



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos

Naturales No Renovables

Maestría en Telecomunicaciones

Análisis de desempeño de red Wifi Mesh sector Pradera Loja, con backbone FTTH de la Empresa Telconet S.A

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Magíster en Telecomunicaciones.

AUTOR:

Ing. Jonathan Augusto Rivera Flores

DIRECTOR:

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 23 de abril del 2023

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Análisis de desempeño de red Wifi Mesh sector Pradera Loja, con backbone FTTH de la Empresa Telconet S.A**, previo a la obtención del título de **Magíster en Telecomunicacione**, de autoría del estudiante **Jonathan Augusto Rivera Flores**, con **cédula de identidad N°. 0704359538**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Jonathan Augusto Rivera Flores**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de Identidad: 0704359538

Fecha: 13 de junio del 2023

Correo electrónico: jonriv83@hotmail.com

Teléfono: 0984259598

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Jonathan Augusto Rivera Flores**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Análisis de desempeño de red Wifi Mesh sector Pradera Loja, con backbone FTTH de la Empresa Telconet S.A**, como requisito para optar el título de **Magíster Telecomunicaciones**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de junio de dos mil veintitrés.

Firma:

Autor: Jonathan Augusto Rivera Flores

Cédula: 07043595938

Dirección: Jamaica / EE. UU y Av. Paltas

Correo Electrónico: Jonathan.a.rivera@unl.edu.ec

Teléfono: 0984259598

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Trabajo de Titulación: Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco Mg. Sc.

Dedicatoria

Dedico este Trabajo de Titulación a mi familia en especial a mis hijos, esposa que siempre han sido un apoyo incondicional en todas las metas que me he propuesto.

Jonathan Augusto Rivera Flores

Agradecimiento

Quiero agradecer profundamente a mis padres por haberme forjado en la persona que soy en la actualidad, a mis hijos por ser el soporte diario que me impulsan a seguir superando y a mi esposa que siempre me ha brindado su apoyo constante. A ellos, mi eterno amor y gratitud.

Agradezco a Telconet, que me brindo el apoyo financiero y tiempo para cumplir con esta meta profesional.

Al Ing. Rodolfo Pabel Merino por su admirable sabiduría, paciencia y predisposición para brindar desinteresadamente su apoyo para que este Trabajo de Titulación para que sea realizado de manera jerárquica y con validez técnica.

Jonathan Augusto Rivera Flores

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Índice de anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Redes de telecomunicaciones	6
4.2. Red de acceso.	7
4.3. Red de fibra óptica.....	7
4.4. Características de la fibra óptica.....	8
4.5. Tecnología FFTX	8
4.6. Tecnología FTTH-GEPON.....	9
4.7. Redes WIFI.....	9
4.8. Protocolo inalámbrico.....	10
4.9. Redes MESH	11
4.9.1. Smartmesh.....	11
4.9.2. Sistemas de comunicación MIMO	11

4.10.	Ruckus T310.....	12
4.11.	Roaming wifi.	13
4.12.	Convertidor de fibra óptica a ethernet RJ45 (Tranceiver).....	14
5.	Metodología	15
5.1.	Método de Investigación.	17
6.	Resultados	19
7.	Discusión	27
8.	Conclusiones	29
9.	Recomendaciones	30
10.	Bibliografía ¡Error! Marcador no definido.	
11.	Anexos	34

Índice de tablas:

Tabla 1. Access Point (AP)	19
Tabla 2. Roaming AP1 - AP2	20
Tabla 3. Roaming AP1 - AP9	20
Tabla 4. Roaming AP1 - AP10	20
Tabla 5. Roaming AP2 - AP3	21
Tabla 6. Roaming AP3 - AP4	21
Tabla 7. Roaming AP4-AP5	21
Tabla 8. Roaming AP4-AP7	21
Tabla 9. Roaming AP5-AP6	21
Tabla 10. Roaming AP6-AP7	21
Tabla 11. Roaming AP7-AP8	22
Tabla 12. Roaming AP8-AP9	22
Tabla 13. Roaming AP9-AP10	22
Tabla 14. Valores de medición de atenuación total AP1= 0.824dB	24
Tabla 15. Valores de medición de atenuación total AP2= 7.615dB	24
Tabla 16. Valores de medición de atenuación total AP3= 2.532dB	24
Tabla 17. Valores de medición de atenuación total AP4= 2.941	24
Tabla 18. Valores de medición de atenuación total AP5= 1,337dB	25
Tabla 19. Valores de medición de atenuación total AP6=2,859dB	25
Tabla 20. Valores de medición de atenuación total AP7=1,414dB	25
Tabla 21. Valores de medición de atenuación total AP8=3.229 dB	25
Tabla 22. Valores de medición de atenuación total AP9=1.058 dB	25
Tabla 23. Valores de medición de atenuación total AP10=1.755 dB	26
Tabla 24. Potencias medidas txceiver	26

Índice de Figuras:

Figura 1. Cable de Fibra Óptica.....	7
Figura 2. Opticas Distribution Networg - Fiber to the home.....	9
Figura 3. Desplazamiento de la estación y la conexión a otro punto de acceso con el mismo SSID	13
Figura 4. Prediseño	15
Figura 5. AS- BUILT	16
Figura 6. Operalización de las variables y el proceso de investigación	18
Figura 7. Cumplimiento de Roaming	23

Índice de anexos:

Anexo 1. Datasheet Ruckus T310	34
Anexo 2. Valores referencias de atenuación para cálculos de ingeniería Telconet S.A y ubicación de APs	37
Anexo 3. Lecturas con OTDR	39
Anexo 4. Lectura de potencia utilizando el equipo power meter marca Exfo EPM-50 ..	41
Anexo 5. Analizador de espectro SENTER.....	42
Anexo 6. Analizador de espectro con aplicación wifi Overview 360 Pro.....	43
Anexo 7. Lecturas con OTDR Equipo (FHO 5000).....	44
Anexo 8 Evidencia fotográfica de trabajo de campo realizado	44
Anexo 9. Certificación de traducción del resumen.....	45

1. Título

**Análisis de desempeño de red Wifi Mesh sector Pradera Loja, con
backbone FTTH de la Empresa Telconet S.A**

2. Resumen

Ante la llegada del COVID-19 al Ecuador en el año 2020, el Municipio de Loja se plantea la entrega de servicios de internet para que los estudiantes de los diferentes sectores de la ciudad de Loja, puedan acceder a las diferentes plataformas de educación virtual sin costo. Por este motivo se llega a un convenio con la empresa privada Telconet S.A, para entregar wifi gratis en el barrio Pradera de la ciudad de Loja.

Se realiza la instalación de 10 puntos wifi en una red mesh, utilizando infraestructura y suministro eléctrico gratuito por convenio entre el GAD y la EERSSA, con el objetivo de que los usuarios puedan realizar roaming entre los AP y se pueda tener el mayor número de usuarios conectados utilizando equipos wifi con tecnología mimo 2x2. Para la implementación de la red wifi, se utiliza una red FTTH existente de la empresa Telconet, utilizando sus conexiones MPLS hacia un equipo principal diseccionado a una controladora que proporciona la información y configuración a los 10 AP.

El análisis de la red wifi mesh permite evaluar la efectividad de la red y realizar recomendaciones para el mejoramiento del roaming de los usuarios que se encuentren dentro de zona de cobertura wifi

Palabras Clave: Telecomunicaciones, fibra óptica, FTTH, Wifi, Mesh

2.1. Abstract

With the emergence of COVID-19 in Ecuador in 2020, The Municipality of Loja to initiate a plan to offer internet services, aiming to facilitate free access to various virtual education platforms for students residing in different sectors of the city of Loja. A mutual agreement was made with the private company Telconet S.A. to offer free Wi-Fi connectivity in the Pradera neighborhood of Loja.

Ten Wi-Fi access points were installed in a mesh network, employing infrastructure and free electrical supply through an agreement between the GAD and EERSSA; the principal goal was to enable users to roam between the APs and have the highest number of connected users using 2x2 MIMO Wi-Fi equipment. For the implementation of the Wi-Fi network, an existing FTTH network of Telconet was utilized, using its MPLS connections main equipment dissected to a controller that provides information and configuration to the 10 APs.

The analysis of the Wi-Fi mesh network allows evaluating its effectiveness and making recommendations to improve the roaming of users within the Wi-Fi coverage area.

Keywords: Telecommunications, fiber optic, FTTH, Wi-Fi, mesh.

3. Introducción

El presente proyecto se lleva a cabo con la intención de realizar un análisis del desempeño del funcionamiento de una red wifi mesh, instalado en el barrio La Pradera de la ciudad de Loja. Para ello se propone realizar mediciones en campo de los diferentes componentes que conforman la red a ser analizada, como son los 10 access point (AP) y la red FTTH que pertenece a la empresa de telecomunicaciones Telconet.

Dentro de los parámetros prácticos se analiza los niveles de potencia de transmisión de la señal wifi, para determinar si los usuarios conectados realizan el desplazamiento de una estación a otra dentro de la red inalámbrica. Así como también los niveles de atenuación de la fibra óptica por empalmes de fusión y conectores. De esta manera se ratifica que el servicio gratuito brindado por la empresa Telconet hacia los usuarios que residen en el sector obtengan una mayor calidad de servicio.

En la primera sección se especifican las generalidades conceptuales de las redes de telecomunicaciones, wifi y FTTH y que nos dará la pauta para la posterior toma de datos referenciales.

Consecutivamente se realiza el análisis de los resultados obtenidos en campo, mediante las mediciones efectuadas en cada uno de los elementos que conforman la red. En las que resalta el funcionamiento de la red wifi, para que el usuario siempre se encuentre conectados en la zona de desplazamiento de cobertura de la red.

Objetivos

Objetivo general

Realizar el análisis de desempeño de un sistema wifi mesh implementado por la empresa Telconet para proporcionar internet gratis en el barrio Pradera Loja.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio de roaming para los usuarios conectados a una red wifi mesh con 10 AP en sector Pradera, utilizando analizador de redes wifi.
- Evaluar si la instalación de los APs fue realizada dentro de los parámetros de funcionamiento de los equipos.
- Valorar la red FTTH de Telconet para determinar si se encuentran dentro de los parámetros correctos de funcionamiento.

4. Marco Teórico

En este capítulo se describe de manera resumida el funcionamiento de las redes wifi mesh, fibra óptica y redes FTTH.

4.1. Redes de telecomunicaciones

Las redes de telecomunicaciones están formadas por equipos que pueden transmitir información por señales ópticas y electromagnéticas entre diferentes sitios, de forma analógica o digital. La información pueden ser datos de video, audio o de otros tipos; las redes se encuentran en infraestructuras de trabajo por cables o inalámbricas como, por ejemplo: red fija de teléfono, la red de telefonía móvil, las redes de televisión por cable o Internet (Redes de telecomunicaciones, 2023).

Según Martí (2016), las redes se pueden clasificar en función de su tamaño, medio físico y topología; entre las más comunes tenemos:

- **LAN:** Local área Network. Las Redes de Área Local, utilizadas en el intercambio de datos y recursos entre ordenadores.
- **WAN:** Wide área Network, cuando varias redes LAN se conectan entre ellas se las conoce por el nombre de red de área amplia.
- **MAN:** Metropolitan área Network, corresponde a la cobertura geográfica, las redes de área metropolitana tienen mayor alcance que las LAN pero menor que las WAN.
- **WLAN:** Wireless Local Network, en las redes inalámbricas el intercambio de información se realiza a través de ondas de radio. La principal desventaja es la inseguridad y menores distancias.
- **WMAN:** Wireless Metropolitan Network, es la versión inalámbrica de las redes de área metropolitana. La principal diferencia con las MAN es que su alcance es mucho mayor. Esta tecnología está presente en estándares de comunicación como el WiMAX.

4.2. Red de acceso.

Según Aristizabal (2007) manifiesta que la red de acceso es aquella parte de la red de telecomunicaciones que conecta a los abonados finales con algún proveedor de servicios y estas se clasifican según el medio de conexión.

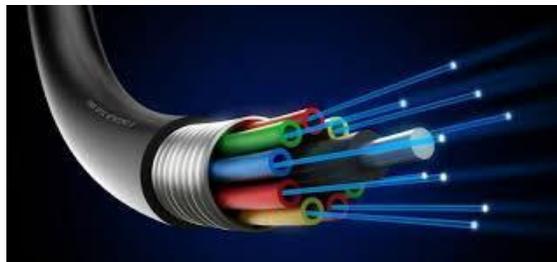
- **Acceso por cableado físico:** Par trenzado, cable, coaxial, fibra óptica
- **Inalámbricas:** Wifi, WiMAX, Bluetooth, ZigBee, 2G/3G/4G/5G, etc

4.3. Red de fibra óptica

La fibra óptica es un medio físico de transmisión de información, utilizado en redes de datos y telecomunicaciones (fig 1), consiste en un filamento delgado de vidrio o de plástico, a través del cual se transmiten pulsos de luz láser o led, en los cuales se pueden enviar o transmitir datos (Aristizabal, 2007)

Figura 1

Cable de Fibra Óptica



Fuente: (Etece, 2021)

Según Aristizabal (2007), de acuerdo con el mecanismo de propagación de la luz en su interior, la fibra óptica puede ser de dos tipos:

- **Fibra monomodal.** Permite la propagación de un único modo de luz, a través de la reducción del diámetro del núcleo de fibra, permitiendo enviar información a largas distancias y a buena tasa de transferencia.
- **Fibra multimodal.** Permite que los haces de luz se propaguen en más de una manera (más de mil modos distintos), lo cual incrementa el margen de error y la hace no muy recomendable para conexiones de muy larga distancia.

4.4. Características de la fibra óptica

Las características de la fibra óptica son: mayor ancho de banda y velocidades superiores a las demás tecnologías, se logran transmisiones de audio y vídeo en alta calidad, transferencia de datos en tiempo real, entre otros beneficios (Abreu et al., 2009).

Según Abreu (2009), el brindar el acceso de usuarios a servicios de gran ancho de banda a distancias tales que no es posible brindarlos con tecnologías xDSL o inalámbricas por sus limitaciones técnicas en sus condiciones de funcionamiento, en este caso se pueden utilizar las tecnologías de acceso mediante fibra óptica hasta el domicilio del usuario, es decir FTTH.

Existen diversas tecnologías disponibles y topologías de implementación a fin de realizar un despliegue de acceso mediante fibra hasta el hogar. Según Escallon (2020), manifiesta que estas tecnologías pueden clasificarse en primera instancia en dos grandes grupos:

•**Redes Activas:** red de fibra óptica con elementos activos en ella (fuera de la central), como en el caso de SDH-NG, o una red Metro Ethernet suficientemente distribuidas de modo que se pueda conectar directamente los clientes a la red. En ese caso estas redes cumplirían la función de red de acceso y no únicamente de transporte como es actualmente.

•**Redes Pasivas:** son redes de fibra óptica cuyos componentes son enteramente pasivos en la red de distribución (no en la central y domicilio del cliente). Estas se denominan PON (Passive Optical Network). Permiten compartir una misma fibra entre varios usuarios

4.5. Tecnología FTTX

FTTX (fiber to de X) es un término genérico que sirve para determinar el acceso a la red de fibra óptica para designar cualquier acceso de banda ancha sobre la fibra óptica. Como arquitecturas más usuales para el acceso, se distinguen 4, la letra “x” que determina los diferentes destinos de la fibra.

- FTTH (FIBER TO THE HOME): fibra a un hogar.
- FTTC (FIBER TO THE CURB): fibra a un gabinete.
- FTTB (FIBER TO THE BUILDING): fibra a un edificio

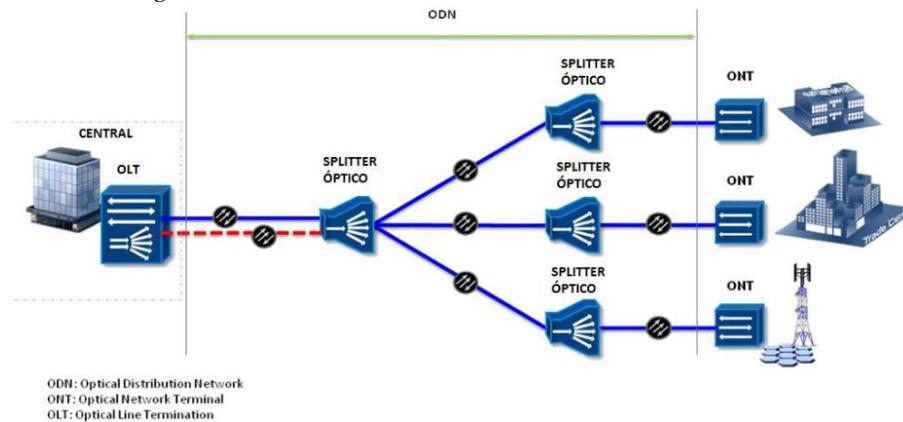
- FTTN (FIBER TO THE NODE): fibra al nodo.

4.6. Tecnología FTTH-GEPON

FTTH propone la utilización de fibra óptica hasta el domicilio del usuario. La red de acceso entre el abonado y el último nodo de distribución puede realizarse con una o dos fibras ópticas dedicadas a cada usuario (una conexión punto-punto que resulta en una topología en estrella) o una red óptica pasiva (PON) que usa una estructura arborescente con una fibra en el lado de la red y varias fibras en el lado usuario, como se puede observar en la (fig.2). (Escallon et al., 2020).

Figura 2

Opticas Distribution Networg - Fiber to the home



Fuente: Escallon et al., 2020).

Según Escallón (2020), manifiesta que GPON es una red de acceso punto a multipunto. Su principal característica es el uso de un divisor (splitter) pasivo en la red de distribución de fibra, lo que permite que una sola fibra de alimentación del proveedor sirva para múltiples hogares y pequeños negocios. GPON tiene una capacidad descendente de 2,5 Gbps y una capacidad ascendente de 1,25 Gbps que se comparte entre los usuarios.

4.7. Redes WIFI

Las redes inalámbricas de datos son capaces de proporcionar ubicuidad y movilidad a usuarios en diferentes ambientes de despliegue. En este ámbito, las redes WLAN (Wireless Local Area Network) o Wi-Fi, debido a que una variedad de equipos terminales, como teléfonos celulares, tabletas, ordenadores portátiles, entre otros, cuentan con módulos de transmisión/y

recepción que les permiten conectarse a este tipo de redes. El estándar 802.11 del IEEE se ha impuesto como estándar técnico mundial para la implementación de redes WLAN.

Los posibles escenarios de despliegue de una red WLAN pueden ir desde un uso domiciliario, donde típicamente se pueden requerir uno o dos Puntos de Acceso (AP, Access Point), hasta redes con una mayor densidad de usuarios, las cuales requieren de un diseño y planificación más detallada. Así, en este segundo grupo se encuentran, por ejemplo, instalaciones para centros de convenciones, campus universitarios, u hoteles, donde las redes Wi-Fi deben proporcionar un acceso confiable y seguro, no solamente en oficinas, salones de clase y habitaciones, sino también en espacios abiertos (Orozco et al., 2019).

4.8. Protocolo inalámbrico

Según Pérez (2016), manifiesta los siguientes protocolos inalámbricos:

- **802.11a.-** Establecido en 1999. Utiliza la banda de frecuencia de 5 GHz en un ancho de banda de 20 MHz. Rango de 35 Mbps en interiores, 119 Mbps de 11 a 54 Mbps en exteriores
- **802.11b.-** Establecido en 1999. Utiliza la banda de frecuencia de 2,4 GHz en un ancho de banda de 20 MHz. Rango de 35 Mbps en interiores, 140 Mbps en exteriores 140 Mbps de velocidad.
- **802.11g.-** Fijado en 2003. Utiliza la banda de frecuencia de 2,4 GHz en un ancho de banda de 20 MHz. Rango de 38 en interiores, 140 Mbps de velocidad en exteriores 54 Mbps.
- **802.11n.-** Implantada en 2009. Utiliza la banda de frecuencia de 2,4/5 GHz en un ancho de banda de 20/40 MHz. Rango de 70 en interiores, 250 Mbps en exteriores y 150 Mbps de velocidad.
- **802.11ac (versión preliminar).-** Implantada en 2012. Utiliza la banda de frecuencia de 5 GHz en un ancho de banda de 160 MHz. Rango de 70 Mbps en interiores, 250 En exteriores, 250 Mbps Velocidad máxima de 866 Mbps a 6,93 Gbps.
- **802.11ad (WiGig).-** Implantada en 2013. Utiliza la banda de frecuencia de 2,4/5/60 GHz. Rango de 1 a 10 velocidades de 6,75 Gbps (transmisión de video inalámbrico de calidad HD).

- **802.11K.**-se encarga de informar de medidas de señal del enlace entre la estación y el AP y asiste a la estación en su objetivo de realizar un cambio de AP dentro de la red Wi-Fi, evitando la pérdida de paquetes en el desplazamiento (Gutiérrez, 2021).
- **802.11v.**- fuerza a la estación a realizar un cambio de punto de acceso decidido por el AP que está dando servicio (Gutiérrez, 2021).

4.9. Redes MESH

Esencialmente se definen como un tipo de red compuesta por un Router también llamada estación base y los puntos de acceso, los cuales se encargan de comunicarse entre sí, de esa forma el usuario puede trasladarse por todos los lugares hasta donde llegue el rango de cobertura de la red con la característica principal que estarán conectados siempre a una única red Wi-fi con el mismo ID y contraseña (Rico Bautista, 2014).

4.9.1. Smartmesh

Una red consiste en una malla de múltiples saltos y de autoformación, conocida como huellas de polvo, que toman y transmiten datos y un administrador de red que controla y gestiona el funcionamiento de red y seguridad e intercambia datos con una aplicación de host. Las redes de sensores inalámbricos e integrados SmartMesh ofrecen >99.999% de fiabilidad de datos (Beltramelli, 2021)

4.9.2. Sistemas de comunicación MIMO

El término significa Múltiples entradas y Múltiples salidas, MIMO abre una nueva categoría en los sistemas de comunicación que utilizan diversidad, espacio. Son sistemas que pueden ser empleados de varias maneras, para mejorar el desempeño. El uso de MIMO en los estándares inalámbricos, incluyendo WiMAX , está orientado para el incremento en la velocidad de transmisión, obtenida a través de la multiplexación espacial (múltiples antenas). Esfuerzos preliminares están siendo direccionados para definir MIMO como estructura de transmisión en los sistemas WNG (Wíreless Next Generation) (Vargas, 2007).

Según Heo (2020), manifiesta que existen diferencias en las versiones de tecnologías MIMO como las siguientes:

- **SU-MIMO (802.11n):** Usuario único, maneja múltiples flujos de datos que se envían o recibe entre un solo dispositivo a la vez.
- **MU-MIMO (802.11AC):** Múltiples usuarios, admite que WiFi transmita simultáneamente flujos múltiples a diferentes dispositivos WiFi, en lugar de un solo dispositivo en como en la versión SU-MIMO. Otra característica de 'MU' es que los dispositivos Wi-Fi que reciben uno de los flujos de datos no tienen que tener algunas antenas, incluso los dispositivos con una sola antena lo admitirán. De todas formas, los dispositivos receptores deben ser compatibles con MU.

4.10. Ruckus T310

Ruckus es una solución de AP que puede cumplir con todos los desafíos que se presentan en exteriores diversos y complejos. Esta es la razón por la que la serie T310 802.11ac Wave 2 de Ruckus está diseñada con mayor variedad que cualquier otro AP de exterior del mercado actual. Disponible en modelos con antenas omnidireccionales internas o antenas direccionales internas de alta ganancia, la serie T310 usa tecnologías patentadas de optimización de antena y mitigación de interferencia de Ruckus para mejorar el rendimiento, la fiabilidad de la conexión y ofrecer un rendimiento líder en la industria de 802.11ac Wave 2 a cada cliente conectado. Al mismo tiempo, la serie T310 está diseñada para que su instalación sea rápida y simple, gracias a su carcasa ultraliviana, de bajo perfil y calificación de protección IP-67 (Ruckus Inc. 2019).

Los AP exteriores de Ruckus usan una variedad de tecnologías, tales como SmartMesh, que simplifican la implementación en exteriores. La tecnología Smart Mesh Networking de Ruckus extiende los beneficios de Wi-Fi inteligente a lo largo de un centro de malla 802.11n de alto rendimiento y de organización, optimización y recuperación propias. Smart Mesh Networking supera los inconvenientes de rendimiento, confiabilidad y manejabilidad que han obstaculizado las implementaciones de WLAN en mallas empresariales (Ruckus Inc, 2009).

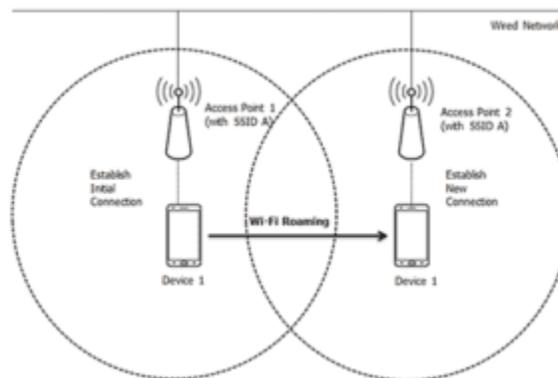
Según el proveedor mundial de sistemas inalámbricos avanzado Ruckus (2019), expone que la serie T310 de Ruckus es perfecta para instalaciones públicas de exteriores de alta densidad, como aeropuertos, centros de convenciones, plazas, centros comerciales, ciudades pequeñas y otros entornos urbanos densos. Con una oferta superadora de experiencia Wi-Fi para cada usuario en locaciones de alta densidad,. La serie T310 de Ruckus incorpora tecnologías patentadas que solo se encuentran en la cartera Wi-Fi de Ruckus. Cobertura ampliada con tecnología BeamFlex+™ patentada que utiliza patrones de antenas multidireccionales. Rendimiento total mejorado con ChannelFly, que encuentra de forma dinámica los canales de Wi-Fi menos congestionados para utilizar. Gracias a las opciones de gestión virtual o física de Ruckus, la serie T310 es fácil de administrar, ya sea en instalaciones de diez o diez mil puntos de acceso.

4.11. Roaming wifi.

En redes inalámbricas existe el concepto de roaming, que indica el desplazamiento de una estación dentro de una red inalámbrica, en entornos Wi-Fi. (Fig. 3). Esto es posible cuando la misma red Wi-Fi cuenta con múltiples access points (AP) o “puntos de acceso” dando un servicio de red inalámbrico. Las estaciones móviles cambian de AP cuando cuentan con un valor de señal pobre. En este momento es decisión de la estación cambiar a un AP de la misma red con un mejor valor de señal con ayuda del AP al que está actualmente conectado.

Figura 3

Desplazamiento de la estación y la conexión a otro punto de acceso con el mismo SSID



Fuente: (Gutiérrez 2021)

4.12. Convertidor de fibra óptica a ethernet RJ45 (Tranceiver)

El conversor/convertidor de medios de fibra es un dispositivo pequeño con dos interfaces dependientes de los medios y una fuente de alimentación. Su función es simple: recibir señales de datos de un medio, convertirlas y transmitir las al otro medio. Se puede instalar casi en cualquier lugar de la red. El tipo de conector dependerá de la clase de medios a convertir por la unidad. La conversión más común es de UTP (par trenzado sin blindaje) para fibra multimodo o monomodo. En el lado de cobre, la mayoría de los convertidores de medios tienen un conector RJ-45 para conectividad 10BASE-T, 100BASE-T, 1000BASE-T y 10GBASE-T. En el lado de la fibra, tiene un par de conectores SC/ST o un puerto SFP. Los convertidores de medios pueden admitir velocidades de red de 10 Mbps a 10 Gbps, según esto, estos pueden ser: convertidores de medios Fast Ethernet, Gigabit Ethernet o 10 Gigabit Ethernet. El conversor de fibra a Ethernet cambia el formato de una señal con UTP Cat5 basada en Ethernet a un formato compatible con cables de fibra óptica. En el extremo del cable de fibra, se usa un segundo conversor de fibra a UTP para cambiar los datos a su formato original (Worton, 2021).

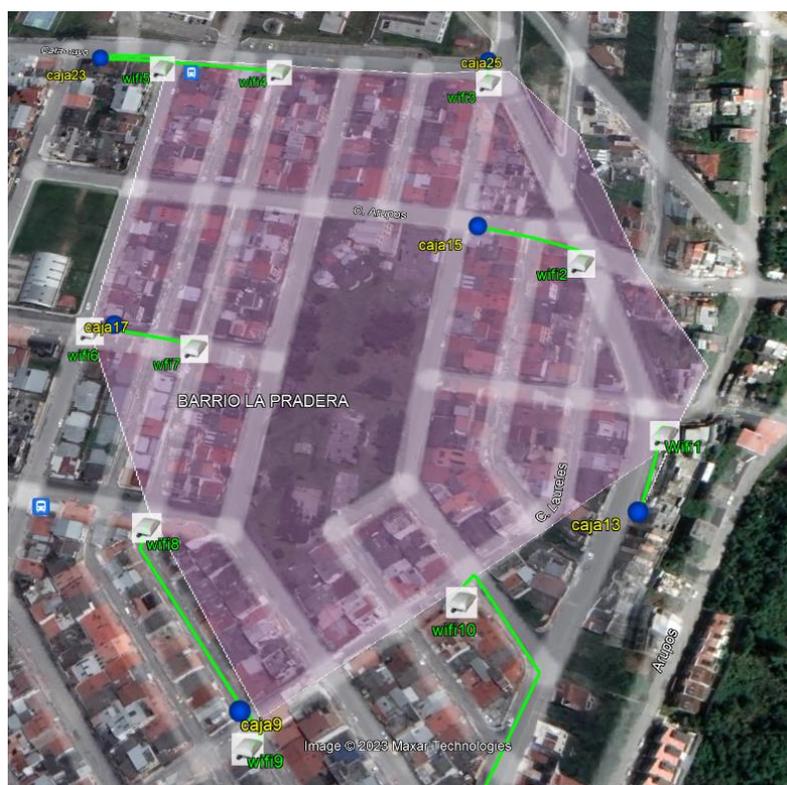
5. Metodología

La metodología utilizada es del tipo aplicada con un enfoque cuantitativo mediante el análisis del desempeño de una red wifi mesh formada por 10 AP instalados en el sector la Pradera de la ciudad de Loja por la empresa Telconet.

La base de datos será brindada por la empresa Telconet tanto de los equipos Wifi como de la red FTTH.

Para el área de estudio (fig.4) se efectuó un prediseño para la instalación de los 10 AP con la intención de cubrir la mayor cantidad de usuarios tomando como referencia los parámetros de funcionamiento de los dispositivos de la red inalámbrica y la disponibilidad de los postes del EERSSA para instalación de los mismos.

Figura 4
Prediseño



Fuente: Autor

Durante la implementación del proyecto, se tuvo que realizar algunos cambios de diseño, como se muestra en la figura 5. El as-built demuestra los cambios realizados tanto por la disponibilidad geográfica, disponibilidad de espacio en los postes para la instalación de los brazos para soporte de los AP,

soterramiento de los cables en la vereda norte de la avenida Catamayo entre Eduardo Kigman y Alisos, solicitud por parte del GAD de Loja para tener cobertura en el parque La Pradera, UPC y Escuela Municipal La Pradera.

Figura 5
AS- BUILT



Fuente: Autor

Con esta información se realizó el análisis de desempeño de las redes wifi Mesh y FTTH La Pradera.

5.1. Método de Investigación.

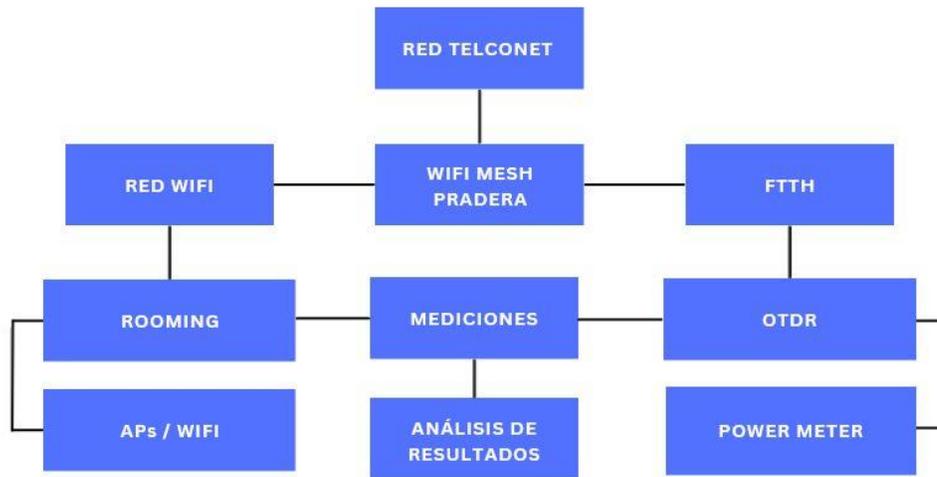
Durante el desarrollo de la investigación se requiere el levantamiento de información y análisis del desempeño del sistema wifi mesh implementado con 10 AP en el sector la Pradera.

Para determinar el desplazamiento de una estación (usuario) dentro de la red inalámbrica, se debe medir el nivel de la señal Wifi y la utilización del canal (CU), El dispositivo móvil activará la detección de la banda de trabajo, si el valor de CU recibido es superior al 70% y el valor actual de RSSI estará entre -65, -75 dBm.

Se evaluará los parámetros de funcionamiento (anexo 1) de los APs, para determinar mediante el análisis del espectro de la propagación inalámbrica si se encuentra dentro los rangos de funcionamiento mesh, para lo cual se utiliza un analizador de espectro SENTER ST307 V1.1 y la aplicación WIFI Overview 360 Pro de Android instalado en dispositivo móvil HUEAWEI. Para valorar si el diseño de la red wifi fue la correcta, se debe revisó la información brindada por la empresa Telconet: como el prediseño y el as-build de la red.

La valoración de la red FTTH, se realiza a través de mediciones de la fibra óptica utilizando un OTDR F2H FHO5000, para la revisión de las pérdidas por empalmes, atenuaciones y conectores (anexo 3), así como también se realiza las mediciones de potencia de transmisión óptica mediante un power meter EXFO EPM-50, para valorar el correcto funcionamiento de los transceiver (anexo 4).

Figura 6
Operalización de las variables y el proceso de investigación



Fuente: Autor

6. Resultados

Para efectuar las diferentes mediciones y obtener los resultados se dividió la red en 3 secciones: la red wifi, la ODN (Optical Distribution Network) y los transceivers. Se tomaron en consideración los valores referenciales de funcionamiento de los AP Ruckus en el anexo 1 y valores proporcionados por Telconet del alcance de la emisión de señal de los AP, valores ópticos de una red FTTH, valores referenciales de potencia de trabajo de los transceivers y ubicación de las estaciones wifi (Anexo 2).

La información del sistema wifi fue verificada mediante el análisis de la potencia emitida de cada AP con respecto a la ubicación del usuario, con el fin de determinar si el diseño de la red es la correcta para que el usuario pueda realizar roaming dentro de la zona de cobertura de los 10 AP instalados en el barrio La Pradera.

La red FTTH fue evaluada para determinar si la información obtenida con la medición de la fibra óptica, se encuentra dentro los parámetros de funcionamiento correctos, para entregar la mayor eficiencia en la transmisión de datos.

Mediante la medición de la potencia emitida en dB, por los transceiver se determinó si los equipos convertidores se encuentran trabajando dentro de los de eficiencia correcta.

Para dar cumplimiento a los objetivos primeramente se realizó un estudio de roaming wifi en cada uno de los AP, utilizando el analizador de espectro SENTE (Anexo 5) y la aplicación WIFI Overview 360 Pro de Android (Anexo 6), obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 1
Access Point (AP)

AP	Canal	MAC	Potencia en poste (dBm)	Coordenada
----	-------	-----	-------------------------	------------

AP1	112	c803.f571.2e2c	-45	-4.013152, -79.196096
AP2	132	c803.f571.2dac	-39	-4.012241, -79.196495
AP3	136	c803.f570.ebbc	-36	-4.011565, -79.197159
AP4	104	c803.f570.e39c	-44	-4.0116691, -79.198231
AP5	120	c803.f570.e6fc	-38	-4.012168, -79.198845
AP6	104	c803.f570.6efc	-37	-4.012946, -79.198856
AP7	112	c803.f571.3e3c	-42	-4.013433, -79.198258
AP8	128	c803.f570.305c	-40	-4.014314, -79.198179
AP9	120	c803.f570.574c	-41	-4.013228, -79.197123
AP10	128	c803.f570.57ac	-35	-4.014271, -79.196331

Fuente: Autor

Tabla 2

Roaming AP1 - AP2

Distancia AP1-AP2(m)	Distancia Roaming (m)	Potencia AP1 (dBm)	Potencia AP2 (dBm)	Coordenada	Cumple
100	51	-68	-49	-4.012730, 79.196296	- Si

Fuente: Autor

Tabla 3

Roaming AP1 - AP9

Distancia AP1-AP9(m)	Distancia Roaming (m)	Potencia AP1 (dBm)	Potencia AP9 (dBm)	Coordenada	Cumple
115	66	-0	-77	-4.13263, 79.196693	- No

Fuente: Autor

Tabla 4

Roaming AP1 - AP10

Distancia AP1-AP10(m)	Distancia Roaming (m)	Potencia AP1 (dBm)	Potencia AP10 (dBm)	Coordenada	Cumple
128	80	-72	-50	-4.014016, 79.196238	- Si

Fuente: Autor

Tabla 5*Roaming AP2 - AP3*

Distancia AP2-AP3(m)	Distancia Roaming (m)	Potencia (dBm)	AP1	Potencia (dBm)	AP3	Coordenada	Cumple
100	51	-68		-62		-4.0111607 79.196827	- SI

*Fuente: Autor***Tabla 6***Roaming AP3 - AP4*

Distancia AP3-AP4(m)	Distancia Roaming (m)	Potencia (dBm)	AP3	Potencia (dBm)	AP4	Coordenada	Cumple
150	45	-74		-0		-4.011293 79.197425	- NO

*Fuente: Autor***Tabla 7***Roaming AP4-AP5*

Distancia AP4-AP5(m)	Distancia Roaming (m)	Potencia (dBm)	AP4	Potencia (dBm)	AP5	Coordenada	Cumple
87	30	-78		-0		-4.011799 79.198434	- NO

*Fuente: Autor***Tabla 8***Roaming AP4-AP7*

Distancia AP4-AP7(m)	Distancia Roaming (m)	Potencia (dBm)	AP4	Potencia (dBm)	AP7	Coordenada	Cumple
195	92	-70		-65		-4.012486 79.198251	- SI

*Fuente: Autor***Tabla 9***Roaming AP5-AP6*

Distancia AP5-AP6(m)	Distancia Roaming (m)	Potencia (dBm)	AP5	Potencia (dBm)	AP6	Coordenada	Cumple
85	40	-73		-62		-4.012576 79.198847	- SI

*Fuente: Autor***Tabla 10***Roaming AP6-AP7*

Distancia AP6-AP7(m)	Distancia Roaming (m)	Potencia (dBm)	AP6	Potencia (dBm)	AP7	Coordenada	Cumple
----------------------	-----------------------	----------------	-----	----------------	-----	------------	--------

85	45	-75	-86	-4.013116 79.198453	- NO
----	----	-----	-----	------------------------	------

Fuente: Autor

Tabla 11.

Roaming AP7-AP8

Distancia AP7-AP8(m)	Distancia Roaming (m)	Potencia (dBm)	AP7	Potencia (dBm)	AP8	Coordenada	Cumple
96	48	-67		-68		-4.013885 79.198249	- SI

Fuente: Autor

Tabla 12

Roaming AP8-AP9

Distancia AP8-AP9(m)	Distancia Roaming (m)	Potencia (dBm)	AP8	Potencia (dBm)	AP9	Coordenada	Cumple
168	46	-73		-0		-4.013918 79.198017	- NO

Fuente: Autor

Tabla 13

Roaming AP9-AP10

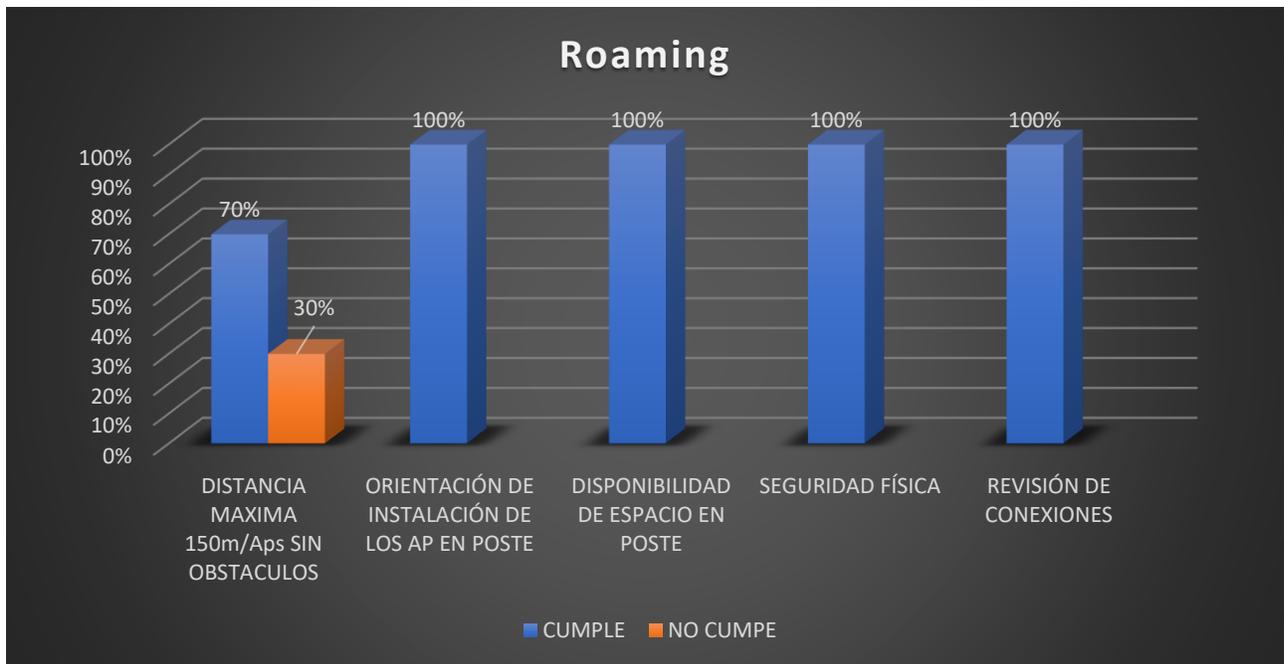
Distancia AP9-AP10(m)	Distancia Roaming (m)	Potencia (dBm)	AP9	Potencia (dBm)	AP10	Coordenada	Cumple
150	90	-75		-89		-4.014005 79.196899	- NO

Fuente: Autor

Para valorar si los equipos APs fueron instalados dentro de los parámetros de funcionamiento, se evaluaron, la orientación de los equipos AP instalados en los postes, tomando en cuenta la disposición de las antenas, la disponibilidad de espacio en el poste, la seguridad física de los equipos y el personal instalador y de mantenimiento (confirmación si los postes no cuentan con transformador o cables de media tensión, bajantes), la distancia entre un AP y otro, revisión de conexiones de patch UTP y FO, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados.

Figura 7

Cumplimiento de Roaming



Fuente: Autor

Para la valoración de la red FTTH, se tomaron mediciones de atenuación de la fibra óptica (Anexo 7) y se compararon con los parámetros de correspondencia, así como también la medición de los valores de potencia recibidos de los txcevier de cada AP, los valores proporcionados por Telconet son los siguientes:

- Valores referenciales en 1550nm
- Pérdida por kilómetro de FO: 0.22dB.
- Pérdida por conector: 0.5dB.

- Pérdida por empalme de fusión: 0.03dB.
- Potencia recibida en el txceiver: -10 dBm.

A continuación se describen los resultados obtenidos a través del cálculo de ingeniería de FO vs el valor acumulado medido de cada hilo de fibra óptica.

Tabla 14

Valores de medición de atenuación total AP1= 0.824dB

Parámetro	Km	Empalmes de fusión	de Conectores	Total calculado de pérdida dB
Cantidad	1,7	5	5	
Valor de pérdida ref dB	0,22	0,03	0,5	
Pérdida parcial	0,374	0,15	2,5	3,024

Fuente: Autor

Tabla 15

Valores de medición de atenuación total AP2= 7.615dB

Parámetro	Km	Empalmes de fusión	de Conectores	Total calculado de pérdida dB
Cantidad	2,04	4	5	
Valor de pérdida ref dB	0,22	0,03	0,5	
Pérdida parcial	0,4488	0,12	2,5	3,0688

Fuente: Autor

Tabla 16

Valores de medición de atenuación total AP3= 2.532dB

Parámetro	Km	Empalmes de fusión	de Conectores	Total calculado de pérdida dB
Cantidad	3,33	5	5	
Valor de pérdida ref dB	0,22	0,03	0,5	
Pérdida parcial	0,7326	0,15	2,5	3,3826

Fuente: Autor

Tabla 17

Valores de medición de atenuación total AP4= 2.941

Parámetro	Km	Empalmes de fusión	de Conectores	Total calculado de pérdida dB
Cantidad	8,9402	8	5	
Valor de pérdida ref dB	0,22	0,03	0,5	
Pérdida parcial	1,966844	0,24	2,5	

Fuente: Autor

Tabla 18

Valores de medición de atenuación total AP5= 1,337dB

Parámetro	Km	Empalmes de fusión	de Conectores	Total calculado de pérdida dB
Cantidad	3,1721	6	5	
Valor de pérdida ref dB	0,22	0,03	0,5	
Pedida parcial	0,697862	0,18	2,5	3,377862

Fuente: Autor

Tabla 19

Valores de medición de atenuación total AP6=2,859dB

Parámetro	Km	Empalmes de fusión	de Conectores	Total calculado de pérdida dB
Cantidad	2,321	6	5	
Valor de pérdida ref dB	0,22	0,03	0,5	
Pedida parcial	0,51062	0,18	2,5	3,19062

Fuente: Autor

Tabla 20

Valores de medición de atenuación total AP7=1,414dB

Parámetro	Km	Empalmes de fusión	Conectores	Total calculado de pérdida dB
Cantidad	2,3694	5	5	
Valor de pérdida ref dB	0,22	0,03	0,5	
Pedida parcial	0,521268	0,15	2,5	3,171268

Fuente: Autor

Tabla 21

Valores de medición de atenuación total AP8=3.229 dB

Parámetro	Km	Empalmes de fusión	de Conectores	Total calculado de pérdida dB
Cantidad	1,2465	4	5	
Valor de pérdida ref dB	0,22	0,03	0,5	
Pedida parcial	0,27423	0,12	2,5	2,89423

Fuente: Autor

Tabla 22

Valores de medición de atenuación total AP9=1.058 dB

Parámetro	Km	Empalmes de fusión	Conectores	Total calculado de pérdida dB
-----------	----	--------------------	------------	-------------------------------

Cantidad	2,0903	4	5	
Valor de pérdida ref dB	0,22	0,03	0,5	
Pedida parcial	0,459866	0,12	2,5	3,079866

Fuente: Autor

Tabla 23

Valores de medición de atenuación total API0=1.755 dB

Parámetro	Km	Empalmes de fusión	Conectores	Total calculado de pérdida dB
Cantidad	1,7049	4	5	
Valor de pérdida ref dB	0,22	0,03	0,5	
Pedida parcial	0,375078	0,12	2,5	2,995078

Fuente: Autor

Mediante medición de la potencia de cada pareja de txceivers desde el nodo con longitud de onda de 1550nm, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 24

Potencias medidas txceiver

Elemento	Valor medido dBm	Valor ref. dBm
TX1AP1	-6,74	-10
TX2AP1	-8,77	-10
TX1AP2	-7,11	-10
TX2AP2	-5,65	-10
TX1AP3	-5,56	-10
TX2AP3	-5,78	-10
TX1AP4	-5,68	-10
TX2AP4	-8,75	-10
TX1AP5	-8,1	-10
TX2AP5	-5,75	-10
TX1AP6	-6,63	-10
TX2AP6	-6,77	-10
TX1AP7	-10,22	-10
TX2AP7	-5,97	-10
TX1AP8	-5,57	-10
TX2AP8	-8,9	-10
TX1AP9	-5,47	-10
TX2AP9	-4,37	-10
TX1AP10	-4,43	-10
TX2AP10	-10,42	-10

Fuente: Autor

7. Discusión

El presente estudio consistió en realizar un análisis del desempeño de una red red wifi mesh del sector Pradera Loja con backbone FTTH de la empresa Telconet S.A, obteniéndose un total de 10 APs analizados, la medición de perdidas por atenuación de la red FTTH, el comportamiento de la red cuando usuario se traslada entre los dispositivos wifi para identificar si la red estuvo diseñada de acuerdo a las especificaciones técnicas de los equipos, la situación geográfica, la población y las normas de seguridad. Por lo tanto, los resultados obtenidos manifiestan que: mediante el estudio de roaming wifi se determinó que el 30% de los AP no cumplen con las recomendaciones técnicas para que el usuario mantenga la conectividad sin intermitencias dentro de la red wifi mesh, debido a que no se encuentran instalados geográficamente donde fueron diseñados por razones de cambios de poste en el sector por soterramiento de cables eléctricos, por las edificaciones del sitio que causan que entre APS no tengan línea de vista directa y por solicitud del GAD de Loja de reubicar el AP9 cerca de un parque, sin embargo, el 70% de los AP si cumplen las especificaciones técnicas referidas por la empresa Telconet y verificadas en el campo de estudio.

Mediante la revisión física in situ de los APs se estableció que se encuentran correctamente instalados según las especificaciones técnicas del fabricante debido a que las antenas de los AP se localizan correctamente alineadas, además se revisó que la infraestructura utilizada cumple la normativa de seguridad referida por Telconet, al no existir elementos como transformadores, bajantes de cables de media y alta tensión, espacio físico en los postes y altura requerida, los equipos se encuentran conectados a la red fibra y alimentación eléctrica de forma adecuada.

Al evaluar la red FTTH con la utilización de un medidor de fibra óptica para determinar el nivel de atenuaciones en el recorrido de la fibra backbone y última milla, se reconoció que el hilo de fibra que alimenta al AP2 se encuentra sobre los niveles referidos de atenuación mediante cálculo de ingeniería de pérdidas por kilómetro de fibra, conectores y empalmes, que corresponde para ese AP en 3,0688 dB contra los medido en in situ que se encuentra en 7.615dB, sin embargo el resto de fibras analizadas se encuentran dentro de los parámetros calculados de ingeniería de fibra óptica.

Finalmente con la manejo de un power meter de fibra óptica se realizó las mediciones de potencia emitidos de los transceivers, para determinar si se encuentran dentro de las parámetros de funcionamiento técnicos referidos por Telconet que corresponden a -10dBm en una longitud de

onda de 1550nm, comprobando que 2 transceivers de los 10 instalados en el nodo no cumplen con el rango sugerido de funcionamiento al encontrarse con potencias de -10.22dBm y -10,42dBm, los 10 transceivers instalados en sus APs correspondientes, si cumplen con los rangos establecidos de funcionamiento.

8. Conclusiones

- Con la utilización del análisis del espectro de la señal wifi se pudo determinar que el 30% de los APs (AP3, AP4 Y AP9) instalados no cumplen los detalles técnicos que se deben considerar al momento de ser instalados y el 70% de los APs si cumple con las características para que los usuarios puedan realizar un roaming wifi de forma correcta.
- En cuanto a la evaluación de los parámetros de funcionamiento de los equipos, se observó que si se encuentran dentro de las especificaciones de instalación referidas por Telconet.
- Mediante la medición de la red FTTH se determinó que un hilo de fibra óptica en el backbone de Telconet, se encuentra fuera de los rangos de atenuación permitidos en comparación con los cálculos de ingeniería otorgados por Telconet; con la medición de las potencias emitidas de los txceivers se comprueba de 2 de estos equipos instalados en los nodos se encuentran fuera de los rangos permitidos de funcionamiento.

9. Recomendaciones

- Reubicar los APs 3, 4 y 9, de tal forma que las edificaciones no causen degradación de la señal wifi y puedan mantener la conexión para el mesh y el roaming de los usuarios.
- Incrementar el número de APs para que los usuarios dentro de la zona de cobertura no experimenten desconexión del servicio por deficiencia de la señal.
- Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de los hilos de fibra de la red FTTH, para eliminar las atenuaciones que se van acumulando por diferentes atenuantes tales como cortes de FO, degradación de conectores, recogimiento de hilos, daños por terceros.
- Efectuar el cambio de los txceviars que presentan valores elevados de potencia, que pueden ser producidos por, variaciones eléctricas, exposición a agentes climáticos, tiempo de vida útil, etc.

10. Bibliografía

- DESCUBRE LOS BENEFICIOS DE LA FIBRA ÓPTICA – Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.* (s.f.). Recuperado el 8 de March de 2023, de Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/descubre-los-beneficios-de-la-fibra-optica/>
- NFON. (2023). Obtenido de Redes de telecomunicaciones: <https://www.nfon.com/es/get-started/cloud-telephony/lexicon/base-de-conocimiento-destacar/redes-de-telecomunicaciones>
- Prads, P. M. (2016). *Universidad de Valencia*. Obtenido de <https://www.uv.es/uvweb/master-ingenieria-telecomunicacion/es/blog/lan-wan-man-otras-redes-1285954593702/GasetaRecerca.html?id=1285959494096>
- Aristizabal, V. H., (2007). Introducción a la Tecnología de Fibras Ópticas y Análisis Numérico de la Propagación de la Luz en Fibras Micro-Estructuradas. *TecnoLógicas*, (19), 141-165
- Fibra óptica". Autor: Equipo editorial, Etecé. De: Argentina. Para: *Concepto.de*. Disponible en: <https://concepto.de/fibra-optica/>. Última edición: 5 de agosto de 2021. Consultado: 08 de marzo de 2023
- Abreu, M., Castagna, A., Cristiani, P., Zunino, P., Roldós, E., & Sandler, G. (2009). Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH). *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, (7), 38-46. Recuperado a partir de <https://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/270>
- Escallón-Portilla, Andrés Felipe, Ruíz-Guachetá, Víctor Hugo, & López-Perafán, José Giovanni. (2020). Evaluación del desempeño físico de un sistema FTTH-GPON para servicios Quad Play después de la incorporación de un módulo RoF. *TecnoLógicas*, 23(47), 24-62. <https://doi.org/10.22430/22565337.1391>

- Orozco, Jhenifer, & Siles, Gustavo. (2019). Estudio radioeléctrico y problemáticas en una red WiFi con alta densidad de usuarios. *Acta Nova*, 9(1), 32-52. Recuperado en 08 de marzo de 2023, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892019000100003&lng=es&tlng=es.
- Carlos Pérez, H. D., & Galván Salazar, K. R. (2006). Redes Inalámbricas 802.11n el Nuevo Estándar. *Conciencia Tecnológica*, (32), 0. <https://www.redalyc.org/pdf/944/94403212.pdf>
- Rico Bautista, D. (2014). Redes mesh, una alternativa a problemas de cobertura de red. ResearchGate, 17.
- V. Vargas, Cesar, E. Lopez, Wilson, & F. da Rocha, Carlos. (2007). Sistemas de Comunicación Inalámbrica MIMO - OFDM. *Acta Nova*, 3(4), 750-760. Recuperado en 08 de marzo de 2023, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892007000200009&lng=es&tlng=es.
- Beltramelli. Luca. (2021). Comparative performance evaluation of MiraMesh and SmartMesh IP. Mid Sweden University <https://www.digikey.com/es/product-highlight/1/linear-tech/smartmesh-wireless-hat-embedded-products>
- Ruckus. (2019). *T310 Punto de acceso Wi-Fi 802.11ac 2x2:2 Wave 2 para exteriores*. 350 West Java Dr., Sunnyvale, CA 94089 USA. <https://webresources.ruckuswireless.com/datasheets/t310/ds-ruckus-t310-es.html>
- Ruckus. (2009). *La FR inteligente, 802.11n y Smart Mesh Networking de optimización propia abren la puerta a un nuevo mundo de LAN inalámbricas omnipresentes y conectables*. Redefinición de la economía de WLAN con Smart Mesh

Networking. <https://www.commscope.com/globalassets/digizuite/1545-1375-wp-smartmesh-es.pdf>

Y. Heo, J. Jang, Y. Kim and H. J. Yang, "Performance Comparison of SU- and MU-MIMO in 802.11ax: Delay and Throughput," *2020 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, Jeju, Korea (South), 2020, pp. 879-882, doi: 10.1109/ICTC49870.2020.9289385

F. Gutierrez. (2021). Roaming en entornos Wi-Fi: protocolos 802.11k/v/r. Teldat. <https://www.teldat.com/es/blog/roaming-802-11-k-v-r-wi-fi/#:~:text=En%20redes%20inal%C3%A1mbricas%20existe%20el,un%20servicio%20de%20red%20inal%C3%A1mbrico>

Worton. (2021). *FS COMMUNITY*. Obtenido de <https://community.fs.com/es/blog/fiber-media-converter-what-is-it-and-how-it-works.html>

11. Anexos

Anexo 1. Datasheet Ruckus T310

DATASHEET RUCKUS T310

RUCKUS® T310

Punto de acceso Wi-Fi 802.11ac 2x2:2 Wave 2 para exteriores

Patrón de antenas del punto de acceso

Las antenas adaptativas BeamFlex+ de Ruckus permiten que el AP T310 seleccione, de forma dinámica y en tiempo real, entre una variedad de patrones de antenas (hasta 64 combinaciones posibles) para establecer la mejor conexión posible con cada dispositivo. Esto permite:

- mejorar la cobertura Wi-Fi;
- disminuir la interferencia de Wi-Fi.

Las antenas omnidireccionales tradicionales que se encuentran en los puntos de acceso genéricos saturan el entorno ya que irradian señales de RF en todas las direcciones. En cambio, la antena adaptativa BeamFlex+ de Ruckus envía las señales de radio de cada dispositivo paquete por paquete para optimizar la cobertura y capacidad Wi-Fi en tiempo real y poder trabajar en entornos de alta densidad. BeamFlex+ no necesita retroalimentación del dispositivo; por lo tanto, puede beneficiar incluso a dispositivos que usen normas antiguas.

Figura 1. Ejemplo de patrón en BeamFlex+

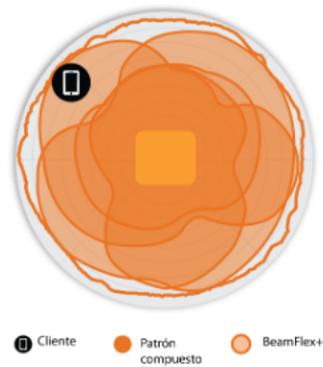


Figura 2. T310d 2,4 GHz: patrones de antena en acimut



Figura 3. T310d 5 GHz: patrones de antena en acimut



Figura 4. T310d 2,4 GHz: patrones de antena en elevación

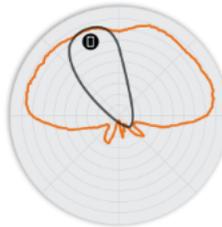
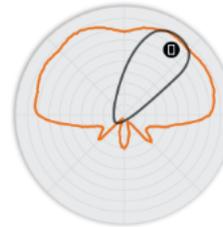


Figura 5. T310d 5 GHz: patrones de antena en elevación



Nota: La traza exterior representa la huella RF compuesta de todos los patrones de antena BeamFlex+ posibles. La traza interior representa un patrón de antena BeamFlex+ dentro de la traza exterior compuesta.

Normas Wi-Fi	<ul style="list-style-type: none"> IEEE 802.11a/b/g/n/ac Wave 2
Velocidades admitidas	<ul style="list-style-type: none"> 802.11ac: 6,5 a 867 Mbps (MCS0 a MCS9, NSS = 1 a 2 para VHT20/40/80) 802.11n: 6,5 Mbps a 300 Mbps (MCS0 a MCS15) 802.11a/g: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps 802.11b: 11; 5,5; 2 y 1 Mbps
Canales admitidos	<ul style="list-style-type: none"> 2,4 GHz: 1-13 5 GHz: 36-64, 100-144, 149-165
MIMO	<ul style="list-style-type: none"> 2x2 SU-MIMO 2x2 MU-MIMO
Flujos espaciales	<ul style="list-style-type: none"> 2 SU-MIMO 2 MU-MIMO
Cadenas de radio y flujos	<ul style="list-style-type: none"> 2x2:2
Canalización	<ul style="list-style-type: none"> 20, 40 y 80 MHz
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i y Dynamic PSK WIPS/WIDS
Otras características de Wi-Fi	<ul style="list-style-type: none"> WMM, ahorro de energía, Tx Formación de haces, LDPC, STBC, 802.11r/k/v Hotspot, Hotspot 2.0 Portal cautivo WISPr

RF				
	T310c	T310d	T310s	T310n
Tipo de antena	<ul style="list-style-type: none"> Antenas adaptativas BeamFlex+ con diversidad de polaridad 			
Ganancia de las antenas (máx.)	<ul style="list-style-type: none"> Hasta 3dBi 	<ul style="list-style-type: none"> Hasta 9dBi 	<ul style="list-style-type: none"> Hasta 13 dBi 	
Máxima potencia de transmisión (agregada a través de cadenas MIMO)	<ul style="list-style-type: none"> 2,4 GHz: 23dBm 5 GHz: 24dBm 	<ul style="list-style-type: none"> 2,4 GHz: 24dBm 5 GHz: 21dBm 	<ul style="list-style-type: none"> 2,4 GHz: 21dBm 5 GHz: 17dBm 	
Ganancia de potencia de transmisión de SINR BeamFlex+	<ul style="list-style-type: none"> Hasta 6 dB 			
Ganancia de potencia de recepción de SINR BeamFlex+	<ul style="list-style-type: none"> Hasta 4 dB 			
Sensibilidad mínima de recepción+	<ul style="list-style-type: none"> -101dBm 			
Bandas de frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> ISM (2,4-2,484 GHz) U-NII-1 (5,15-5,25 GHz) U-NII-2A (5,25-5,35 GHz) U-NII-2C (5,47-5,725 GHz) U-NII-3 (5,725-5,85 GHz) 			

SENSIBILIDAD DE RECEPCIÓN (2,4 GHz)			
HT20		HT40	
MCS0	MCS7	MCS0	MCS7
-95	-78	-97	-75

Velocidad	Pout (dBm)
MCS0 HT20	23
MCS7 HT20	18
MCS0 HT40	22
MCS7 HT40	18

POTENCIA MÁXIMA EN TRANSMISIONES DE 5 GHz	
Velocidad	Pout (dBm)
MCS0 VHT20	24
MCS7 VHT20	20
MCS9 VHT20	18
MCS0 (VHT40 y VHT80)	23
MCS7 (VHT40 y VHT80)	20
MCS9 (VHT40 y VHT80)	18

RENDIMIENTO Y CAPACIDAD	
Velocidad máxima de capa física	<ul style="list-style-type: none"> 2,4 GHz: 300 Mbps 5 GHz: 867 Mbps
Capacidad de clientes	<ul style="list-style-type: none"> Hasta 512 clientes por AP
SSID	<ul style="list-style-type: none"> Hasta 31 por AP

GESTIÓN DE RADIO DE RUCKUS	
Optimización de antenas	<ul style="list-style-type: none"> BeamFlex+ Diversidad de polarización con combinación de máxima relación (PD-MRC)
Gestión de canales de Wi-Fi	<ul style="list-style-type: none"> ChannelFly Basado en análisis de segundo plano
Gestión de densidad de clientes	<ul style="list-style-type: none"> Balance de la banda adaptativa Balance de la carga de clientes Equidad de conexión Prioridad de WLAN basada en tiempo de conexión
Calidad de servicio SmartCast	<ul style="list-style-type: none"> Programación basada en QoS Multicast dirigido L2/L3/L4 ACL
Movilidad	<ul style="list-style-type: none"> SmartRoam
Herramientas de diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de espectro SpeedFlex

RED	
Plataforma de controlador compatible	<ul style="list-style-type: none"> SmartZone ZoneDirector Independiente
Malla	Tecnología de malla inalámbrica SmartMesh™. Malla que se autorrepara
IP	IPv4, IPv6
VLAN	<ul style="list-style-type: none"> 802.1Q (1 por BSSID o dinámica por usuario basado en RADIUS) VLAN pooling Estrática
802.1x	Verificador y solicitante
Túnel	L2TP, GRE, soft-GRE
Herramientas de gestión de políticas	<ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento y control de la aplicación Listas de control de acceso Detección del tipo de dispositivo Limitación de velocidad
Capacidad para IoT	Sí

INTERFACES FÍSICAS				
	T310c	T310d	T310s	T310n
Ethernet	1 puerto 1 GbE (RJ-45)			
USB	—	1 puerto USB 2.0, tipo A		
Energía CC	—	Bloque de terminal de 17 VCC (8 V-70 V)		

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS				
	T310c	T310d	T310s	T310n
Tamaño físico	18,1 (L) x 15,1 (A) x 7,9 (H) cm 7,1 (L) x 5,9 (A) x 3,1 (H) in.		26 (L) x 20,9 (W) x 10,3 (H) cm 10,2 (L) x 8,2 (A) x 4,1 (H) in.	
Peso	1 kg (2,1 libras)		1,65 kg (3,6 libras)	
Protección contra entradas	IP-67			
Instalación	Pared, cielo raso y escritorio Diámetro del montaje en poste de 1" a 2,5"			
Temperatura de funcionamiento	-20 °C (-4 °F) a 65 °C (149 °F)		-40 °C (-40 °F) a 65 °C (149 °F)	
Humedad de funcionamiento	Hasta 95 % sin condensación			
Resistencia al viento	Hasta 266 km/h (165 m/h)			

ALIMENTACIÓN ²				
	T310c	T310d	T310s	T310n
Fuente de alimentación	Máximo consumo de energía (incluye alimentación USB)			
802.3af/at (PoE)	7.97W	11.86W	11.86W	11.86W
DC	—	11.7W	12.11W	11.7W

CERTIFICACIONES Y NORMATIVA	
Wi-Fi Alliance ³	<ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi CERTIFIED™ a, b, g, n, ac Passpoint®, Vantage
Cumplimiento normativo ⁴	<ul style="list-style-type: none"> EN 60950-1 Seguridad EN 60601-1-2 Médico EN 61000-4-2/3/5 Inmunidad EN 50171-1 EMC para aplicaciones ferroviarias EN 50171-4 Inmunidad para aplicaciones ferroviarias IEC 61373 Choque y vibración para aplicaciones ferroviarias Plenum UL 2043 EN 62311 Seguridad de personas ante la exposición a RF WEEE y RoHS ISTA 2A (transporte)

SOFTWARE Y SERVICIOS	
Servicios basados en la ubicación	SPoT
Análisis de red	SmartCell Insight (SCI)
Seguridad y políticas	Cloudpath

DIFERENCIAS DE CARACTERÍSTICAS DE MODELO				
Modelo	Antena	Baja temp.	USB	Energía DC
T310c	Omni	-70°C	N	N
T310d	Omni	-40°C	Sí	Sí
T310n	Sector Angosto (30°)	-40°C	Sí	Sí
T310s	Sector (170°)	-40°C	Sí	Sí

INFORMACIÓN DE PEDIDO	
AP PARA EXTERIORES T310	
901-T310-XX20	T310c, punto de acceso de exterior, omni, 802.11ac Wave 2 BeamFlex+ interno 2x2:2, concurrente de banda dual. Un puerto de Ethernet, entrada PoE. Temperatura de funcionamiento de -20 °C a 65 °C. Incluye soporte de montaje y un año de garantía. No incluye inyector PoE.
901-T310-XX40	T310d, punto de acceso exterior, omni, 802.11ac Wave 2 BeamFlex+ interno 2x2:2, concurrente de banda dual. Un puerto de Ethernet, entrada PoE, entrada de I/C y puerto USB. Temperatura de funcionamiento de -40 °C a 65 °C. Incluye soporte de montaje y un año de garantía. No incluye inyector PoE.
901-T310-XX51	T310s, 120 x 30 grados, 802.11ac Wave 2 2x2:2 exterior, sectorial de 170 grados, punto de acceso de banda dual concurrente. Un puerto de Ethernet, entrada PoE, entrada de DC y puerto USB. Temperatura de funcionamiento de -40 °C a 65 °C. Incluye soporte de montaje ajustable y un año de garantía. No incluye inyector PoE.
901-T310-XX61	T310n, 30 x 30 grados, 802.11ac Wave 2 2x2:2 exterior, haz estrecho, punto de acceso de banda dual concurrente. Un puerto de Ethernet, entrada PoE, entrada de I/C y puerto USB. Temperatura de funcionamiento de -40 °C a 65 °C. Incluye soporte de montaje ajustable y un año de garantía. No incluye inyector PoE.

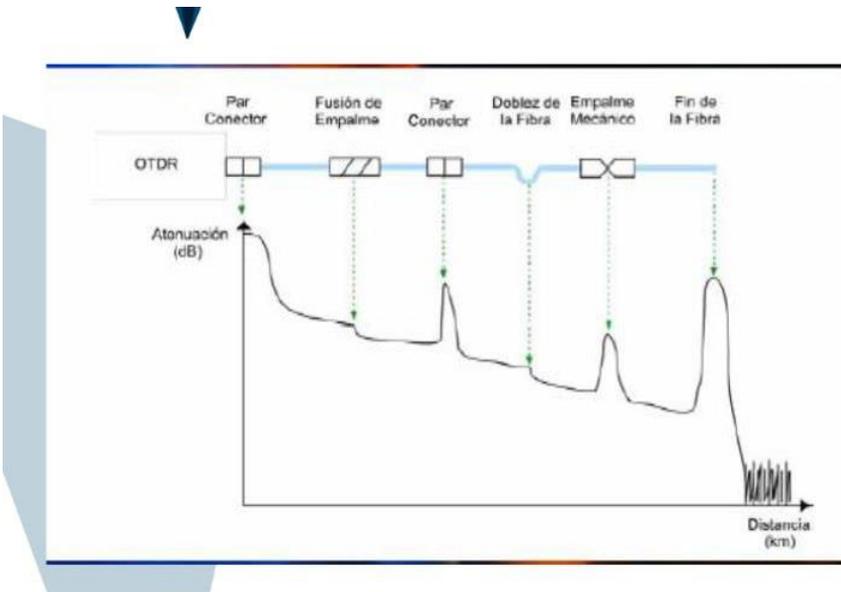
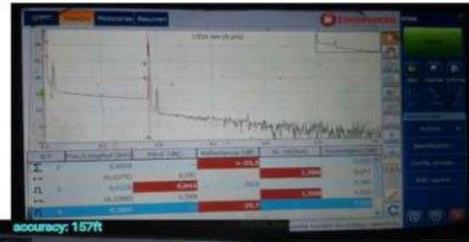
Anexo 2. Valores referencias de atenuación para cálculos de ingeniería Telconet S.A y ubicación de APs



SOPORTE POR ATENUACIÓN

Para realizar un Soporte sea por atenuación o corte de UM se debe tomar en cuenta el presupuesto de enlace de nuestra red.

- Splitter
 - 1x2 = -4dB
 - 1x4 = -7dB
 - 1x8 = -10dB
 - 1x16= -13dB
 - 1x32= -16dB
- Distancia
 - 0,22=1550
 - 0,33=1310
- Conectores(Duplex)
- Patchcord de fo
- Fusión 0,02 – 0,05 dB



- **No Reflectivos**
 - Empalmes por fusión
 - Micro o Macro Curvaturas
- **Reflectivos**
 - Conector
 - Empalme mecánico
 - Ruptura en la fibra

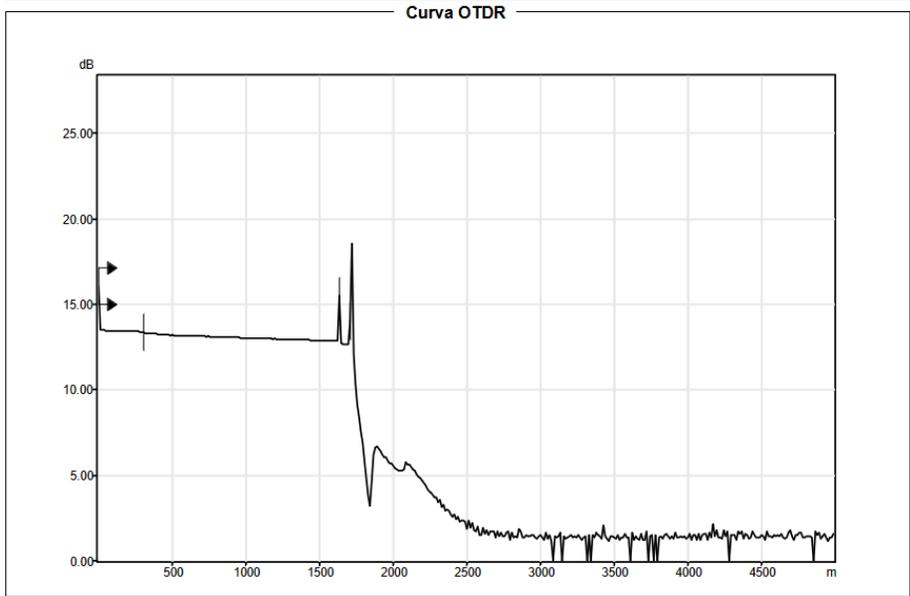




Nota: As- built

Anexo 3. Lecturas con OTDR

Fecha de la prueba : 30/3/2023 (19:31:15 GMT-5:00)	Archivo : wf1.sor
Información del cable	
ID de fibra : .	ID de cable : .
Ubicación A : .	Ubicación B : .
Fabric. del cable : .	Tipo : .
ID de subgrupo : .	Color : .
Mediciones del enlace	
Pérdida del segme... : ---	Pérdida por empalme ... : ---
Longitud de intervalo : ---	Max. pérdida del emp... : ---
Pérdida promedio : ---	ORL del segmento : ---



Informe OTDR

Tabla de eventos

Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	0.000	---		0.000
		Tramo de fibra (0.0049 km)	0.000		0.000	0.000
	0.0049	Falla reflexiva	0.000	0.0		0.000
		Tramo de fibra (0.3111 km)	0.108		0.347	0.108
	0.3160	Falla no reflexiva	0.095			0.203
		Tramo de fibra (1.3210 km)	0.407		0.308	0.610
	1.6370	Falla reflexiva	0.151	-47.1		0.761
	Tramo de fibra (0.0804 km)	0.063		0.786	0.824	
	1.7174	Falla reflexiva	0.000	-40.6		0.824

Información de marcadores

A : 0.0000 km, 4.771 dB	B : 0.0000 km, 4.771 dB
a : 0.0000 km, 4.771 dB	b : 0.0000 km, 4.771 dB
Distancia de A a B : 0.0000 km, 0.000 dB	ORL de A a B : *****
Reflectancia 3-p. : *****	Aten. LSA A a B : -0.000 dB/km
Pérdida p/emp. 4-p. : 0.000 dB	

Configuración de prueba y cable

Longitud de onda : 1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adq. : 2 s
Nombre de archivo : wf1.sor	Duración de pulso : 20 ns
Hardware : .	Factor helic. : 0.00 %
Número de serie : .	Umbral de pérdida del... : 0.000 dB
Software : S/O	Umbral de reflectancia : -0.0 dB
Rango : 0.0000 km	Umbral de final de fibra : 0.000 dB
IOR : 1.468000	
RBS : 81.00	

Fecha de la prueba : 30/3/2023 (19:41:23 GMT-5:00) Archivo : wf2.sor

Información del cable
 ID de fibra : ID de cable :
 Ubicación A : Ubicación B :
 Fabric. del cable : Tipo :
 ID de subgrupo : Color :

Mediciones del enlace
 Pérdida del segme... : --- Pérdida por empalme... : ---
 Longitud de intervalo : --- Max. pérdida del emp... : ---
 Pérdida promedio : --- ORL del segmento : ---

Curva OTDR



Informe OTDR

Tabla de eventos

Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	0.000	---		0.000
		Tramo de fibra (0.0048 km)	0.000		0.000	0.000
	0.0048	Falla reflexiva	0.000	0.0		0.000
		Tramo de fibra (0.0001 km)	0.000		0.000	0.000
	0.0049	Falla reflexiva	6.660	-55.1		6.660
		Tramo de fibra (1.9719 km)	0.610		0.411	7.470
	1.9768	Falla reflexiva	0.117	-51.2		7.587
		Tramo de fibra (0.0688 km)	0.028		0.405	7.615
	2.0457	Falla reflexiva	0.000	-39.4		7.615

Información de marcadores

A : 0.0000 km, 5.207 dB B : 0.0000 km, 5.207 dB
 a : 0.0000 km, 5.207 dB b : 0.0000 km, 5.207 dB
 Distancia de A a B : 0.0000 km, 0.000 dB ORL de A a B : *****
 Reflectancia 3-p. : ***** Aten. LSA A a B : -0.000 dB/km
 Pérdida p/emp. 4-p. : 0.000 dB

Configuración de prueba y cable

Longitud de onda : 1550 nm (SM-9µm) Tiempo adq. : 2 s
 Nombre de archivo : wf2.sor Duración de pulso : 20 ns
 Hardware : Factor helic. : 0.00 %
 Número de serie : Umbral de pérdida del... : 0.000 dB
 Software : S/O Umbral de reflectancia : -0.0 dB
 Rango : 0.0000 km Umbral de final de fibra : 0.000 dB
 IOR : 1.468000
 RBS : 81.00

Anexo 4. Lectura de potencia utilizando el equipo power meter marca Exfo EPM-50



a) Equipo power meter

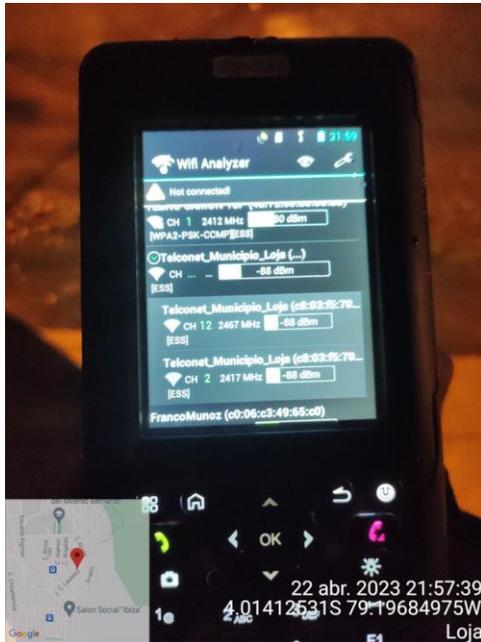


b) Lectura de potencia incorrecta

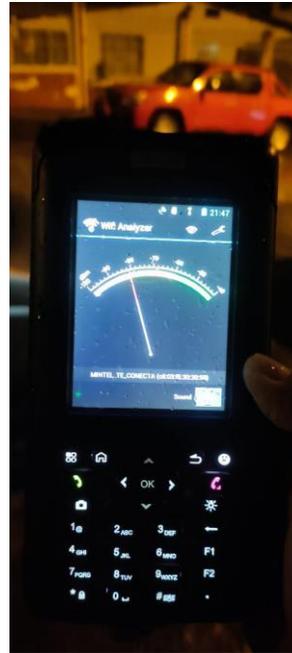


c) Lectura de potencia correcta

Anexo 5. Analizador de espectro SENTER



a) Lectura canales wifi



b) potencia wifi

Anexo 6. Analizador de espectro con aplicación wifi Overview 360 Pro



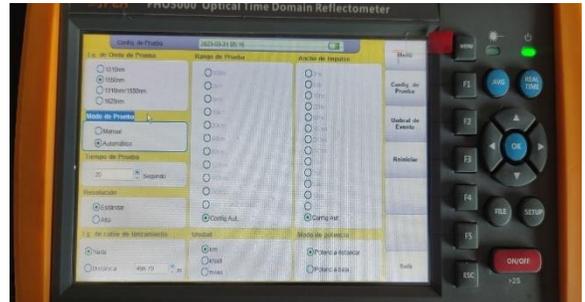
a) Lectura canales wifi



b) lectura potencia recibida AP



Anexo 7. Lecturas con OTDR Equipo (FHO 5000)



a) Lecturas con OTDR

b) Configuración de prueba

Anexo 8 Evidencia fotográfica de trabajo de campo realizado



Anexo 9. Certificación de traducción del resumen

CERTIFICATION OF TRANSLATION ACCURACY

An instance of a certificate of translation sample follows.

I, Andres Roberto Baldassari C. declare that I am fluent in the English and Spanish languages, and that the translation of this ABSTRACT, related to RIVERA FLORES JONATHAN AUGUSTO, the original of which is in the Spanish language, truly reflects the content, meaning and style of the original text and constitutes in every respect a correct and true translation of the original document.

TRANSLATORS QUALIFICATIONS

Universidad Central del Ecuador - Bachelor in Arts in English Teaching.

Pontificia Universidad Católica – Master in Applied Linguistics English – Spanish

Certified Translator – Senescyt register

Universidad Central del Ecuador – Authorized translator

Andres Baldassari C. does not vouch for the authenticity of the aforementioned copy of the document or statements contained therein.

Andres Baldassari C. and his associates are not liable for any action/losses taken by the holder of this translation.



Andrés Baldassari MA.App.Lng
Certified Translator – Senescyt - MDT-3104-CCL-259519
Phone: (593) 098 7030 511
Email: andresbaldassari@hotmail.com

