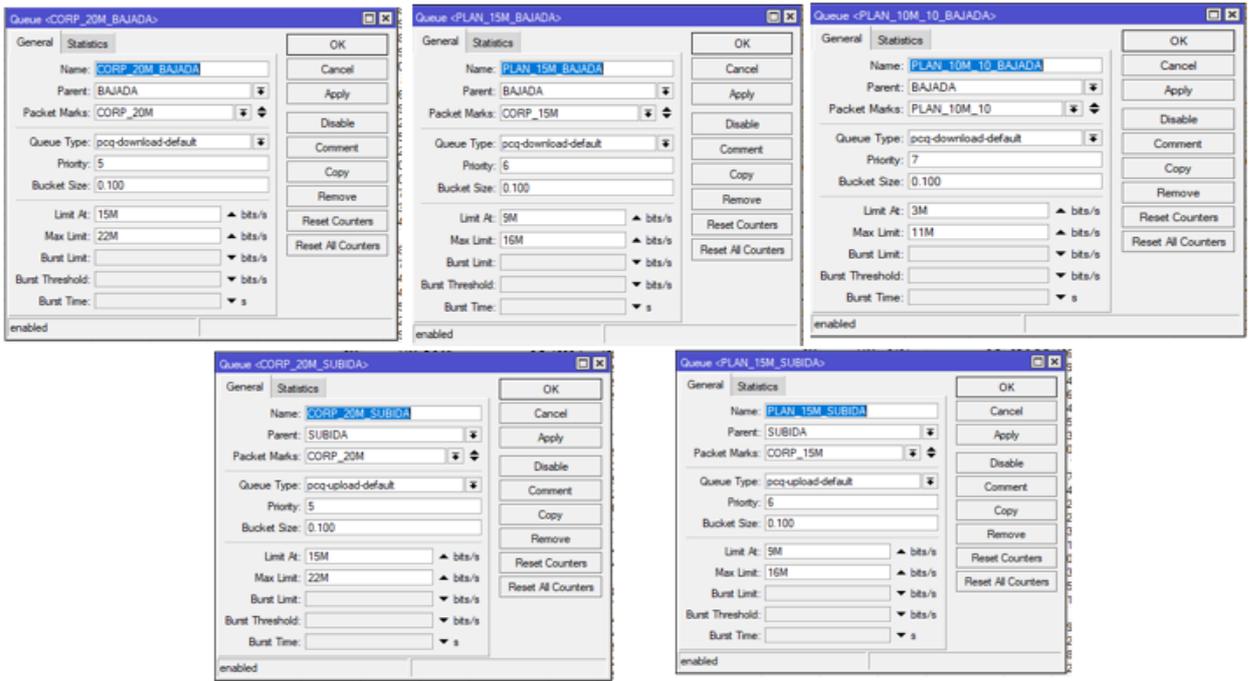


Ilustración 12 Velocidad de transmisión por plan de oferta. Elaborado por: Aldair Santos

A partir de estas consideraciones, es importante analizar ciertos aspectos que influyen en la repartición de dicho servicio teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Para el plan de 20 Mbps se tiene una prioridad del servicio en valor numérico 5, su límite máximo de navegación es de 22Mbps y el mínimo de 15Mbps que, bajo la compartición respectiva entre 3 abonados, tendría en el peor de los escenarios una experiencia de 5Mbps por cada cliente.
- ✓ Para el plan de 15 Mbps se tiene una prioridad del servicio en valor numérico 6, su límite máximo de navegación es de 16Mbps y el mínimo de 9Mbps que, bajo la compartición respectiva entre 3 abonados, tendría en el peor de los escenarios una experiencia de 3Mbps por cada cliente.
- ✓ Para el plan de 10 Mbps se tiene una prioridad del servicio en valor numérico 7, su límite máximo de navegación es de 11Mbps y el mínimo de 3Mbps que, bajo la compartición respectiva entre 3 abonados, tendría en el peor de los escenarios una experiencia de 1Mbps por cada cliente.

Adicionalmente se utiliza un comando dentro del terminal de sistema, que facilite la obtención de un reporte de extensión de archivo .csv en la visualización y analítica de las IP's activas, tanto en los equipos de distribución como en los clientes asociados en el contrato del servicio de acuerdo con sus planes adquiridos, tal y como se muestra a continuación:

```

Terminal <1>
[?] Gives the list of available commands
command [?] Gives help on the command and list of arguments

[Tab] Completes the command/word. If the input is ambiguous,
a second [Tab] gives possible options

/ Move up to base level
.. Move up one level
/command Use command at the base level
[WIFICONNECT@RM@ADMINISTRADOR WIFICONECT 1100] > /tool
[WIFICONNECT@RM@ADMINISTRADOR WIFICONECT 1100] /tool> ip-scan interface=ether2 addr
ess-range=192.168.42.2-192.168.42.254
Flags: D - dhcp
ADDRESS MAC-ADDRESS TIME DNS SNMP NETBIOS
192.168.42.2 74:4D:28:2E:66:1A 0ms
192.168.42.8 4C:5E:0C:FC:EF:09 13ms
192.168.42.3 4C:5E:0C:FC:EA:3F 26ms
192.168.42.10 C4:AD:34:55:7E:FA 49ms
192.168.42.11 B8:69:F4:45:E3:B3 11ms
192.168.42.7 E4:8D:8C:77:CD:09 4ms
192.168.42.6 00:0C:42:F1:8B:9F 37ms
192.168.42.9 00:0C:42:C8:FA:9E 18ms
192.168.42.77 D4:CA:6D:8B:E9:19 4ms
192.168.42.12 D4:CA:6D:CD:4D:95 4ms

```

Ilustración 13 Escaneo de IP's activas y obtención de reporte. Elaborado por: Aldair Santos

A partir de la información obtenida se establece que el propietario de red Wificonect cuenta con un total de 85 clientes, de los cuales se detallan los planes de oferta en función de la distribución de sus contratos:



Ilustración 14 Estadística de planes de oferta por clientes. Elaborado por: Aldair Santos

Teniendo un contrato de 53 clientes en el plan de 10M, 30 clientes en el plan de 15M y 2 clientes en el plan de 20M. A su vez, se valida una diferenciación de IP's activas en dos grupos (Ilustración 15), donde la barra de color azul marca el total de clientes antes mencionados y la barra de color naranja determina el total de IP's asignadas en los equipos de distribución del servicio.



Ilustración 15 Distribución de IP's activas del servicio. Elaborado por: Aldair Santos

1.5.6. Configuración y recursos del equipo local del cliente.

Un equipo local del cliente (CPE), es un dispositivo instalado en los terminales de los consumidores, se aplica para transferir señales inalámbricas como 3G, 4G y 5G o señales de banda ancha cableadas a señales LAN para uso de dispositivos terminales. Puede considerar el CPE como la combinación de enrutador y MiFi. Además, lo que hace que CPE sea diferente es que puede repetir las señales móviles como señales 4G una vez más y emitir señales WiFi. (Watson, 2022). Siendo este equipo uno de los elementos más imprescindibles dentro de un equipo WISP y se puede analizar su importancia a partir de la apreciación de la siguiente representación gráfica:

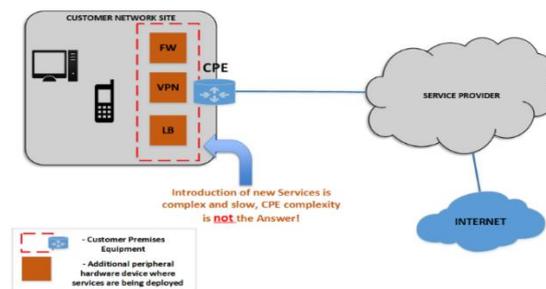


Ilustración 16 Diagrama de red en utilización de un CPE. Fuente (Alvarez, 2022)

Dentro del acceso remoto por cada CPE de la infraestructura de red, en modo de representación del comportamiento del equipo se presenta los aspectos de configuración del **AP 4 Mikrotik SXT G-5 HPnD r2**, validando sus clientes activos dentro de su captación de cobertura inalámbrica y las configuraciones de su interfaz WLAN (Ilustración 17), basado en sus parámetros fundamentales de trabajo en la banda de frecuencias de 5Ghz y perteneciente al ancho de banda del canal de 20Mhz, además de la validación del tráfico de datos de navegación de transmisión y recepción.

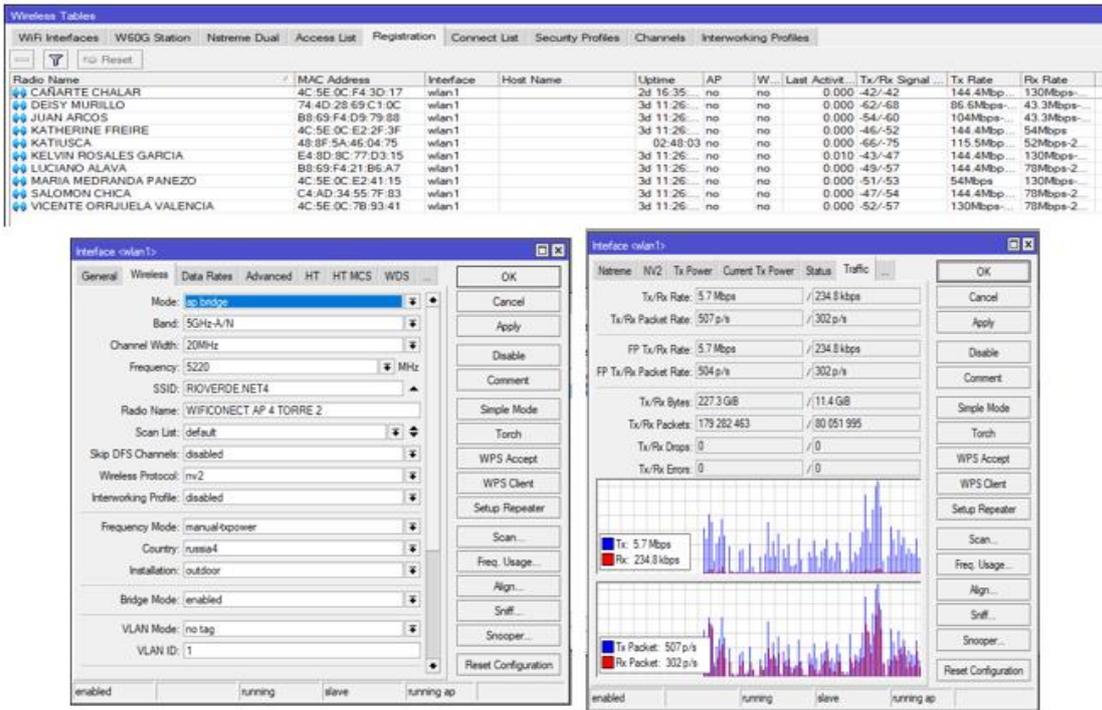


Ilustración 17 Configuración de equipo CPE Mikrotik. Elaborado por: Aldair Santos

1.5.7. Análisis del tráfico de red.

El tráfico existente entre el proveedor y la distribución a la red LAN de clientes por la entrada del puerto ether 1 perteneciente al WAN INTERNET tiene una experiencia de navegación en recepción de 120.7 Mbps, capacidad entregada por el router cisco y en transmisión de 83.3 Mbps, capacidad entregada por el router Mikrotik para la distribución del servicio para con los clientes, considerando un margen de pérdida de 37,4 Mbps entre el cambio de carga y descarga en el servicio de los puertos establecidos.

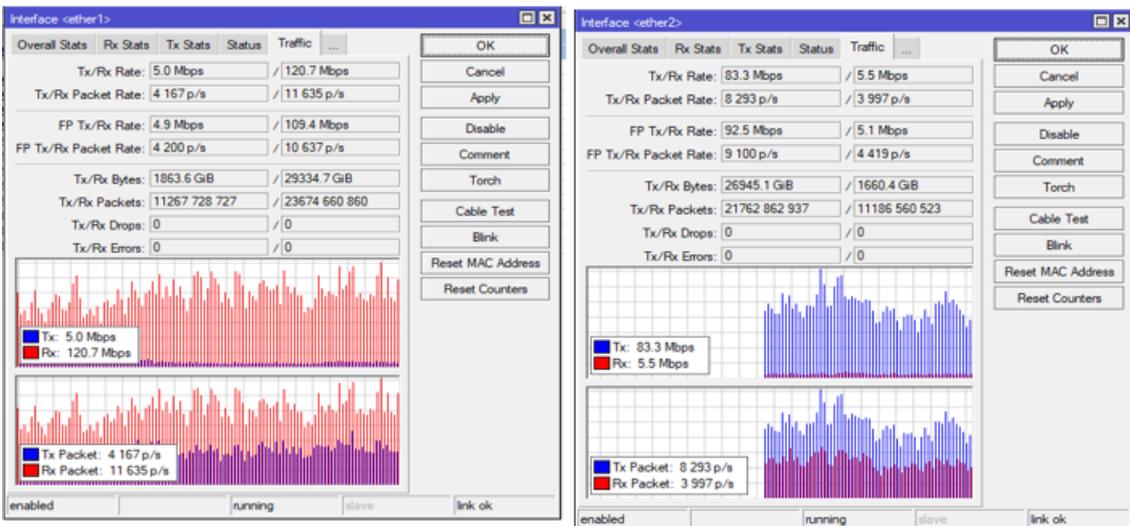


Ilustración 18 Velocidad de tx/rx de red Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos

Los horarios de mayor consumo son alrededor de las 19:00 a 21:00 PM, donde una de las novedades más alarmantes que se han suscitado en el tiempo de vida de esta infraestructura, es el retardo en la experiencia de transmisiones en vivo involucrando los recursos asociados al protocolo de transporte UDP.

1.5.8. Configuración de seguridad de red.

Se aprecian ciertas reglas fundamentales que se detallan a continuación:

- ✓ Reglas IN: Útiles para proteger del tráfico que tiene como destino nuestro router, además de aceptar solo las conexiones relativas y establecidas, escaneo de puertos, entre otros. (Covarrubias, 2022)
- ✓ Reglas forward: Útiles para proteger del tráfico que tiene como destino a los clientes del Router. (Covarrubias, 2022)

Adicionalmente, se consideran las configuraciones de seguridad en bloqueo de acceso al sistema remoto del winbox, el bloque DNS externo, detección de escaneo de puertos en modo de proteger las implementaciones y una administración de red estrictamente reservada para el propietario y sus colaboradores.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto.	Src. Port	Dst. Port	In. Inter.	Out. Int.	In. Int.	Out. Int.	Src. Address List	Dst. Ad.	Bytes	Packets
0	acc...	forward		17 (u...			53					DEUDORES		60.3 MB	955 832
1	drop	forward										DEUDORES		749.6 MB	7 776 897
2	add...	forward			6 (tcp)		25							1581.6 KB	5 710
3	acc...	input								ether2				137.8 MB	1 646 161
4	acc...	input								ether2				6.3 KB	50
5	add...	input			6 (tcp)									2358.2 KB	59 863
6	drop	forward		17 (u...			53	ether1						0 B	0
7	drop	forward						ether2						794.8 MB	17 489 427
8	add...	input			6 (tcp)									2358.2 KB	59 863
9	drop	input										Port_Scanner		2693.0 KB	68 353
10	jump	forward												17.6 GB	102 992 502
11	return	detect-ddos												17.4 GB	100 962 118
12	return	detect-ddos												202.1 MB	2 030 384
13	add...	detect-ddos												0 B	0
14	add...	detect-ddos												0 B	0
15	drop	forward										ddoser	ddosed	0 B	0
16	add...	input			6 (tcp)									0 B	0
17	drop	input			6 (tcp)		8291					black_list_winbox		44.9 KB	644
18	add...	input			6 (tcp)		8291					winbox_stage4		1012 B	17
19	add...	input			6 (tcp)		8291					winbox_stage3		2496 B	42
20	add...	input			6 (tcp)		8291					winbox_stage2		5.0 KB	88
21	add...	input			6 (tcp)		8291					winbox_stage1		13.4 KB	262
22	add...	input			6 (tcp)		8291							114.2 KB	2 593

Ilustración 19 Reglas de firewall. Elaborado por: Aldair Santos

Por otro lado, se establece reglas para denegar el resto del tráfico innecesario a través del router, a excepción del que este autorizado con una regla DST-NAT como se aprecia a continuación:

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...	In. Inter...	Out. Int...	Src. Ad...	Dst. Ad...	Bytes	Packets
0	masquerade	sronat										WAN	DEUD...	13.5 GiB	89 548 335
1	redirect	dstnat			6 (tcp)		80							54.1 MB	1 034 037
2	dst-nat	dstnat	186.3.5.19		6 (tcp)		8291							0 B	0
3	dst-nat	dstnat	186.3.5.19		6 (tcp)		80							0 B	0

Ilustración 20 Reglas NAT en tráfico de red. Elaborado por: Aldair Santos

Finalmente, se aprecia una configuración Mangle, misma que permite asignar marcas a los diferentes paquetes IP, para luego ser usadas en el encolamiento para mejorar la calidad del servicio. (Jose Chungrando, 2020) Las políticas para la identificación y marcado del tráfico pueden estar asociadas con una o varias de las siguientes cualidades:

- Todo tráfico IP
- Interfaces de entrada
- Protocolos y puertos
- Lista de acceso IP
- Precedencia IP (Jose Chungrando, 2020)

#	Action	Chain	Src. Address	Proto...	Src. Port	D	In. Inter...	Out. Int...	In. Inter...	Out. Int...	Src. Ad...	Dst. Ad...	Bytes	Packets	Dst. Address
0	mark connection	prerouting					ether2				PLAN_...		26.7 GiB	269 592 973	
1	mark packet	prerouting											721.7 GiB	818 308 010	
2	mark connection	prerouting					ether2				PLAN_...		33.0 GiB	304 562 810	
3	mark packet	prerouting											1088.7 GiB	1113 146 350	
4	mark connection	prerouting					ether2				PLAN_...		42.0 GiB	265 557 892	
5	mark packet	prerouting											739.8 GiB	869 209 304	
6	mark connection	prerouting					ether2				PLAN_...		39.3 GiB	319 136 476	
7	mark packet	prerouting											1025.3 GiB	1122 799 294	
8	mark connection	prerouting					ether2				PLAN_...		76.3 GiB	626 232 881	
9	mark packet	prerouting											1664.4 GiB	1912 726 194	
10	mark connection	prerouting					ether2				PLAN_...		61.0 GiB	334 563 068	
11	mark packet	prerouting											985.1 GiB	1102 065 906	
12	mark connection	prerouting					ether2				PLAN_...		52.8 GiB	415 238 562	
13	mark packet	prerouting											1216.0 GiB	1367 130 239	
14	mark connection	prerouting					ether2				PLAN_...		49.7 GiB	354 224 755	
15	mark packet	prerouting											983.4 GiB	1129 627 119	
16	mark connection	prerouting					ether2				PLAN_...		70.4 GiB	807 140 531	
17	mark packet	prerouting											2177.0 GiB	2438 909 920	
18	mark connection	prerouting					ether2				PLAN_...		42.9 GiB	448 100 474	
19	mark packet	prerouting											1227.4 GiB	1399 265 349	
20	mark connection	prerouting					ether2				PLAN_...		19.3 GiB	113 231 954	
21	mark packet	prerouting											273.0 GiB	328 486 309	
22	mark connection	prerouting					ether2				PLAN_...		42.3 GiB	297 457 731	
23	mark packet	prerouting											765.5 GiB	961 758 316	

Ilustración 21 Configuración Mangle. Elaborado por: Aldair Santos

1.5.9. Análisis de pruebas de velocidad.

Se procede a realizar pruebas de velocidad de carga y descarga en el equipo intermediario de distribución del servicio de internet, conectando un Patch Cord en uno de los puertos libres del switch central Tp-Link (distribución de clientes).



Ilustración 22 Medición de Speed Test en switch central. Elaborado por: Aldair Santos

A partir de dicha medición se obtiene un valor en descarga de 92.03 Mbps y subida de 139.73 Mbps en modo de comprobación del consumo del servicio por parte de los clientes y teniendo en cuenta el aproximado de 100Mbps de consumo activo respectivamente, asumiendo una diferencia de 100Mbps inactivos bajo la consideración del contrato de 200Mbps, dejando este margen de velocidad de transmisión para el consumo de clientes futuros.

Por otro lado, se realiza la misma prueba de velocidad en uno de los puertos libres del router cisco C1111-8P y se comprueba que no existe pérdida alguna en el medio de comunicación al switch central Tp-Link, como se aprecia a continuación:



Ilustración 23 Medición de Speed Test en router Cisco. Elaborado por: Aldair Santos

Entregando una métrica de descarga de 65.69 Mbps y subida de 141.00 Mbps como validación del servicio entregado al switch central. Presentando así una tabla de diferenciación en las pruebas de velocidad en la experiencia de navegación del equipo WISP:

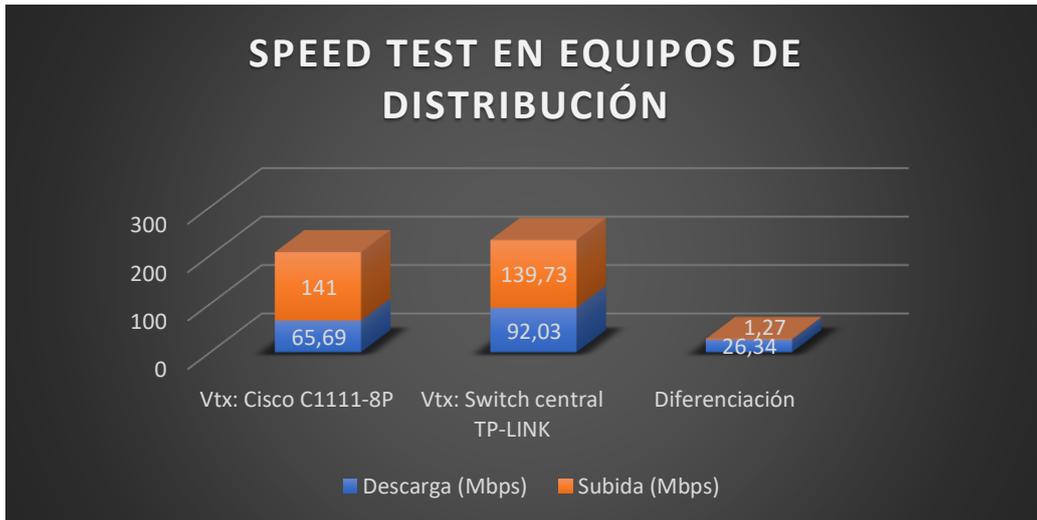


Ilustración 24 Diferenciación de mediciones Speed Test. Elaborado por: Aldair Santos

1.5.10. Monitoreo SNMP y recursos del sistema.

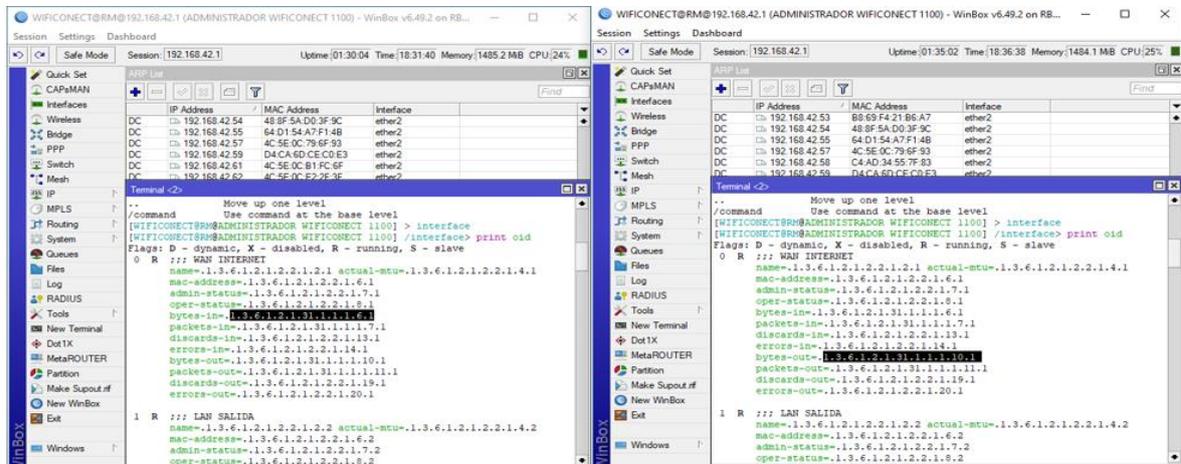


Ilustración 25 Monitoreo SNMP en interfaz Mikrotik. Elaborado por: Aldair Santos

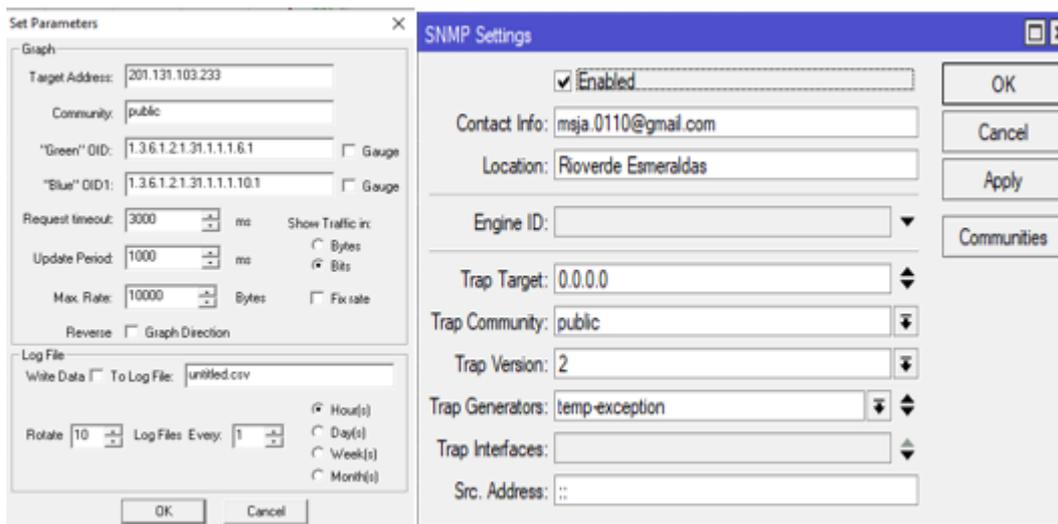


Ilustración 26 Parámetros y registro de datos SNMP. Elaborado por: Aldair Santos

Al acceder al terminal del sistema de Mikrotik y al ejecutar el comando referente al OID, es posible validar un reporte SNMP como requerimiento de monitoreo de red, para ello es importante emplear la herramienta de **SNMP traffic grapher**, tomando en cuenta los bytes de entrada y salida obtenidos en el terminal (Ilustración 25), incluirlos dentro de los parámetros de la simulación SNMP y habilitar el servicio respectivo (Ilustración 26). De este modo se obtendrá la siguiente representación gráfica:

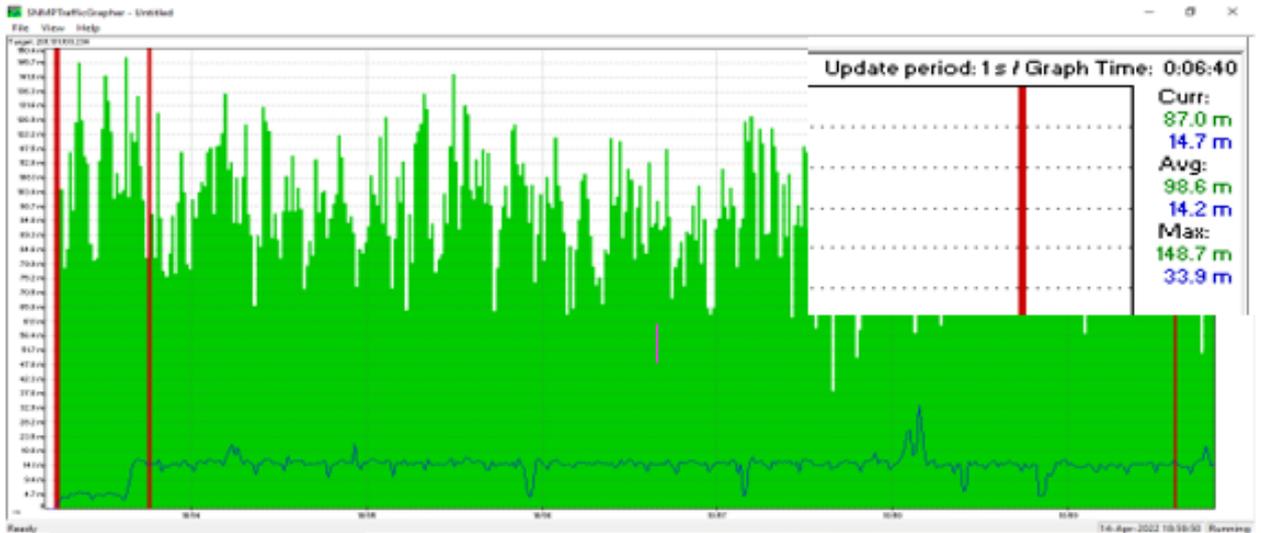


Ilustración 27 Representación gráfica de Monitoreo SNMP. Elaborado por: Aldair Santos

Finalmente, se presenta el rendimiento del sistema de red asociados a la utilización de la interfaz Mikrotik y su funcionamiento en general.

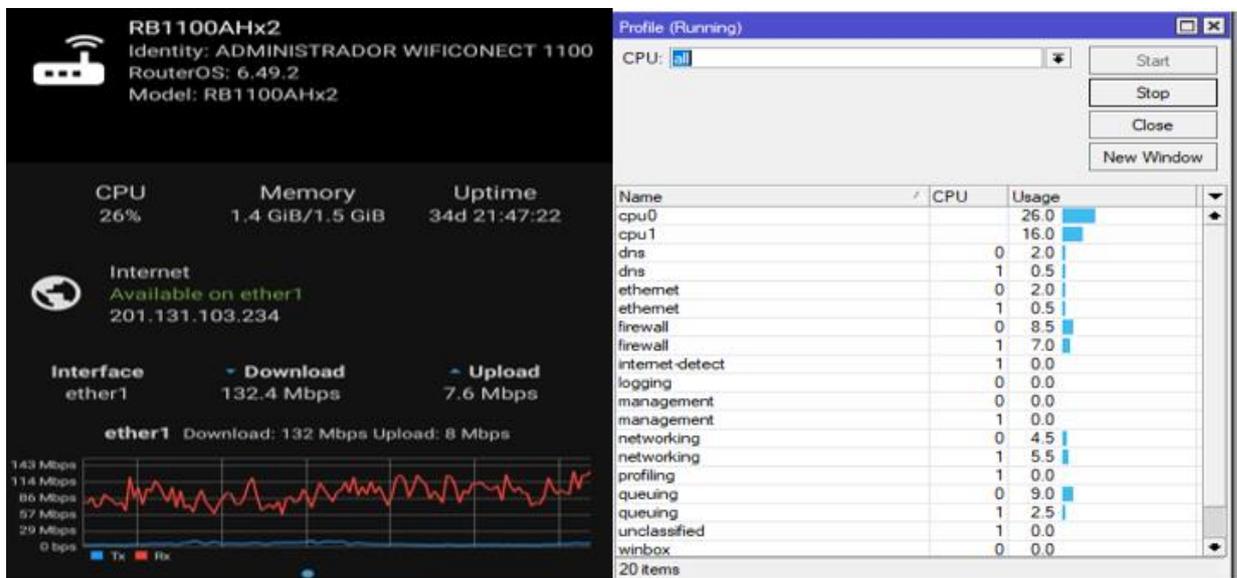


Ilustración 28 Rendimiento de router Mikrotik. Elaborado por: Aldair Santos

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE NUEVA RED

En este capítulo se presentará la propuesta de red para el propietario de Wificonect, basado en el cumplimiento de los parámetros de escalabilidad, tolerancia fallos, calidad de servicios y seguridad de red, además del análisis de implementaciones futuras que requieran de su ejecución para el crecimiento del negocio a largo plazo.

2.1. Niveles jerárquicos de nueva red

A medida que crecen las redes, aumenta el tráfico a través de ellas, por lo que el tráfico no se propaga innecesariamente a otras partes de la red, la red debe organizarse. El diseño jerárquico implica dividir la red en capas independientes. Cada categoría desempeñara una función específica dentro de ella. (Valdés, 2018)

Las tres capas fundamentales dentro del diseño jerárquico son:

- ✚ **Capa de acceso:** Proporciona a los usuarios acceso a los recursos de la red y se conecta a la capa de distribución, que es la forma de entrar o salir del tráfico de red.
- ✚ **Capa de distribución:** Conecta las redes LAN más pequeñas y envía el tráfico de una LAN a otra. Proporciona comunicación basada en políticas y límites de control de modelos entre otras capas.
- ✚ **Capa de núcleo:** Permite el aislamiento de fallas y la transmisión rápida de datos, y es la capa central que proporciona comunicación de alta velocidad. (Valdés, 2018)

Sin embargo, bajo los requerimientos del presente estudio donde hay pocos usuarios y su probabilidad de crecimiento no será exponencial, existe un diseño de red alternativo de dos niveles, también conocido como “diseño de red de núcleo contraído”, donde la capa de distribución y de núcleo no están separadas; implementándose mediante un único dispositivo, siendo así un modelo de red donde se reducen los costos y no se pierden los beneficios del modelo jerárquico de tres niveles. (Valdés, 2018)

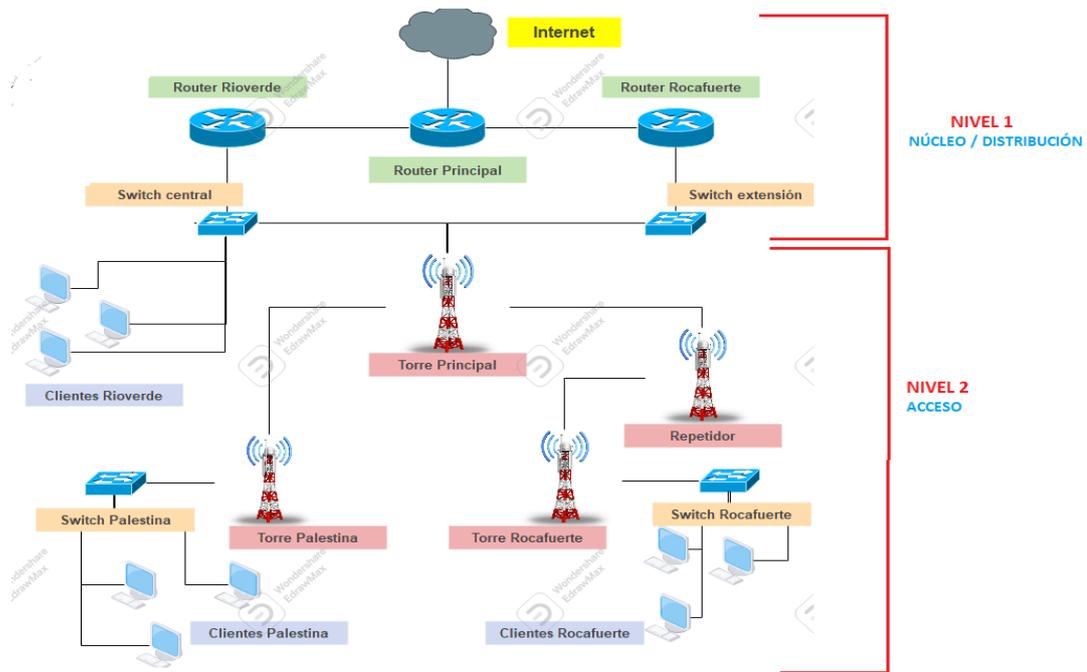


Ilustración 29 Niveles jerárquicos de red Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos

2.1.1. Núcleo y Distribución

Se propone mantener la misma dinámica de equipos centrales y de distribución bajo la añadidura de un nuevo router Mikrotik y en afinidad a los mismos recursos y especificaciones técnicas que el ya existente, además de la consideración de un switch que facilite la creación y extensión de un nuevo segmento de red.

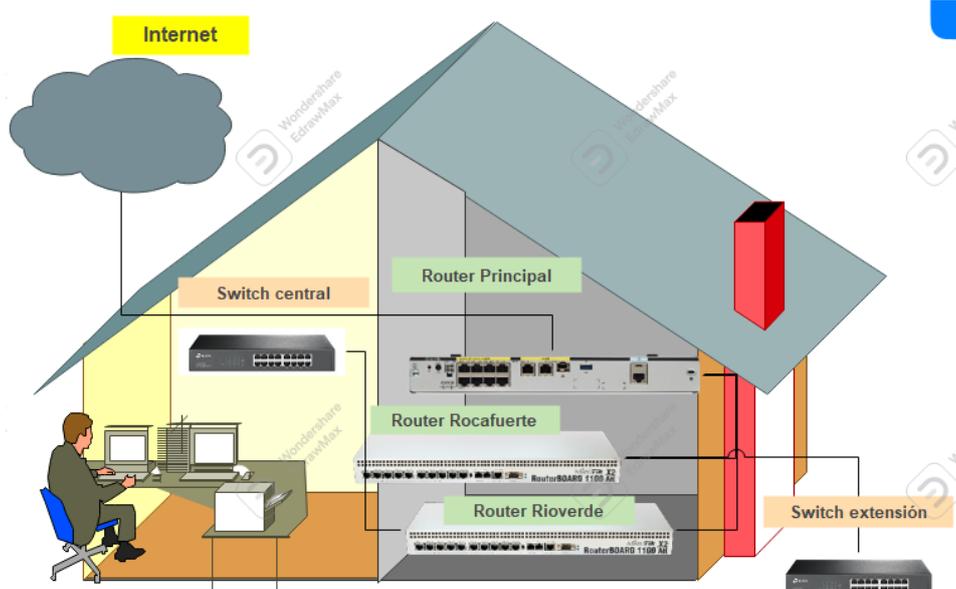


Ilustración 30 Diseño de nueva red nivel 1. Elaborado por: Aldair Santos

2.1.2. Acceso a la red

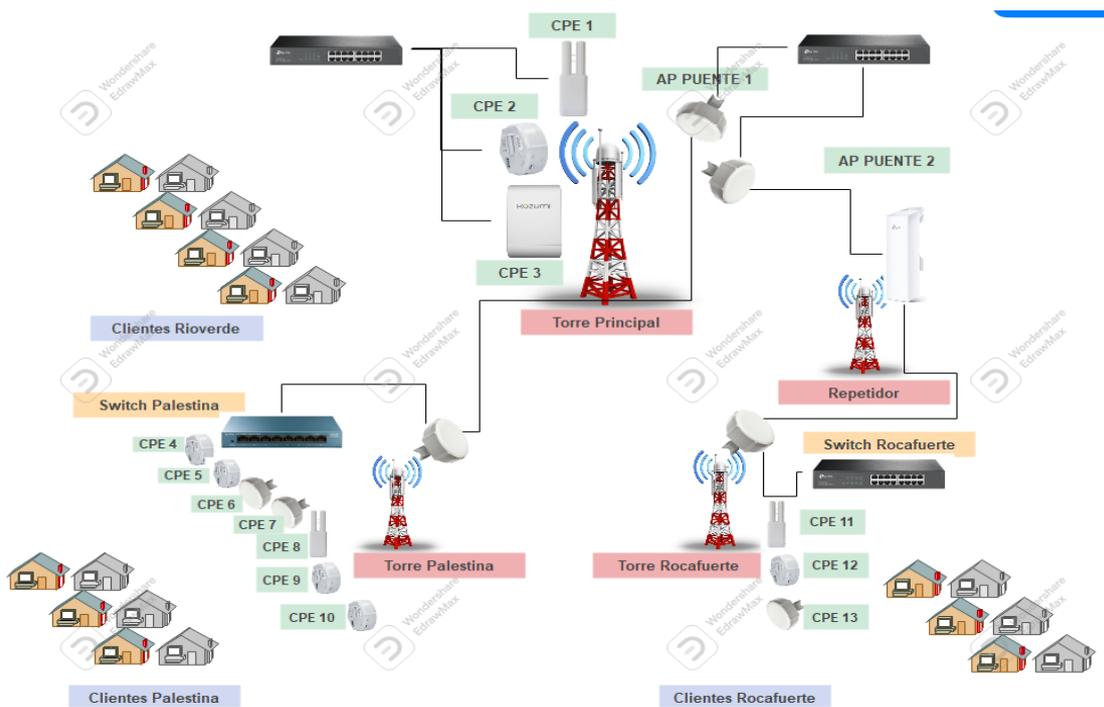


Ilustración 31 Diseño de nueva red nivel 2. Elaborado por: Aldair Santos

Adicionalmente, se requiere el diseño de un sistema de comunicaciones basado en radioenlaces para el acceso a la red por parte de los usuarios, teniendo en cuenta una torre principal que sirva de intermediario o puenteo inalámbrico frente a la estación ya existente en el sector Palestina y la nueva propuesta de extensión de red que desde la estación principal del hogar del propietario de Wificonect se establezca una comunicación punto a punto con un equipo repetidor de señal wifi, y a su vez entregue la conexión del servicio a una estación ubicada en el sector estratégico de Rocafuerte, para luego establecer una conexión punto - multipunto en la distribución del servicio bajo una propuesta tentativa de 6 puntos de acceso que cubran una cantidad de clientes considerables en el crecimiento del negocio del WISP.

2.2.Descripción de hardware de nueva red

El proceso de selección y validación de hardware a emplear en la nueva infraestructura de red está basado en la técnica de ponderación de tablas de decisión estableciendo parámetros de calificación que justifiquen dicho equipo y que proporcione un funcionamiento óptimo y estable en la operabilidad a largo plazo del equipo WISP.

Tabla 2 Equipos propuestos de red WISP. Fuente (Libre, 2022)

Criterios Equipos	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Router Rocafuerte	<u>Router Cisco</u> Modelo: Rv320 Gigabit Dual Wan Balanceo Usb 3g/4g Vpn.	<u>Router Ubiquiti</u> Modelo: EdgeRouter 6P, router Gigabit de 6 puertos con 1 puerto SFP	<u>Router Mikrotik</u> Modelo: RB1100ahx4 12 puertos giga
Switch Extensión Switch Rocafuerte	<u>Switch Tp-Link</u> Modelo: TL-SG1016D de 16 puertos giga	<u>Switch Tp-Link</u> Modelo: TL-LS108G de 8 puertos giga	<u>Switch Mikrotik</u> Modelo: Rb260gs 5 Lan Giga+ 1sfp
Antenas de torres	<u>Antena Mikrotik</u> Modelo: RBLHG5 HP XL-AC punto a punto de largo alcance 27 dBi Direccional F=5.8Ghz Vtx=300Mb Alcance=40km	<u>Antena Mikrotik</u> Modelo: RBLHGG-5HPacD2HPnD-XL 27 dBi en 5Ghz 18dBi en 2.4Ghz Vtx: 5Ghz - 600Mbps Vtx:2.4Ghz -260Mbps Alcance = 40km	<u>Antena Mikrotik</u> Modelo: Lhg 5 Ac -rblhgg-5acd - Antena 24.5 Dbi - 1 Lan CPU 716Mhz 802.11ac F = 5Ghz RAM=64MB

En la tabla anterior se presenta los equipos propuestos y tentativos para la nueva implementación del equipo WISP que facilitaran el dimensionamiento y abastecimiento de la nueva red, teniendo lo siguiente:

ROUTER ROCAFUERTE									
Criterios	Ponderación	Condiciones	Puntaje	Router 1	Router 2	Router 3	Router 1	Router 2	Router 3
Costo	15	Alto	3	X			45		
		Medio	4		X			60	
		Bajo	8			X			120
Memoria	10	Muy favorable	5	X			50		
		Favorable	3		X	X		30	30
		Poco favorable	2						
Capacidad de transmisión	10	Muy favorable	4	X			40		
		Favorable	3		X			30	
		Poco favorable	3			X			30
Valoración y configuración en QoS	15	Difícil	3	X			45		
		Media	4						
		Fácil	8		X	X		120	120
	50						180	240	300

Ilustración 32 Ponderación de decisiones de router Rocafuerte. Elaborado por: Aldair Santos

SWITCH EXTENSIÓN- ROCAFUERTE									
Criterios	Ponderación	Condiciones	Puntaje	Switch 1	Switch 2	Switch 3	Switch 1	Switch 2	Switch 3
Costo	11	Alto	2,5	X			27,5		
		Medio	3,5		X			38,5	
		Bajo	5			X			55
Memoria y número de puertos	15	Muy favorable	10	X			150		
		Favorable	3		X			45	
		Poco favorable	2			X			30
Tiempo de vida útil	11	Muy favorable	5	X			55		
		Favorable	3,5		X			38,5	
		Poco favorable	2,5			X			27,5
Soporte técnico	13	Difícil	3						
		Media	4	X	X	X	52	52	52
		Fácil	6						
	50						284,5	174	164,5

Ilustración 33 Ponderación de decisiones de switches. Elaborado por: Aldair Santos

ANTENAS DE RADIOENLACES									
Criterios	Ponderación	Condiciones	Puntaje	Antena 1	Antena 2	Antena 3	Antena 1	Antena 2	Antena 3
Costo	18	Alto	4		X			72	
		Medio	6	X			108		
		Bajo	8			X			144
Alcance y Cobertura	15	Muy favorable	7	X			105		
		Favorable	5			X			75
		Poco favorable	3			X		45	
Tiempo de vida útil	7	Muy favorable	3						
		Favorable	2	X	X	X	14	14	14
		Poco favorable	2						
Potencia de transmisión y recepción	10	Buena	4,5	X			45		
		Normal	3,5			X			35
		Mala	2			X		20	
	50						272	151	268

Ilustración 34 Ponderación de decisiones de antenas de radioenlaces. Elaborado por: Aldair Santos

Se han considerado ciertas métricas y en función del nivel de prioridad se han dado ponderaciones y una evaluación de acuerdo con las condiciones existentes, obteniendo las puntuaciones antes presentadas y considerando finalmente los siguientes equipos analizados y que optimicen los recursos y/o requerimientos del servicio.

Marca/Equipo	Cantidad	Modelo	Figura
Router Mikrotik	1	RB1100ahx4 12 puertos giga	
Switch Tp-Link	2	TL-SG1016D de 16 puertos giga	
Antena sectorial Mikrotik	4	RBLHG5 HP XL-AC	

Ilustración 35 Equipos de nueva infraestructura de red. Elaborado por: Aldair Santos

2.3. Parámetros de escalabilidad y tolerancia a fallos.

2.3.1. Plan de direccionamiento IP.

Bloque de direcciones de red	<input type="text" value="192.168.42.0/16"/>	Intervalo de direcciones de host	<input type="text" value="192.168.42.1 - 192.168.42.254"/>
Máscara de subred	<input type="text" value="255.255.255.0/24"/>	Dirección de difusión	<input type="text" value="192.168.42.255"/>
Número de hosts/subredes	<input type="text" value="256"/>	Máscara de comodines	<input type="text" value="0.0.0.255"/>
Número de subredes	<input type="text" value="256"/>	Notación CIDR	<input type="text" value="192.168.42.0/24"/>

Ilustración 36 Bloque de direcciones de red propuestas. Fuente (Site24x7, 2022)

Se determina un bloque de direcciones de red que da como resultado alrededor de 256 subredes considerando la misma clase de red de la infraestructura inicial del propietario, donde en concordancia a los fines prácticos de la propuesta anterior se escoja la subred 43 para el segmento de clientes ubicado en Rioverde, la subred 44 para ciertos abonados del sector de Palestina y la extensión del sitio estratégico de Rocafuerte y la subred 45 para la asignación IP de los equipos intermediarios y enlaces inalámbricos en función de la nueva jerarquía de red, tendiendo así:

SB #43	192.168.42.0 - 192.168.42.255	LAN A		
SB #44	192.168.43.0 - 192.168.43.255	LAN B		
SB #45	192.168.44.0 - 192.168.44.255	WAN - WLAN		
MASK	255.255.255.0/24			

#	DEPTO	HOST	VLSM (/#)	RANGO TOTAL	MASK	
1	LAN A	252	/24	192.168.42.0 - 192.168.42.255	255.255.255.0	255
3	LAN B	252	/24	192.168.43.0 - 192.168.43.255	255.255.255.0	255
5	W1	2	/30	192.168.44.0 - 192.168.44.3	255.255.255.252	3
6	W2	2	/30	192.168.44.4 - 192.168.44.7	255.255.255.252	3
7	W3	2	/30	192.168.44.8 - 192.168.44.11	255.255.255.252	3
8	WLAN 1	2	/30	192.168.44.12 - 192.168.44.15	255.255.255.252	3
9	WLAN 2	2	/30	192.168.44.16 - 192.168.44.19	255.255.255.252	3
10	WLAN 3	2	/30	192.168.44.20 - 192.168.44.23	255.255.255.252	3
11	Sector futuro		SOBRA	192.168.44.24 - 192.168.44.255		

Ilustración 37 Subneting/Vlsm. Elaborado por: Aldair Santos

2.3.2. Simulación de configuración lógica de red

Se plantea un modelo de simulación para validar la distribución de IP's establecidas por cada red LAN, considerando una propuesta de topología mallada en los enlaces WAN y su representación por cada switch administrador del segmento de red asignado.

2.3.3. Administración de nueva red.

La propuesta de la nueva infraestructura de red se centra en favorecer las implementaciones de escalabilidad bajo un modelo de subneteo de red, donde en función de las subredes creadas (Ilustración 36), se dividan los segmentos de red en diversos departamentos, mismos que puedan ser considerados en las direcciones de asignación de los clientes de cada red LAN, además de establecer una administración de red adaptable a los cambios y con la posibilidad de crecimiento de clientes en el nuevo sector de estudio y lugares futuros que se crean pertinentes en la necesidad del servicio.

Por otro lado, se propone un sistema tolerante a fallos en situaciones de pérdidas de conexión de algún enlace WAN del núcleo de red, bajo un modelo de topología malla y la implementación de un protocolo de redundancia tolerante a fallos que favorezca la robustez y un medio de comunicación alternativo en la interconexión mallada de los enlaces de red.

Esta propuesta describe la compatibilidad con el protocolo de redundancia de enrutador virtual (VRRP) en RouterOS, un protocolo ampliamente utilizado que proporciona redundancia de dispositivos para eliminar el punto único de falla inherente al entorno enrutamiento predeterminado. VRRP le permite configurar dos o más enrutadores para formar un grupo. Este grupo aparece como una única puerta de enlace predeterminada con una dirección IP y MAC virtual. (Staff, 2020)

VRRP permite descubrir el enrutador inalcanzable en 3 segundos sin sobrecarga de tráfico adicional y brinda una solución al combinar varios enrutadores en un grupo lógico conocido como enrutadores virtuales (VR). El propósito de VRRP es conectar con todos los enrutadores VRRP asociados con la ID del enrutador virtual y admitir la redundancia del enrutador a través del proceso de elección priorizado entre ellos. (Mikrotik, 2020)

El diseño planteado en la tolerancia a fallos consiste en establecer un protocolo VRRP intermediario entre los routers de Rioverde y Rocafuerte que en casos de pérdida de señal de uno de los tramos conectados en los equipos del núcleo/distribución encuentren una alternativa de llegada a internet, como se aprecia a continuación:

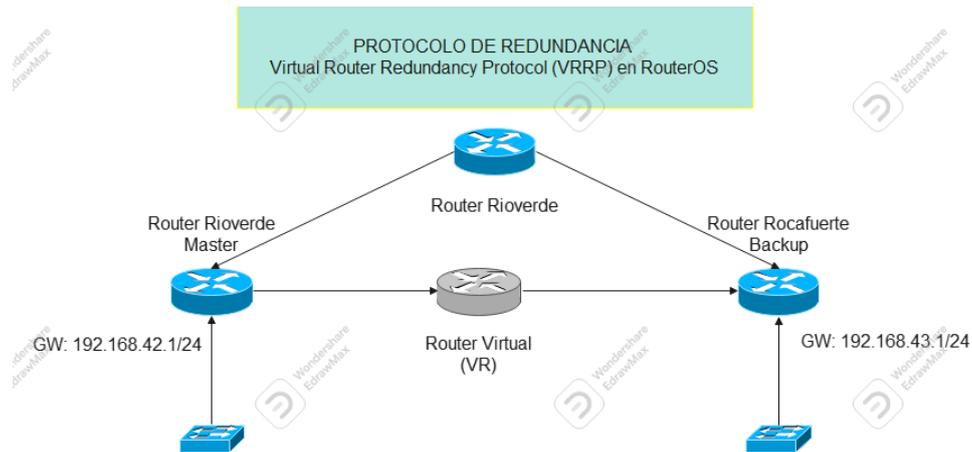


Ilustración 41 Protocolo de redundancia de router virtual. Elaborado por: Aldair Santos

Finalmente, a partir de la figura anterior se definen ciertos conceptos fundamentales que involucran la dinámica del funcionamiento del protocolo, teniendo así:

- a) **Maestro (Master):** El enrutador maestro de VR actúa como una puerta de enlace física a la red en la que está configurado, la selección del principal está controlada por el valor de prioridad donde el estado maestro describe el funcionamiento del enrutador principal. Dentro de la propuesta de red el router Rioverde es el enrutador maestro; cuando Rioverde ya no esté disponible, Rocafuerte se convierte en maestro.
- b) **Respaldo (Backup):** VR debe tener al menos un enrutador redundante. El enrutador de respaldo debe configurarse con la misma dirección IP virtual que el maestro para ese VR, la prioridad predeterminada del enrutador de respaldo es 100; cuando el enrutador maestro actual ya no esté disponible, el enrutador de respaldo con la prioridad más alta se convertirá en el maestro actual; dicho de otro modo, cada vez que el enrutador con mayor prioridad esté disponible, se cambia a maestro.
- c) **Dirección virtual:** La IP virtual asociada con VR debe ser idéntica y estar configurada en todos los nodos de VR. En el enrutador propietario, la IP virtual debe ser la misma que la IP real. Por ejemplo, en el enrutador propietario, la IP real y la IP virtual son 192.168.42.1, en el enrutador de respaldo, la IP virtual es 192.168.42.1, pero la IP real es 192.168.43.2. Todas las direcciones virtuales y reales deben ser de la misma red.

Si el maestro de VR está asociado con varias direcciones IP, los enrutadores de respaldo que pertenecen al mismo VR también deben estar asociados con el mismo conjunto de

direcciones IP virtuales. Si la dirección virtual en el maestro no está también en la copia de seguridad, existe una configuración incorrecta y los paquetes de publicidad VRRP se descartarán. (Mikrotik, 2020)

Adicionalmente, existen dos modos de configuración inicial en la puesta en marcha del protocolo de redundancia que consisten en establecer una dirección dinámica a la interfaz WAN y LAN o de otro modo identificar la dirección ip estática de las respectivas interfaces.

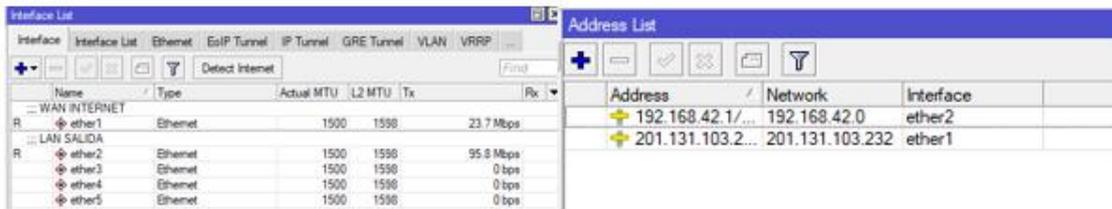


Ilustración 42 Interfaces WAN y LAN de router Rioverde. Elaborado por: Aldair Santos

Dado este escenario, se plantea configurar cada router de acuerdo con la determinación de maestro-respaldo respectivamente

- **Router Rioverde:**

Para poder realizar la configuración VRRP en la redundancia del Gateway es necesario ingresar a la pestaña Interfaz List en el acceso remoto del winbox y dar clic en el (+), posteriormente seleccionar en VRRP y dar la prioridad en función de principal o backup:

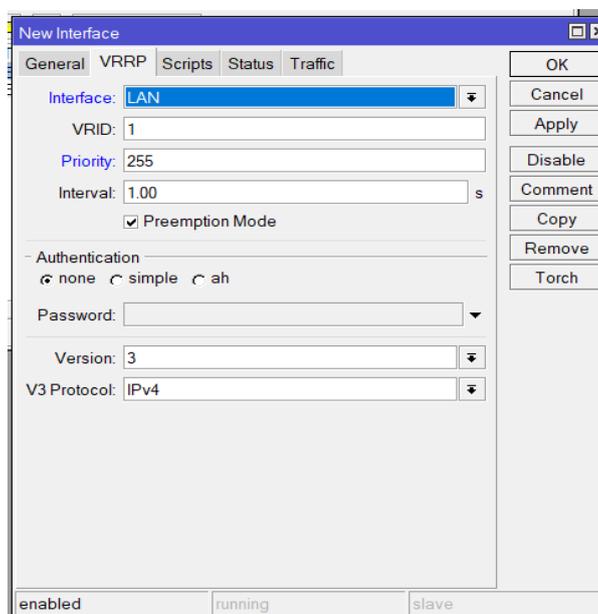


Ilustración 43 Configuración VRRP dispositivo principal. Fuente (Suarez, 2019)

Una vez configurada la interfaz VRRP se vera de la siguiente manera:

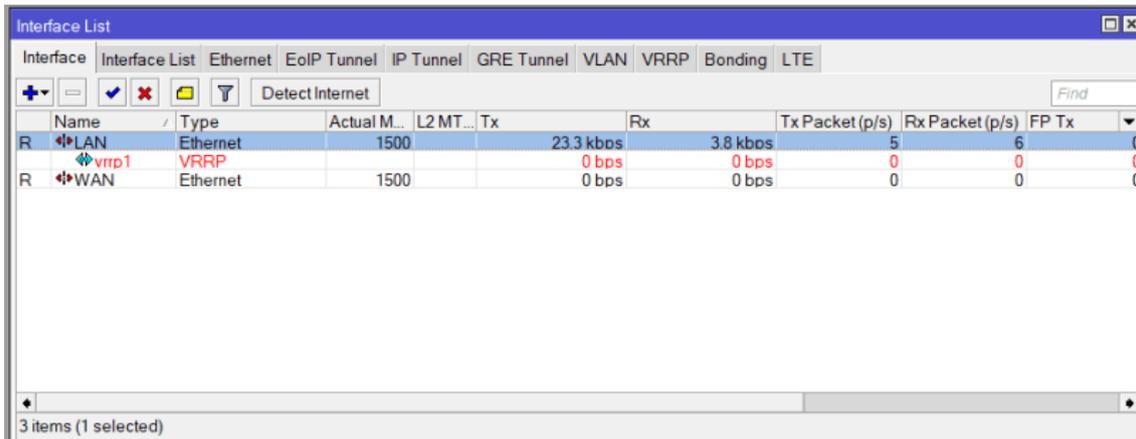


Ilustración 44 Configuración VRRP en winbox. Fuente (Suarez, 2019)

El siguiente paso es asignar la dirección IP virtual a la interfaz VRRP que fue creada y al aparecer el asistente de configuración, se le asignara la dirección 192.168.42.1

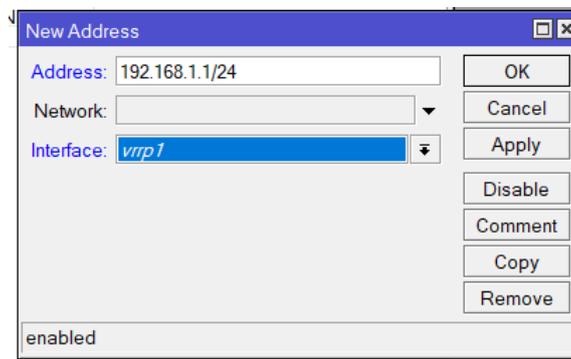


Ilustración 45 Ejemplo de asignación IP virtual. Fuente (Suarez, 2019)

Finalmente, se requiere la configuración del firewall para que los clientes puedan salir a internet, esto quiere decir que se tiene que configurar el nateo:

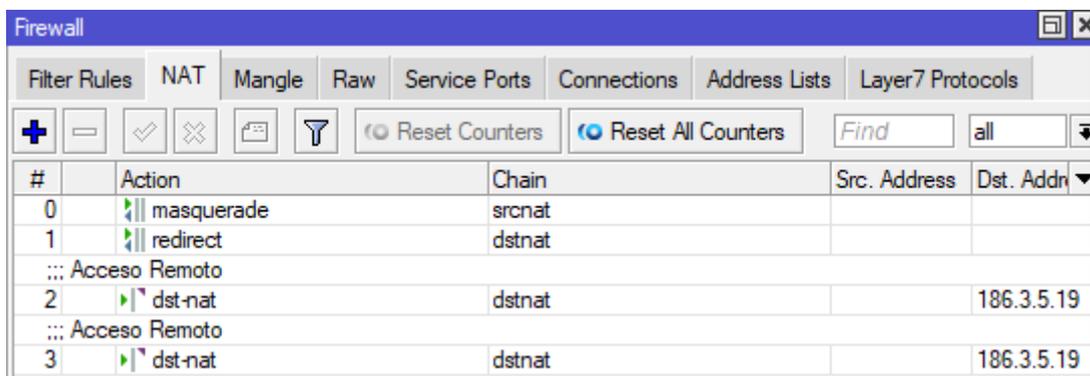


Ilustración 46 Configuración NAT. Fuente (Suarez, 2019)

- **Router Rocafuerte:**

La configuración del segundo router es exactamente igual que la primera, lo único que cambiaría sería las direcciones IP que se le asignan a las interfaces WAN y LAN respectivamente. De igual modo se crea la interfaz VRRP modificando la prioridad, en este caso se tendría que asignar una prioridad más baja para que siempre sea el router de backup y en caso de que el router principal (Router Rioverde) falle, vuelva a estar operativo el sistema de red.

Se procede a configurar la dirección IP a la interfaz VRRP creada, asignando la misma dirección virtual que al otro router. Finalmente, se establecen las reglas NAT descritas en el router Rioverde

Por otro lado, en modo de sugerencia para comprobar que la configuración ha sido realizada correctamente en el proceso de implementación se plantea revisar si el router de backup suplente correctamente al router principal en caso de fallo, esto se puede validar realizando un ping desde una máquina cliente.

2.4.Requerimientos de QoS y seguridad de red

En los requerimientos de la seguridad de la nueva infraestructura de red se propone emplear la misma configuración de la red inicial del propietario considerando las reglas útiles “in” en la protección del tráfico, las conexiones estables y el escaneo de puertos respectivamente (Ilustración 19), además de las reglas “forward” complementarias en el cuidado del tráfico de red. Se sugiere establecer un control de acceso en el sistema remoto de winbox reservado para el propietario y sus colaboradores y el bloqueo DNS externo.

Adicionalmente, es importante establecer el mismo tipo de configuración dst-nat (Ilustración 20) para hacer que los hosts pertenecientes a la red privada sean accesibles desde Internet y la implementación mangle en el marcado de paquetes (Ilustración 21)

Dentro del modelo de QoS se estipula emplear el denominado servicios diferenciados siendo un método de calidad de servicio que asegura a los beneficiarios que sus flujos de datos tendrán privilegios de entre sus extremos, además de facilitar la clasificación de los paquetes similares para un tratamiento singular. La arquitectura Diffserv se fundamenta de un modelo simple de trato de tráfico, empleada para grandes redes enrutadas basado en el concepto de clases de tráfico siendo clasificado y marcado de acuerdo a la clase que se establezca; del mismo modo el tipo de nivel de servicio asociado a cada flujo depende

de la marca de este, ofreciendo una gran escalabilidad y habilidad para soportar varios niveles de servicios; sin embargo, requiere de una implementación de mecanismos complejos en cada nodo y no puede proveer de una garantía absoluta en el nivel de dicho servicio. (Benítez, 2011)

Este modelo de calidad de servicios utiliza la cabecera de los paquetes DSCP y para los fines prácticos del presente estudio se propone mantener la uniformidad de la configuración mangle en cada uno de los planes de oferta que se detallan en la ilustración 21, además basado en ciertos valores de precedencia es necesario realizar el proceso de priorización del tráfico categorizando y definiendo clases respectivamente.

DSCP Value	Decimal Value	Meaning	Drop Probability	Equivalent IP Precedence Value
101 110	46	High Priority Expedited Forwarding (EF)	N/A	101 - Critical
000 000	0	Best Effort	N/A	000 - Routine
001 010	10	AF11	Low	001 - Priority
001 100	12	AF12	Medium	001 - Priority
001 110	14	AF13	High	001 - Priority
010 010	18	AF21	Low	010 - Immediate
010 100	20	AF22	Medium	010 - Immediate
010 110	22	AF23	High	010 - Immediate
011 010	26	AF31	Low	011 - Flash
011 100	28	AF32	Medium	011 - Flash
011 110	30	AF33	High	011 - Flash
100 010	34	AF41	Low	100 - Flash Override
100 100	36	AF42	Medium	100 - Flash Override
100 110	38	AF43	High	100 - Flash Override
001 000	8	CS1		1
010 000	16	CS2		2

Ilustración 47 DSCP y valores de precedencia. Fuente (Nexus, 2022)

Basándose en la figura anterior es posible plantear una propuesta de QoS que favorezca y mejore el sistema de entrega del proveedor de red Wificonect, estableciendo las siguientes priorizaciones del servicio:

Valor DSCP	Significado	Probabilidad de caída	Valor de precedencia	Servicio
000	Best Effort	N/A	routine	N/A
001 010	AF11	Baja	priority	ICMP
001 100	AF12	Media	priority	DNS
001 110	AF13	Alta	priority	Descargas (casos de saturación)
010 010	AF21	Baja	Inmediate	FTP
010 100	AF22	Media	Inmediate	Navegación web en TCP
010 110	AF23	Alta	Inmediate	Navegación web en UDP
011 010	AF31	Baja	flash	SMTP/POP3
011 100	AF32	Media	flash	Quick UDP
011 110	AF33	Alta	flash	VPN's
100 010	AF41	Baja	flash override	Videoconferencias
100 100	AF42	Media	flash override	Streaming
100 110	AF43	Alta	flash override	Videojuegos

Ilustración 48 Priorización del tráfico según DSCP. Elaborado por. Aldair Santos

La figura anterior establece la priorización del tráfico y sus probabilidades de caída de los servicios propuestos en QoS, visto desde un punto de vista práctico es necesario considerar dichos aspectos en la interfaz de Mikrotik, para ello es importante tener en cuenta ciertas configuraciones que parten de la consideración del filtrado de paquetes en el firewall, las traslaciones NAT para establecer un marcado y/o identificación en la pestaña Mangle del Mikrotik, donde el sistema se reduce a la marca de conexión donde se logran identificar dichas conexiones, la marca de paquetes para el control de ancho de banda y todos los requerimientos de calidad de servicios y la marca de ruteo incorporando las políticas de ruteo respectivas.

Del mismo modo, existen 5 cadenas esenciales que se derivan de acuerdo con los procesos del sistema donde se denomina “prerouting” a todas las decisiones antes del ruteo, “input, forward, output” a todas las marcas antes del filtrado y “post Routing” posteriormente a las decisiones del ruteo. A partir de estas interpretaciones se aplica el marcado respectivo en función de la propuesta establecida en la pestaña Mangle.

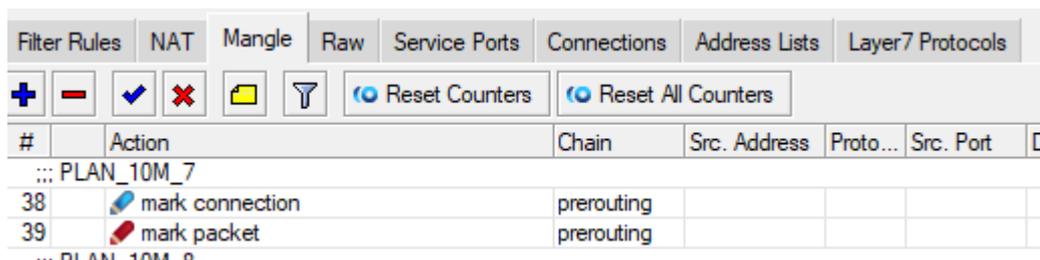


Ilustración 49 Demostración marcado de conexión y paquetes. Elaborado por: Aldair Santos

De acuerdo con el número de marcado de paquetes que se crean pertinentes se realizan los ajustes en el equipo, donde finalizados los detalles antes mencionados se implementa el nivel de prioridad de los servicios en el Queues del sistema remoto.

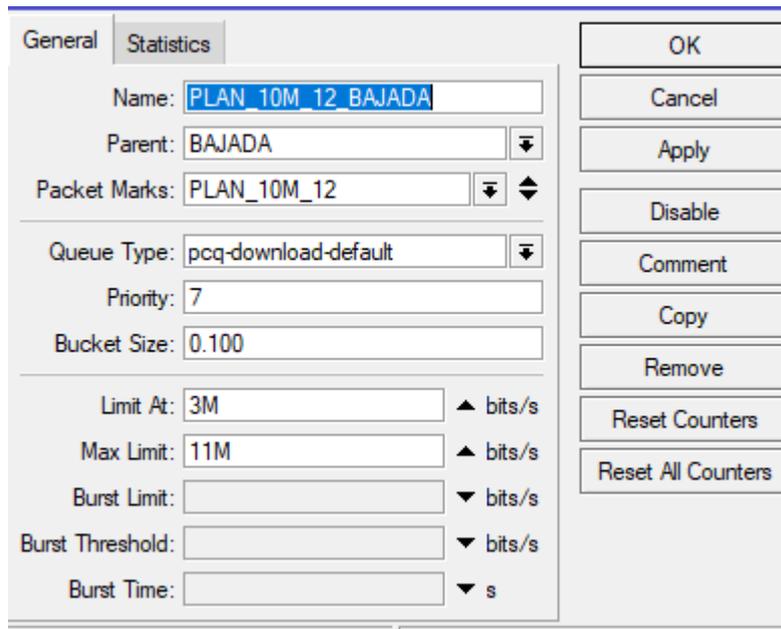


Ilustración 50 Configuración Queues por prioridades. Elaborado por: Aldair Santos

Se distingue una pestaña similar a la figura anterior donde se detalle el valor de prioridad en sincronización con la propuesta del modelo de servicios diferenciados en QoS; es importante considerar que los valores de prioridad en la interfaz de Mikrotik oscilan entre 1 y 8, estableciendo la siguiente tabla de priorización del tráfico:

Tabla 3 Priorización del tráfico de interfaz Mikrotik. Elaborado por: Aldair Santos

Prioridad	Servicio	Configuración y Protocolo
1	ICMP	Habilitar ping WAN y LAN
1	DNS	TCP & UDP puerto 53
2	Descargas	Casos de saturación
2	FTP	TCP & UDP puerto 21
2	HTTP – HTTPS	TCP & UDP puerto 80 & 443
3	SMTP/POP3	TCP puerto 25 y 110
3	Quick UDP	UDP
4	VPN's	Sin especificación
4	Videoconferencias	Sin especificación
5	Streaming	Sin especificación
7	Videojuegos	Sin especificación

2.5. Implementaciones futuras

2.5.1. Renovación del contrato de plan de navegación.

El propietario de red Wificonect maneja un contrato de ancho de banda de 200Mbps del cual solo el 50% es utilizado en el consumo de navegación del equipo WISP, métrica detallada en las pruebas de velocidad desarrolladas en el levantamiento de línea base. Sin embargo, es importante establecer si dicha experimentación es la apropiada para el nuevo diseño de red o requiere de un aumento de ancho de banda para carecer de saturaciones o latencia deficiente en el servicio de internet.

Bajo la compartición de 3:1 de la red Wificonect se puede estipular que:

$$\frac{200 \text{ Mbps}}{85 \text{ clientes totales}} = 2,35 \text{ , siendo esta una métrica apropiada para los fines prácticos en}$$

proporcionalidad al tipo de compartición antes mencionada.

Adicionalmente se plantea la evaluación del consumo que debe obtenerse por cada plan de oferta en la búsqueda de una experiencia eficiente del servicio, teniendo los siguientes cálculos matemáticos:

$$\text{❖ Plan 10Mbps: } 53 \text{ clientes} * 10M \frac{530 \text{ Mbps}}{3(\text{Compartición})} = 1,76 = 176 \text{ Mbps}$$

$$\text{❖ Plan 15Mbps: } 30 \text{ clientes} * 15M \frac{450 \text{ Mbps}}{3(\text{Compartición})} = 150 \text{ Mbps}$$

$$\text{❖ Plan 20Mbps: } 2 \text{ clientes} * 20M = 40 \text{ Mbps}$$

$$BW = 176 \text{ M} + 150 \text{ M} + 40 \text{ M} = 366 \text{ Mbps}$$

Estableciendo que la suma de todos los anchos de banda por cada plan de oferta resulta ser el contrato que debe considerar el propietario para su red actual y tentativamente para mejorar sus recursos futuros de entrega del servicio para nuevos beneficiarios.

2.5.2. Transición IPv6.

Otro requerimiento importante que debe ser implementado en el crecimiento del equipo WISP es la transición en el direccionamiento IPv4 a IPv6 o en su defecto hacer uso de ambas planificaciones IP bajo un sistema denominado “dual stack”, misma que permite sobre todo hacer coexistir ambas tecnologías de red sobre un mismo enlace. (Anónimo, 2019)

Consiste simplemente en instalar IPv4 e IPv6 sobre un mismo nodo. Esta etapa de activación y de configuración es fundamental, pues podemos perfectamente disponer de sistemas operativos dotados de IPv4 e IPv6 sin la posibilidad de utilizarlos simultáneamente mientras no hayamos hecho lo necesario. (Anónimo, 2019)

Dadas sus múltiples ventajas que ofrece, se enlistan a continuación:

- Numero casi ilimitado de direcciones IP
- Mas seguridad con Ipvsec
- Configuración automática (mejor que DHCP utilizado en IPv4)
- Soporta de forma nativa dispositivos móviles
- Mas eficiente al simplificar el encabezado de los paquetes o hacer un enrutamiento más jerárquico. (Valero, 2021).

Dentro de la propuesta se considera la misma distribución de direccionamiento que en la organización IPv4, tal y como se detalla a continuación con sus símbolos y representaciones respectivas:

		/128																	
		/64				/64													
		/48		/52		/56		/60		/64		DIRECCIONES				RED GENERAL			
		/48		0000		0000		0000		0000		/64 (EUI-64/RANDOM/STATIC)							
2000	18	10								0	0	0	0	0	0				
2000	18	10	R	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	DISTRIBUCIÓN	2000:18:10:R101:1	(P->R1)	W1	
2000	18	10	R	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2	DISTRIBUCIÓN	2000:18:10:R202:1	(P->R2)	W2		
2000	18	10	R	3	0	3	0	0	0	0	0	0	2	DISTRIBUCIÓN	2000:18:10:R303:1	(R1->R2)	W3		
2000	18	10	R	3	0	3	0	0	0	0	0	0	2	DISTRIBUCIÓN	2000:18:10:R303:2	(R2->R1)	W3		
2000	18	10	A	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	RIOVERDE	2000:18:10:A101:1	(R1->ADMIN)	GO/0	2000:18:10:A101:/64	
2000	18	10	R	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	RIOVERDE	2000:18:10:R101:2	(R1->P)	W1		
2000	18	10	A	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	ROCAFUERTE	2000:18:10:A201:1	(R2->ADMIN)	GO/0	2000:18:10:A201:/64	
2000	18	10	R	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2	ROCAFUERTE	2000:18:10:R202:2	(R2->P)	W2		
2000	18	10	T	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	RADIOENLACES	2000:18:10:T101:1	(TP->TR1)	WLAN1		
2000	18	10	T	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2	RADIOENLACES	2000:18:10:T202:1	(TP->TR)	WLAN2		
2000	18	10	T	3	0	3	0	0	0	0	0	0	2	RADIOENLACES	2000:18:10:T303:1	(TR->TR2)	WLAN3		

Ilustración 51 Planificación de direccionamiento IPv6. Elaborado por: Aldair Santos

Símbolo	Significado
P	PRINCIPAL
R1	Rioverde
R2	Rocafuerte
TP	Torre principal
TR1	Torre Rioverde
TR2	Torre Rocauerte
TR	Torre Repetidor
ADMIN	Switch Administrador

Ilustración 52 Simbología de propuesta IPv6. Elaborado por: Aldair Santos

CAPÍTULO 3

3. MEDICIONES Y SIMULACIÓN DE RADIOENLACES

En este capítulo se delimitará el modelo de propagación para el caso de estudio y los parámetros de configuración de los equipos de conectividad inalámbrica para su respectiva simulación en el software de Radio Mobile validando la factibilidad de desarrollo de extensión de red y su futura operabilidad en la entrega de servicios para nuevos beneficiarios.

3.1. Modelo de Propagación.

El diseño de la nueva infraestructura de red requiere de reglas teóricas y matemáticas que cumplan con los requerimientos de la investigación en ingeniería, para lo cual se plantea el modelo Longley- Rice, también conocido como “ITS irregular terrain model”, es un modelo de propósito general que pretende ser útil en un amplio abanico de problemas, puede ser aplicado como modelo para predicción de coberturas zonales o para enlaces punto a punto. (George A Hufford, 1982)

Los principales parámetros de entrada son los siguientes:

- Frecuencia: 20 MHz a 20 GHz.
- Distancia: 1 km a 2000 km
- Alturas de antena: 0.5 m a 3000 m
- Polarización: Vertical o horizontal.
- Irregularidad del terreno Δh , que es el recorrido inter-decílico de las alturas del terreno – es decir, el margen total de las alturas una vez que se han retirado el 10% más alto y el 10% más bajo.
- Constante dieléctrica y conductividad del suelo.
- Co-índice de refracción en superficie: 250 400 unidades N.
- Clima. (George A Hufford, 1982)

Primero, el modelo calcula la atenuación de referencia, que es un valor promedio de la atenuación relativa al espacio libre. Como se indica en el modelo, esta atenuación de referencia normalmente se interpreta como una función de la distancia. Se define en tres partes, denominadas regiones de espacio libre, difracción y dispersión. El área “espacio libre” está mal etiquetada; se define como un área donde la curvatura general de la Tierra

no bloquea una señal de radio directa, pero donde las montañas y otros obstáculos pueden bloquearla. En otras palabras, esta región se extiende hasta el horizonte definido por la curvatura de la Tierra, que puede estar más lejos que la distancia real al horizonte. En esta región, la atenuación de referencia se calcula como la combinación de una función lineal y una función logarítmica con una distancia; Luego, en la región de difracción hay un aumento lineal rápido en la atenuación, seguido de un aumento lineal mucho más lento en la región de dispersión. Se tienen en cuenta otros parámetros además de la distancia para determinar las ubicaciones de estas tres regiones y los valores que toman los diferentes coeficientes. Las diversas tasas de rendimiento restan de esta disminución promedio para tener en cuenta la variación a lo largo del tiempo, por ubicación y por condición. El cambio temporal tiene en cuenta la variación esperada en el nivel de la señal a lo largo del tiempo, debido a diferentes condiciones de propagación que son fundamentales y diferentemente asociadas en los cambios de la atmósfera. La variabilidad con localizaciones representa los cambios que se producen cuando el terminal radio se mueve entre diferentes emplazamientos. Finalmente, la variabilidad con las situaciones modela las diferencias entre enlaces desplegados en áreas similares. (George A Hufford, 1982)

Para calcular la propagación, el modelo Longley-Rice también debe tener en cuenta algunas de las propiedades de refracción de la atmósfera que determinan la cantidad de ondas de radio que se “doblan”. En otras realizaciones, el índice de refracción se puede ingresar como la curvatura efectiva de la Tierra, normalmente 4/3 (1.333). Para el modelo de Longley-Rice, existen tres métodos para determinar la refracción. Puede ingresar el valor de refracción de la superficie directamente, generalmente en el rango de 250 a 400 unidades N (correspondiente a valores de curvatura de la tierra de 1.232 a 1.767). La curvatura efectiva de la tierra es de 4/3 (=1.333) que corresponde a una refracción superficial de aproximadamente 301 N unidades. Se dice que la onda está en el caso $k = 4/3$, que es el valor estándar de la atmósfera, ya que el valor medio se encontró de acuerdo con los valores experimentales. (Poveda, 2014)

De manera que el factor k multiplicado por el radio terrestre da el radio ficticio de la Tierra. La relación entre los parámetros “ k ” y “ n ”, viene dada por la siguiente expresión:

$$N_s = 179.3 * \ln\left[\frac{1}{0.046665} \left(1 - \frac{1}{K}\right)\right]$$

Para el cálculo de las pérdidas el modelo usa la teoría de la difracción, la refracción troposférica y la dispersión del terreno. Las pérdidas adicionales están basadas en medidas tomadas en varias situaciones. (Poveda, 2014)

3.2. Área de cobertura y determinación de puntos de medición.

El propósito principal del área de cobertura del servicio está enfocado en el sector de Rocafuerte, siendo esencial el determinar los puntos fijos de implementación de las nuevas estaciones o torres de telecomunicaciones que posibilitaran abastecer el internet a todos los pobladores, por lo que se han considerado las siguientes mediciones de los puntos estratégicos, respectivamente:

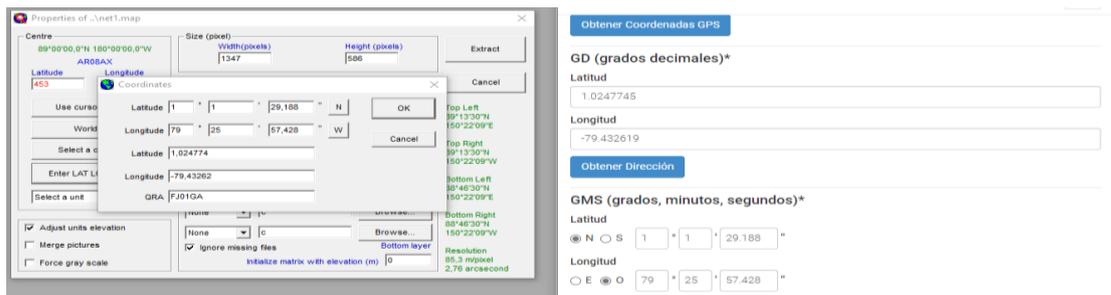


Ilustración 53 Coordenadas geográficas del cantón Rioverde. Fuente (geográficas, s.f.)



Ilustración 54 Coordenadas Torre principal. Fuente (Maps, s.f.)

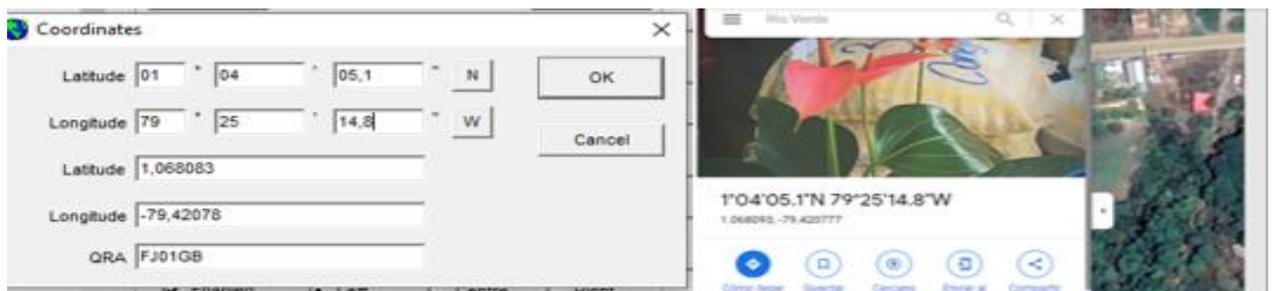


Ilustración 55 Coordenadas geográficas de Torre Palestina. Fuente (Maps, s.f.)

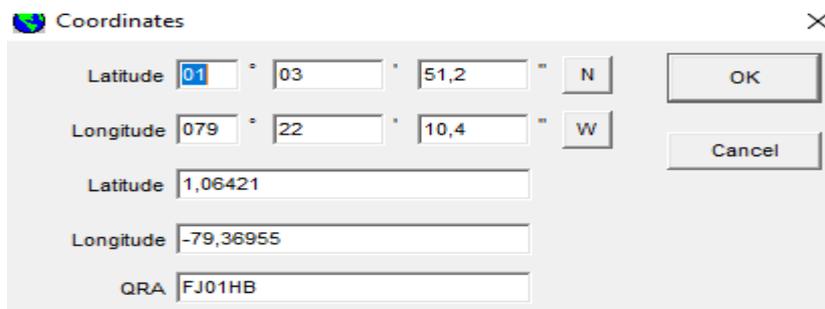


Ilustración 56 Coordenadas geográficas de Torre Rocafuerte. Fuente (Maps, s.f.)

Adicionalmente se han establecido tres puntos estratégicos para el montaje de la torre Repetidor, teniendo en cuenta los siguientes.

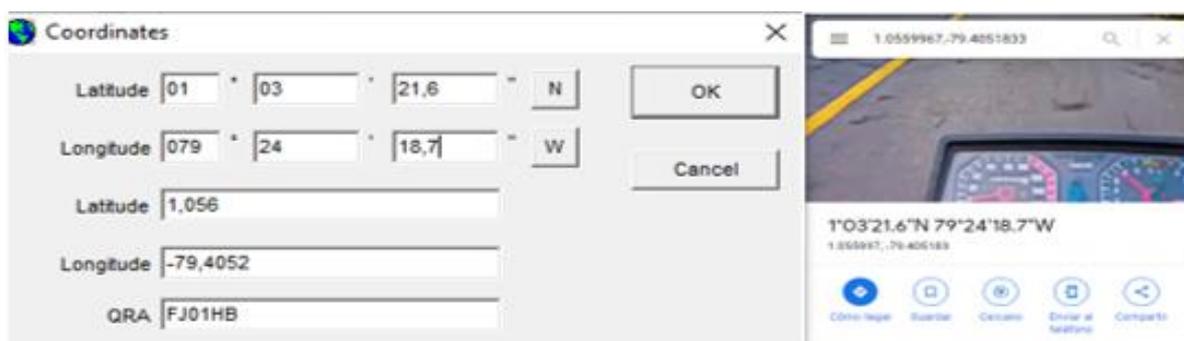


Ilustración 57 Coordenadas del sitio estratégico 1 del Repetidor. Fuente (Maps, s.f.)

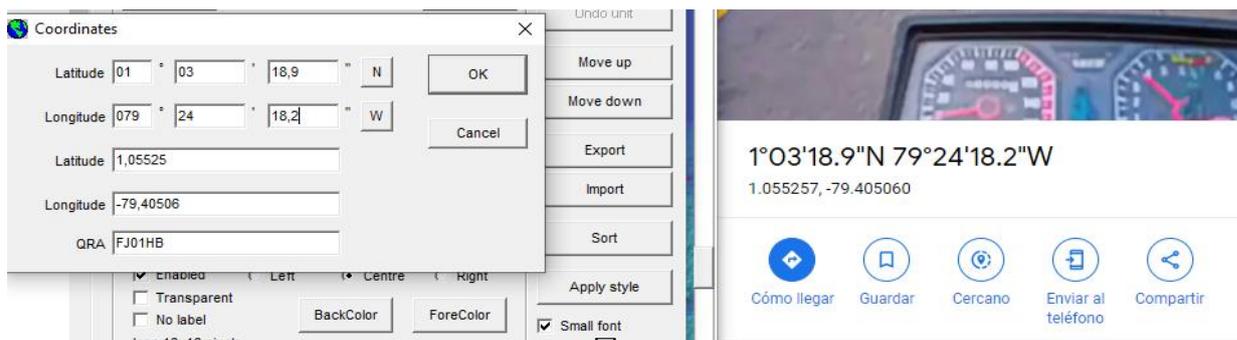


Ilustración 58 Coordenadas del sitio estratégico 2 del Repetidor. Fuente (Maps, s.f.)

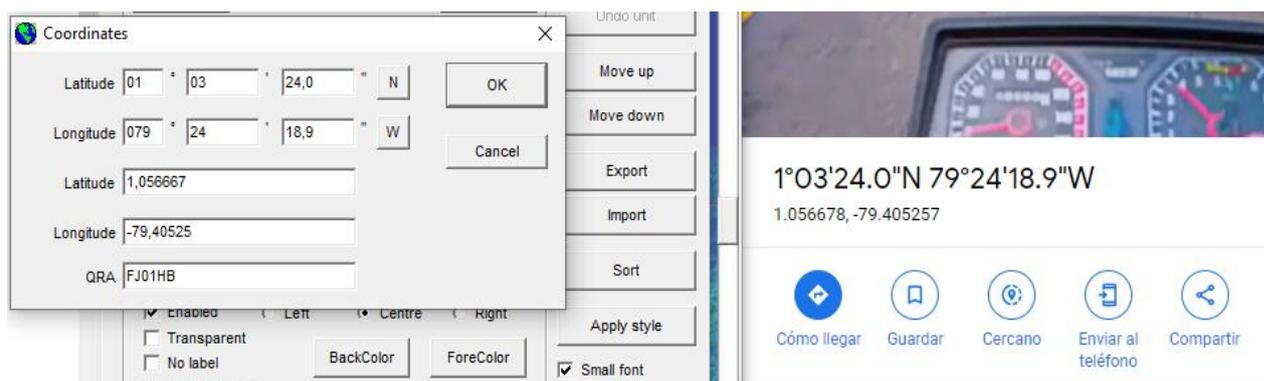


Ilustración 59 Coordenadas del sitio estratégico 3 del Repetidor. Fuente (Maps, s.f.)

3.3.Descripción del software de simulación

Para el estudio de crecimiento de la red Wificonect se propone emplear la herramienta de Radio Mobile, siendo un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello se utilizan perfiles geográficos junto con información del dispositivo (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse. Este software implementa con buenas prestaciones el modelo Longley-Rice, modelo de predicción troposférica para transmisión radio sobre terreno irregular en enlaces de largo-medio alcance útil para los fines prácticos propuestos en el modelo de propagación respectivo. Además de tener múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los enlaces y las redes de telecomunicaciones. Los parámetros por ingresar en la realización de las simulaciones permiten reflejar de forma fiel los equipos reales que se piensa utilizar en la instalación para la que estarían destinados. Radio Mobile utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo, al igual que el modelo de propagación en el que se basa permitiendo trabajar con frecuencias entre los 20MHz y 40GHz y longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km. (Garnacho, 2006)

3.4.Simulación de enlaces inalámbricos.

3.4.1. Radioenlaces de red Wificonect actual

Dada la creación de las torres que conforman la red actual de Wificonect, es posible presentar la configuración respectiva, donde Red actual Wificonect representa el radioenlace punto a punto desde las estaciones de Central Rioverde y el Nodo Palestina.

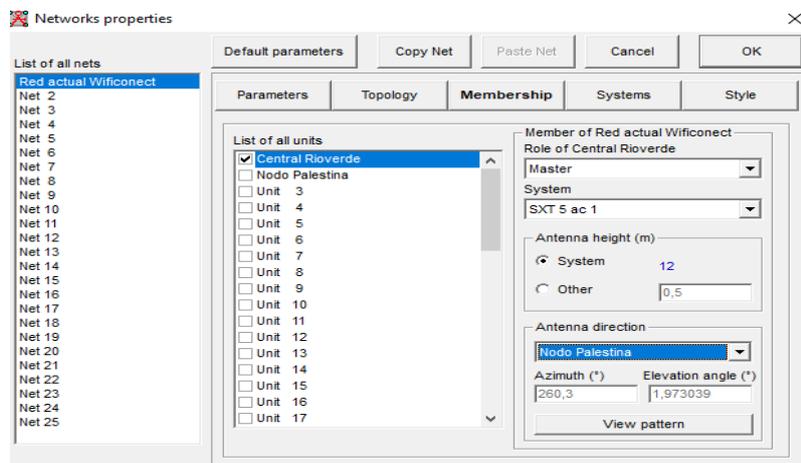


Ilustración 60 Configuración de radioenlace red actual. Elaborado por: Aldair Santos

Por otro lado, se considera una topología Máster/Slave para identificar desde donde parte la administración y los recursos de transmisión del enlace bajo las consideraciones de las antenas SXT 5 ac de la marca Mikrotik como se identifica en la descripción de hardware del primer capítulo.

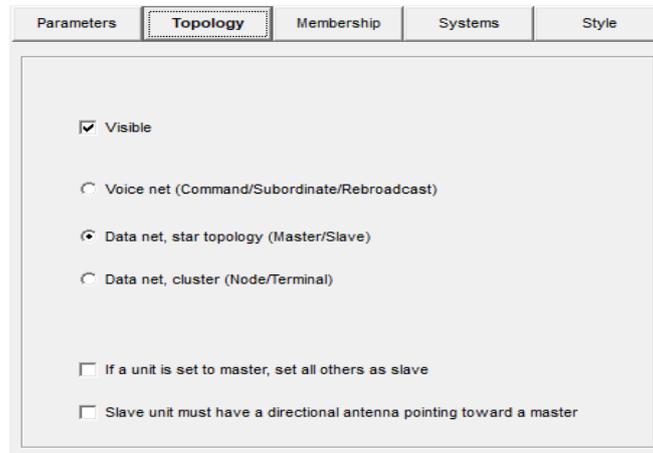


Ilustración 61 Configuración de topología Máster/Slave. Elaborado por: Aldair Santos

Finalmente, dadas las configuraciones de red y de los parámetros del sistema se obtiene lo siguiente:

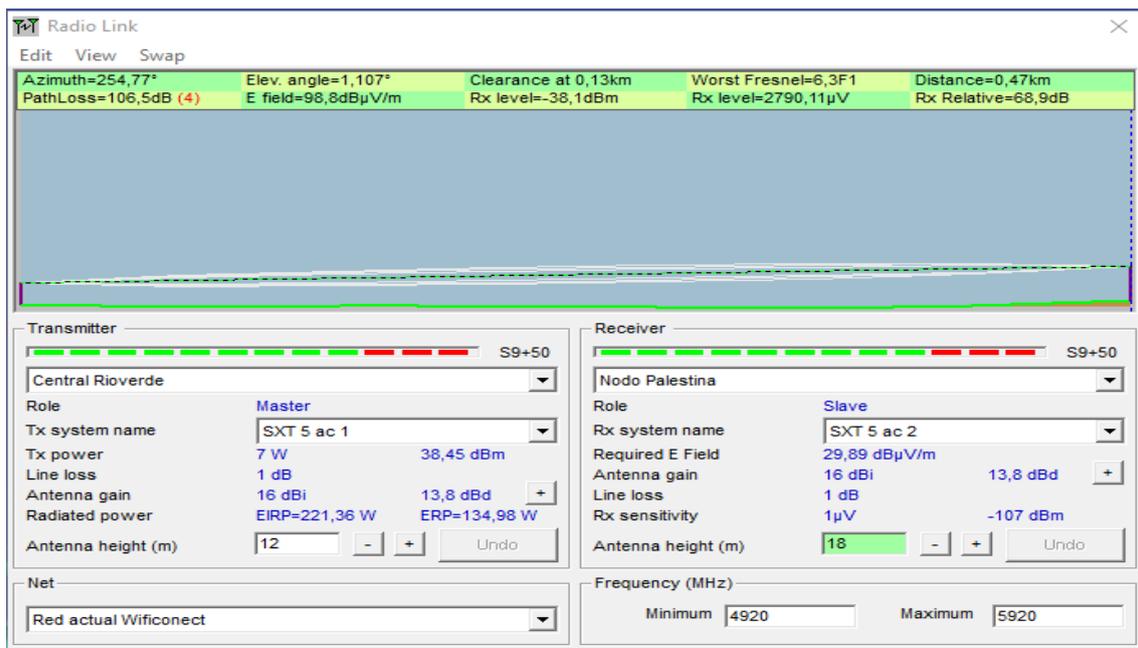


Ilustración 62 Radioenlace central Rioverde & Palestina. Elaborado por: Aldair Santos

En la figura anterior se aprecia los detalles reales de los equipos utilizados donde se puede destacar la altura de las antenas involucradas, pérdidas de línea, potencia de transmisión, ganancia de las antenas y una línea de vista positiva de 6,3F1 favorable para los fines prácticos de la red actual.

3.4.2. Radioenlaces de nueva red Wificonect

Validando un radioenlace favorable de la red actual de Wificonect, se requiere plasmar la nueva propuesta de red bajo las estaciones requeridas, teniendo lo siguiente:

Creación de unidades

En esta pestaña es necesario detallar las coordenadas geográficas de cada una de las torres de acuerdo con los sitios estratégicos de la infraestructura de red

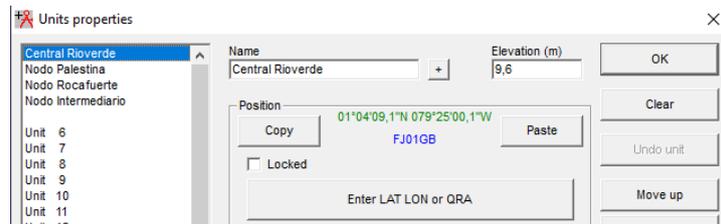


Ilustración 63 Configuración de unidades de nueva red. Elaborado por: Aldair Santos

Creación de redes

En esta pestaña es importante configurar los enlaces punto a punto que estarán involucrados en la infraestructura de red, apreciando las antenas que serán parte de cada una de las estaciones con el detalle de sus parámetros de funcionamiento, la apreciación de sus patrones de radiación y la configuración de las redes creadas por cada radioenlace), dividiéndoles en dos secciones:

-  La red nueva Wificonect part 1 que involucra a la central Rioverde hasta el nodo intermediario
-  La red nueva Wificonect part2 que involucra al nodo intermediario hasta el nodo Rocafuerte.

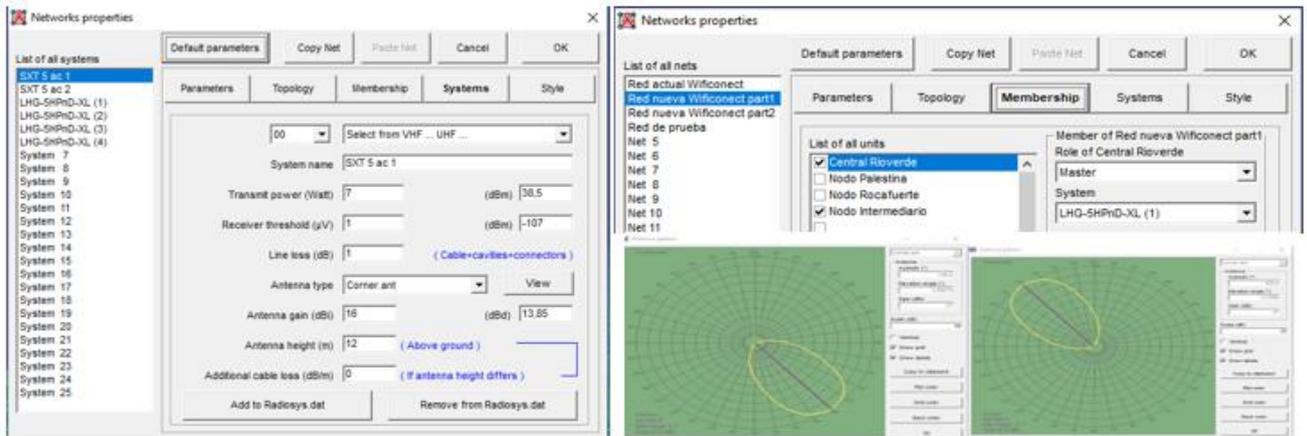


Ilustración 64 Configuración de redes, antenas y patrón de radiación. Elaborado por: Aldair Santos

Finalmente se presenta los radioenlaces bajo la consideración de las coordenadas del sitio estratégico 2, mismo que se adapta de mejor manera a los parámetros y cumplimiento de requisitos de los fines prácticos del estudio técnico de radioenlaces punto a punto de la red Wificonect.

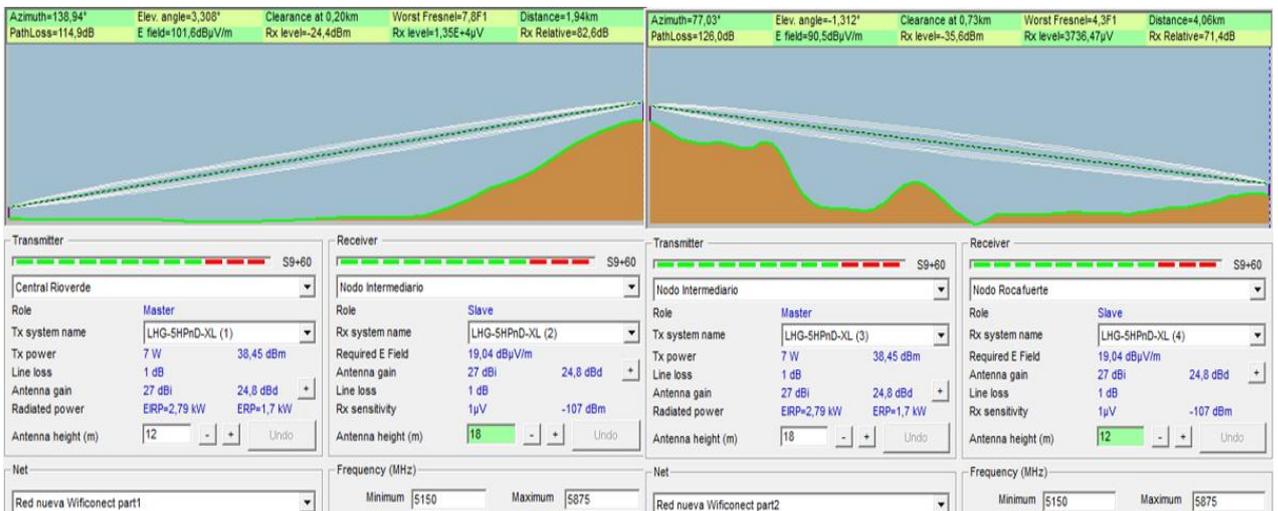


Ilustración 65 Radioenlaces de nueva red Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos

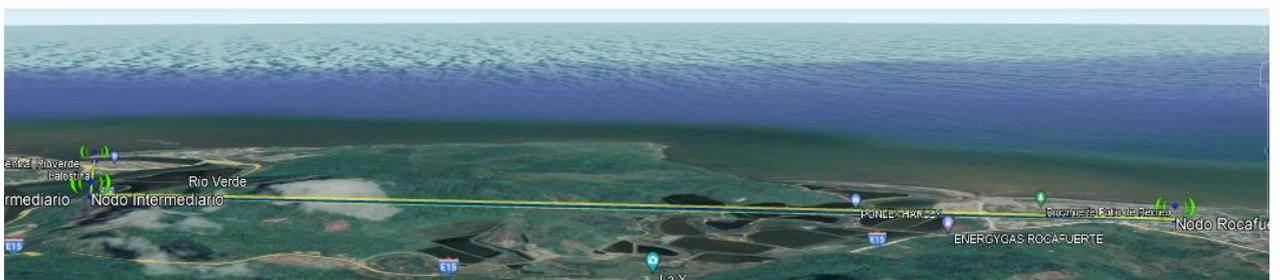


Ilustración 66 Visualización de radioenlaces en Google Earth. Elaborado por: Aldair Santos

3.5. Sistema de energía eléctrica en nodo intermediario

El cumplimiento de los suministros eléctricos resulta ser de vital importancia en la operabilidad de las estaciones del servicio de telecomunicaciones para energizar los equipos respectivamente, además de asegurar una propuesta de respaldo de energía en casos emergentes de cortes eléctricos, interferencias medioambientales y/o efectos diversos que puedan suscitarse, plasmando una dinámica simple del sistema de energía:

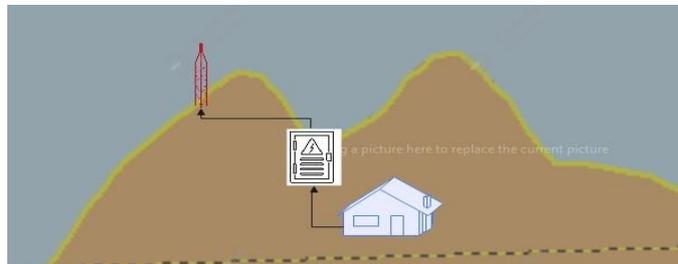


Ilustración 67 Distribución general de energía eléctrica. Elaborado por: Aldair Santos

La figura anterior representa la dinámica del suministro de energía que parte de la red pública otorgada por el morador del sector estratégico, mismo que bajo los permisos de municipalidad del cantón Rioverde y el arrendamiento del espacio posibilite el montaje de mano de obra de la infraestructura física de red, teniendo la debida justificación y validación de equipos que permitan estabilizar el sistema.

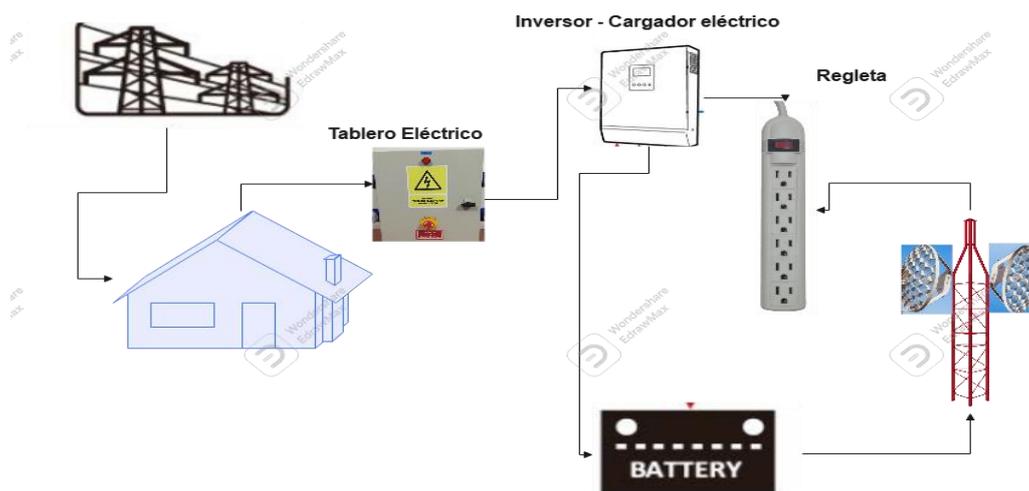


Ilustración 68 Distribución eléctrica nodo intermediario. Elaborado por: Aldair Santos

En coordinación con el propietario del hogar del sitio estratégico se plantea desarrollar la mano de obra del sistema eléctrico, considerando un equipo principal de modelo Samlex SAM-1500C-12 de doble función que trabaje como inversor de electricidad proporcionando corriente alterna de 110v y a su vez para los casos de pérdida de energía

se mantenga un suministro en ciertas horas del día hasta recuperar el sistema principal, planteando una batería de 12v y 150A, útil para los fines prácticos.

Por otro lado, es imprescindible plasmar el diseño físico de la estación que se ubicara en la parroquia de Rocafuerte, teniendo así el siguiente diagrama:

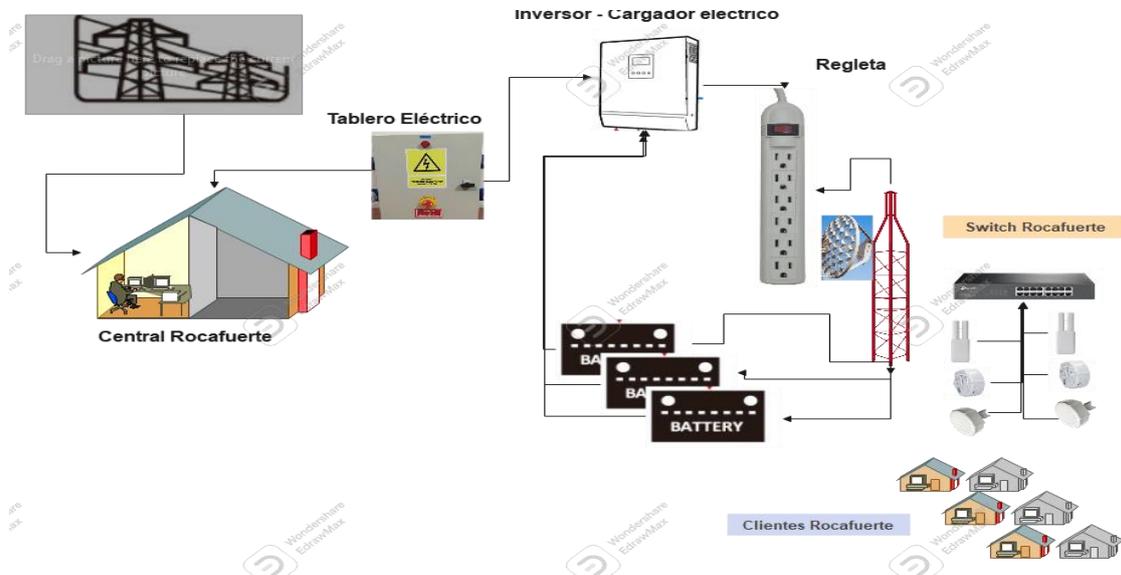


Ilustración 69 Distribución eléctrica estación Rocafuerte. Elaborado por: Aldair Santos

Para poder validar un buen funcionamiento del sistema se plantea el diagrama de la figura anterior donde se tenga en consideración un inversor y cargador eléctrico de funcionamiento y características afines al del nodo intermediario bajo una potencia de 900 watts aproximadamente, con la añadidura de 3 baterías de 12v y 100A que respalden dicho suministro en confiabilidad de operación.

CAPÍTULO 4

4. ESTIMACIÓN DE PRESUPUESTOS Y DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS.

En este capítulo se determinará el presupuesto de la nueva infraestructura de red, además de analizar los parámetros obtenidos en las simulaciones de los radioenlaces por cada coordenada geográfica del nodo intermediario planteado en el capítulo anterior y justificar el lugar estratégico más válido en el montaje de la torre de telecomunicaciones y todas las consideraciones finales de factibilidad económica del caso de estudio.

4.1. Análisis de resultados técnicos

En la búsqueda de minimizar recursos económicos de gastos de la infraestructura de red se observa el comportamiento del radioenlace directo desde la central de Rioverde hasta la torre de Rocafuerte, apreciando lo siguiente:

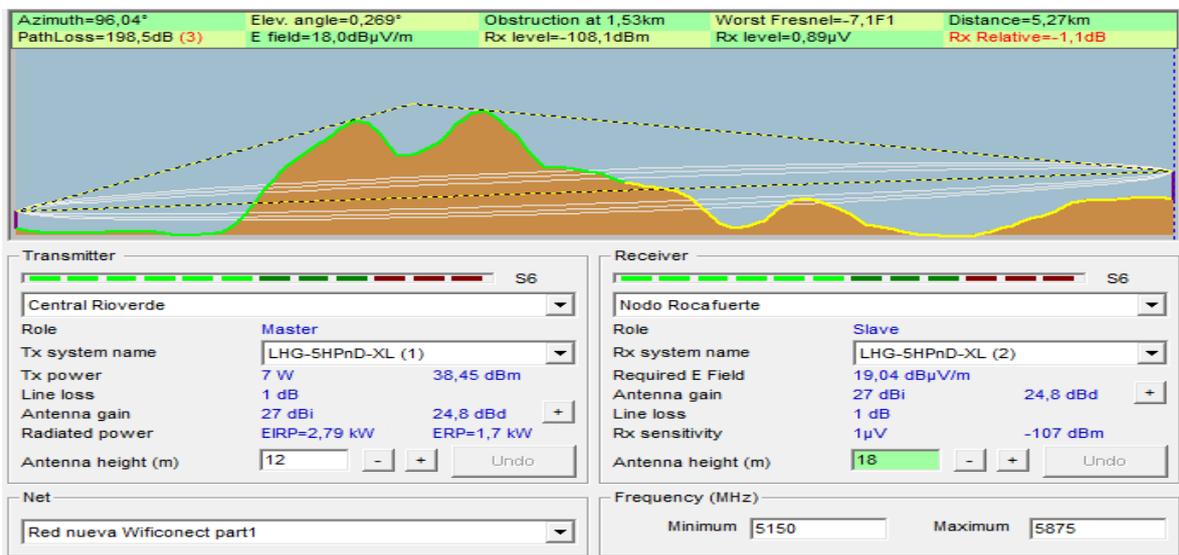


Ilustración 70 Radioenlace directo Rioverde & Rocafuerte. Elaborado por: Aldair Santos

En la figura anterior es evidente apreciar que los parámetros no son apropiados para establecer un radioenlace de comunicación directa desde la central de Rioverde hasta el sitio estratégico dado el relieve de la montaña que se presenta.

A partir de lo antes mencionado, se considera ubicar una estación intermediaria en el sector montañoso para favorecer y asegurar un sistema de comunicaciones estable, para ello se analizan tres escenarios próximos en el cumplimiento del sistema, teniendo así:

Tabla 4 Escenarios alternativos de coordenadas del sitio. Elaborado por: Aldair Santos

Escenario	RADIOENLACE 1	RADIOENLACE 2
1		
2		
3		

Evaluando los valores y escenarios antes presentados se considera que el más apropiado es el primero dados los favorables parámetros basados en la línea de vista, potencia de transmisión y recepción, distancia, ángulos de posición, etc.

Finalmente, para los buenos fines prácticos es importante de ser posible establecer tramos adicionales en la estación base del nodo intermediario, considerando la accesibilidad del presupuesto para el montaje del presente diseño, evidenciando una mejora en los parámetros como se aprecia a continuación:

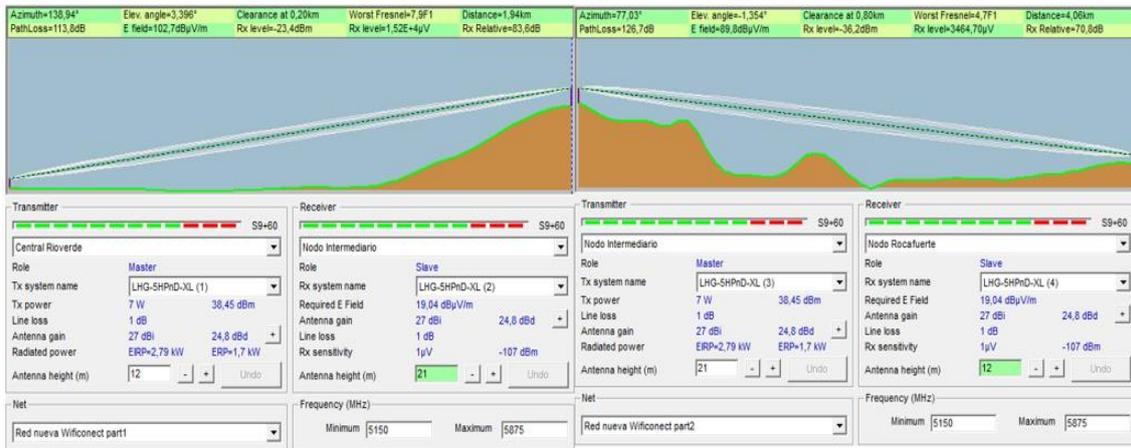


Ilustración 71 Elevación de antena del nodo intermediario. Elaborado por: Aldair Santos

Finalmente, en función de este criterio en una torre de telecomunicaciones de 21 metros de altura se estima la ubicación de las antenas a 15 metros de altura con sus respectivos ángulos de dirección de propagación, teniendo así:

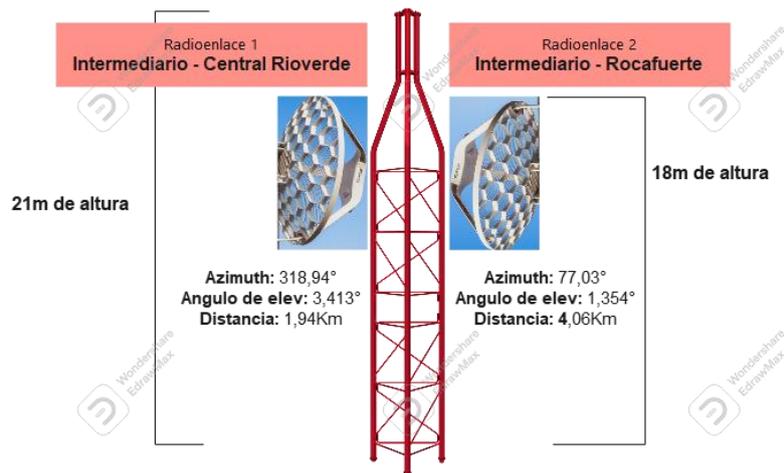


Ilustración 72 Dimensiones y ángulos de Intermediario. Elaborado por: Aldair Santos

4.2. Análisis de resultados económicos.

Dado el cumplimiento de los parámetros y resultados técnicos es necesario evaluar la factibilidad económica del proyecto; para ello, es importante partir de la identificación de los insumos fijos y diferidos como se detallan a continuación:

Viáticos		Alimentación		\$50,00
		Movilización		\$50,00
		Modelo del equipo	Cantidad	Valor T.
Sistema Eléctrico	Pararrayos		1	\$500,00
	Cable eléctrico	30 metros	1	\$60,00
	Regletas		3	\$45,00
	Batería de 100 A y 12V		3	\$690,00
	Batería de 150 A y 12V		1	\$360,00
	Gabinete (caja térmica)		2	\$360,00
	Inversor eléctrico(intermediario)	Samlex SAM-1500C-12	1	\$200,00
	Inversor eléctrico(Rocafuerte)	900 watts	1	\$200,00
Núcleo/Distribución	Router Rocafuerte	RB1100ahx4	1	\$ 450,00
	Switch extensión	TL-SG1016D	1	\$ 85,00
	Switch rocafuerte	TL-SG1016D	1	\$ 85,00
	AP PUENTE 2 (Torre Principal)	RBLHG5 HP XL-AC	1	\$ 139,00
	AP PUENTE 2.1 (Repetidor)	RBLHG5 HP XL-AC	1	\$ 139,00
	AP PUENTE 3 (Repetidor)	RBLHG5 HP XL-AC	1	\$ 139,00
	AP PUENTE 3.1 (Torre Rocafuerte)	RBLHG5 HP XL-AC	1	\$ 139,00
	CPE 11	SXT SA5 RBSXTG-5HPND	1	\$ 180,00
	CPE 12	SXT SA5 RBSXTG-5HPND	1	\$ 180,00
	CPE 13	SXT SA5 RBSXTG-5HPND	1	\$ 180,00
	CPE 14	SXT SA5 RBSXTG-5HPND	1	\$ 180,00
	CPE 15	SXT SA5 RBSXTG-5HPND	1	\$ 180,00
	CPE 16	SXT SA5 RBSXTG-5HPND	1	\$ 180,00
	Torres de telecomunicaciones	33 metros	11	\$ 3.850,00
	Rollo de cable UTP cat6 exteriores		1	\$ 150,00
	Rollo de cable UTP cat5 exteriores		1	\$ 95,00
Gabinete rack de equipos		1	\$ 400,00	
Herramientas de Telecomunicaciones	Conectores RJ45		100	\$20,00
	Accesorios y varios		1	\$50,00
INVERSIÓN INICIAL			TOTAL	\$9.336,00

Ilustración 73 Inversión inicial. Elaborado por: Aldair Santos

En consideración de cada uno de los elementos detallados en la inversión inicial se estima un total de \$9.336,00 donde estableciendo un análisis de depreciación de los equipos fundamentales se determina lo siguiente:

	Vida Util	Valor	Valor Residual	Depreciación Anual	Depreciación semestral	Depreciación	
						Mensual	Diaria
Sistema eléctrico	5	\$2.415,00	\$0,00	\$483,00	\$241,50	\$40,25	\$1,34
Núcleo/Distribución	5	\$6.106,00	\$2.000,00	\$821,20	\$410,60	\$68,43	\$2,28
Herramientas de Telecomunicaciones	5	\$ 715,00	\$0,00	\$143,00	\$71,50	\$11,92	\$0,40
			TOTAL	\$1.447,20	\$723,60	\$120,60	\$4,02

Ilustración 74 Depreciación de activos. Elaborado por: Aldair Santos

Posteriormente, se muestran los costos fijos y variables claves en el montaje técnico, suministros, adquisición de equipos, mano de obra, logísticas y distribución del servicio.

Costos Fijos		COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL	COSTO SEMESTRAL
Permisos legales del terreno		\$ -	\$ -	
Nuevo contrato de plan de navegación		\$ 350,00	\$ 4.200,00	\$ 2.100,00
Arriendo de hogar (Estaciones de Torres de telecomunicaciones)		\$ 50,00	\$ 600,00	\$ 300,00
Sueldos		\$ 425,00	\$ 5.100,00	\$ 2.550,00
Suministro eléctrico		\$ 30,00	\$ 360,00	\$ 180,00
TOTAL		\$ 855,00	\$ 10.260,00	\$ 5.130,00

Ilustración 75 Costos fijos. Elaborado por: Aldair Santos

Costos Variables		COSTO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL	COSTO SEMESTRAL
Costo de instalación de equipos (AP, Cable UTP, CPE cliente)		\$ 45,00	\$ 675,00	\$ 8.100,00	\$ 4.050,00
Mano de obra (instalación de clientes)		\$ 20,00	\$ 300,00	\$ 3.600,00	\$ 1.800,00
logística y transporte		\$ 10,00	\$ 150,00	\$ 1.800,00	\$ 900,00
TOTAL		\$ 75,00	\$ 1.125,00	\$ 13.500,00	\$ 6.750,00

Ilustración 76 Costos variables. Elaborado por: Aldair Santos

Dados los datos previos se carece un permiso legal del terreno dado a la accesibilidad municipal del cantón de Rioverde y se considera un costeo de un nuevo ancho de banda, arriendo para estaciones, sueldos y suministros. Por otro lado, se tiene los costos variables basados en la estimación del precio por instalación de clientes y la adquisición de los equipos, además de la mano de obra, logística y transporte continuo; teniendo así un total de \$23.760,00 anuales y \$11.880,00 semestrales.

Ahora bien, los ingresos están enfocados en las ventas del servicio y sus ganancias mensuales en función del plan de oferta que asume cada uno de los clientes, además de las actividades de soporte técnico que el propietario realice adicionalmente al servicio fijo y algún fin lucrativo externo fuera de los fines prácticos del WISP, teniendo la siguiente descripción de ingresos.

INGRESOS DE RED ACTUAL					
Plan	Precio por cliente	Total de clientes	Ingreso mensual	Ingreso Anual	Ingreso semestral
10 Megas	\$ 20,00	53	\$ 1.060,00	\$ 12.720,00	\$ 6.360,00
15 Megas	\$ 25,00	30	\$ 750,00	\$ 9.000,00	\$ 4.500,00
20 Megas	\$ 30,00	2	\$ 60,00	\$ 720,00	\$ 360,00
			\$ 1.870,00	\$ 22.440,00	\$ 11.220,00
INGRESOS DE NUEVA RED					
Plan	Precio por cliente	Total de clientes	Ingreso mensual	Ingreso Anual	Ingreso semestral
10 Megas	\$ 20,00	103	\$ 2.060,00	\$ 24.720,00	\$ 12.360,00
15 Megas	\$ 25,00	50	\$ 1.250,00	\$ 15.000,00	\$ 7.500,00
20 Megas	\$ 30,00	12	\$ 360,00	\$ 4.320,00	\$ 2.160,00
			\$ 3.670,00	\$ 44.040,00	\$ 22.020,00
INGRESOS ADICIONALES					
Mantenimiento y reparación	trabajos externos	Ingreso mensual	Ingreso anual	Ingreso semestral	
\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 200,00	\$ 2.400,00	\$ 1.200,00	

Ilustración 77 Ingresos del propietario Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos

En las ganancias de red actual se evidencian los ingresos que el proveedor ha venido adquiriendo con la red existente en un total de 85 clientes, mediante el presente estudio

se plantea una meta de crecimiento de 80 clientes más distribuidos entre los diferentes planes de oferta obteniendo un total de 165 clientes, otorgando un beneficio lucrativo exponencial en el negocio, además de los ingresos adicionales que el propietario valla adquiriendo en actividades externas del servicio.

EGRESOS DE RED ACTUAL				
Plan	Costo por cliente	Total de clientes	Costo mensual	Costo Anual
10 Megas	\$ 12,00	53	\$ 636,00	\$ 7.632,00
15 Megas	\$ 12,00	30	\$ 360,00	\$ 4.320,00
20 Megas	\$ 12,00	2	\$ 24,00	\$ 288,00
			\$ 1.020,00	\$ 12.240,00
EGRESOS DE NUEVA RED				
Plan	Costo por cliente	Total de clientes	Costo mensual	Costo Anual
10 Megas	\$ 12,00	103	\$ 1.236,00	\$ 14.832,00
15 Megas	\$ 12,00	50	\$ 600,00	\$ 7.200,00
20 Megas	\$ 12,00	12	\$ 144,00	\$ 1.728,00
		165	\$ 1.980,00	\$ 23.760,00

Ilustración 78 Egresos del propietario Wificonect. Elaborado por: Aldair Santos

Al igual que un análisis de los ingresos del propietario, se establecen los egresos de este por cada plan de oferta obtenido en un valor aproximado de la sumatoria de los costos fijos y variables y divididos hasta adquirir un dato equivalente al costo mensual por abonado.

Dada esta analítica de ingresos y egresos, se realiza la respectiva estimación financiera donde se establezca el flujo de fondos del propietario de la red Wificonect, partiendo del estudio sin financiamiento:

	ingreso adi:	\$ 1.200,00	incr. 2%:	\$ 248,40							
FLUJO SIN FINANCIAMIENTO											
		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		\$ 12.420,00	\$ 12.668,40	\$ 24.548,40	\$ 24.796,80	\$ 25.045,20	\$ 25.293,60	\$ 25.542,00	\$ 25.790,40	\$ 26.038,80	\$ 26.287,20
Costos de Operación y Mantenimiento		\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00
Depreciación		723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6
Utilidad antes de participación e impuestos		\$ -183,60	64,8	11944,8	12193,2	12441,6	12690	12938,4	13186,8	13435,2	13683,6
Participación a trabajadores		-27,54	9,72	1791,72	1828,98	1866,24	1903,5	1940,76	1978,02	2015,28	2052,54
Utilidad antes de impuestos		\$ -156,06	55,08	10153,08	10364,22	10575,36	10786,5	10997,64	11208,78	11419,92	11631,06
Impuesto a la renta		-34,3332	12,1176	2233,6776	2280,1284	2326,5792	2373,03	2419,4808	2465,9316	2512,3824	2558,8332
Utilidad neta		\$ -121,73	42,9624	7919,4024	8084,0916	8248,7808	8413,47	8578,1592	8742,8484	8907,5376	9072,2268
Utilidad en la venta de activos											100000
Impuesto a las ganancias extraordinarias											22000
Valor en libro en venta de activos											0
Depreciación		723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6
Inversión	-9336										
Flujo de Fondos Neto Puro	-9336	601,8732	766,5624	8643,0024	8807,6916	8972,3808	9137,07	9301,7592	9466,4484	9631,1376	87795,8268

Ilustración 79 Flujo de fondos sin financiamiento. Elaborado por: Aldair Santos

El análisis del flujo de fondos sin financiamiento está fundamentado en una estimación de 5 años bajo un detalle semestral del comportamiento financiero del negocio, considerando una variabilidad en el incremento del 2% de los ingresos semestrales y teniendo en un valor constante en los demás requerimientos. A partir de estas cifras es posible establecer las siguientes tabulaciones de factibilidad económica:

TASA	25%		
VAN	\$28.598,85		\$19.262,85
TIR		51%	51%
B/C	\$ 28.598,85		3,06
1	601,8732	481,49856	481,49856
2	766,5624	490,599936	972,10
3	8643,0024	4425,21723	5397,32
4	8807,6916	3607,63048	9004,95
5	8972,3808	2940,06974	11945,02
6	9137,07	2395,22808	14340,24
7	9301,7592	1950,72029	16290,96
8	9466,4484	1588,2065	17879,17
9	9631,1376	1292,66941	19171,84
10	87795,8268	9427,00512	28598,85

Ilustración 80 Métricas financieras y retorno de inversión inicial. Elaborado por: Aldair Santos

Estableciendo una tasa de descuento del 25% y dadas las cifras del flujo de fondos semestrales en una proyección de 5 años se obtiene un valor actual neto (VAN) positivo indicando que la inversión es favorable al igual que la tasa interna de retorno, misma que al ser superior al porcentaje de la tasa de descuento en un 51% refleja un proyecto muy rentable; y a su vez, se detallan las tabulaciones del periodo de recuperación estimando que el propietario podrá recuperarse en el quinto periodo semestral equivalente a los primeros meses del tercer año.

Del mismo modo se evalúa la factibilidad económica del proyecto bajo un flujo de fondos con financiamiento:

FLUJO CON FINANCIAMIENTO											
Concepto	0	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	\$ 12.420,00	\$ 12.668,40	\$ 24.548,40	\$ 24.796,80	\$ 25.045,20	\$ 25.293,60	\$ 25.542,00	\$ 25.790,40	\$ 26.038,80	\$ 26.287,20	
Costos de Operación y Mantenimiento	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00	\$ 11.880,00
Intereses por pagar		1400	1327,60	1245,07	1150,98	1043,71	921,44	782,04	623,12	441,96	235,44
Depreciación		723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6
Utilidad antes de participación e impuestos	\$ -1.583,60	-1262,80104	10699,7338	11042,2235	11397,88569	11768,56465	12156,36266	12563,67638	12993,238	13448,1623	
Participación a trabajadores		-237,54	-189,420156	1604,96007	1656,33352	1709,682854	1765,284697	1823,454398	1884,551458	1948,98571	2017,22435
Utilidad antes de impuestos	\$ -1.346,06	-1073,38089	9094,7737	9385,88994	9688,20284	10003,27995	10332,90826	10679,12493	11044,2523	11430,938	
Impuesto a la renta		-296,1332	-236,143795	2000,85021	2064,89579	2131,404625	2200,721589	2273,239817	2349,407484	2429,73551	2514,80635
Utilidad neta	\$ -1.049,93	-837,237091	7093,92349	7320,99415	7556,798215	7802,558362	8059,668441	8329,717443	8614,51682	8916,13162	
Utilidad en la venta de activos											100000
Impuesto a las ganancias extraordinarias											22000
Valor en libro en venta de activos											0
Depreciación		723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6	723,6
Pago del principal		517,14	589,53	672,07	766,16	873,42	995,70	1135,10	1294,01	1475,17	1681,70
Crédito recibido	10000										
Inversión	-9336										
Flujo de Fondos Neto Puro	-664	-843,46	-703,17	7145,45	7278,44	7406,98	7621,04	7648,17	7759,31	7862,94	85958,03

Ilustración 81 Flujo de fondos con financiamiento. Elaborado por: Aldair Santos

El análisis del flujo de fondos con financiamiento se centraliza en el adicional de un crédito recibido, en los fines prácticos afines al propietario se estima un total de \$10.000,00 del cual se considera una tasa de interés del 14% dentro del interés por pagar en las tabulaciones, determinando así la siguiente tabla de amortización y pago del crédito adquirido:

TABLA DE AMORTIZACIÓN					
período	saldo inic	pago princ	interese	cuota total	saldo fin
1	10000	517,14	1400	1917,14	9482,86
2	9482,86	589,53	1327,60104	1917,14	8893,33
3	8893,33	672,07	1245,06623	1917,14	8221,26
4	8221,26	766,16	1150,97655	1917,14	7455,10
5	7455,10	873,42	1043,71431	1917,14	6581,68
6	6581,68	995,70	921,435352	1917,14	5585,98
7	5585,98	1135,10	782,037344	1917,14	4450,88
8	4450,88	1294,01	623,123615	1917,14	3156,87
9	3156,87	1475,17	441,961964	1917,14	1681,70
10	1681,70	1681,70	235,437682	1917,14	0,00

Ilustración 82 Tabla de amortización. Elaborado por: Aldair Santos

Adicionalmente, dichos estos valores es necesario establecer un escenario donde se distinga la factibilidad económica del caso:

TASA	25%		
VAN	\$23.130,60	\$22.466,60	
TIR	124%		
B/C	\$ 23.130,60	34,84	
1	-843,46	-674,77	-674,769767
2	-703,17	-450,03	-1124,80
3	7145,45	3658,47	2533,67
4	7278,44	2981,25	5514,92
5	7406,98	2427,12	7942,04
6	7621,04	1997,81	9939,85
7	7648,17	1603,94	11543,79
8	7759,31	1301,80	12845,58
9	7862,94	1055,35	13900,93
10	85958,03	9229,67	23130,60

Ilustración 83 Métricas financieras con financiamiento. Elaborado por: Aldair Santos

Asumiendo una tasa de descuento uniforme del 25% y dados los valores del flujo de fondos semestrales en una proyección de 5 años se obtiene un valor actual neto (VAN) positivo indicando que la inversión es favorable al igual que la tasa interna de retorno, misma que al ser mayor al porcentaje de la tasa de descuento en un 124% refleja un proyecto sumamente rentable; a su vez, se detallan las tabulaciones del periodo de recuperación estimando que el propietario podrá recuperarse en el sexto periodo semestral equivalente a los últimos meses del tercer año.

4.3. Conclusiones.

El contexto cultural y social refleja un limitado desarrollo de infraestructuras de red en el servicio de internet en la provincia de Esmeraldas, en parte por la tasa de desempleo y pocos profesionales en el área de las telecomunicaciones que evidencia una realidad compleja y alarmante en el crecimiento de ideas de emprendimiento tecnológico y facilidad de proporcionar un servicio de internet eficiente para pobladores de los sectores alejados de la provincia, además considerando la información validada en estadísticas y estudios que hasta hoy en la actualidad no han solventado o mitigado esta problemática.

La red actual de Wificonect se ha encontrado operable bajo un rendimiento excesivo que se ha mantenido estable en función de la baja cantidad de beneficiarios que acceden al servicio en los diversos planes de oferta y las configuraciones en QoS y seguridad; sin embargo, tomando en cuenta un criterio de crecimiento de clientes y de incorporación de

recursos adicionales en la administración del núcleo de red, presentaría un escenario de saturación y desfavorecería el rendimiento de la red en un proceso decreciente del servicio.

El diseño de la nueva red WISP está justificado en cumplir los parámetros fundamentales de red, partiendo desde el crecimiento de clientes bajo una administración de red en un tipo clase C y una planificación técnica en subneting/vlsm útil para los fines prácticos, además de considerar un modelo de seguridad de red conservable al ya existente en la red actual, una implementación de tolerancia a fallos basada en un protocolo redundante VVRP desde una topología mallada y un modelo de servicios diferenciados (Diffserv) en la QoS basada en la permitividad y/o accesibilidad en la navegación y la prioridad de los puertos y servicios de internet que puedan presentarse y favorecer al usuario respectivamente

Los diversos escenarios planteados para establecer el mejor punto de medición que se ajuste a los parámetros fundamentales de un sistema inalámbrico de comunicaciones permiten analizar la ubicación más favorable para el montaje del nodo intermediario, además de la importancia en la toma de decisiones de los nuevos equipos a utilizar que permitan mejorar los recursos y operabilidad de la red, considerando una igualdad frente a la estimación de presupuestos que favorezcan a la proyección financiera de ganancias del propietario y su recuperación monetaria frente a la inversión inicial en cierto tiempo estimado para el crecimiento del negocio.

4.4.Recomendaciones.

La red actual de Wificonect presenta una clasificación en diversos planes de oferta, mismos que están configurados simétricamente en carga y descarga y comparten un criterio de compartición de 3:1 en un contrato de 200Mbps aproximadamente, siendo recomendable a partir de estos criterios dimensionar un contrato en la velocidad de transmisión próximo a las 400Mbps para optimizar y mejorar la experiencia de navegación de los clientes y considerar las alternativas de incremento de abonados y carecer de una congestión de latencia futura en la navegación de los beneficiarios.

En consideración a los diversos escenarios presentados en la simulación de los radioenlaces de la nueva red se recomienda emplear una torre de telecomunicaciones en el nodo intermediario en un adicional en los tramos de altura cumpliendo tentativamente

unos 25 metros aproximadamente y mejorar los parámetros de validación del servicio y línea de vista en modo de asegurar un radioenlace estable y seguro.

4.5.Referencias.

(GADPE), G. A. (2019). *Estrategia Provincial de Apoyo al Emprendimiento para la provincia de Esmeraldas*. Obtenido de http://prefecturadeesmeraldas.gob.ec/docs/3_estrategia_provincial_de_apoyo_al_emprendimiento.pdf

Alvarez, F. (2022). *REPLY*. Obtenido de <https://www.reply.com/en/topics/mobile/virtual-customer-premises-equipment>

Amazon. (2022). Obtenido de https://www.amazon.com/-/es/Ubiquiti-EdgeRouter-Gigabit-puertos-ER-6P-US/dp/B07BMJ91Q8/ref=sr_1_14?__mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=8942X2A1LCWT&keywords=router+ubiquiti&qid=1652120214&srefix=router+ubiquiti+%2Caps%2C420&sr=8-14

Amazon. (2022). *Tienda Online*. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/Cisco-rv325-Dual-Gigabit-Wan-Router/dp/B01MSHEI2T>

Anónimo. (2019). *ENI*. Obtenido de <https://www.ediciones-eni.com/open/mediabook.aspx?idR=e70d8547ec2bce3ae6047eb1a880dbc9>

Benítez, A. (2011). *DIFFERENTIATED SERVICES (DIFFSERV)*. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0063159.pdf>

Cevallos, A. (2018). *INNERCOMM TECHNOLOGIES*. Obtenido de <https://www.innercomm.eu/2020/06/16/caracteristicas-estandares-wifi/>

Computers, C. (07 de 03 de 2019). *Specifications sheet*. Obtenido de <https://www.comx-computers.co.za/RB1100AHX2-specifications-168572.htm>

Covarrubias, N. (11 de 04 de 2022). *Mikrotik*. Obtenido de <https://soporte.syscom.mx/es/articles/1439423-mikrotik-configuracion-firewall-basico>

Diego, L. (6 de 10 de 2018). *CQNET*. Obtenido de <https://www.cqnetcr.com/blog/ques-mikrotik/>

Ecuatoriana, P. C. (2020). *PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN ECUATORIANA, POR AÑOS CALENDARIO, SEGÚN CANTONES*. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/03/proyeccion_cantonal_total_2010-202012016-v1.pdf

FLOREZ, M. Y. (14 de 04 de 2022). *Goconqr*. Obtenido de <https://www.goconqr.com/es/diapositiva/18627732/mikrotik-que-es-y-para-que-sirve#:~:text=Mikrotik%20RouterOS%2C%20es%20un%20software,a%20un%20coste%20significativamente%20inferior>

Garnacho, P. G. (06 de 2006). *MANUAL USO RADIO MOBILE*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6989/anexos/Anexo%2016.pdf>

geográficas, C. d. (s.f.). *Coordenadas GPS*. Obtenido de <https://www.coordenadas-gps.com/>

George A Hufford, A. G. (1982). A Guide to the Use of the ITS Irregular Terrain Model in the Area Prediction Mode. *National Telecommunications and Information Administration*, NTIA Report 82-100.

IIICA. (29 de 10 de 2020). *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura*. Obtenido de <https://iica.int/es/prensa/noticias/al-menos-77-millones-de-personas-sin-acceso-internet-de-calidad-en-areas-rurales-de>

INEC, E. (2016). *Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC's)2016*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion_Tics_2016.pdf

Jose Chungrando, S. C. (08 de 2020). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18896/1/UPS%20-%20TTS036.pdf>

Libre, M. (2022). Obtenido de <https://www.mercadolibre.com.ec/>

Maps, G. (s.f.). Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/@-0.1081339,-78.4699519,18z?hl=es>

- Mikrotik. (18 de Junio de 2020). *Mikrotik Documentation*. Obtenido de <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Interface/VRRP>
- MINTEL. (2019). *Ecuador Digital*. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2019/05/PPT-Estrategia-Ecuador-Digital.pdf>
- MINTEL. (2019). *Libro Blanco de Territorios Digitales en Ecuador*. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/LBTD-actualizado-14-01-2020.pdf>
- Nexus, C. (2022). *Configuration guide*. Obtenido de https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/nexus1000/sw/4_0/qos/configuration/guide/nexus1000v_qos/qos_6dscp_val.pdf
- Omnik-Datasheet. (2019). Obtenido de <https://wifimag.ro/pdf/omnik-u-5hnd.pdf>
- Poveda, J. (2014). *SlidePlayer*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/141633/>
- Router-Switch-Datasheet. (2020). *Router-Switch.com*. Obtenido de <https://www.router-switch.com/pdf2html/pdf/c1111-8p-datasheet.pdf>
- Site24x7. (2022). *Calculadora IPv4*. Obtenido de <https://www.site24x7.com/es/tools/ipv4-subredes-calculadora.html>
- Staff, C. (16 de Noviembre de 2020). *CITRIX*. Obtenido de [https://docs.citrix.com/es-es/citrix-sd-wan-orchestrator/site-level-configuration/virtual-router-redundancy-protocol.html#:~:text=Virtual%20Router%20Redundancy%20Protocol%20\(VRRP, enrutadores%20para%20formar%20un%20grupo](https://docs.citrix.com/es-es/citrix-sd-wan-orchestrator/site-level-configuration/virtual-router-redundancy-protocol.html#:~:text=Virtual%20Router%20Redundancy%20Protocol%20(VRRP, enrutadores%20para%20formar%20un%20grupo).
- Suarez, D. (27 de Marzo de 2019). *Hardsoft Security*. Obtenido de <https://hardsoftsecurity.es/index.php/2019/03/27/configuracion-vrrp-en-mikrotik/>
- SXT-Datasheet. (2018). *SXT ac Series*. Obtenido de https://i.mt.lv/cdn/product_files/sxt_ac_171035.pdf
- Tp-Link-Datasheet. (2020). *Green Tp-Link*. Obtenido de <https://descargas.cetronic.es/TL-SG1016D.pdf>

Valdés, B. (2018). *Administracion de redes*. Obtenido de <https://www.administracionderedes.com/redes-informaticas/disenio-jerarquico-de-la-red/>

Valero, C. (15 de 12 de 2021). *ADSL ZONE*. Obtenido de <https://www.adslzone.net/reportajes/internet/que-es-ipv6-caracteristicas/>

Watson, D. (12 de 01 de 2022). *Blog V-Sol*. Obtenido de <https://es.vsolcn.com/blogs-detail/what-is-cpe-in-networking>