

**TECNOLOGÍA FTTR: OPTIMIZANDO EL ACCESO A INTERNET EN HOGARES Y
EMPRESAS**

JOHANNA MARCELA PEREZ LUCENA

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2023**

TECNOLOGÍA FTTR: OPTIMIZANDO EL ACCESO A INTERNET EN HOGARES Y EMPRESAS

JOHANNA MARCELA PEREZ LUCENA

Proyecto de pasantía de grado en Huawei Colombia para optar por el título de Ingeniero de Telecomunicaciones

Dirigido por:

ING. GERALD BREEK FUENMAYOR RIVADENEIRA

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2023**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C.

RESUMEN

El propósito de este proyecto radica en resaltar las diferencias fundamentales entre la tecnología Fiber to the Room (FTTR) y las implementaciones de Fiber to the Home (FTTH). En una fase inicial, se llevó a cabo un análisis para comprender la necesidad en la empresa de migrar hacia esta tecnología, considerando tanto la eficiencia de red como la mejora de la experiencia del usuario.

Posteriormente, se efectuó un análisis de los beneficios que surgirían a partir de la implementación de Fiber to the Room (FTTR). Este análisis abordó los equipos de red que se utilizarían en la implementación, así como la topología de red que se emplearía, destacando elementos clave para el despliegue efectivo de Fiber to the Room (FTTR).

En última instancia, se lleva a cabo una evaluación de la implementación de Fiber to the Room (FTTR) con el propósito de analizar las mejoras en los indicadores de desempeño. Este análisis no solo valida la eficacia de la red, sino que también proporciona datos tangibles sobre el impacto positivo en el rendimiento de la red.

Palabras clave: Fiber to the Room (FTTR), Fiber to the Home (FTTH), indicadores de desempeño, experiencia de usuario.

ABSTRACT

The purpose of this project is to highlight the fundamental differences between Fiber to the Room (FTTR) technology and Fiber to the Home (FTTH) implementations. In an initial phase, an analysis was conducted to understand the company's need to migrate to this technology, considering both network efficiency and the improvement of the user experience.

Subsequently, an analysis of the benefits arising from the implementation of Fiber to the Room (FTTR) was carried out. This analysis addressed the network equipment to be used in the implementation, as well as the network topology that would be employed, emphasizing key

elements for the effective deployment of Fiber to the Room (FTTR).

In the final stage, an evaluation of the implementation of Fiber to the Room (FTTR) is conducted with the purpose of analyzing improvements in performance indicators. This analysis not only validates the effectiveness of the network but also provides tangible data on the positive impact on network performance.

Keywords: Fiber to the Room (FTTR), Fiber to the Home (FTTH), performance indicators, user experience.

Tabla de contenido

1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	12
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	14
1.3 OBJETIVOS.....	15
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
1.4 ALCANCE	16
1.5 METODOLOGIA	17
1.6 CRONOGRAMA.....	19
2 MARCO TEORICO.....	21
2.1 ESTADO DEL ARTE.....	21
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	25
2.2.1 Fibra Óptica	25
2.2.2 Composición fibra óptica.....	27
2.2.3 Clasificación fibra óptica	28
2.2.4 Topologías Fibra Óptica FTTx	29
3 DESARROLLO	36
3.1 EQUIPOS UTILIZADOS.....	37
3.1.1 INSTALACIÓN	40

4 CONCLUSIONES	54
4.1 CONCLUSIONES.....	54
5 REFERENCIAS.....	55

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Cronograma	20
Ilustración 2. Proceso QoS.....	25
Ilustración 3 Proceso QoE.....	26
Ilustración 4 Composición fibra óptica	27
Ilustración 5 Fibra Multimodo y Fibra Monomodo.....	29
Ilustración 6 Topología FTTH.	30
Ilustración 7 Topología FTTH.	31
Ilustración 8 Topología Huawei FTTR.	32
Ilustración 9 Visualización APP FTTR	34
Ilustración 10 Visualización Plano APP FTTR.	34
Ilustración 11 Datos obtenidos piso noveno	36
Ilustración 12 Datos obtenidos piso noveno	37
Ilustración 13 Topología FTTR de Huawei	37
Ilustración 14 Equipo Huawei OpiXstar V163	38
Ilustración 15 Equipo OpiXstar B666G	38
Ilustración 16 Equipo Huawei OptiXstar k153/k153-10.....	39
Ilustración 17 Equipo Socket.....	40
Ilustración 18 Plano noveno piso.....	40
Ilustración 19 Plano decimo piso.....	41
Ilustración 20 Topología FTTR.....	41
Ilustración 21 Planos noveno piso con puntos de instalación	42
Ilustración 22 Resultados conectividad noveno piso	44
Ilustración 23 Resultados conectividad décimo piso.....	46
Ilustración 24. Resultados conectividad noveno piso	48
Ilustración 25 Resultados conectividad décimo piso.....	50
Ilustración 26 Comparación conectividad noveno piso	50
Ilustración 27 Comparación conectividad décimo piso	51

Ilustración 28. Jitter tecnología FTTH.....	52
Ilustración 29. Jitter tecnología FTTR.....	52

Lista de tablas

Tabla 1 Relación de objetivos con resultados obtenidos.	19
Tabla 2 Diferencia entre Fibra óptica Multimodo y Fobra óptica Monomodo	28
Tabla 3 Resultados velocidad piso noveno	43
Tabla 4 Tabla resultados décimo piso	45
Tabla 5. Resultados piso noveno con tecnología FTTR	47
Tabla 6 Resultados piso decimo con tecnología FTTR.....	49

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la conectividad a internet se ha vuelto un elemento fundamental para la mayoría de las personas, destacando su relevancia especialmente en el ámbito empresarial, donde todas las actividades se sustentan en esta infraestructura. Las grandes empresas, en particular aquellas pertenecientes al sector de Tecnologías de la Información (TI), buscan de manera constante mejorar su acceso a la red, lo que ha motivado la exploración de nuevas soluciones de conectividad.

En las últimas décadas, se ha observado una transición significativa de los cables de cobre hacia la implementación de la tecnología de fibra óptica con el objetivo de incrementar la velocidad en las redes. Esta tecnología ha demostrado ser considerablemente más eficiente, abarcando un mayor ancho de banda y posibilitando la conexión de una cantidad significativamente mayor de dispositivos a una red determinada. No obstante, a pesar de estos avances, los actuales desarrollos tecnológicos y la proliferación de dispositivos han generado ocasionalmente la necesidad de una mayor cobertura que la red puede proporcionar, resultando en retrasos o en una saturación del sistema.

1 CONTEXTUALIZACIÓN.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, en plena era digital, la demanda de servicios de internet de alta velocidad y calidad se ha incrementado de manera exponencial. Los usuarios requieren una conexión rápida y fiable para realizar una amplia variedad de actividades, como trabajar desde casa, comunicarse con amigos y familiares, llevar a cabo videollamadas y acceder a contenido en línea. Según el estudio llevado a cabo por Cisco en 2021, se estima que para 2023 habrá un total de 5.300 millones de usuarios de internet en todo el mundo, lo que representa el 66% de la población mundial. Esta cifra es significativamente mayor que los 3.900 millones de usuarios en 2018, lo que representa el 50% de la población mundial, lo que demuestra el aumento sustancial en la demanda de servicios de internet y su consiguiente crecimiento [1]

En este contexto, es importante tener en cuenta los indicadores de desempeño para garantizar que la red funcione de manera eficiente, confiable y de alta calidad, según las necesidades del mercado. La pérdida de paquetes en la red es un factor importante a tener en cuenta, según estudios realizados por Ookla en 2022 en América Latina. En promedio, las conexiones de fibra óptica tuvieron una pérdida de paquetes del 0,4%, mientras que las conexiones de cable coaxial tuvieron una pérdida del 1,5% y las conexiones DSL tuvieron una pérdida del 1,7% [2]. Otro indicador importante es la latencia, en la que la fibra óptica suele tener una latencia más baja que las conexiones coaxiales debido a las posibles interferencias que pueden presentarse.

Por lo tanto, la fibra óptica se presenta como la mejor solución como medio de transmisión al tener los mejores resultados en términos de indicadores de desempeño como lo son el throughput, latencia y jitter.

Existen diferentes tecnologías de acceso a internet que utilizan la fibra óptica para la conexión de usuarios finales, como Fiber to the Building (FTTB) que se refiere a la conexión de fibra óptica hasta el edificio y de allí se distribuye a través de cableado interno, Fiber to the Home (FTTH) se refiere a la conexión de fibra óptica hasta la vivienda u hogar del usuario final. y Fiber to the Room (FTTR) se refiere a la conexión de fibra óptica hasta una habitación específica en el hogar. Por todo esto, se busca entender, ¿Por qué la tecnología Fiber to the Room (FTTR) es a la fecha la tecnología de acceso a internet más adecuada para el óptimo acceso a internet en los hogares y/o entornos empresariales?

1.2 JUSTIFICACIÓN

La creciente demanda de servicios de internet de alta velocidad y calidad en todo el mundo ha sido impulsada por la necesidad de conectividad para realizar diversas actividades cotidianas.

En este contexto, es fundamental garantizar que la red funcione de manera eficiente y confiable, lo cual se logra a través de la utilización de tecnologías de acceso a internet que cumplan con los indicadores de desempeño necesarios. Por lo tanto, la fibra óptica es la mejor solución como medio de transmisión para el acceso a internet. Se han usado diferentes tecnologías de acceso a internet que utilizan la fibra óptica para la conexión de usuarios finales, con el fin de estar en una constante evolución tecnológica, teniendo un impacto directo en cada uno de los usuarios.

Debido a la necesidad creciente de brindar servicios de acceso a internet, la investigación en tecnologías de acceso a internet es fundamental para entender las opciones disponibles y cómo éstas pueden ser utilizadas para mejorar la eficiencia y la confiabilidad de las redes de comunicación. Por lo tanto, esta investigación podría ser de gran utilidad en el área de tecnologías de acceso, ya que permitiría profundizar en el conocimiento de las tecnologías de fibra óptica y su aplicación en la mejora del acceso a internet en los hogares, así como comprender los indicadores de desempeño necesarios para garantizar una conexión de alta calidad.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la tecnología Fiber to the Room (FTTR) y su implementación en una empresa de telecomunicaciones, con el fin de evaluar los indicadores de desempeño que impactan en la calidad de servicio de la red.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar la tecnología Fiber to the Room (FTTR) como una variante de la tecnología Fiber to the Home (FTTH).
- Evaluar los indicadores de desempeño de la red con la tecnología Fiber to the Room (FTTR), en el marco de la implementación realizada en la empresa.
- Analizar la experiencia del cliente Fiber to the Room (FTTR), en términos de la satisfacción del servicio y facilidad de uso.

1.4 ALCANCE

El análisis de la tecnología FTTR se enfocó en la parte técnica y las pruebas realizadas por parte de Huawei demostrando la mejora de la red. Se comprenderá estudios previos de implementaciones a nivel mundial y los resultados obtenidos por un operador en Colombia.

Dentro del marco del proyecto, desempeñé la función de Project Control Manager (PCM), en donde realice la supervisión de la ejecución del proyecto, manejo del personal de instalación, así como la documentación detallada de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

Sin embargo, debido a políticas de confidencialidad dentro de Huawei, no se podrán compartir todos los detalles técnicos del proyecto en donde se mostrarán los indicadores de desempeño Throughput y Jitter, asimismo, no se revelará el nombre del operador en el que se realizó la implementación. A pesar de estas limitaciones, se espera que el análisis proporcione una comprensión de los beneficios y desafíos de la tecnología FTTR y su impacto en la conectividad de alta velocidad.

1.5 METODOLOGIA

La presente investigación se inscribe dentro de un enfoque cuantitativo, fundamentado en el exhaustivo estudio y análisis de la tecnología Fiber to the Room (FTTR). Este enfoque se distingue por su capacidad para estructurar procedimientos de investigación que se apoyan en la medición y cuantificación de datos. La elección de este método cuantitativo permite la obtención de resultados numéricos concretos, facilitando el desarrollo de conclusiones objetivas y rigurosas.

En el proceso investigativo, se han empleado diversas fuentes de información primaria, estas incluyen, la revisión de artículos académicos especializados, el acceso a recursos y soporte proporcionados por Huawei, así como la consulta de documentaciones y softwares internos de la compañía. Además, se ha llevado a cabo un diálogo continuo con el cliente para comprender a fondo los requisitos y expectativas del proyecto, asegurando así un enfoque alineado con las necesidades reales.

Como complemento se ha recurrido a fuentes de información secundaria, como reportes internos y la base de datos de la compañía, proporcionando un contexto más amplio y respaldando la veracidad de los datos obtenidos.

En cuanto a los métodos y herramientas de recopilación, así como el procesamiento de los resultados, se ha seguido un enfoque completo. Este incluye reuniones estratégicas con el cliente para delinear los requerimientos y alcance del proyecto. Asimismo, se han llevado a cabo encuentros con los técnicos asignados al proyecto para obtener perspectivas especializadas. La consulta en repositorios académicos y plataformas internas de la compañía ha enriquecido la investigación, aportando información clave para la comprensión profunda de la tecnología FTTR.

En resumen, este enfoque metodológico integral orienta una investigación respaldada por fuentes confiables y procesos rigurosos, con el objetivo de contribuir al conocimiento y desarrollo de la tecnología Fiber to the Room (FTTR) en un contexto más amplio.

Esta metodología se divide en fases claves para la implementación efectiva de tecnologías Fiber to the Room (FTTR). En la primera fase, se realiza un análisis detallado de la tecnología Fiber to the Room (FTTR) y sus variantes, con un enfoque en la identificación de la red existente, su topología y características, así como la evaluación de indicadores de desempeño.

La siguiente fase se centra en comprender los requerimientos y alcances del proyecto, alineándolos con las necesidades del cliente. Aquí se plantea el proyecto, se definen objetivos y se establecen los alcances y limitaciones. Además, se detallan los requerimientos y se definen indicadores de calidad que servirán como criterios de éxito.

Una vez claros los objetivos, la metodología avanza a la fase de propuesta, donde se determina la tecnología específica a implementar y se eligen los equipos necesarios. Esta fase culmina con la elaboración de una propuesta integral que aborda de manera precisa los requisitos del cliente.

La ejecución del proyecto se desglosa en la implementación de la tecnología Fiber to the Room (FTTR), seguida de pruebas exhaustivas de calidad. La validación final involucra la capacitación del cliente para asegurar una transición sin contratiempos y la presentación detallada de los resultados obtenidos durante todo el proceso.

Este enfoque metodológico revisará una investigación y desarrollo coherente y completo de las tecnologías Fiber to the Room (FTTR), desde la comprensión inicial hasta la entrega exitosa y validada de soluciones tecnológicas de vanguardia. En la siguiente tabla se encuentran los objetivos del proyecto junto a los resultados obtenidos.

Tabla 1 Relación de objetivos con resultados obtenidos.

Objetivo General	Objetivos Específicos	Resultado
Analizar la tecnología Fiber to the Room (FTTR) y su implementación en una empresa de telecomunicaciones, como caso de estudio, con el fin de evaluar los indicadores de desempeño que impactan en la calidad de servicio de la red, contrastando estos resultados con la tecnología previa, Fiber to the Home (FTTH).	Analizar la tecnología Fiber to the Room (FTTR) como una variante de la tecnología Fiber to the Home (FTTH).	Se logra el objetivo a través del capítulo de Marco Conceptual, el cual aborda la tecnología Fiber to the Room (FTTR), donde se destacan la topología, ventajas y diferencias en comparación con la tecnología Fiber to the Home (FTTH).
	Evaluar los indicadores de desempeño de la red con la tecnología Fiber to the Room (FTTR), en el marco de la implementación realizada en la empresa.	El logro del objetivo se evidencia mediante la implementación realizada, la cual incluye la comparación de los indicadores de desempeño (Jitter y Throughput) antes y después de la implementación.
	Analizar la experiencia del cliente Fiber to the Room (FTTR), en términos de la satisfacción del servicio y facilidad de uso.	Se logra el objetivo por medio de la introducción de una aplicación asociada a Fiber to the Room (FTTR), que optimiza la identificación y resolución eficiente de problemas de conectividad, elevando así la satisfacción del usuario.

1.6 CRONOGRAMA

El cronograma implementado se estructuró considerando las tareas esenciales necesarias para la consecución de los objetivos establecidos, junto con sus respectivas duraciones.

2 MARCO TEORICO.

2.1 ESTADO DEL ARTE

Siendo una tecnología de reciente adopción, las implementaciones de Fiber to the Room (FTTR) a nivel mundial son limitadas, principalmente debido a que muchos proyectos aún se encuentran en las fases finales de sus pilotos. A continuación, se presentan algunos ejemplos de casos de uso de esta tecnología:

- China Mobile

China Mobile y Huawei han implementado con éxito una red Fiber to the Room (FTTR) en el campamento base turístico y un hotel en el Monte Everest. Esta solución ofrece servicios Wi-Fi ultra-gigabit, mejorando significativamente la conectividad en áreas remotas y de gran altitud. Antes de la implementación, la mala calidad de la red afectaba las operaciones diarias, pero con la nueva red, el personal y los turistas disfrutaban de una experiencia de red premium. La solución se despliega en hoteles y tiendas, utilizando dispositivos Huawei con antenas flexibles y cables de alimentación a través de fibra (PoF). La aplicación i Master NCE facilita la gestión y optimización de red, reduciendo la carga de trabajo de operación y mantenimiento. Se planea extender la solución al campamento base de escaladores en 2024. Huawei continuará colaborando con China Mobile para construir redes ópticas gigabit mediante tecnologías innovadoras. Este avance destaca la importancia de la conectividad en entornos desafiantes y la contribución de Huawei a la transformación digital en cooperación con operadores globales. [3]

- Oi S.A

Oi, una destacada empresa brasileña de telecomunicaciones se posiciona como uno de los principales proveedores de servicios que abarcan telefonía fija, telefonía móvil, banda ancha y televisión por suscripción en el país. En su búsqueda de soluciones avanzadas, Oi ha establecido una colaboración estratégica con Huawei, reconocido líder en la implementación de redes FTTR (Fiber to the Room).

La solución proporcionada por Huawei no solo ofrece velocidades excepcionales, sino que también garantiza una cobertura integral del 100% en el entorno doméstico, tasas de enlace de 2 Gbps y una transición fluida entre dispositivos.

En la actualidad, solo la mitad de los usuarios de banda ancha en Brasil tienen acceso a conexiones que oscilan entre 200-400 Mbps, y únicamente el 10% disfruta de velocidades de 500-900 Mbps. Con el propósito de superar estas limitaciones, Oi ha implementado la estrategia Fibra X, la cual se centra en servicios FTTR, llevando la fibra óptica directamente a las habitaciones y proporcionando una experiencia de usuario sin precedentes.

La fortaleza distintiva de FTTR radica en su capacidad para ofrecer velocidades que superan los 1000 Mbps en cada rincón de un hogar, abriendo así las puertas a aplicaciones cada vez más demandadas, como educación en línea, trabajo remoto y entretenimiento inmersivo. Este enfoque no solo mejora significativamente la experiencia del usuario, sino que también impulsa la retención de clientes y los ingresos promedio por usuario. Para el presente año, el objetivo de Oi consiste en convertir a 10,000 usuarios de alto valor mediante la implementación de esta tecnología de vanguardia. [4]

- Movistar España

A partir del 4 de diciembre de 2023, Movistar llevará a cabo el despliegue de su innovador servicio en las ciudades de Madrid y Barcelona, marcando un hito significativo en el panorama de las comunicaciones. Previamente, se han ejecutado planes piloto, cuya información se mantiene confidencial, proporcionando una base sólida para ofrecer el servicio de manera integral. Esta iniciativa busca revolucionar la conectividad al ofrecer velocidades máximas de hasta 1 Gbps, estableciendo un nuevo estándar en el mercado. [5]

Movistar se posiciona con una propuesta competitiva al presentar una tarifa de 9.90 euros, posicionándose como una opción atractiva en el segmento de servicios de alta velocidad. Esta estrategia tarifaria refleja el compromiso de la compañía por brindar accesibilidad y calidad en un mercado cada vez más exigente.

Este lanzamiento representa no solo un avance tecnológico significativo, sino también un compromiso de Movistar con la mejora continua y la satisfacción del cliente. El despliegue inicial en Madrid y Barcelona marca el inicio de una expansión que seguramente transformará la experiencia de conectividad en estos centros urbanos y más allá.

- Hotal One Ibiza Suites

One Ibiza Suites, un distinguido complejo hotelero en Ibiza, ha adoptado la tecnología Fiber To The Room (FTTR) como parte de su estrategia para potenciar la infraestructura de comunicaciones y garantizar una experiencia excepcional para sus clientes. El despliegue de la red FTTR implica la implementación de la tecnología Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON), brindando al hotel una serie de beneficios notables.

Con el enfoque en GPON, la fibra óptica se conecta directamente desde el rack de comunicación hasta las unidades de red óptica (ONUs) en las suites, eliminando la necesidad de equipamiento activo intermedio y simplificando la arquitectura de red. Esta implementación ha generado mejoras sustanciales en One Ibiza Suites, incluyendo un aumento significativo del ancho de banda y la capacidad de la red, así como una mejora destacada en la experiencia del usuario gracias a una calidad de servicio mejorada. Este paso hacia FTTR ha fortalecido la posición competitiva del hotel al ofrecer una conectividad avanzada y servicios mejorados a sus huéspedes [6].

- ZTE

En el marco de una colaboración estratégica, ZTE Corporation y True Corporation han desarrollado una innovadora solución Wi-Fi totalmente óptica para el prestigioso complejo hotelero Wyndham Royal Lee Phuket en Tailandia. La iniciativa surgió ante la necesidad de actualizar la obsoleta infraestructura de red del hotel, incapaz de satisfacer las cambiantes demandas de conectividad de sus huéspedes. Ante los desafíos de una solución VDSL, caracterizada por una baja cobertura y velocidad insuficiente, se identificó la implementación de Fiber To The Room (FTTR) como la solución ideal.

Esta solución, respaldada por la tecnología GPON, elimina la necesidad de equipamiento activo intermedio al permitir la conexión directa de fibra óptica desde el rack de comunicación hasta las unidades de red óptica (ONUs) en cada habitación. Los resultados de la implementación FTTR han sido destacables, brindando a Wyndham Royal Lee Phuket beneficios tangibles, como un aumento significativo del ancho de banda y una mejora en la experiencia del usuario, particularmente a través de una calidad de servicio mejorada.

La solución también aborda problemas previos relacionados con la cobertura deficiente y la inestabilidad en la conexión Wi-Fi, que impactaban negativamente en la reputación del hotel. Con esta implementación, True Online ha desplegado terminales de red óptica (ONT) Wi-Fi 6 y puntos de acceso (AP), asegurando una cobertura completa y sin zonas muertas. La combinación de tecnologías FTTR y Wi-Fi 6 ha permitido ofrecer servicios ultrarrápidos, roaming inteligente y una capacidad de conexión masiva, transformando la experiencia de Internet para los huéspedes.

El éxito de esta colaboración se traduce en una mejora significativa en la calificación del hotel por parte de los usuarios y un aumento notable en la ocupación. El despliegue de FTTR se presenta como un modelo exitoso para la industria hotelera tailandesa, evidenciando las posibilidades y beneficios de esta solución en términos de eficiencia, calidad de servicio y satisfacción del cliente. La asociación entre True Corporation y ZTE Corporation no solo ha abordado los desafíos específicos del Wyndham Royal Lee Phuket, sino que también ha allanado el camino para futuras implementaciones de FTTR en el mercado tailandés, reafirmando el compromiso de ambas compañías con la innovación tecnológica y la mejora continua de la conectividad en el sector hotelero. [7]

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Dentro del marco teórico, se mencionará conceptos que deben considerarse durante el desarrollo del proyecto. Estos términos se aplicaron a lo largo del documento, mientras que otros están centrados en conocimientos que podrían ser beneficiosos para implementaciones futuras.

2.2.1 Calidad de Servicio QoS

La Calidad de Servicio (QoS) en redes se refiere a un conjunto de tecnologías y estrategias destinadas a gestionar eficientemente el tráfico de datos, garantizando niveles predefinidos de rendimiento en términos de velocidad, confiabilidad y latencia. Este enfoque es esencial para proporcionar servicios de red consistentes y satisfactorios, especialmente en entornos empresariales donde la entrega eficaz de aplicaciones críticas se convierte en un requisito fundamental. [8]

En el marco del proyecto, se ha definido el siguiente proceso para llevar a cabo la evaluación de la Calidad de Servicio (QoS).

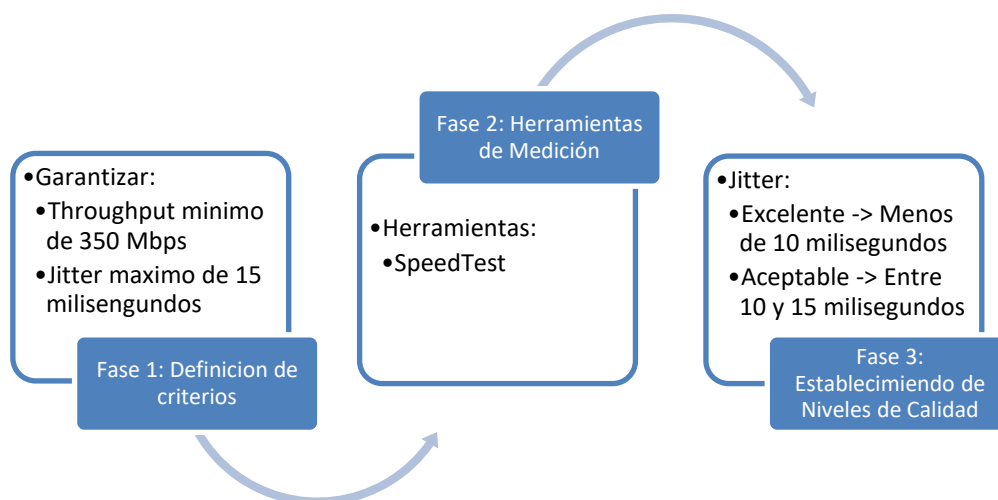


Ilustración 2. Proceso QoS

2.2.2 Calidad de Experiencia QoE

La Calidad de Experiencia (QoE) en aplicaciones se refiere a un conjunto de parámetros y estrategias diseñadas para asegurar una experiencia de usuario satisfactoria al interactuar con una aplicación específica. Esto implica considerar aspectos como, la facilidad de navegación y la claridad en la presentación de información. En el contexto de una aplicación de monitoreo de topología de red, la QoE se convierte en un factor crítico para garantizar que los usuarios puedan obtener información de manera eficiente y comprensible. [9]

En el marco del proyecto, se ha establecido el siguiente proceso para llevar a cabo la evaluación de la Calidad de Experiencia (QoE) en la aplicación de monitoreo de topología de red.

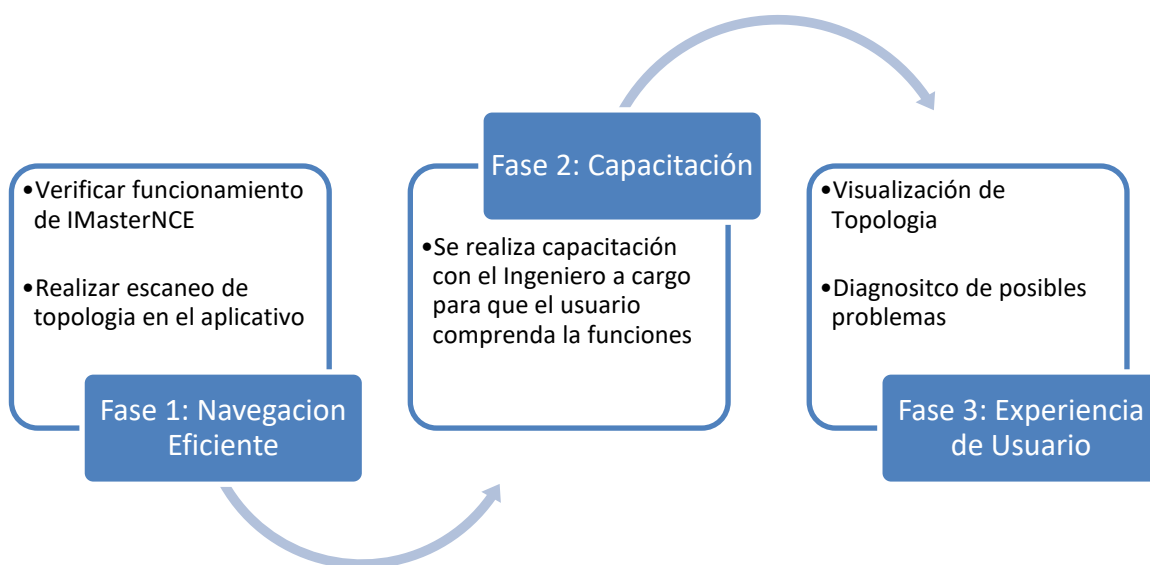


Ilustración 3 Proceso QoE

2.2.3 Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión de información que utiliza la luz para transmitir datos a través de una serie de fibras de vidrio o plástico.

Se ha convertido en el medio más atractivo para transportar información debido a su amplia gama de aplicaciones a través de las cuales se ofrecen velocidades más rápidas para

distancias más largas. La fibra óptica es inmune a interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencia, lo que la hace ideal para entornos con alta interferencia. Además, es más resistente a la corrosión y a la intemperie que los cables de cobre tradicionales. Se utiliza en una variedad de aplicaciones, desde la transmisión de datos a larga distancia hasta aplicaciones de salud, iluminación, actividades militares y la conexión de dispositivos dentro de una red local. [10]

2.2.4 Composición de la fibra óptica

La fibra óptica adopta la forma de un intrincado sistema de capas concéntricas, el cual está constituido por un núcleo, un revestimiento, una capa de amortiguación, fibras de refuerzo y una cubierta protectora, como se puede evidenciar en la ilustración 4.

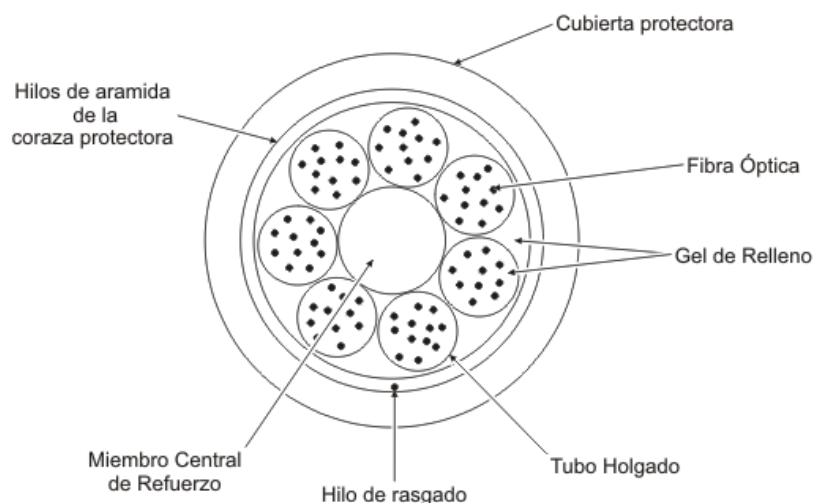


Ilustración 4 Composición fibra óptica. Tomado de: <https://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>

Cada uno de estos elementos cumple una función específica, el cual contribuye a preservación y la eficiencia en la transmisión óptica de datos, el cual son:

- **Núcleo:** Es el medio físico que transporta las señales ópticas desde la fuente de luz al dispositivo de recepción, el cual se compone de una fibra continua de vidrio, cuanto mayor sea el diámetro del núcleo, mayor es la cantidad de luz que el cable puede transportar.

- **Revestimiento:** La capa de revestimiento rodea el núcleo el cual tiene un índice refractante distinto al del núcleo, de manera que actúa como capa reflectante, permitiendo que las ondas de luz que intentan escapar del núcleo sean reflejadas y retenidas en su interior, este es un principio fundamental en la operación eficaz de las fibras ópticas.
- **Recubrimiento:** Es una capa externa que rodea las capas internas, como el núcleo y el revestimiento, proporciona protección física a la fibra óptica contra impactos y/o condiciones ambientales adversas.
- **Fibras de refuerzo:** Están incorporados alrededor de las capas internas (núcleo y revestimiento), proporciona resistencia y protección mecánica a la fibra, previenen la deformación o rotura durante instalación y/o manipulación.

2.2.5 Clasificación fibra óptica

La clasificación se basa principalmente en el modo de propagación de la luz a través de la fibra, dando lugar a dos clasificaciones predominantes las cuales son: Fibra Multimodo (MM) y Fibra Monomodo (SM). Sus principales características son presentadas en la tabla 2:

Tabla 2 Diferencia entre Fibra óptica Multimodo y Fobra óptica Monomodo

Fibra Óptica Multimodo	Fibra Óptica Monomodo
Permite la propagación de múltiples modos de luz	Permite la propagación de un solo modo de luz
Tiene un diámetro de núcleo más grande, normalmente entre 50 a 62.5 micrones	Tiene un diámetro de núcleo más pequeño, típicamente alrededor de 9 micrones
Apropiado para distancias más cortas, como redes locales (LAN) y enlaces de corta distancia	Apropiado para distancias mas largas, como enlaces de larga distancia y redes de área extensa (WAN)
Mayor ancho de banda y mayor dispersión modal	Mayor ancho de banda y menor dispersión modal
Clasificada en varios tipos (OM1, OM2, OM3, OM4)	Clasificada en diferentes categorías (G.652, G.656 y G.657)

La ilustración 5, compara las fibras monomodo (SM) y multimodo (MM) en un sistema de fibra óptica. La sección Fibras monomodo (SM) muestra un núcleo delgado para un solo modo de luz, ideal para distancias largas. La sección Fibras multimodo (MM) tiene un núcleo más ancho que admite múltiples modos de luz, adecuado para distancias más cortas, pero con mayor ancho

de banda. La representación visualiza las diferencias clave entre estos dos tipos de fibras [11]

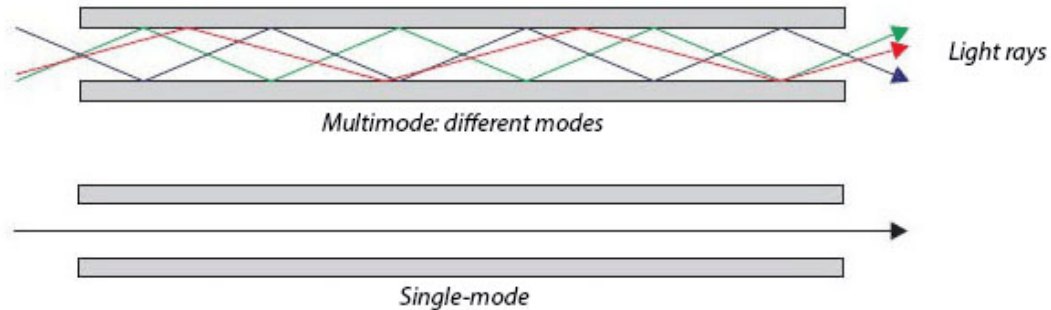


Ilustración 5 Fibra Multimodo y Fibra Monomodo. Tomado de: <https://www.blackbox.com.mx/mx-mx/page/28535/Recursos/Technical/black-box-explica/Fibre-Optic-Cable/Cable-de-fibra-optica-multimodo-vs-monomodo>

2.2.6 Topologías Fibra Óptica FTTx

La tecnología FTTx (Fiber to the x), representa una innovadora solución en el ámbito de las telecomunicaciones. Este enfoque aprovecha la potencia de la fibra óptica para proporcionar conectividad a los usuarios en distintos puntos de acceso a la red, ya sea en entornos residenciales o empresariales. La adopción de esta tecnología ha transformado la forma en que se experimenta la conectividad, ofreciendo velocidades de transmisión más rápidas, mayor ancho de banda y una mayor confiabilidad en comparación con las tecnologías tradicionales [12]

- **FTTN (Fiber to the Node)**

Se refiere al despliegue de fibra óptica desde la central principal de la red del operador hasta un nodo intermedio, generalmente una central secundaria en áreas como pueblos pequeños. En ciudades grandes, pueden existir varias centrales principales y múltiples centrales secundarias por barrios.

Este enfoque se utiliza para atender a unos cientos de clientes dentro de un radio de aproximadamente una milla. La "última milla" hacia la casa a menudo se cubre mediante DSL a

través de las líneas telefónicas existentes. Las tasas de datos están determinadas por la proximidad del cliente al nodo y los protocolos de entrega. Este modelo optimiza la conectividad en áreas con densidades de población variables. [13]

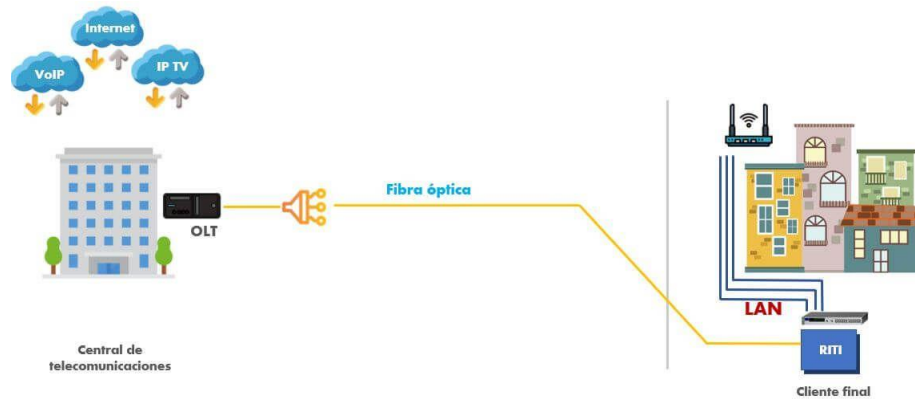


Ilustración 6 Topología FTTN. Tomado de: <https://sisutelco.com/introduccion-redes-fft/>

- **Fiber to the Home (FTTH)**

Se refiere a una tecnología de red en la cual la fibra óptica se extiende directamente desde la central del proveedor de servicios hasta la residencia del usuario. La implementación de FTTH proporciona velocidades de conexión más rápidas y un mayor ancho de banda en comparación con tecnologías tradicionales como DSL o cable coaxial. Al eliminar la necesidad de transiciones a otros tipos de cables en el último tramo, FTTH ofrece una conexión de extremo a extremo utilizando fibra óptica, lo que contribuye a una experiencia de usuario más rápida y eficiente. Este enfoque es especialmente valioso para satisfacer las crecientes demandas de ancho de banda para servicios como streaming de video de alta definición, juegos en línea y aplicaciones empresariales avanzadas.

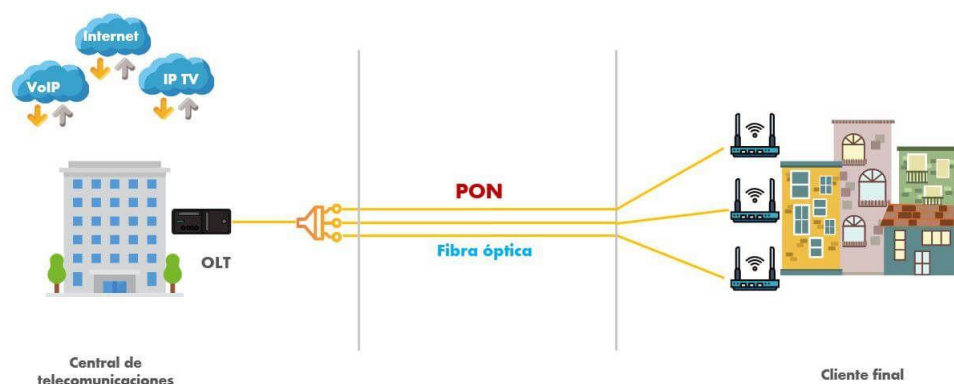


Ilustración 7 Topología FTTH. Tomado de: <https://sisutelco.com/introduccion-redes-fft/>

- **Fiber to the Room (FTTR)**

La evolución de la tecnología FTTH hacia FTTR representa un enfoque técnico significativo destinado a mejorar la conectividad y la calidad de servicio para usuarios residenciales. Este avance responde a la creciente demanda global de banda ancha en hogares, destacando que, para enero de 2022, la tecnología FTTH en China había alcanzado un notable 94% de adopción, con aproximadamente 960 millones de conexiones y una velocidad promedio de 146,62 Mb/s. No obstante, surge un desafío sustancial, evidenciado por el hecho de que el 76% de los hogares experimenta velocidades inferiores a 200 Mb/s.

La raíz de este problema se encuentra en la disposición convencional del terminal de red óptica (ONT), situado junto al punto de acceso WiFi, lo que limita la capacidad de alcanzar velocidades contratadas. En este contexto, donde aplicaciones y servicios de alta demanda, como educación en línea, hogares inteligentes, realidad virtual, resolución 8K y trabajo remoto, exigen mayores velocidades, surge la necesidad de una solución integral.

Para abordar estos desafíos y mejorar la experiencia del usuario, emerge la tecnología FTTR, que implementa una topología P2MP (Punto a Multipunto). Esta configuración implica la presencia de un ONT maestro (Optical Network Terminal), uno o más ONTs de borde (esclavos) y una plataforma de gestión en la nube (CMP). La adopción de esta innovadora topología no solo

resuelve los inconvenientes asociados con la ubicación tradicional del ONT, sino que también facilita una gestión eficiente y automatizada de la red FTTR, ofreciendo una capacidad compartida de hasta 10 Gb/s de bajada y hasta 2.5 Gb/s de subida. Esta evolución tecnológica se erige como una respuesta integral para satisfacer las demandas actuales de conectividad de alta velocidad en entornos residenciales. [14]

- **Topología P2MP (Punto a multipunto)**

FTTR adopta una topología de punto a multipunto, lo que implica la presencia de una ONT maestro (Optical Network Terminal), uno o más ONTs de borde (Esclavo) y una plataforma de gestión en la nube (iMaster NCE) como se puede evidenciar en la ilustración 6.

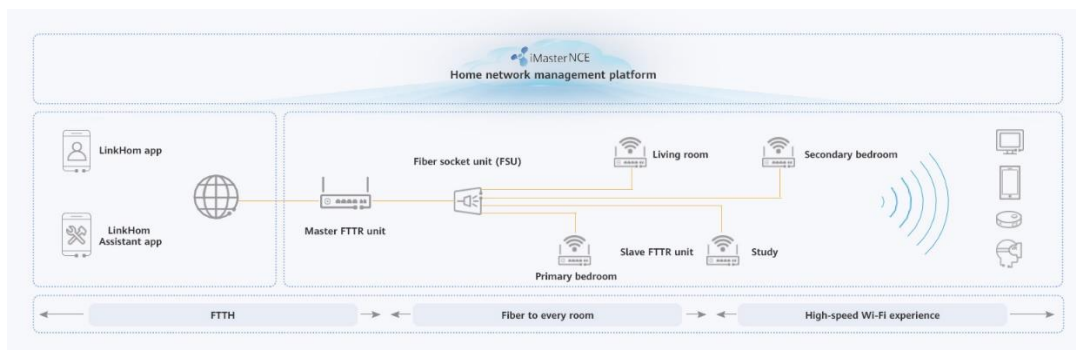


Ilustración 8 Topología Huawei FTTR. Tomado de: support.huawei.com

El ONT maestro sirve como Gateway entre el operador de la red y el hogar, mientras las ONTs de borde facilitan el acceso inalámbrico a los dispositivos mediante WiFi 6. Al tener una topología multipunto P2MP el usuario tendrá una experiencia más consistente y sin interrupciones. Las características principales de la solución de Huawei consisten en [15]:

Cobertura:

Ofrece una cobertura extraordinaria, admitiendo hasta 17 puntos de acceso Wi-Fi 6 en

escenarios domésticos. Esto garantiza una cobertura Gigabit Wi-Fi 6 y roaming Wi-Fi fluido sin interrupción del servicio.

Acceso Simultaneo:

En escenarios domésticos, FTTR permite el acceso simultáneo de 128 terminales inteligentes, sentando una base totalmente óptica para hogares inteligentes. Para PYME, se pueden implementar 32 puntos de acceso Wi-Fi 6, facilitando redes ultra-gigabit.

Optimización Automática:

Utiliza un SSID para toda la casa, compartiendo Wi-Fi de 2.4 GHz y 5 GHz bajo el mismo nombre. El módem óptico principal FTTR selecciona automáticamente la banda de frecuencia según la intensidad de la señal del equipo terminal, priorizando la banda de 5 GHz para una capacidad de carga de ancho de banda óptimo.

Roaming Continuo

Permite roaming Wi-Fi en toda la casa, asegurando que las transiciones entre puntos de acceso OTN esclavos sean rápidas y sin interrupciones perceptibles, incluso durante videollamadas, educación en línea y juegos en línea, mejorando de manera significativa la experiencia de usuario.

CPM (iMaster NCE)

Con la plataforma avanzada de operación y mantenimiento iMaster NCE y las aplicaciones integradas para usuarios, Huawei FTTR lleva a cabo la visualización de topología, la administración automática de red y la optimización rápida de la experiencia en entornos domésticos y empresariales de pequeña y mediana escala. Esta integración no solo impulsa la eficiencia operativa, sino que también disminuye la necesidad de visitas presenciales. La figura siguiente ilustra algunas de las funciones clave, permitiendo visualizar los dispositivos conectados, generar informes diarios y diagnosticar posibles problemas en la topología. Esta mejora significativa en la experiencia del usuario el cual tiene la capacidad de identificar cualquier fallo en la red.

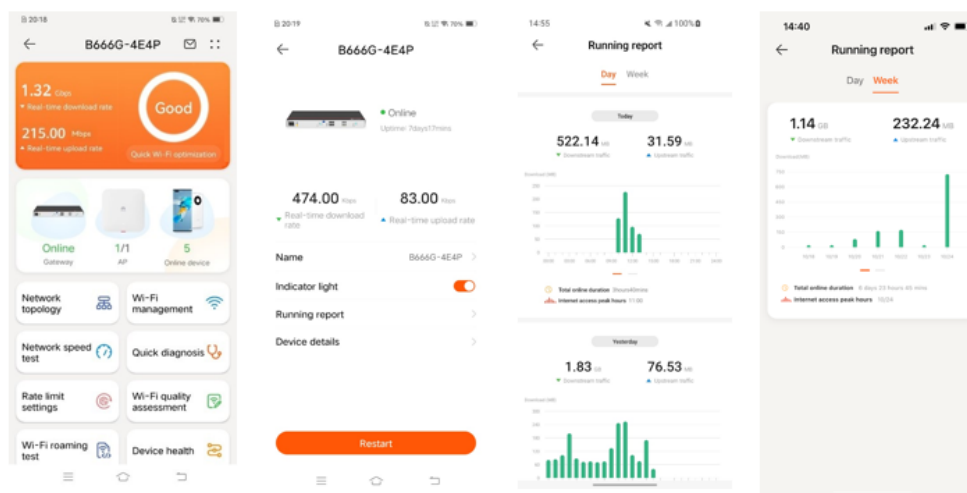


Ilustración 9 Visualización APP FTTR Tomado de: support.huawei.com

Esta aplicación desempeña un papel crucial en el proceso, considerando la existencia de dos usuarios principales: el técnico encargado de la instalación y el usuario final. El técnico utiliza la aplicación para llevar a cabo un escaneo exhaustivo de la vivienda, permitiendo al sistema determinar la cantidad óptima de dispositivos necesarios para lograr una cobertura óptima. La ilustración 8 podemos evidenciar una instalación inicial en la que se identifica que uno de los cuartos carece de la cobertura adecuada, indicando la necesidad de incorporar un equipo adicional para garantizar una conectividad efectiva.

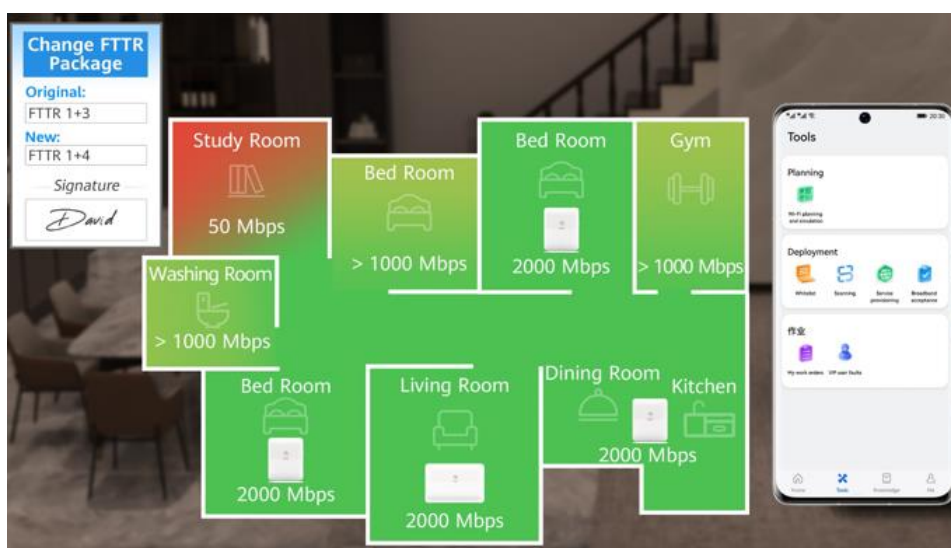


Ilustración 10 Visualización Plano APP FTTR. Tomado de: support.huawei.com

La imagen siguiente exhibe una cobertura adecuada que ha sido validada y aprobada por

el sistema iMaster NCE. Este sistema, mediante su capacidad de evaluación, confirma que la disposición y configuración actual garantizan una cobertura óptima, proporcionando así un respaldo técnico a la eficiencia del despliegue de la red. La validación por parte del iMaster NCE no solo certifica la correcta implementación, sino que también respalda la experiencia del usuario al asegurar un rendimiento confiable de la red. [15]

3 DESARROLLO

Este capítulo se centra en la instalación llevada a cabo en las oficinas de un operador de telecomunicaciones en Colombia, cuyo nombre se mantiene confidencial por razones de privacidad. Aquí se detallarán los equipos utilizados y se analizarán las mejoras evidenciadas en la red como resultado de esta implementación. Dada la naturaleza confidencial del proyecto, se respetarán rigurosamente todas las normativas de privacidad para preservar la integridad de la información sensible.

El proyecto se llevó a cabo con el objetivo de optimizar la red, que inicialmente hacía uso de la tecnología Fiber to the Home (FTTH). Sin embargo, se enfrentaba a limitaciones significativas en la velocidad de subida y bajada. Con la finalidad de ofrecer una experiencia de usuario más satisfactoria y cumplir con las necesidades del cliente, se optó por la instalación de Fiber to the Room (FTTR). La implementación se ejecutó en los pisos noveno y décimo, donde se realizó un testeo inicial para evaluar la velocidad con la tecnología Fiber to the Home (FTTH). En la ilustración 11 se puede evidenciar los datos obtenidos en el noveno piso.



Ilustración 11 Datos obtenidos piso noveno Tomado de: support.huawei.com

Los datos obtenidos revelaron que la velocidad de descarga era de 60.8 Mbps y la de carga de 62.6 Mbps. En la ilustración 12 se puede evidenciar los datos obtenidos en el décimo piso.

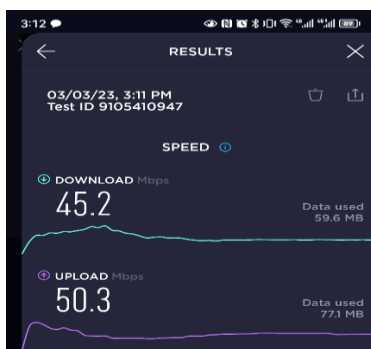


Ilustración 12 Datos obtenidos piso noveno Tomado de: support.huawei.com

Los datos obtenidos revelaron que la velocidad de descarga era de 45.2 Mbps y la de carga de 50.3 Mbps. Estas cifras no satisfacían las expectativas del cliente, quien reportaba interferencias en su experiencia, por lo que se procedió a realizar la implementación de la tecnología Fiber to the Room (FTTR)

3.1 EQUIPOS UTILIZADOS

Para obtener la topología de Fiber to the Room (FTTR), se necesitan principalmente cuatro elementos fundamentales. Estos componentes desempeñan funciones esenciales en el diseño y la implementación eficaz de la solución de Huawei, destacando que todos los equipos utilizados pertenecen a la infraestructura de Huawei, a continuación, en la ilustración 13 se evidencia la topología usada por Huawei

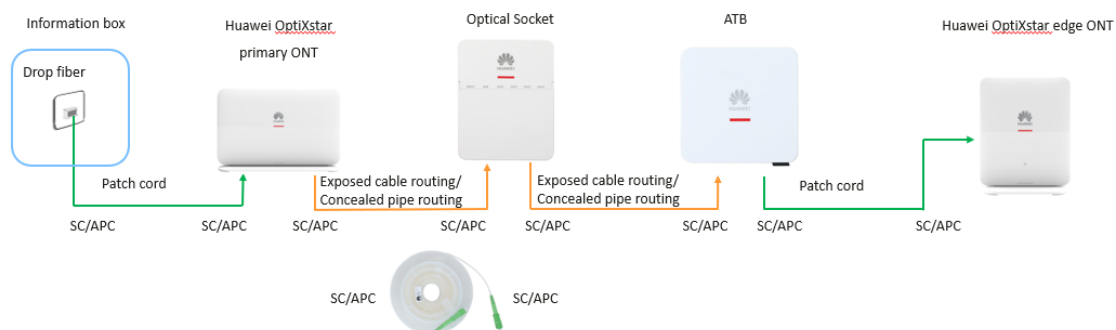


Ilustración 13 Topología FTTR de Huawei Tomado de: support.huawei.com

Master FTTR

- **Huawei OpiXstar V163**



Ilustración 14 Equipo Huawei OpiXstar V163 Tomado de: support.huawei.com

Este dispositivo tiene la función de maestro, el cual aprovecha las tecnologías GPON y Wi-Fi 6 para proporcionar acceso ultra ancho de banda, rendimiento elevado y una cobertura extensa para los usuarios.

Da soporte para Wi-Fi 6 con un ancho de banda de 160 MHz y una velocidad de interfaz aérea de 574 Mbps (2.4 GHz); 2402 Mbps (5 GHz) garantiza una conectividad robusta y de alta velocidad. Además, destaca por su capacidad para sincronizar automáticamente las configuraciones con ONTs en el borde, facilitando la implementación plug-and-play de ONTs en el borde y respaldando la prestación de múltiples servicios. [14]

- **OpiXstar B666G**



Ilustración 15 Equipo OpiXstar B666G Tomado de: support.huawei.com

La ONU (Unidad de Red Óptica) cuenta con una interfaz NNI (Interfaz de Red de Usuario)

compatible con la tecnología GPON (Red Óptica Pasiva Gigabit). Además, dispone de una interfaz UNI (Interfaz de Red de Usuario) que incluye 4 puertos Gigabit Ethernet (GE), 4 puertos para líneas telefónicas (POTS), y 1 puerto óptico. [15]

SLAVE FTTR

- **Huawei OptiXstar k153/k153-10**

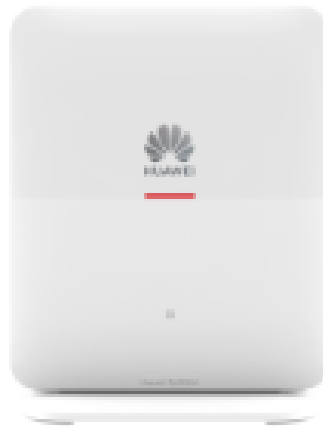


Ilustración 16 Equipo Huawei OptiXstar k153/k153-10 Tomado de: support.huawei.com

Este función tiene la función del slave, se destaca por dar respalda a un acceso ultra gigabit, ofreciendo conectividad Wifi Gigabit de doble banda y puertos de red Gigabit a los usuarios, entre sus mayores características incluye el soporte para transmisión óptica ascendente, cuenta con Wifi 6 y un ancho de banda de 160 MHz, proporcionando velocidades 574 Mbps (2.4 GHz) y 2402 Mbps (5GHz), incorporara funciones de roaming de Wifi (802.11k/v) lo que permite una optimización de conectividad y reducimiento de interrupciones al momento de cambiar de ubicación, igualmente admite servicios de High Speed Internet (HSI) e IPTV, obteniendo una implementación integral para soluciones de FTTR [16]

ODN

- **Socket**

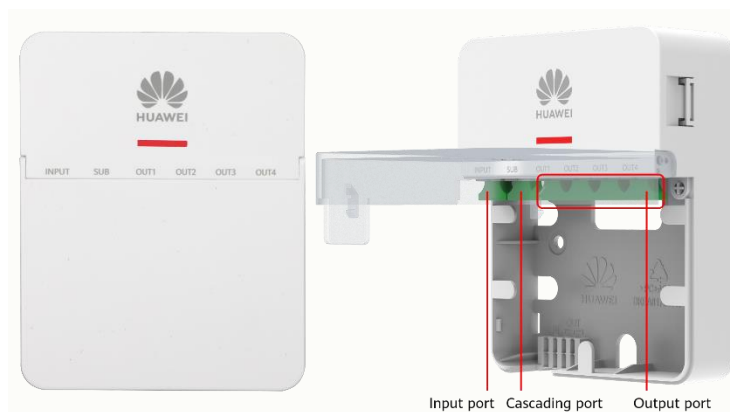


Ilustración 17 Equipo Socket Tomado de: support.huawei.com

Consta de 6 adaptadores de socket SC/APC y un divisor 1:5 para una distribución eficiente de la señal óptica, Esta configuración garantiza conectividad robusta y acceso a servicios avanzados en cada habitación.

3.1.1 INSTALACIÓN

Por razones de confidencialidad, no se incluirán fotografías de la instalación ni de las oficinas; sin embargo, se proporcionarán los planos para ilustrar el diseño y la disposición de los elementos. A continuación, en las ilustraciones 18 y 19, se presentan los planos correspondientes a la instalación proyectada para ambos pisos, tal como se mencionó previamente



Ilustración 18 Plano noveno piso Tomado de: support.huawei.com



Ilustración 19 Plano decimo piso Tomado de: support.huawei.com

Mediante la aplicación We FTTR - iMaster NCE, se lleva a cabo el escaneo de la zona con el objetivo de que la aplicación identifique la ubicación óptima de los equipos para garantizar una cobertura eficiente. A continuación, se presenta la topología seleccionada, donde se establece que el piso noveno será el punto principal para la instalación de los equipos clave: 1 Huawei OptiXstar V163, 1 OptiXstar B666G, 1 ATB1 y 8 Edge FTTR. Posteriormente, se estableció la conexión con el ATB2 ubicado en el piso décimo, donde se instalarán 8 Edge FTTR, como se muestra en la ilustración 20.

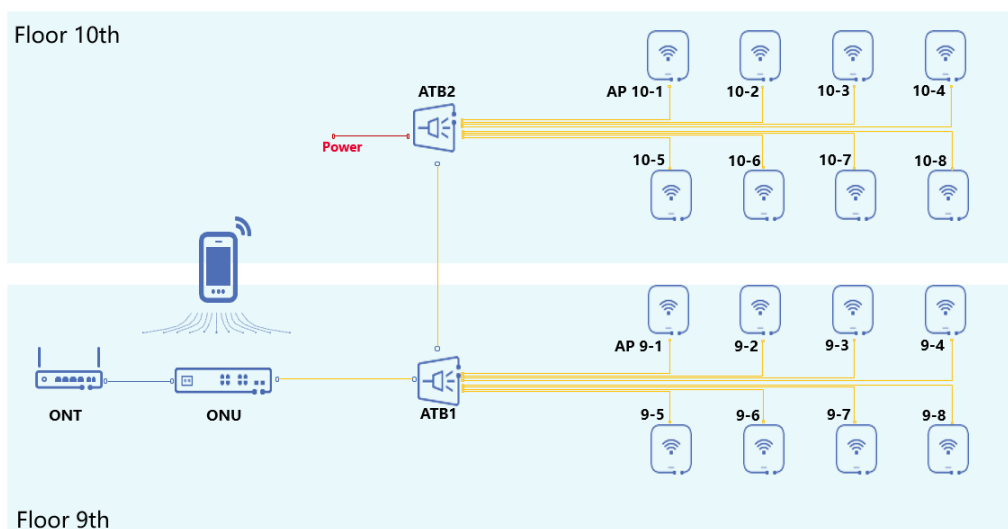


Ilustración 20 Topología FTTR Tomado de: support.huawei.com

A continuación, se presenta la disposición de los 8 Edge FTTR en el piso noveno, destacando su ubicación en puntos estratégicos que optimizan la cobertura, como se muestra en

la siguiente imagen.

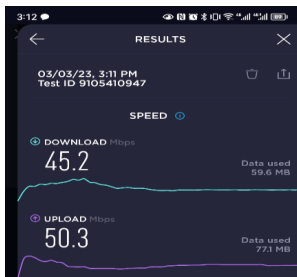
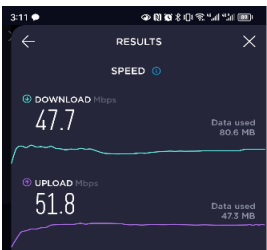
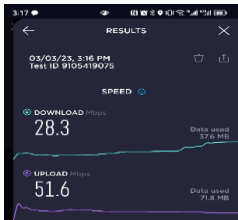
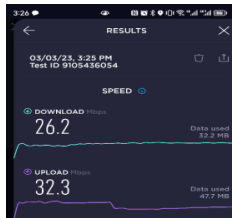


Ilustración 21 Planos noveno piso con puntos de instalación Tomado de: support.huawei.com

Se llevó a cabo una evaluación preliminar en cada uno de los puntos antes de implementar la tecnología Fiber to the Room (FTTR) con el objetivo de identificar mejoras en la red. Inicialmente, con la tecnología Fiber to the Home (FTTH), se recopilaban datos en diversos puntos estratégicos. Los resultados de esta evaluación se detallan en la siguiente tabla 3 a continuación:

Tabla 3 Resultados velocidad piso noveno

Fuente: Creación propia

Punto	Velocidad de Descarga (Mbps) y Velocidad de Carga (Mbps)	Punto	Velocidad de Descarga (Mbps) y Velocidad de Carga (Mbps)
9-1		9-2	
9-3		9-4	
9-5		9-6	
9-7		9-8	

Los resultados muestran que en el noveno piso, el promedio de velocidad de descarga es de 36.28 Mbps y la velocidad de subida es de 47.45 Mbps. Estos datos se presentan de manera visual en la siguiente gráfica, proporcionando una representación más clara y comprensible de las velocidades observadas.

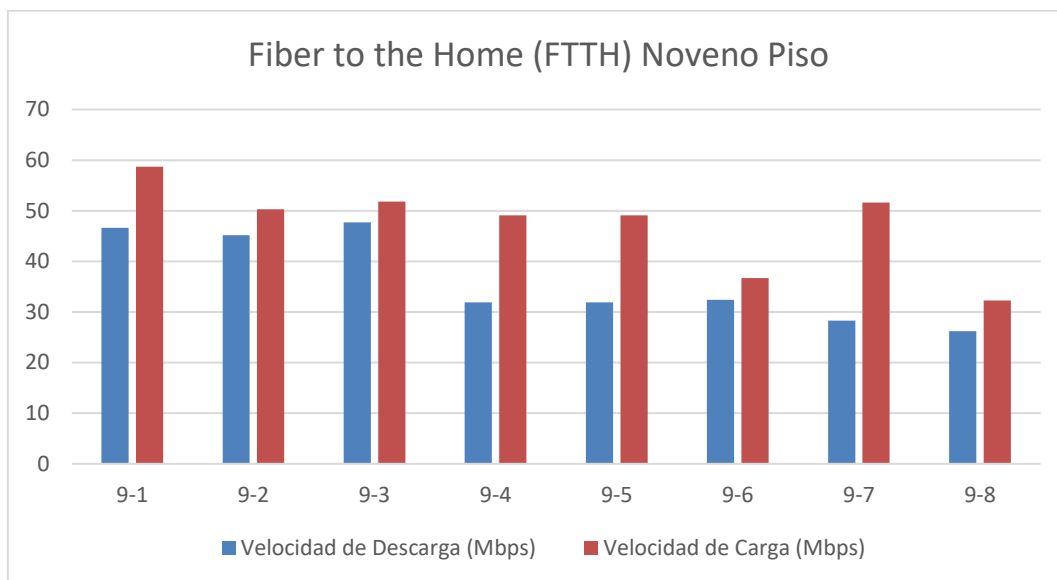


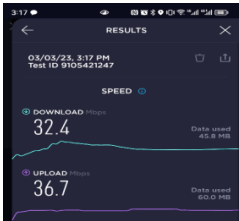
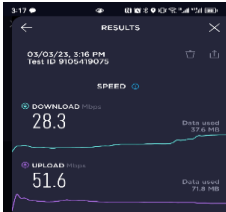
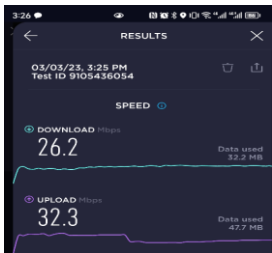
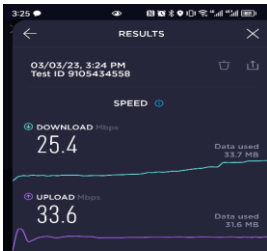
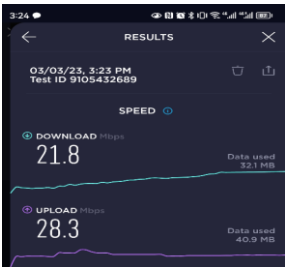
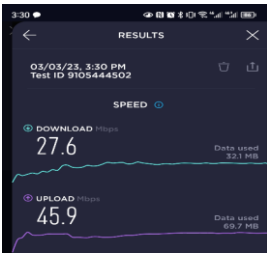
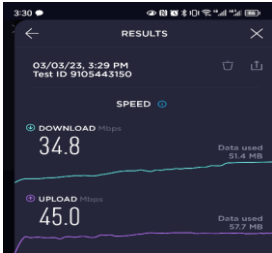
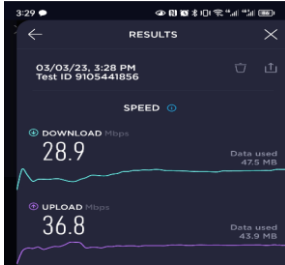
Ilustración 22 Resultados conectividad noveno piso

Fuente: Creación propia

De igual manera se realizó el análisis para el piso decimo, inicialmente un testeo de las velocidades con la tecnología inicial, como se puede detallar en la siguiente tabla:

Tabla 4 Tabla resultados décimo piso

Fuente: Creación propia

Punto	Velocidad de Descarga (Mbps) y Velocidad de Carga (Mbps)	Punto	Velocidad de Descarga (Mbps) y Velocidad de Carga (Mbps)
10-1		10-2	
10-3		10-4	
10-5		10-6	
10-7		10-8	

Los resultados muestran que, en el décimo piso, el promedio de velocidad de descarga es de 28,12 Mbps y la velocidad de subida es de 38,77 Mbps. Estos datos se presentan de manera visual en la ilustración 23, proporcionando una representación más clara y comprensible de las velocidades observadas.

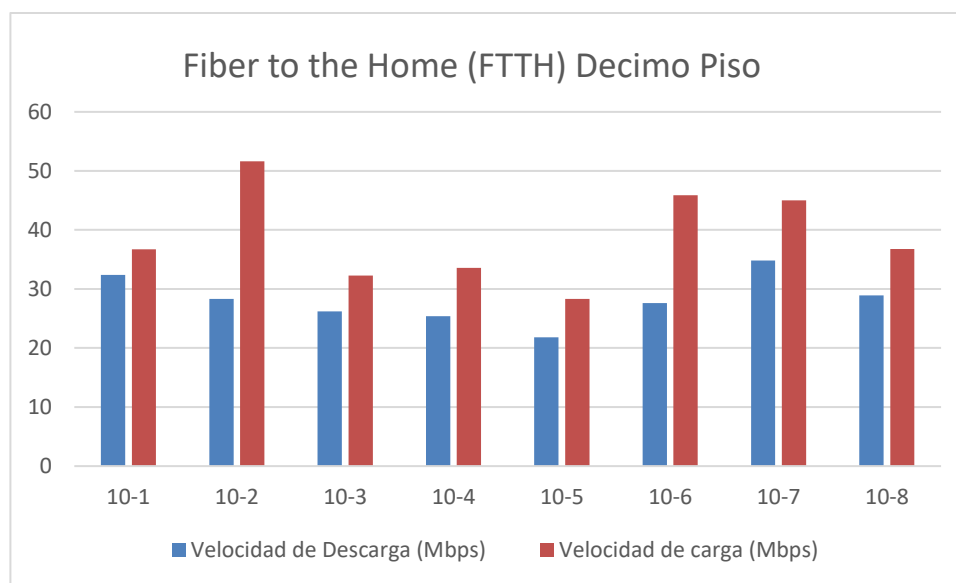


Ilustración 23 Resultados conectividad décimo piso

Fuente: Creación propia

Tras la implementación de la tecnología Fiber to the Room (FTTR), se procedió a realizar la recopilación de datos en cada uno de los puntos previamente evaluados con la tecnología Fiber to the Home (FTTH). Esto se llevó a cabo con el objetivo de realizar una comparación que permitiera analizar las diferencias y el aumento de Throughput en dichos puntos. Inicialmente, en la tabla 5 se presentan los datos obtenidos en el noveno piso.

Tabla 5. Resultados piso noveno con tecnología FTTR

Punto	Velocidad de Descarga (Mbps) y Velocidad de Carga (Mbps)	Punto	Velocidad de Descarga (Mbps) y Velocidad de Carga (Mbps)
9-1		9-2	
9-3		9-4	
9-5		9-6	
9-7		9-8	

Los resultados muestran que, en el noveno piso, el promedio de velocidad de descarga es de 710,75 Mbps y la velocidad de subida es de 676,25. Estos datos se presentan de manera visual en la ilustración 24, proporcionando una representación más clara y comprensible de las velocidades observadas.

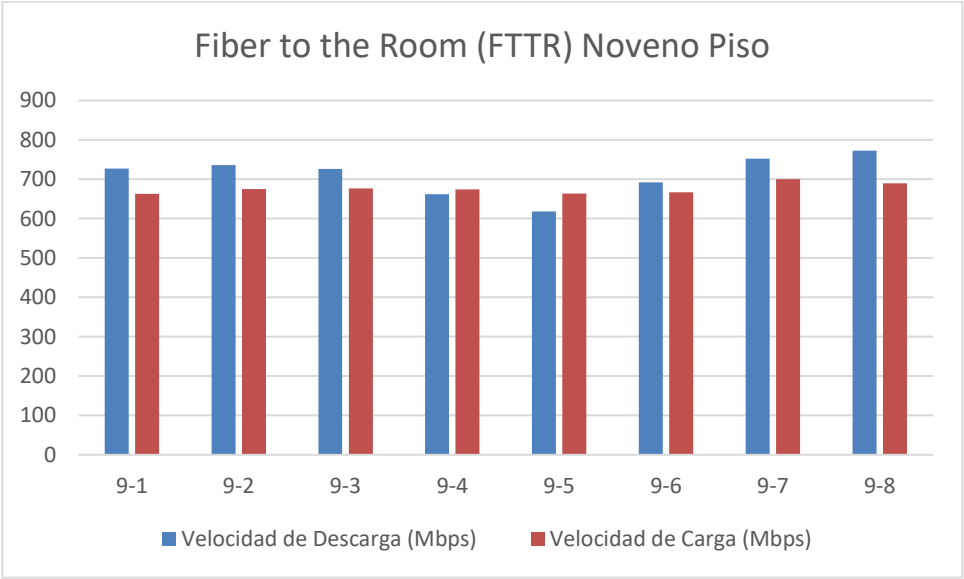
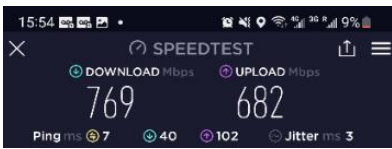
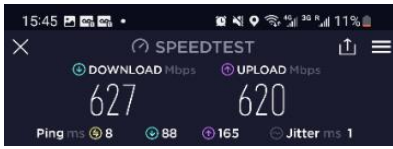


Ilustración 24. Resultados conectividad noveno piso

De igual manera se realizó el análisis para el piso decimo, como se puede detallar en la siguiente tabla:

Tabla 6 Resultados piso decimo con tecnología FTTR

Punto	Velocidad de Descarga (Mbps) y Velocidad de Carga (Mbps)	Punto	Velocidad de Descarga (Mbps) y Velocidad de Carga (Mbps)
10-1		10-2	
10-3		10-4	
10-5		10-6	
10-7		10-8	

Los resultados muestran que, en el décimo piso, el promedio de velocidad de descarga es de 733,75 Mbps y la velocidad de subida es de 678,75. Estos datos se presentan de manera visual en la ilustración 24, proporcionando una representación más clara y comprensible de las velocidades observadas.

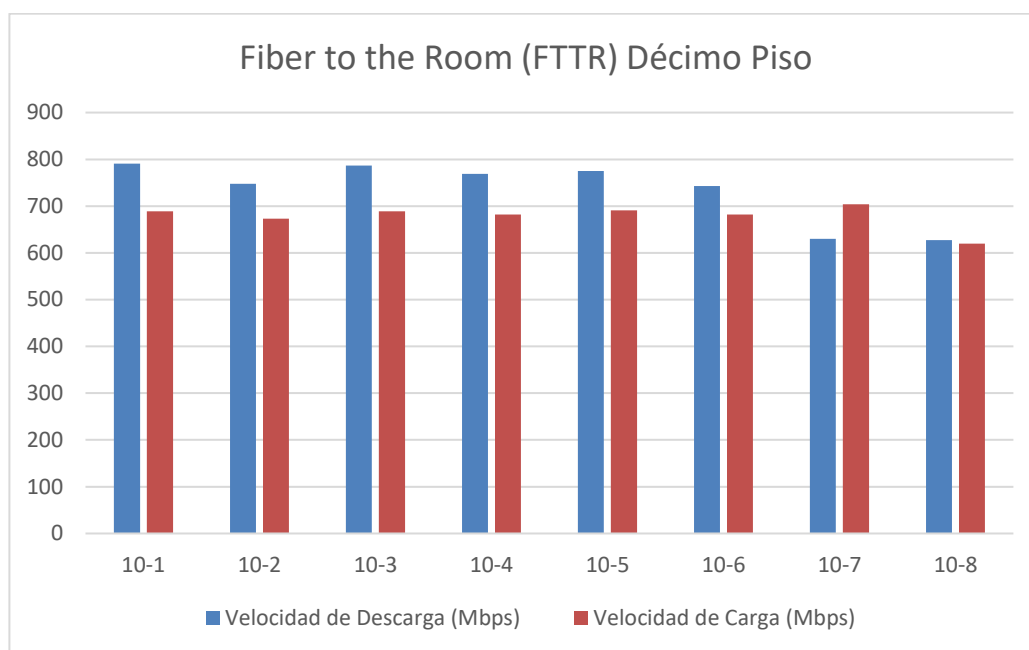


Ilustración 25 Resultados conectividad décimo piso

La implementación de la tecnología Fiber to the Room (FTTR) ha demostrado su eficacia al comparar los resultados antes y después de la transición desde la tecnología Fiber to the Home (FTTH). A continuación, se presentan la ilustración 26 y 27 donde se puede evidenciar una comparación con los datos recolectados. Estas representaciones visuales proporcionarán una comprensión más clara de las mejoras significativas en las velocidades de descarga y carga, destacando el impacto positivo de la adopción de Fiber to the Room (FTTR) en la red.

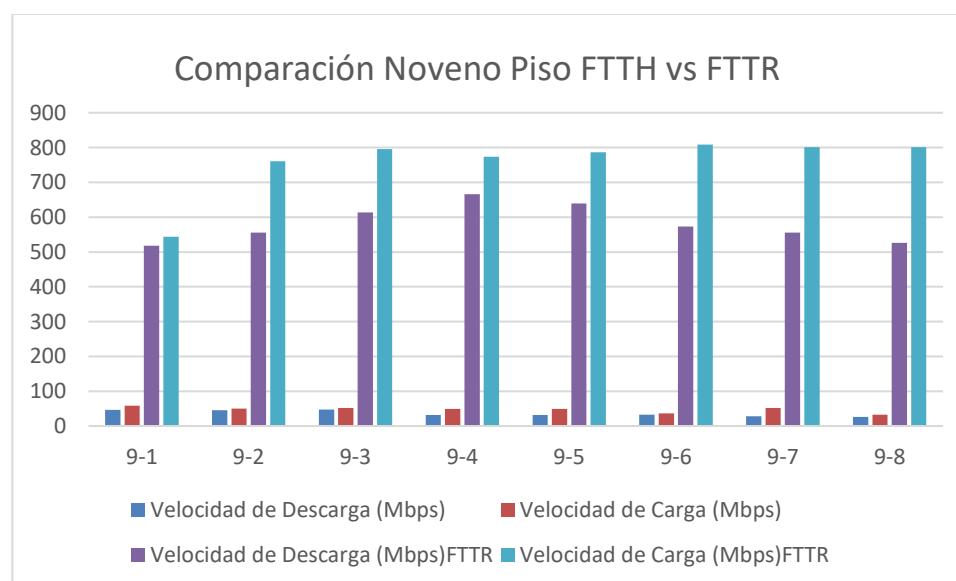


Ilustración 26 Comparación conectividad noveno piso

Fuente: Creación propia

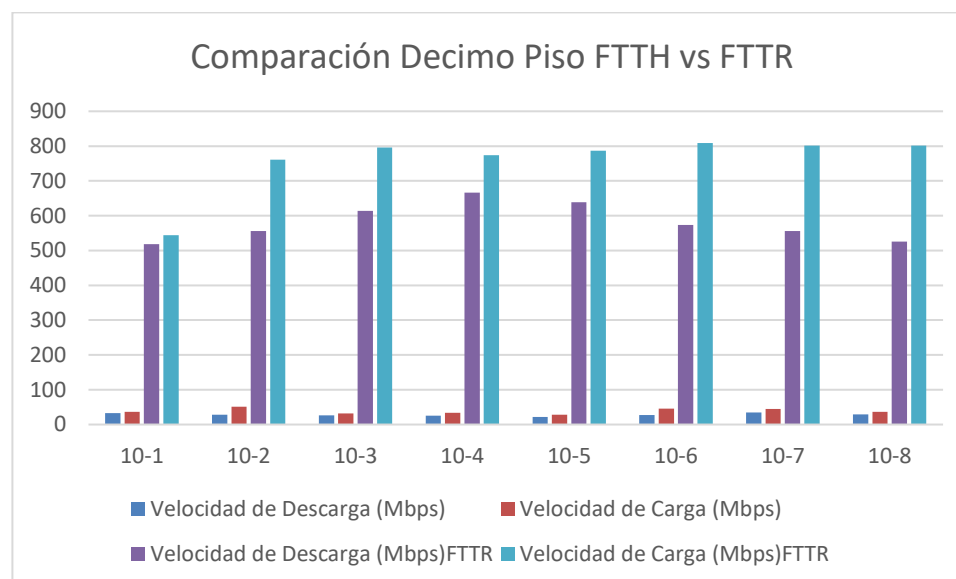


Ilustración 27 Comparación conectividad décimo piso

Fuente: Creación propia

En el piso noveno, donde se realizó la instalación principal, se observan mejoras sustanciales en las velocidades de descarga y carga, inicialmente, las velocidades promedio eran de 36,28 Mbps y 47,45 Mbps, respectivamente. Tras la implementación de Fiber to the Room (FTTR), estas velocidades experimentaron un incremento significativo, alcanzando los 710,75 Mbps y 676,25 Mbps, representando un aumento del 1097%.

De manera similar, en el piso décimo, donde se estableció el segundo punto de acceso Fiber to the Room (FTTR), se evidencian mejoras notables. La velocidad de descarga aumentó de 28,18 Mbps con Fiber to the Home (FTTH) a 733,75 Mbps después de la transición, mientras que la velocidad de carga pasó de 38,775 Mbps a 678,75 Mbps, representando un incremento del 1576%.

En relación con el indicador de rendimiento conocido como jitter, se informa que solo se pueden compartir los resultados obtenidos en el piso 10 debido a restricciones de confidencialidad, lo que impidió dar información en todos los puntos de instalación. Anteriormente, los valores registrados revelaban una descarga con un jitter de 8 y una subida de 23, como se evidencia en la ilustración 28. No obstante, a través de la implementación, se obtuvo

una notable mejora, reduciendo el jitter en la descarga a 2, obteniendo una mejora porcentual del 75% y en la subida a 12, obteniendo una mejora porcentual del 48%, como se evidencia en la ilustración 29.

Esta reducción en los valores de jitter representa la estabilidad de la conexión, disminuyendo las variaciones en el tiempo de llegada de los paquetes de datos. La implementación ha contribuido así a una experiencia de usuario más fluida y consistente, asegurando una transmisión de datos más estable tanto en la dirección de descarga como en la de subida.



Ilustración 28. Jitter tecnología FTTH Tomado de: support.huawei.com



Ilustración 29. Jitter tecnología FTTR Tomado de: support.huawei.com

En el desarrollo de este trabajo, se lograron abordar de manera integral todos los objetivos establecidos. El primer objetivo se abordó en el capítulo de marco teórico, se identificó Fiber to the Room (FTTR) como una variante fundamental de Fiber to the Home (FTTH), proporcionando un contexto claro para entender las diferencias y ventajas inherentes a FTTR. Este análisis sentó las bases para la posterior evaluación del desempeño de la red.

En términos de desempeño, se estableció el objetivo de evaluar y comparar los resultados antes y después de la implementación de FTTR. Los datos cuantitativos presentados destacaron una mejora significativa en la estabilidad y eficiencia de la red, respaldando así la validez y eficacia de la transición a FTTR.

Adicionalmente, se abordó el objetivo de mejorar la experiencia del usuario de manera proactiva. La introducción de una aplicación asociada a Fiber to the Room (FTTR), con una interfaz intuitiva que visualiza la topología de la red, facilita a los usuarios la identificación y resolución eficiente de posibles problemas de conectividad. Esta herramienta no solo añade practicidad, sino que también contribuye a una mejora en la satisfacción del usuario.

En conclusión, desde la identificación y comprensión de Fiber to the Room (FTTR) hasta la evaluación cuantitativa del rendimiento de la red y la mejora en la experiencia del usuario, este trabajo ha alcanzado con éxito los objetivos propuestos. La implementación de Fiber to the Room (FTTR) no solo ha superado limitaciones previas, sino que también ha sentado las bases para futuras mejoras en la red, respaldando así la toma de decisiones informada para optimizar continuamente el rendimiento de la red en entornos tecnológicos dinámicos.

4 CONCLUSIONES

4.1 CONCLUSIONES

La transición de Fiber to the Home (FTTH) a Fiber to the Room (FTTR) ha evidenciado un notable incremento en las velocidades de descarga y carga, mejorando sustancialmente la experiencia del usuario con conexiones más rápidas y eficientes. La aplicación We FTTR – iMaster NCE juega un papel esencial al permitir el escaneo de la zona, visualización de la topología de la red, generación de reportes y alertas de fallas. Esto facilita un monitoreo proactivo y respuestas rápidas ante posibles problemas, contribuyendo a una gestión eficaz de la red.

La función de roaming proactivo de Wi-Fi (802.11k/v) en FTTR optimiza la conectividad, reduciendo las interrupciones al cambiar de ubicación y proporcionando una experiencia de usuario más fluida.

Por último, se subraya la necesidad de establecer normativas específicas para FTTR, dado su carácter emergente. La falta de estándares claros puede plantear desafíos en interoperabilidad y calidad de servicio. Se recomienda trabajar en normativas que aborden aspectos clave, como seguridad, calidad del servicio e interoperabilidad, para garantizar la confiabilidad y eficacia de las redes FTTR y fomentar su adopción generalizada.

5 REFERENCIAS.

[1] Cisco. (2021). Internet User Trends: The Digital Future. Cisco.
<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>

[2] Ookla. (2022). Global Broadband Speed Test Results. Ookla.
<https://www.speedtest.net/global-index>

[3] Huawei. (2023). China Mobile se asocia con Huawei para implementar la primera red FTTR-B en el Monte Everest. Foro Huawei. <https://forum.huawei.com/enterprise/es/china-mobile-se-asocia-con-huawei-para-implementar-la-primera-red-fttr-b-en-el-monte-everest/thread/708887444549681152-667212892367368192>

[4] Huawei. (s.f.). Voices from Industry: VIP3. Carrier. Recuperado de <https://carrier.huawei.com/en/winwin/43/Voices-From-Industry/vip3>

[5] Xataka. (2023). Así es la nueva fibra 'FTTR' de Movistar: la tecnología para acabar con extensores WiFi convencionales dentro de casa

. Recuperado de <https://www.xataka.com/servicios/asi-nueva-fibra-fttr-movistar-tecnologia-para-acabar-extensores-wifi-dentro-casa>

[6] Smith, J. (2018). Fiber To The Room (FTTR) Hospitality Solution at One Ibiza Suites. Telnet Redes Inteligentes. URL: https://www.telnet-ri.es/wp-content/uploads/2018/01/FTTR_Hospitality_solution_One_Ibiza_Suits-.pdf

[7] ZTE teams up with True to build Thailand's first FTTR community. (s/f). Com.Cn. Recuperado el 15 de diciembre de 2023, de <https://www.zte.com.cn/global/about/news/zte-teams-up-with-true-to-build-thailands-first-fttr-community.html>

[8] Fortinet. (2020). Calidad de Servicio QoS Recuperado de <https://www.fortinet.com/lat/resources/cyberglossary/qos-quality-of-service#:~:text=QoS%20permite%20a%20una%20organizaci%C3%B3n,rendimiento%20en%20todas%20sus%20redes.>

[9] Axiros. Calidad de Experiencia. Recuperado de <https://es.axiros.com/knowledge-base/qoe-quality-of-experience#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20significa%20QoE%3F,v%C3%ADdeo%20o%20un%20sitio%20web.>

[10] CEABAD. (2023, 9 de mayo). Introducción a la fibra óptica. Recuperado de <https://ceabad.com/2023/05/09/introduccion-a-la-fibra-optica/>

[11] ZMS Cables. (s.f.). Diferencias entre fibras multimodo y monomodo. Recuperado de <https://zmscables.es/diferencias-entre-fibras-multimodo-y-monomodo/>

[12] Sisutelco. (s.f.). Introducción a redes FTTx. Recuperado de <https://sisutelco.com/introduccion-redes-fft/>

[13] Conectronica. (s.f.). Fibra óptica: FTTx. Recuperado de <https://www.conectronica.com/fibra-optica/ftth-fft-x-fibra-optica/ftth-redes-fft-x-fibra-optica>

[14] Huawei. (s.f.). Soluciones de red óptica empresarial: FTTH/FTTR-Home. Recuperado de <https://e.huawei.com/es/solutions/enterprise-optical-network/ftth/fttr-home>

[15] Huawei. (s.f.). Soluciones de red óptica empresarial: FTTH/FTTR-Home. Recuperado de <https://e.huawei.com/es/products/network-analysis>

[16] Huawei. (s.f.). Optical Access - OptiXstar V163. Recuperado de <https://support.huawei.com/enterprise/en/optical-access/optixstar-v163-pid-257814237?category=learn-about-products&subcategory=feature-description>

[17] Huawei. (s.f.). OptiXstar B666G. Recuperado de <https://support.huawei.com/enterprise/en/optical-access/optixstar-b666g-pid-255272197>

[18] Huawei. (2023, s.f.). Soluciones de red óptica empresarial: FTTH/FTTR-Home. Recuperado de <https://www.huawei.com/sq/news/sq/2023/huawei%20fttr%20f30>