



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

**Análisis de factibilidad y diseño de una red FTTH para la urbanización
Polaris**

AUTOR:

Moreno Amores, Dayanna Lisbeth

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

Ing. Palau de la Rosa, Luis Ezequiel

Guayaquil, Ecuador

10 de septiembre de 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Srta. Moreno Amores, Dayanna Lisbeth como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

f. _____

Ing. Palau de la Rosa, Luis Ezequiel, M. Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, Ph. D.

Guayaquil, a los 10 días del mes de septiembre del año 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Moreno Amores, Dayanna Lisbeth**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación **“Análisis de factibilidad y diseño de una red FTTH para la urbanización Polaris”** previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 10 días del mes de septiembre del 2024

EL AUTOR

Moreno Amores, Dayanna Lisbeth



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

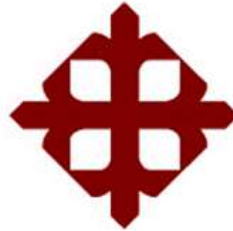
Yo, **Moreno Amores, Dayanna Lisbeth**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Análisis de factibilidad y diseño de una red FTTH para la urbanización Polaris**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 10 días del mes de septiembre del 2024

EL AUTOR

Moreno Amores, Dayanna Lisbeth



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICADO COMPILATIO



Se revisó el Trabajo de Titulación, "**Análisis de factibilidad y diseño de una red FTTH para la Urbanización Polaris**" presentado por la estudiante Moreno Amores, Dayanna Lisbeth, de la carrera de **Ingeniería en Telecomunicaciones**, donde obtuvo del programa COMPILATIO, el valor de **4%** de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.
Certifica,

Ing. Palau de la Rosa, Luis Ezequiel, M. Sc.
Revisor - COMPILATIO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme sabiduría y salud durante todo este tiempo, el cual fue mi principal apoyo para cada día continuar, a mis padres, María Augusta Amores y Eduardo Moreno, por su amor incondicional y su apoyo inquebrantable, que me ha dado la fuerza para seguir adelante en momentos de desafíos. A mis hermanos Naomi Moreno y Eduardo Moreno, por su aliento constante que ha sido fundamental para superar cualquier obstáculo. A mis queridos abuelos, por su constante apoyo emocional y su generosa contribución financiera. A mis amigos, por su colaboración para el desarrollo de mi tema. Su compañía y amistad han sido una fuente invaluable de fortaleza y alegría a lo largo de este camino.


DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi querida familia, que ha sido mi pilar y fortaleza en cada paso de este camino. A mis padres, Eduardo Moreno y María Augusta Amores, por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable, y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo. A mis hermanos, Naomi Moreno y Eduardo Moreno, por ser siempre mi refugio, por sus palabras de ánimo y por estar a mi lado en los momentos de alegría y desafío. A todos ustedes, mi gratitud eterna por haberme acompañado en esta travesía y por haberme inspirado a alcanzar mis sueños.




**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES


TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO, Ph.D.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 

ING. UBILLA GONZÁLEZ, RICARDO XAVIER, M.Sc.
COORDINADOR DEL ÁREA

f. 

ING. VEGA URETA, NINO TELLO, M. Sc.
OPONENTE

Índice General

Índice de Tablas.....	XII
Índice de Figuras	XIII
Resumen	XIV
Abstract	XV
Capítulo 1: Descripción General del Trabajo de Titulación	2
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Definición del Problema	4
1.4. Justificación del Problema	4
1.5. Objetivos del Problema de Investigación	5
1.5.1. Objetivo General	5
1.5.2. Objetivos Específicos	5
1.6. Hipótesis.....	5
1.7. Metodología de Investigación	6
Capítulo 2: Fundamentación Teórica.....	8
2.1. Introducción a la Fibra Óptica	8
2.1.1. Historia y evolución de la fibra óptica	9
2.1.2. Principios básicos de la transmisión óptica	10
2.1.3. Tipos de fibra óptica y sus características	11
2.2. Tecnologías FTTx	12
2.2.1. Definición y clasificación de las tecnologías FTTx.....	12
2.2.2. Comparación entre tecnologías FTTx y sus aplicaciones	18
2.3. Arquitectura de Redes FTTH	19
2.3.1. Componentes de una red FTTH.....	20
2.3.2. Topologías de red FTTH.....	25
2.3.3. Estándares y protocolos en redes FTTH	26
2.4. Diseño de Redes FTTH	29
2.4.1. Metodologías de diseño de redes FTTH.....	30
2.4.2. Herramientas y software para el diseño de redes FTTH.....	30
2.4.3. Consideraciones para el diseño de redes en áreas urbanas y rurales	32
2.5. Análisis de Factibilidad	32
2.5.1. Evaluación técnica de la factibilidad	33

2.5.2.	Evaluación económica de la factibilidad	33
2.5.3.	Factores de éxito y riesgos en la implementación de redes FTTH 35	
2.6.	Implementación de Redes FTTH	36
2.6.1.	Planificación y gestión de proyectos de FTTH.....	37
2.6.2.	Proceso de instalación y despliegue de la red	37
2.6.3.	Pruebas y certificación de la red FTTH.....	38
Capítulo 3:	Metodología.....	39
3.1.	Enfoque de la investigación	39
3.2.	Tipo de investigación	40
3.3.	Técnicas de recolección de datos	40
3.4.	Fases del Diseño y Herramientas Clave	41
3.4.1.	Planificación	41
3.4.2.	Diseño Detallado	42
3.4.3.	Implementación	42
3.4.4.	Gestión.....	43
3.5.	Introducción a OPNET Modeler y su Funcionalidad para Crear Redes FTTH	43
3.5.1.	Diseño y Simulación de Redes.....	43
3.5.2.	Evaluación de Prestaciones	43
3.5.3.	Modelado de Nodos y Procesos	44
3.5.4.	Análisis de Resultados	44
3.5.5.	Flexibilidad en el Diseño.....	44
3.5.6.	Verificación de Estándares	44
3.6.	Licencia y Requerimientos de OPNET Modeler	46
3.6.1.	Licencia	46
3.6.2.	Requerimientos	46
3.7.	Equipos Necesarios	48
3.8.	Generación de Documentación Técnica	48
3.9.	Software de Gestión	49
3.10.	Proceso de Gestión	50
Capítulo IV:	Diseño, Propuesta y Resultados	51
4.1.	Análisis Del Área Técnica	51
4.2.	Diseño Físico	53
4.3.	Ubicación de la OLT.....	53
4.4.	Selección de los Splitters.....	55

4.5.	Cálculo de la capacidad de la red	56
4.6.	Selección de la tecnología apropiada	59
4.7.	Equipamiento.....	59
4.8.	Distribución.....	63
4.9.	Pérdidas de retorno	65
4.10.	Propuesta De Implementación De La Red FTTH.....	65
4.11.	Simulación De La Red FTTH.....	66
4.12.	Análisis De Resultados.....	70
4.13.	Análisis Factibilidad	73
4.13.1.	Análisis de Costos	73
	Conclusiones	78
	Recomendaciones.....	79
	Bibliografía.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparaciones entre tecnologías.....	18
Tabla 2. Comparación de OPNET	45
Tabla 3. Cuadro comparativo entre proveedores	74
Tabla 4. Cuadro de Equipos Seleccionados para la Red GPON.....	75
Tabla 5. Costos De Instalación Y Mantenimiento.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fibra óptica	8
Figura 2. Principio de transmisión	10
Figura 3. Tipos de fibra óptica	11
Figura 4. Arquitectura FTTH (Fiber to the Home)	14
Figura 5. FTTB (Fiber to the Building)	15
Figura 6. (Fiber to the Cabinet)	16
Figura 7. FTTN (Fiber to the Node)	17
Figura 8. Arquitectura de Red	19
Figura 9. Optical Line Terminal.....	22
Figura 10. ONT (Optical Network Terminal).....	23
Figura 11. Divisores ópticos (splitters).....	24
Figura 12. Cables de fibra óptica	25
Figura 13. GPON (Gigabit Passive Optical Network)	28
Figura 14. EPON (Ethernet Passive Optical Network).....	29
Figura 15. Red FTTH AutoCAD.....	31
Figura 16. Plan de instalación de la Red.....	42
Figura 17. Requerimiento de Capacidad para Multiservicios o servicios	51
Figura 18. Estructura lógica de una Red	52
Figura 19. Urbanización Polaris	53
Figura 20. Características de fibra Draka ADSS	54
Figura 21. Elementos de una red óptica.....	56
Figura 22. Esquema de usuarios FTTH	59
Figura 23. Esquema de equipos terminales en la red FTTH	60
Figura 24. OLT	60
Figura 25. Splitter.....	61
Figura 26. Fibra Óptica de 2 hilos	61
Figura 27. ONT	62
Figura 28. Equipo Wireless	63
Figura 29. Esquema de distribución de la red GPON	63
Figura 30. Conexión entre la ONU y el equipo final de usuario	64
Figura 31. Plan de instalación de la Red.....	66
Figura 32. Identificación con un nombre a un nuevo proyecto	67
Figura 33. Selecciona de la escala de red	68
Figura 34. Configuración de la superficie para el escenario	68
Figura 35. configuración de las tecnologías a emplearse en el proyecto....	69
Figura 36. Configuración de objetos de modelamiento de tráfico	70
Figura 37. Retardo de paquetes en la red	71
Figura 38. Tráfico de bits recibidos	72
Figura 39. Bits por segundo recibido.....	72

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) en la urbanización Polaris. La hipótesis planteó que la red FTTH sería viable en ambos aspectos y satisfaría las necesidades de conectividad de los residentes, mejorando la velocidad y estabilidad del internet y, en consecuencia, la productividad, el aprendizaje en línea y el entretenimiento. Se anticipó que esta tecnología atraería nuevos residentes y empresas, promoviendo el desarrollo económico y social de la comunidad. La investigación empleó un enfoque descriptivo y mixto para proporcionar una visión integral de la viabilidad del proyecto. Se usaron métodos cualitativos para comprender las percepciones y expectativas de residentes y proveedores, mediante fichas de cotejo y análisis documental. Los métodos cuantitativos se centraron en datos numéricos sobre la velocidad de internet, costos de implementación y proyecciones de demanda. La combinación de ambos enfoques permitió una evaluación exhaustiva. Las conclusiones confirmaron la viabilidad técnica y económica de la red FTTH, destacando beneficios significativos para los residentes. Se recomendó elegir proveedores de equipos de alta calidad, ajustar el presupuesto conforme al mercado, y mantener un plan de comunicación y mantenimiento continuo. Estas acciones buscan optimizar la implementación y maximizar los beneficios para la comunidad de Polaris.

Palabras claves: Viabilidad, fibra óptica, conectividad, costos, evaluación.

ABSTRACT

The objective of the study was to assess the technical and economic feasibility of implementing a fibre-to-the-home (FTTH) network in the Polaris development. The hypothesis was that the FTTH network would be viable in both aspects and would meet the connectivity needs of residents, improving internet speed and stability and, consequently, productivity, online learning and entertainment. It was anticipated that this technology would attract new residents and businesses, promoting the economic and social development of the community. The research employed a descriptive and mixed approach to provide a comprehensive view of the project's feasibility. Qualitative methods were used to understand the perceptions and expectations of residents and providers, through checklists and documentary analysis. Quantitative methods focused on numerical data on internet speed, implementation costs and demand projections. The combination of both approaches allowed for a comprehensive evaluation. The findings confirmed the technical and economic feasibility of the FTTH network, highlighting significant benefits for residents. It was recommended to choose high-quality equipment suppliers, adjust the budget according to the market, and maintain a communication and ongoing maintenance plan. These actions seek to optimize implementation and maximize benefits for the Polaris community.

Keywords: Feasibility, fiber optics, connectivity, costs, evaluation.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En este capítulo, se muestra la descripción general del proyecto de trabajo de integración curricular.

1.1. Introducción

En la era digital actual, el acceso a internet de alta velocidad se ha convertido en una necesidad fundamental para el desarrollo socioeconómico de las comunidades (Sánchez et al., 2023). La urbanización Polaris, ubicada en Guayaquil, Guayas, Ecuador, no es la excepción. Esta comunidad en crecimiento enfrenta un desafío significativo en cuanto a la conectividad a internet. Los residentes de Polaris dependen de tecnologías de internet más antiguas, como el cable coaxial y DSL (Línea de Suscripción Digital), que ofrecen velocidades limitadas y un ancho de banda reducido. Esta situación plantea una serie de inconvenientes y restricciones que afectan la calidad de vida de los habitantes.

El uso de tecnologías de conectividad obsoletas tiene un impacto considerable en diversas actividades cotidianas. Quienes trabajan desde casa se ven frecuentemente frustrados por la lentitud de las conexiones, lo que puede traducirse en pérdidas de productividad y problemas de comunicación (Lalaleo et al., 2021). Del mismo modo, los estudiantes que participan en clases en línea encuentran dificultades para acceder a materiales educativos y participar en videoconferencias sin interrupciones. Además, la capacidad de disfrutar de contenido multimedia de alta definición, como streaming de video, se ve gravemente limitada, lo que afecta negativamente la experiencia de entretenimiento de los residentes.

A medida que la tecnología avanza y la demanda de servicios en línea continúa creciendo, se hace evidente la necesidad de mejorar la infraestructura de internet en la urbanización Polaris. En este contexto, la implementación de una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH, por sus siglas en inglés) surge como una solución viable y prometedora. La tecnología FTTH ofrece una capacidad de transmisión de datos superior, con velocidades que pueden alcanzar hasta 1 gigabit por segundo (Gbps) o incluso más (Miranda, 2024). Esta capacidad no solo mejora la velocidad de conexión, sino que también amplía el ancho de banda disponible, permitiendo a múltiples

usuarios y dispositivos conectarse simultáneamente sin experimentar problemas de congestión o lentitud.

El proyecto se presenta como una iniciativa estratégica para abordar las limitaciones actuales y satisfacer las necesidades emergentes de los residentes. La implementación de esta red no solo tiene el potencial de transformar la experiencia de conectividad de los usuarios, sino que también puede contribuir significativamente al desarrollo económico y social de la comunidad. Con una infraestructura de internet robusta y moderna, la urbanización Polaris se posicionaría mejor para atraer a nuevos residentes y empresas, fomentando así el crecimiento y la competitividad de la región.

1.2. Antecedentes

La tecnología de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) representa una de las soluciones más avanzadas en términos de conectividad a internet. A diferencia de las tecnologías más antiguas, FTTH utiliza cables de fibra óptica que pueden transmitir datos a velocidades mucho más altas y con mayor fiabilidad (Pineda, 2023). Sin embargo, la implementación de una red FTTH requiere una infraestructura específica, como conductos subterráneos o postes de fibra óptica, que actualmente no están presentes en la urbanización Polaris.

La ausencia de esta infraestructura se debe a varias causas. En primer lugar, la falta de infraestructura existente es un obstáculo significativo. La urbanización no cuenta con los conductos subterráneos o postes necesarios para soportar una red FTTH. En segundo lugar, el alto costo de implementación es una barrera importante. Instalar una red FTTH implica no solo la colocación de nuevos cables de fibra óptica, sino también la instalación de equipos de red especializados. Por último, la falta de interés de los proveedores de servicios de internet (ISP) en invertir en esta tecnología en la urbanización Polaris, posiblemente debido a una percepción de insuficiente demanda, ha contribuido a la situación actual (Perez, 2022).

Las consecuencias de esta falta de infraestructura son evidentes. Los residentes de Polaris experimentan velocidades de internet lentas y un ancho de banda limitado, lo que dificulta actividades cotidianas como trabajar desde casa, participar en clases en línea y disfrutar de contenido multimedia de alta definición. Además, la urbanización puede perder competitividad tanto para

nuevos residentes como para empresas potenciales que busquen ubicaciones con infraestructura tecnológica avanzada.

1.3. Definición del Problema

Dado el contexto anterior, se define el problema de esta investigación como: ¿Es factible técnica y económicamente implementar una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) en la urbanización Polaris, y cuál sería el diseño óptimo para satisfacer las necesidades de los residentes? Esta pregunta guiará el análisis de viabilidad y el diseño de la red, buscando soluciones que no solo sean técnicamente posibles sino también económicamente sostenibles.

1.4. Justificación del Problema

La justificación radica en varios aspectos clave que subrayan la importancia de este proyecto. En primer lugar, la demanda creciente de internet de alta velocidad y ancho de banda amplio es un fenómeno global que no puede ser ignorado.

En términos técnicos, una red FTTH puede proporcionar velocidades de internet significativamente más rápidas que las tecnologías actuales. Por ejemplo, una red FTTH puede ofrecer velocidades de hasta 1 gigabit por segundo (Gbps) o más, mientras que las tecnologías tradicionales como el DSL y el cable coaxial tienen limitaciones mucho más estrictas. Además, el ancho de banda más amplio de una red FTTH permite a los residentes realizar múltiples tareas en línea simultáneamente sin experimentar problemas de congestión o retrasos, algo esencial en hogares modernos donde varios dispositivos están conectados al mismo tiempo.

Desde una perspectiva económica, la implementación de una red FTTH puede hacer que la urbanización Polaris sea más atractiva tanto para residentes como para empresas. La disponibilidad de internet de alta velocidad es un factor crucial para muchas familias y negocios a la hora de elegir una ubicación. Una red FTTH no solo mejoraría la calidad de vida de los residentes actuales, sino que también podría atraer a nuevos residentes y empresas, impulsando así el desarrollo económico local. Además, la red FTTH sería una infraestructura a prueba de futuro, capaz de satisfacer las crecientes demandas de ancho de banda en los próximos años sin necesidad de actualizaciones significativas.

La confiabilidad es otro beneficio importante de las redes FTTH. A diferencia de las tecnologías más antiguas, que son más propensas a interrupciones y fallas, las redes de fibra óptica son más estables y duraderas. Esto se traduce en menos interrupciones del servicio y una experiencia de usuario más satisfactoria.

El análisis de factibilidad y diseño también debe considerar los costos y la viabilidad económica del proyecto. Si bien los costos iniciales de implementación pueden ser altos, los beneficios a largo plazo pueden justificar la inversión. La clave está en desarrollar un modelo de negocio sostenible que involucre a los ISP, a los residentes y a las autoridades locales. La cooperación entre estos actores será esencial para superar los desafíos financieros y técnicos del proyecto.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación

1.5.1. Objetivo General

Evaluar la factibilidad técnica y económica del diseño una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) en la urbanización Polaris.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar la viabilidad técnica de la implementación de una red FTTH en la urbanización Polaris.
- Evaluar la factibilidad económica del proyecto de implementación de la red FTTH.
- Desarrollar un diseño óptimo de la red FTTH que satisfaga las necesidades de conectividad de los residentes.

1.6. Hipótesis

La hipótesis de esta investigación sostiene que la implementación de una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) en la urbanización Polaris es técnica y económicamente viable y puede satisfacer de manera óptima las necesidades de conectividad de sus residentes.

Se presume que la adopción de esta tecnología permitirá mejorar significativamente la velocidad y estabilidad del servicio de internet, lo cual tendrá un impacto positivo en la productividad de quienes trabajan desde casa, en la calidad del aprendizaje de los estudiantes en línea y en la experiencia de entretenimiento de los usuarios.

Además, se anticipa que una infraestructura FTTH atraerá nuevos residentes y empresas a la urbanización, contribuyendo así al desarrollo económico y social de la comunidad. Esta hipótesis guiará el análisis de factibilidad técnica y económica y el diseño óptimo de la red, considerando tanto los costos iniciales de implementación como los beneficios a largo plazo para los habitantes de Polaris.

1.7. Metodología de Investigación

La metodología de esta investigación se centra en un enfoque descriptivo y mixto, diseñado para evaluar de manera integral la factibilidad técnica y económica de implementar una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) en la urbanización Polaris.

La investigación descriptiva se justifica por la necesidad de detallar las características y condiciones de la urbanización Polaris en cuanto a infraestructura de conectividad existente, las necesidades de los residentes, y las posibles mejoras que una red FTTH podría proporcionar. Este tipo de investigación permite una comprensión profunda y precisa de la situación actual sin manipular variables, proporcionando una base sólida para la evaluación de la viabilidad del proyecto.

El enfoque mixto combina métodos cualitativos y cuantitativos para proporcionar una perspectiva más completa y robusta del problema de investigación. Los métodos cualitativos se emplean para obtener una comprensión detallada de las percepciones y expectativas de los residentes y otros actores clave, como los proveedores de servicios de internet (ISP) y las autoridades locales. Esto se logra mediante el uso de fichas de cotejo y análisis de datos documentales que permiten recopilar datos ricos y contextuales sobre las experiencias actuales y las expectativas futuras en relación con la conectividad a internet.

Por otro lado, los métodos cuantitativos se utilizan para recolectar y analizar datos numéricos que proporcionan evidencia objetiva sobre la situación actual y la viabilidad del proyecto. Esto incluye la recopilación de datos sobre la velocidad de internet, el ancho de banda disponible, los costos de instalación y operación de la red FTTH, y las proyecciones de demanda futura.

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos incluyen fichas de cotejo y análisis documental. Las fichas de cotejo se emplean para evaluar y registrar de manera sistemática las condiciones actuales de la infraestructura de conectividad en la urbanización Polaris, así como las necesidades de los residentes en términos de velocidad de internet y ancho de banda. Estas fichas permiten una recopilación estructurada y consistente de datos, facilitando su posterior análisis y comparación.

El análisis documental se realiza para revisar y evaluar informes, estudios previos, y datos secundarios sobre la implementación de redes FTTH en contextos similares. Esto permite contextualizar los hallazgos de la investigación primaria y compararlos con experiencias y resultados en otras comunidades, proporcionando una perspectiva más amplia y enriquecida sobre la viabilidad y el impacto potencial del proyecto en Polaris.

El proceso de análisis de datos combina técnicas cualitativas y cuantitativas. Los datos cualitativos se analizan utilizando métodos de codificación y categorización para identificar temas, patrones y tendencias emergentes. Esto incluye el análisis de contenido de los documentos revisados, donde se buscan palabras clave y frases recurrentes que reflejan las percepciones y expectativas de los residentes y otros actores clave. La triangulación de datos cualitativos y cuantitativos se utiliza para validar los hallazgos y asegurar la robustez y fiabilidad de los resultados.

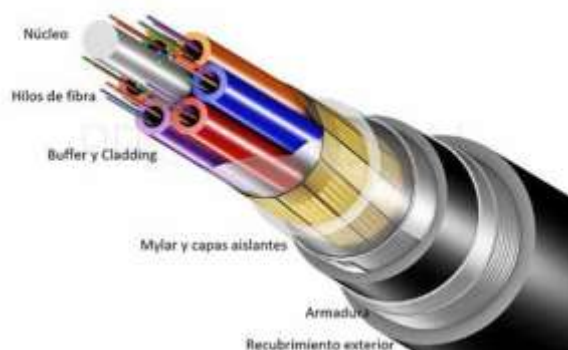
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El marco teórico es un componente fundamental de cualquier investigación, ya sea científica, académica o profesional. Se define como la estructura conceptual que sustenta un proyecto de investigación, proporcionando el contexto y la base para comprender el problema de estudio y analizar los resultados obtenidos en este caso la factibilidad y diseño de la tecnología FTTH.

2.1. Introducción a la Fibra Óptica

La fibra óptica es una tecnología avanzada de transmisión de datos que utiliza filamentos de vidrio o plástico para transportar información en forma de pulsos de luz. Surgida como una solución para superar las limitaciones de las conexiones de cobre tradicionales, la fibra óptica ofrece una capacidad significativamente mayor y una velocidad de transmisión superior (Trujillo & Quishpe, 2022). Este tipo de cableado se caracteriza por su inmunidad a las interferencias electromagnéticas, lo que garantiza una señal más clara y fiable incluso en entornos adversos.

Figura 1.
Fibra óptica



Fuente: Elecomsrl (2024)

El desarrollo de la fibra óptica ha revolucionado diversas industrias, particularmente las telecomunicaciones y la informática, permitiendo la expansión de redes de alta velocidad a nivel global. La capacidad de transmitir grandes volúmenes de datos a largas distancias sin pérdida significativa de calidad ha sido un factor clave en la evolución de internet y otros servicios de comunicación digital (Arévalo et al., 2022). Además, la tecnología de fibra óptica ha facilitado la implementación de aplicaciones avanzadas como el

streaming en alta definición, la videoconferencia y las redes de datos empresariales de alto rendimiento.

A lo largo de los años, la fibra óptica ha evolucionado para volverse más accesible y asequible, permitiendo su adopción tanto en entornos residenciales como comerciales. La instalación de infraestructuras de fibra óptica se ha convertido en una prioridad para muchos gobiernos y empresas que buscan mejorar sus capacidades de comunicación y mantenerse competitivos en un mundo cada vez más digital. La innovación continua en este campo promete seguir impulsando el avance tecnológico y mejorar aún más la conectividad global.

2.1.1. Historia y evolución de la fibra óptica

La historia de la fibra óptica comienza en el siglo XIX con los primeros experimentos sobre la transmisión de luz a través de materiales transparentes. El científico francés Jean-Daniel Colladon y el físico irlandés John Tyndall demostraron que la luz podía ser guiada a lo largo de un chorro de agua, sentando las bases para futuras investigaciones. No fue hasta la década de 1960 que la fibra óptica moderna tomó forma, cuando el físico británico Charles K. Kao, junto con George Hockham, propuso el uso de fibras de vidrio puras para la transmisión de datos, reduciendo significativamente la pérdida de señal (Calvo, 2020).

Durante las décadas siguientes, la fibra óptica experimentó avances significativos en su fabricación y eficiencia. La introducción de técnicas de dopaje y la mejora en la pureza del vidrio permitieron la creación de fibras con pérdidas mínimas de señal. En los años 70 y 80, empresas como Corning Glass Works desarrollaron fibras ópticas comerciales viables, y la implementación de sistemas de comunicaciones basados en fibra comenzó a ganar tracción (Monar & Jiménez, 2021). Este periodo también vio el desarrollo de los primeros sistemas de telecomunicaciones por fibra óptica, que revolucionaron la forma en que se transmitían las señales telefónicas y de datos.

En la actualidad, la evolución de la fibra óptica ha alcanzado niveles de sofisticación impresionantes, permitiendo velocidades de transmisión de terabits por segundo y aplicaciones en áreas como la medicina, la industria militar y la exploración espacial. La fibra óptica se ha convertido en el estándar

de oro para las redes de comunicación globales, y su capacidad de seguir evolucionando augura un futuro con aún mayor conectividad y eficiencia. La constante innovación en este campo sigue impulsando el crecimiento de infraestructuras de comunicación más robustas y avanzadas, reafirmando su papel crucial en la era digital.

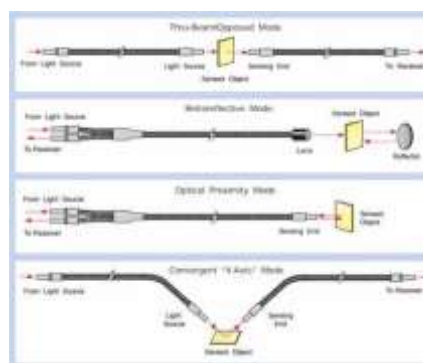
2.1.2. Principios básicos de la transmisión óptica

Los principios básicos de la transmisión óptica se fundamentan en la capacidad de transmitir datos mediante pulsos de luz a través de fibras de vidrio o plástico. Esta tecnología se basa en la ley de la reflexión interna total, que permite que la luz se guíe a lo largo de la fibra sin escapar, manteniendo la señal dentro del núcleo de la fibra (Trujillo & Quishpe, 2022). Las fibras ópticas consisten en un núcleo central rodeado por una capa de revestimiento con un índice de refracción menor, lo que facilita que la luz se refleje continuamente y avance a lo largo de grandes distancias sin una pérdida significativa.

Para que la transmisión óptica sea efectiva, se utilizan fuentes de luz como diodos láser y LEDs que generan los pulsos de luz necesarios. Estos pulsos representan los datos digitales que se envían a través de la fibra óptica. Al final de la fibra, los detectores ópticos, como los fotodiodos, convierten los pulsos de luz de vuelta en señales eléctricas que pueden ser procesadas por dispositivos electrónicos (Pacheco & Sevillano, 2020). La precisión en la generación y detección de estos pulsos es crucial para mantener la integridad de la información transmitida, minimizando errores y pérdidas.

Figura 2.

Principio de transmisión



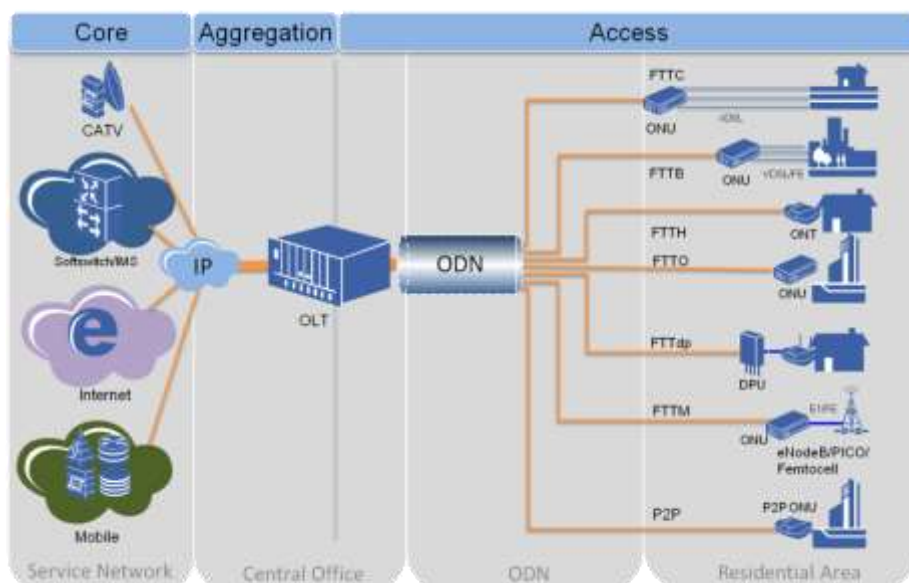
Fuente: TRI-TRONICS (2024)

Además, la tecnología de transmisión óptica incluye técnicas de multiplexación, como WDM (Multiplexación por División en Longitud de Onda), que permiten la transmisión simultánea de múltiples señales a diferentes longitudes de onda a través de una sola fibra. Esto maximiza la capacidad de transmisión y eficiencia de las redes ópticas. La combinación de estas tecnologías avanzadas con la alta capacidad y baja pérdida de las fibras ópticas hace que la transmisión óptica sea la columna vertebral de las comunicaciones modernas, soportando aplicaciones que van desde internet de alta velocidad hasta comunicaciones de datos seguras y fiables.

2.1.3. Tipos de fibra óptica y sus características

Los tipos de fibra óptica se clasifican principalmente en dos categorías: monomodo y multimodo, cada una diseñada para aplicaciones específicas en telecomunicaciones y redes de datos. La fibra monomodo utiliza un núcleo delgado, típicamente alrededor de 9 micrómetros, lo que permite la transmisión de señales a largas distancias con mínima dispersión de luz (Trujillo & Quishpe, 2022). Esta característica la hace ideal para aplicaciones que requieren altas velocidades y largas distancias, como las redes de larga distancia y las telecomunicaciones de alta velocidad.

Figura 3.
Tipos de fibra óptica



Fuente: Testvelocidad (2024)

Por otro lado, la fibra multimodo tiene un núcleo más grueso, típicamente entre 50 y 62.5 micrómetros, lo que facilita la transmisión de múltiples modos de luz simultáneamente. Esto permite un acoplamiento más sencillo de la luz y es ideal para distancias más cortas y redes locales, como en edificios corporativos o campus universitarios. Sin embargo, la dispersión modal limita la distancia y la velocidad comparada con la fibra monomodo (Pincay, 2021).

Ambos tipos de fibra óptica pueden ser fabricados con diferentes recubrimientos y configuraciones para adaptarse a diferentes entornos y necesidades específicas de las aplicaciones. Por ejemplo, pueden ser blindados para protección contra interferencias electromagnéticas o fabricados con materiales especiales para resistir condiciones ambientales adversas. Esta variedad de opciones permite a las redes ópticas ser altamente adaptables y eficientes en una amplia gama de escenarios, desde entornos urbanos densamente poblados hasta instalaciones industriales y submarinas.

2.2. Tecnologías FTTx

Las tecnologías FTTx, que significa "Fibra hasta la x", es un término genérico que engloba diversas configuraciones de redes de banda ancha que utilizan fibra óptica para sustituir, en parte o totalmente, los cables de cobre en el bucle de acceso. Esta tecnología ofrece una alternativa superior a las conexiones tradicionales de cobre, como DSL y cable, proporcionando un mayor ancho de banda, mayor velocidad y menor latencia.

2.2.1. Definición y clasificación de las tecnologías FTTx

Las tecnologías FTTx, que abarcan una variedad de arquitecturas de redes ópticas, se centran en extender las ventajas de la fibra óptica más allá de los tradicionales límites de las redes de acceso. El acrónimo "FTTx" engloba distintas configuraciones como FTTH (Fiber to the Home), FTTP (Fiber to the Premises), y FTTC (Fiber to the Curb), entre otras (Veloz et al., 2020). Estas tecnologías difieren en la distancia que la fibra óptica cubre desde el proveedor de servicios hasta el usuario final, adaptándose así a diferentes necesidades de infraestructura y costos.

FTTH se refiere específicamente a la instalación de fibra óptica directamente hasta la vivienda del usuario, ofreciendo velocidades de conexión extremadamente altas y una capacidad superior para manejar el

creciente tráfico de datos. FTTP, más amplio en su definición, se extiende a cualquier tipo de instalación de fibra óptica hasta las instalaciones, ya sean residenciales o comerciales, proporcionando flexibilidad en la implementación según las condiciones locales y las necesidades del servicio (Mestizo & Medina, 2021).

Estas tecnologías representan una evolución significativa en las infraestructuras de telecomunicaciones, permitiendo a los proveedores de servicios ofrecer conexiones de alta velocidad y fiabilidad sin precedentes a los usuarios finales. La implementación de FTTx continúa expandiéndose globalmente, impulsada por la creciente demanda de ancho de banda y la necesidad de infraestructuras de comunicaciones robustas y eficientes para soportar aplicaciones avanzadas como la transmisión de video en alta definición, la telemedicina y la automatización industrial.

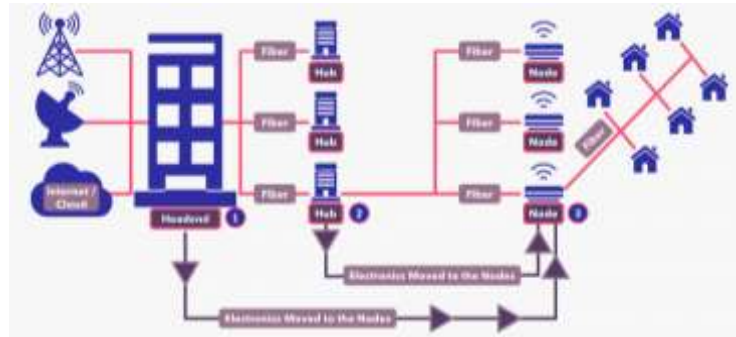
2.2.1.1. FTTH (Fiber to the Home).

FTTH (Fiber to the Home) es una tecnología de red que se distingue por su capacidad para llevar conexiones de fibra óptica directamente hasta las viviendas y edificaciones individuales. Esta implementación permite velocidades de conexión ultrarrápidas y una transmisión de datos sin pérdidas a través de pulsos de luz, proporcionando una base sólida para servicios de banda ancha de alta calidad (Abdellaoui et al., 2021). FTTH elimina las limitaciones asociadas con las conexiones de cobre tradicionales al ofrecer ancho de banda simétrico, lo que significa que la velocidad de carga y descarga de datos es igualmente rápida, mejorando la experiencia del usuario final.

La adopción de FTTH ha crecido considerablemente debido a su capacidad para satisfacer las demandas actuales y futuras de ancho de banda en entornos residenciales y comerciales. Esta tecnología permite a los proveedores de servicios ofrecer servicios avanzados como streaming de video en ultra alta definición, videoconferencias de alta calidad y juegos en línea sin interrupciones, mejorando significativamente la experiencia del usuario (Hammadi, 2022). Además, FTTH es clave para habilitar aplicaciones emergentes como la Internet de las Cosas (IoT) y la domótica, al proporcionar

una infraestructura robusta y confiable para la conectividad de dispositivos en el hogar.

Figura 4.
Arquitectura FTTH (Fiber to the Home)



Fuente: DGTL (2021)

La implementación de FTTH varía según las condiciones geográficas y económicas, pero su despliegue se ha acelerado en muchos países debido a su capacidad para mejorar la competitividad digital y promover el desarrollo económico. Al ofrecer conexiones de alta velocidad y baja latencia, FTTH no solo mejora la calidad de vida de los usuarios, sino que también impulsa la innovación en sectores como la educación a distancia, la atención médica remota y el trabajo desde casa, destacándose como una infraestructura fundamental en la era digital contemporánea.

2.2.1.2. FTTB (Fiber to the Building).

FTTB (Fiber to the Building) es una tecnología de red que se centra en llevar conexiones de fibra óptica directamente hasta edificaciones como apartamentos, oficinas o complejos comerciales. A diferencia de FTTH, donde la fibra llega hasta cada unidad residencial individual, FTTB centraliza la conexión en un punto dentro del edificio, desde donde se distribuye la señal a múltiples usuarios a través de redes de cobre o cableado Ethernet (Wangsaputra et al., 2023). Esta arquitectura optimiza el despliegue de fibra óptica al minimizar la cantidad de fibra necesaria y aprovechar infraestructuras preexistentes, lo que reduce costos y facilita la implementación en áreas urbanas densamente pobladas.

La implementación de FTTB ofrece velocidades de conexión significativamente mejoradas en comparación con las tecnologías de acceso tradicionales basadas en cobre, lo que permite servicios de alta velocidad y ancho de banda a los residentes y empresas dentro del edificio. Esto es crucial para satisfacer la creciente demanda de aplicaciones multimedia intensivas y servicios en la nube que requieren una conectividad confiable y rápida (Ardiansah et al., 2023). Además, FTTB es flexible y escalable, permitiendo a los proveedores de servicios adaptar la capacidad de la red según las necesidades cambiantes de los usuarios y las condiciones del mercado.

Figura 5.

FTTB (Fiber to the Building)



Fuente: Commander (2024)

La adopción de FTTB ha sido particularmente relevante en entornos urbanos donde la densidad de población y la demanda de ancho de banda son altas. Al conectar varios usuarios a una infraestructura central de fibra óptica, FTTB mejora la eficiencia operativa y la rentabilidad para los proveedores de servicios, al tiempo que ofrece beneficios tangibles en términos de velocidad, fiabilidad y capacidad de servicio. Esta tecnología continúa desempeñando un papel crucial en la evolución de las redes de telecomunicaciones, allanando el camino para un futuro digital más conectado y eficiente.

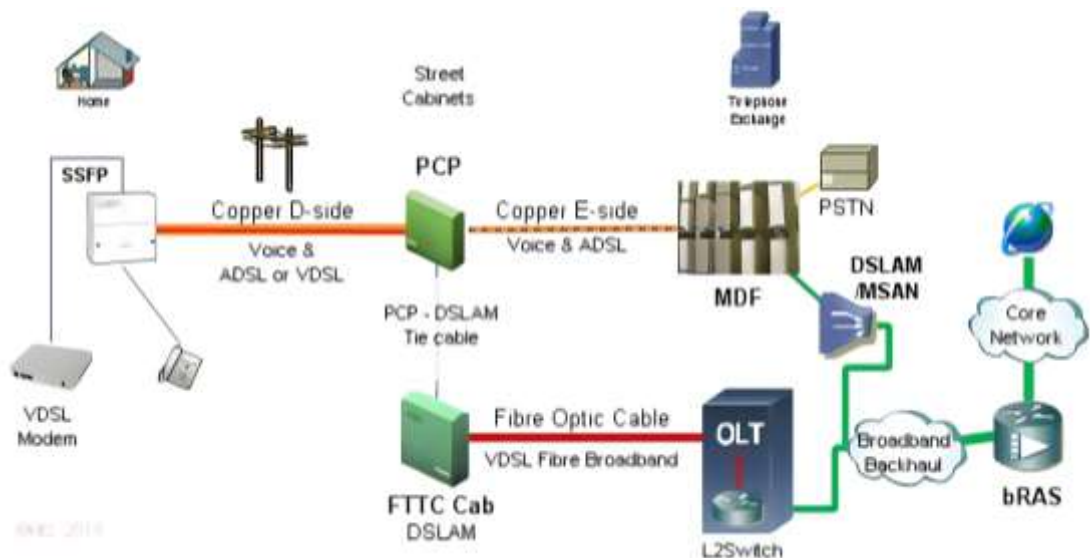
2.2.1.3. FTTC (Fiber to the Cabinet).

FTTC (Fiber to the Cabinet) es una tecnología de red que combina la eficiencia de la fibra óptica con la infraestructura de cobre existente en las redes de telecomunicaciones. En este contexto, la fibra óptica se extiende desde el proveedor de servicios hasta un gabinete de distribución situado en la proximidad de los usuarios finales, a menudo en la acera o cerca de los edificios residenciales (Mazzenga et al., 2020). Desde el gabinete, la conexión

se realiza a través de cables de cobre tradicionales, proporcionando un puente entre la velocidad y la capacidad de la fibra y la flexibilidad y la accesibilidad del cobre.

Este enfoque permite a los proveedores de servicios ofrecer conexiones de banda ancha de alta velocidad de manera más económica y eficiente en áreas suburbanas y urbanas. FTTC minimiza la necesidad de reemplazar todo el cableado de cobre existente, lo que reduce los costos de instalación y el tiempo necesario para implementar mejoras en la red (Zeydan et al., 2021). Además, esta tecnología puede manejar mayores distancias que las tecnologías DSL tradicionales, lo que mejora la calidad y la consistencia de la conexión para los usuarios finales.

Figura 6.
(Fiber to the Cabinet)



Fuente: KITZ (2024)

FTTC ha demostrado ser una solución efectiva para mejorar la velocidad y la capacidad de las redes de acceso mientras se optimizan los recursos y se mantiene la inversión inicial en infraestructura de cobre. Al ofrecer velocidades de descarga más rápidas y mejorando la experiencia de usuario, FTTC juega un papel crucial en la evolución continua de las redes de telecomunicaciones hacia entornos más rápidos, eficientes y conectados digitalmente.

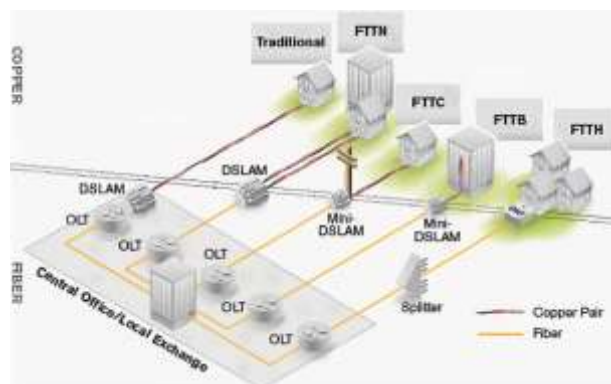
2.2.1.4. FTTN (Fiber to the Node).

FTTN (Fiber to the Node) es una tecnología de red que integra la fibra óptica con la infraestructura de cobre existente para mejorar la velocidad y capacidad de las conexiones de banda ancha. En este sistema, la fibra óptica se extiende desde el proveedor de servicios hasta un nodo de distribución situado en las proximidades de los usuarios finales. Desde el nodo, la conexión se realiza mediante cables de cobre tradicionales, lo que permite una transición gradual hacia velocidades de conexión más altas sin necesidad de reemplazar completamente el cableado de cobre en áreas residenciales y comerciales (Bakarman et al., 2021).

Esta arquitectura híbrida de red permite a los proveedores de servicios ofrecer servicios de banda ancha más rápidos y confiables a un costo menor en comparación con la instalación completa de fibra óptica hasta el hogar. FTTN es particularmente efectivo en áreas suburbanas y urbanas donde la actualización de infraestructuras existentes puede ser más viable económicamente y menos disruptiva para los residentes (Sugumaran et al., 2021). Además, esta tecnología permite una mayor flexibilidad en la gestión y expansión de las redes de telecomunicaciones, adaptándose a las demandas cambiantes del mercado y las necesidades de los usuarios.

Figura 7.

FTTN (Fiber to the Node)



Fuente: KHRISTA (2024)

La implementación de FTTN ha sido una estrategia crucial para mejorar la infraestructura de telecomunicaciones en muchas regiones, proporcionando una solución intermedia que equilibra la velocidad y la inversión. Al aprovechar tanto la velocidad de la fibra óptica como la accesibilidad del cobre, FTTN

ayuda a los proveedores de servicios a ofrecer conexiones más rápidas y consistentes, apoyando así el crecimiento de aplicaciones digitales avanzadas y la demanda creciente de ancho de banda en la era moderna.

2.2.2. Comparación entre tecnologías FTTx y sus aplicaciones

Las tecnologías FTTx representan diferentes enfoques para mejorar la infraestructura de acceso a internet utilizando fibra óptica y, en algunos casos, integrando cobre para la última parte de la conexión. FTTH (Fiber to the Home) destaca por llevar la fibra óptica directamente hasta la vivienda del usuario, ofreciendo velocidades de conexión simétricas extremadamente altas, lo que es ideal para aplicaciones como streaming de video en ultra alta definición, teletrabajo y dispositivos IoT que requieren una conexión estable y rápida (Zeydan et al., 2021).

Por otro lado, FTTB (Fiber to the Building) despliega fibra óptica hasta el edificio o complejo, distribuyendo la señal a través de infraestructuras de cobre internas. Esta tecnología es común en oficinas corporativas, apartamentos y complejos residenciales, donde puede proporcionar una mejora significativa en la calidad y velocidad de la conexión sin necesidad de reemplazar todo el cableado existente (Ardiansah et al., 2023).

FTTC (Fiber to the Cabinet) lleva la fibra óptica hasta un gabinete cercano al usuario, utilizando cobre para la última milla de conexión. Esto facilita la mejora de servicios DSL en áreas suburbanas y urbanas, aumentando la velocidad y capacidad de las conexiones sin la necesidad de una instalación completa de fibra óptica hasta el hogar. Por último, FTTN (Fiber to the Node) extiende la fibra óptica hasta un nodo de distribución cerca de los usuarios, aprovechando el cobre existente para la conexión final. Esta tecnología se utiliza principalmente para mejorar las redes DSL en áreas urbanas y suburbanas, optimizando el rendimiento y la estabilidad de las conexiones de banda ancha (Mazzenga et al., 2020).

Tabla 1.
Comparaciones entre tecnologías

Tecnología	Descripción	Aplicaciones principales
FTTH	Fibra óptica directamente hasta la vivienda del usuario final. Ofrece	Streaming de video en ultra alta definición, teletrabajo, IoT.

	velocidades de conexión extremadamente altas y simétricas.	
FTTB	Fibra óptica hasta el edificio o complejo. Distribuye la señal a través de infraestructuras de cobre internas.	Oficinas corporativas, apartamentos, complejos residenciales.
FTTC	Fibra óptica hasta el gabinete en la proximidad del usuario. Utiliza cobre para la última milla de conexión.	Áreas suburbanas y urbanas, mejora de servicios DSL.
FTTN	Fibra óptica hasta el nodo de distribución cerca de los usuarios. Utiliza cobre existente para la conexión final.	Mejora de redes DSL, áreas urbanas y suburbanas.

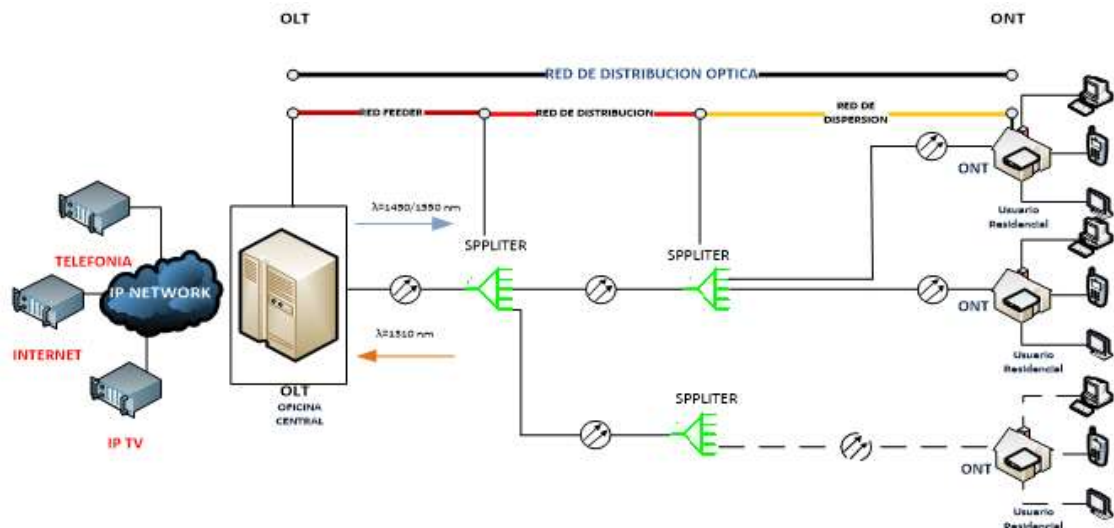
Fuente: Mazzenga et al. (2020); Ardiansah et al. (2023); Zeydan et al. (2021)

2.3. Arquitectura de Redes FTTH

La arquitectura de redes FTTH (Fiber to the Home) se centra en llevar la fibra óptica directamente hasta las viviendas y edificios, proporcionando conexiones de banda ancha de alta velocidad y baja latencia. Esta configuración elimina las limitaciones asociadas con las tecnologías de acceso tradicionales basadas en cobre, permitiendo velocidades simétricas significativamente altas para la transmisión de datos y multimedia (Hammadi, 2022). En términos de infraestructura, FTTH requiere una red extensa de fibra óptica desde el proveedor de servicios hasta cada unidad residencial, lo cual puede implicar una inversión inicial considerable en el despliegue de cables y equipos de terminación.

Figura 8.

Arquitectura de Red



Fuente: Quisnancela & Espinosa (2016)

La arquitectura FTTH se subdivide en dos configuraciones principales: punto a punto (P2P) y punto multipunto (P2MP). En el diseño P2P, cada unidad residencial está conectada directamente a un punto de acceso central mediante su propia fibra óptica dedicada, lo que garantiza la máxima velocidad y capacidad para cada usuario. Por otro lado, en el diseño P2MP, varias unidades residenciales comparten una única conexión de fibra óptica hasta un punto de distribución central, desde donde se distribuye la señal a través de infraestructuras de cobre o fibra óptica menos costosas (Bakarman et al., 2021).

La implementación de FTTH está ganando terreno en todo el mundo debido a su capacidad para soportar aplicaciones exigentes como videoconferencias de alta definición, juegos en línea, y transmisión de contenido multimedia en tiempo real. Esta arquitectura no solo mejora la experiencia del usuario final al ofrecer velocidades de descarga y carga simétricas excepcionales, sino que también sienta las bases para futuras innovaciones tecnológicas y económicas al facilitar la conectividad robusta y confiable necesaria para la era digital moderna.

2.3.1. Componentes de una red FTTH

Los componentes de una red FTTH (Fiber to the Home) comprenden una infraestructura compleja diseñada para proporcionar conexiones de fibra óptica directamente a las viviendas y edificaciones. En primer lugar, el componente central de esta red es el OLT (Optical Line Terminal), ubicado en el lado del proveedor de servicios, que actúa como el punto de conexión principal para gestionar y distribuir el tráfico de datos a través de la fibra óptica. Desde el OLT, las fibras ópticas se extienden hasta los puntos de distribución conocidos como splitters ópticos, que dividen la señal óptica en múltiples trayectorias para servir a múltiples usuarios finales (Abdellaoui et al., 2021).

Cada usuario final está equipado con un ONT (Optical Network Terminal), que actúa como el punto de terminación de la fibra óptica en la vivienda o edificio. El ONT convierte la señal óptica en datos que pueden ser utilizados por dispositivos de usuario como computadoras, teléfonos y televisores. Además, la red FTTH incluye elementos de infraestructura pasiva como cables de fibra óptica, conectores, y cajas de distribución que aseguran

la transmisión eficiente y sin pérdidas de datos a través de distancias considerables (Veloz et al., 2020).

La implementación efectiva de los componentes de una red FTTH no solo mejora la velocidad y la fiabilidad de la conexión a internet, sino que también establece una plataforma robusta para servicios avanzados como la telemedicina, la educación a distancia y la automatización del hogar. Esta arquitectura avanzada es fundamental para soportar el crecimiento exponencial del tráfico de datos y la demanda continua de ancho de banda en la era digital, posicionando a FTTH como una infraestructura clave para la conectividad global y el desarrollo económico.

2.3.1.1. OLT (Optical Line Terminal).

El OLT (Optical Line Terminal) es un componente crucial en las redes FTTH (Fiber to the Home), ubicado en el lado del proveedor de servicios. Funciona como el punto central de conexión y gestión para todo el tráfico de datos que circula a través de la infraestructura de fibra óptica. El OLT tiene la capacidad de enviar y recibir grandes cantidades de datos a alta velocidad hacia y desde los ONT (Optical Network Terminals) ubicados en las viviendas o edificios, permitiendo así la entrega eficiente de servicios de banda ancha a los usuarios finales (De La Cruz et al., 2020).

Este dispositivo no solo actúa como un concentrador de red, sino que también gestiona la distribución de la señal óptica a través de splitters ópticos que dividen la señal principal en múltiples trayectorias hacia diferentes usuarios. Cada OLT puede soportar numerosos clientes simultáneamente, asegurando que la capacidad de la red sea suficiente para satisfacer las demandas de conectividad de áreas residenciales y comerciales (Abdellaoui et al., 2021). Además, el OLT juega un papel crucial en la gestión de la red, monitoreando el rendimiento y la calidad del servicio para garantizar una experiencia de usuario óptima.

Finalmente, el OLT representa una pieza fundamental en la arquitectura de las redes FTTH al facilitar la transición de datos a través de fibra óptica de alta velocidad desde el proveedor de servicios hasta los usuarios finales. Su capacidad para gestionar eficazmente el tráfico de datos y mantener la integridad de la señal óptica es crucial para mantener la

fiabilidad y la eficiencia de las conexiones de banda ancha en entornos residenciales y comerciales modernos.

Figura 9.

Optical Line Terminal



Fuente: tp-link (2024)

2.3.1.2. ONT (Optical Network Terminal).

El ONT (Optical Network Terminal) es un componente esencial en las redes FTTH (Fiber to the Home), instalado en las viviendas o edificios de los usuarios finales. Su función principal es recibir la señal óptica proveniente del proveedor de servicios a través de la infraestructura de fibra óptica y convertirla en datos digitales que pueden ser utilizados por dispositivos de red domésticos como computadoras, teléfonos y televisores. Esto permite a los usuarios finales acceder a servicios de internet de alta velocidad, televisión digital, telefonía y otros servicios de comunicación avanzados (Butt et al., 2022).

Así mismo, actúa como el punto de conexión entre la red de fibra óptica externa y la infraestructura de red interna del usuario, proporcionando una interfaz para dispositivos de usuario y gestionando la distribución de la señal dentro del hogar o edificio. Además de su función de conversión de señales, el ONT también puede incluir características adicionales como puertos Ethernet para conexión directa a dispositivos de red y capacidades Wi-Fi para distribuir la conexión de manera inalámbrica dentro del entorno doméstico.

La implementación del ONT es crucial para garantizar una conexión de internet estable y de alta velocidad en las residencias y negocios modernos. Su capacidad para manejar eficientemente la transferencia de datos desde la red de fibra óptica hasta los dispositivos del usuario final no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también forma la base para la adopción de

servicios digitales avanzados y la integración de tecnologías emergentes como la Internet de las Cosas (IoT) y la automatización del hogar.

Figura 10.

ONT (Optical Network Terminal)



Fuente: Alamy (2024)

2.3.1.3. Divisores ópticos (splitters).

Los divisores ópticos, también conocidos como splitters, son componentes fundamentales en las redes FTTH (Fiber to the Home) que permiten distribuir la señal óptica desde un único punto de entrada hacia múltiples salidas. Estos dispositivos están diseñados para dividir eficientemente la potencia óptica de una señal entrante sin introducir pérdidas significativas, lo que es crucial para optimizar la infraestructura de red y mantener la integridad de la señal a través de grandes distancias (Bakarman et al., 2021). Los splitters pueden dividir la señal en varias proporciones, como 1:2, 1:4, 1:8, o incluso más, dependiendo de la configuración específica de la red y las necesidades de capacidad.

En términos de funcionamiento, los divisores ópticos utilizan tecnologías avanzadas como la división de luz en base a redes de guías de onda o fibra óptica para dividir la señal de manera uniforme y eficiente. Esto permite que la misma señal óptica sea distribuida a múltiples usuarios finales o dispositivos ONT (Optical Network Terminal) dentro de un edificio o área residencial, optimizando así los recursos de la red y reduciendo los costos de implementación y mantenimiento (Butt et al., 2022).

La selección y ubicación estratégica de los divisores ópticos son críticas para asegurar un rendimiento óptimo de la red FTTH. Estos componentes son instalados típicamente en puntos de distribución clave dentro de la infraestructura de red, donde dividen la señal para servir a múltiples usuarios

finales sin degradar la calidad de la conexión. Esto es fundamental para garantizar una conectividad confiable y de alta velocidad en entornos residenciales y comerciales, apoyando así la creciente demanda de servicios digitales avanzados y aplicaciones de banda ancha en la actualidad.

Figura 11.
Divisores ópticos (splitters)



Fuente: Silex (2024)

2.3.1.4. Cables de fibra óptica.

Los cables de fibra óptica son componentes fundamentales en las redes FTTH (Fiber to the Home), utilizados para transportar señales de datos a través de impulsos de luz a través de fibras de vidrio o plástico extremadamente delgadas. Estos cables están diseñados para ofrecer una transmisión de datos de alta velocidad y baja pérdida a lo largo de grandes distancias, superando las limitaciones de los cables de cobre en términos de velocidad y capacidad (Ardiansah et al., 2023). Los cables de fibra óptica consisten en un núcleo central rodeado por una capa de revestimiento reflectante que guía la luz a lo largo de la fibra con mínima dispersión y atenuación.

En la infraestructura FTTH, los cables de fibra óptica se despliegan desde el OLT (Optical Line Terminal) en el lado del proveedor de servicios hasta los puntos de distribución dentro de los edificios o áreas residenciales. La fibra óptica permite la transmisión de datos a velocidades extremadamente altas, lo que es esencial para satisfacer las demandas crecientes de ancho de

banda para aplicaciones como streaming de video en alta definición, teletrabajo, y servicios de Internet de las Cosas (IoT) (Sugumaran et al., 2021).

La selección adecuada de cables de fibra óptica juega un papel crucial en la eficiencia y fiabilidad de las redes FTTH. Estos cables están disponibles en diferentes tipos y configuraciones, como monomodo y multimodo, cada uno adaptado para aplicaciones específicas según las necesidades de distancia y capacidad de transmisión. Su capacidad para transportar grandes volúmenes de datos de manera eficiente y confiable los convierte en una opción preferida en la industria de las telecomunicaciones para el despliegue de infraestructuras de red avanzadas y de alto rendimiento.

Figura 12.

Cables de fibra óptica



Fuente: Amazon (2024)

2.3.2. Topologías de red FTTH

Las topologías de red FTTH (Fiber to the Home) se refieren a las configuraciones físicas y lógicas que determinan cómo se estructura y distribuye la infraestructura de fibra óptica desde el proveedor de servicios hasta los usuarios finales. Una de las topologías más comunes es la estrella, donde cada usuario final está conectado directamente al OLT (Optical Line Terminal) a través de una fibra óptica dedicada (Bakarman et al., 2021). Esta configuración permite un alto nivel de rendimiento y mantenimiento, ya que las fallas en un usuario no afectan a otros, pero puede requerir una mayor cantidad de fibra óptica y equipo de OLT.

Otra topología importante es la de árbol, donde los splitters ópticos dividen la señal del OLT hacia múltiples usuarios a través de una estructura jerárquica de cables de fibra óptica. Esta topología es más eficiente en términos de uso de fibra óptica y permite una escalabilidad mejorada al añadir o modificar usuarios sin afectar significativamente la red existente. Por último, la topología de anillo, aunque menos común en FTTH, implica la conexión de los usuarios en un bucle continuo de fibra óptica, lo que proporciona redundancia y resistencia a fallos al permitir múltiples rutas de conexión (De La Cruz et al., 2020).

La elección de la topología adecuada depende de varios factores, como la densidad de usuarios, la distancia física entre el proveedor y los usuarios, y los requisitos de rendimiento y fiabilidad. Cada topología tiene sus ventajas y desafíos particulares en términos de costo, complejidad de implementación y capacidad para satisfacer las necesidades cambiantes de los servicios de telecomunicaciones. En conjunto, las topologías de red FTTH son cruciales para optimizar la entrega de servicios de alta velocidad y garantizar una conectividad confiable en la era digital actual.

2.3.3. Estándares y protocolos en redes FTTH

En las redes FTTH (Fiber to the Home), los estándares y protocolos son esenciales para garantizar la interoperabilidad, eficiencia y seguridad de las comunicaciones a través de la infraestructura de fibra óptica. Entre los estándares más relevantes, se encuentra el estándar ITU-T G.984, que define las especificaciones para la tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Network), una de las soluciones más comunes para las redes FTTH. GPON permite la transmisión de datos a velocidades de hasta 2.5 Gbps en la dirección descendente y 1.25 Gbps en la dirección ascendente, utilizando una red pasiva de splitters ópticos para conectar múltiples usuarios a un solo OLT (Hammadi, 2022).

Además de GPON, el estándar ITU-T G.987 introduce la tecnología XG-PON (10 Gigabit-capable Passive Optical Network), que mejora significativamente la capacidad de transmisión, permitiendo velocidades de hasta 10 Gbps en la dirección descendente y 2.5 Gbps en la dirección ascendente. Estos avances tecnológicos están diseñados para satisfacer las crecientes demandas de ancho de banda y garantizar que las redes FTTH

puedan soportar aplicaciones avanzadas como la transmisión de video en ultra alta definición, servicios de nube y aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT). Los protocolos de gestión de red, como el OMCI (ONT Management and Control Interface), también son fundamentales para la configuración, monitoreo y mantenimiento de los dispositivos ONT, asegurando un rendimiento óptimo y una gestión eficiente de la red (Abdellaoui et al., 2021).

Además de los estándares de ITU-T, otros organismos como IEEE y ANSI también contribuyen con normas complementarias, como IEEE 802.3ah, que define la Ethernet de acceso de fibra óptica (FEA) para redes de área local de fibra óptica (FON). Estos protocolos y estándares colaboran para establecer una base sólida que permite la implementación y expansión de redes FTTH de manera coherente y efectiva. La adhesión a estos estándares y protocolos asegura que las redes FTTH sean interoperables, seguras y capaces de escalar para satisfacer las demandas futuras de conectividad y servicios avanzados (De La Cruz et al., 2020).

2.3.3.1. GPON (Gigabit Passive Optical Network).

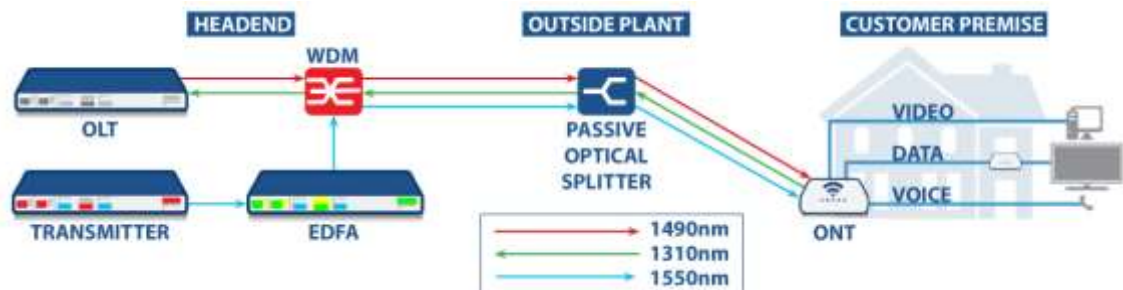
GPON (Gigabit Passive Optical Network) es una tecnología fundamental en las redes FTTH (Fiber to the Home), diseñada para optimizar la transmisión de datos a través de infraestructuras de fibra óptica pasiva. Este estándar, definido por la ITU-T bajo la recomendación G.984, permite la entrega de servicios de banda ancha de alta velocidad a los usuarios finales mediante la utilización eficiente de la fibra óptica y divisores ópticos. En un sistema GPON, la señal óptica desde el proveedor de servicios es compartida entre múltiples usuarios a través de un splitter óptico pasivo, lo que reduce la necesidad de equipamiento activo en la red y optimiza los costos operativos y de mantenimiento (Abdellaoui et al., 2021).

La arquitectura de GPON ofrece velocidades de transmisión simétricas de hasta 2.5 Gbps en la dirección descendente y 1.25 Gbps en la dirección ascendente, lo que es ideal para aplicaciones que requieren tanto descargas rápidas como cargas eficientes de datos. Esta tecnología permite a los proveedores de servicios ofrecer servicios de video de alta definición, acceso a internet de alta velocidad y telefonía IP con una calidad de conexión

mejorada y una mayor capacidad para manejar múltiples dispositivos conectados simultáneamente (Zaidi et al., 2023).

GPON también facilita la implementación de servicios avanzados como la telemedicina, la educación a distancia y la automatización del hogar, impulsando así la transformación digital en hogares y negocios. Al cumplir con los estándares establecidos por la ITU-T, GPON asegura la interoperabilidad entre diferentes equipos de red y proveedores de servicios, garantizando una expansión eficiente y escalable de las redes FTTH para satisfacer las crecientes demandas de conectividad en la era digital actual.

Figura 13.
GPON (Gigabit Passive Optical Network)



Fuente: Netceed (2024)

2.3.3.2. EPON (Ethernet Passive Optical Network).

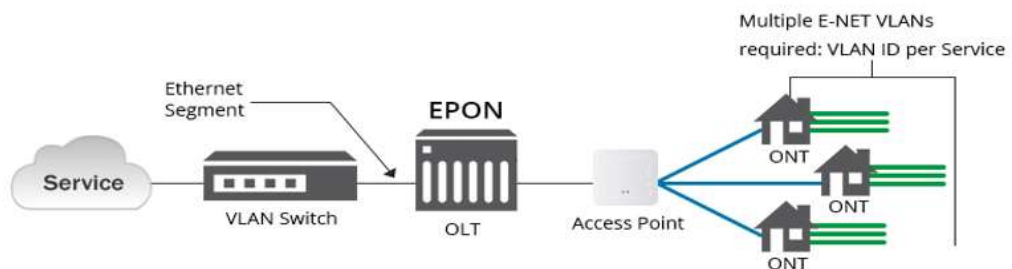
EPON (Ethernet Passive Optical Network) es una tecnología de red que utiliza Ethernet sobre infraestructura de fibra óptica pasiva para proporcionar servicios de comunicación de alta velocidad. Esta tecnología, estandarizada por el IEEE bajo la norma 802.3ah, se distingue por su capacidad para transportar tráfico Ethernet directamente a través de la fibra óptica hasta los usuarios finales sin la necesidad de conversiones adicionales de protocolo. En un sistema EPON, el tráfico de datos se divide y multiplexa utilizando splitters ópticos pasivos, lo que permite a múltiples usuarios compartir el ancho de banda de manera eficiente y económica (Horvath y otros, 2020).

La arquitectura EPON ofrece velocidades de transmisión simétricas de hasta 1 Gbps tanto en la dirección ascendente como descendente, lo que la hace adecuada para aplicaciones que requieren una alta capacidad de carga y descarga de datos, como videoconferencias de alta definición, juegos en línea y transferencias de archivos grandes. EPON también es conocida por su flexibilidad y escalabilidad, permitiendo a los proveedores de servicios

expandir la red y añadir nuevos usuarios sin realizar cambios significativos en la infraestructura existente (Wang et al., 2021).

Esta tecnología ha encontrado aplicaciones significativas en entornos residenciales, comerciales y empresariales debido a su capacidad para soportar múltiples servicios de comunicación sobre una sola infraestructura de fibra óptica. Al cumplir con los estándares establecidos por IEEE, EPON asegura la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes y facilita la integración de servicios avanzados como la nube, la virtualización y la Internet de las Cosas (IoT), impulsando así la innovación y el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas en el sector de las telecomunicaciones.

Figura 14.
EPON (Ethernet Passive Optical Network)



Fuente: Practonet (2024)

2.4. Diseño de Redes FTTH

El diseño de redes FTTH implica la planificación y creación de infraestructuras de fibra óptica que permitan la transmisión de datos directamente a los hogares. Este proceso incluye la selección de tecnologías adecuadas, el trazado de rutas eficientes para el cableado y la instalación de equipos necesarios para garantizar una conexión rápida y fiable (Loayza et al., 2020). Se debe considerar la topografía del área, la densidad de población y la ubicación de las instalaciones existentes para optimizar el despliegue de la red. Además, es crucial realizar estudios de viabilidad y análisis de costo-beneficio para asegurar la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Así mismo, también es fundamental la integración de sistemas de gestión y monitoreo que permitan supervisar el rendimiento de la red y detectar posibles fallos. Esto requiere la implementación de tecnologías avanzadas y herramientas de software que faciliten la administración eficiente

de la infraestructura (Ikhwan et al., 2023). La capacitación del personal y la colaboración con proveedores de equipos son aspectos esenciales para el éxito del proyecto. Además, la consideración de normativas y estándares internacionales garantiza que la red cumpla con los requisitos técnicos y de seguridad necesarios, ofreciendo a los usuarios finales un servicio de alta calidad y confiabilidad.

2.4.1. Metodologías de diseño de redes FTTH

Las metodologías abarcan un conjunto de procesos estructurados y técnicas que aseguran una implementación eficiente y eficaz de la infraestructura de fibra óptica. Inicialmente, se realiza un estudio detallado del entorno, que incluye el análisis de la topografía, la densidad de población y la ubicación de los edificios. Este análisis permite elaborar un plano detallado que optimiza la ruta del cableado y minimiza los costos. La selección de tecnología adecuada es crucial, considerando factores como la capacidad de transmisión, la distancia y la escalabilidad (Abdellaoui et al., 2021). Asimismo, se desarrollan diagramas de red y se especifican los componentes necesarios, como divisores ópticos y puntos de acceso.

En la fase de implementación, las metodologías incluyen la gestión de proyectos, que asegura que cada etapa se complete dentro del plazo y presupuesto establecidos. La supervisión continua y la evaluación de riesgos permiten identificar y mitigar posibles problemas antes de que afecten el desarrollo del proyecto. La capacitación del personal encargado de la instalación y mantenimiento de la red es esencial para garantizar su correcto funcionamiento. Al finalizar la instalación, se llevan a cabo pruebas exhaustivas para verificar la integridad y el rendimiento de la red (Asgarirad & Jahromi, 2020). Estas metodologías aseguran que la red FTTH proporcione una conexión de alta calidad, fiable y preparada para futuras expansiones y mejoras tecnológicas.

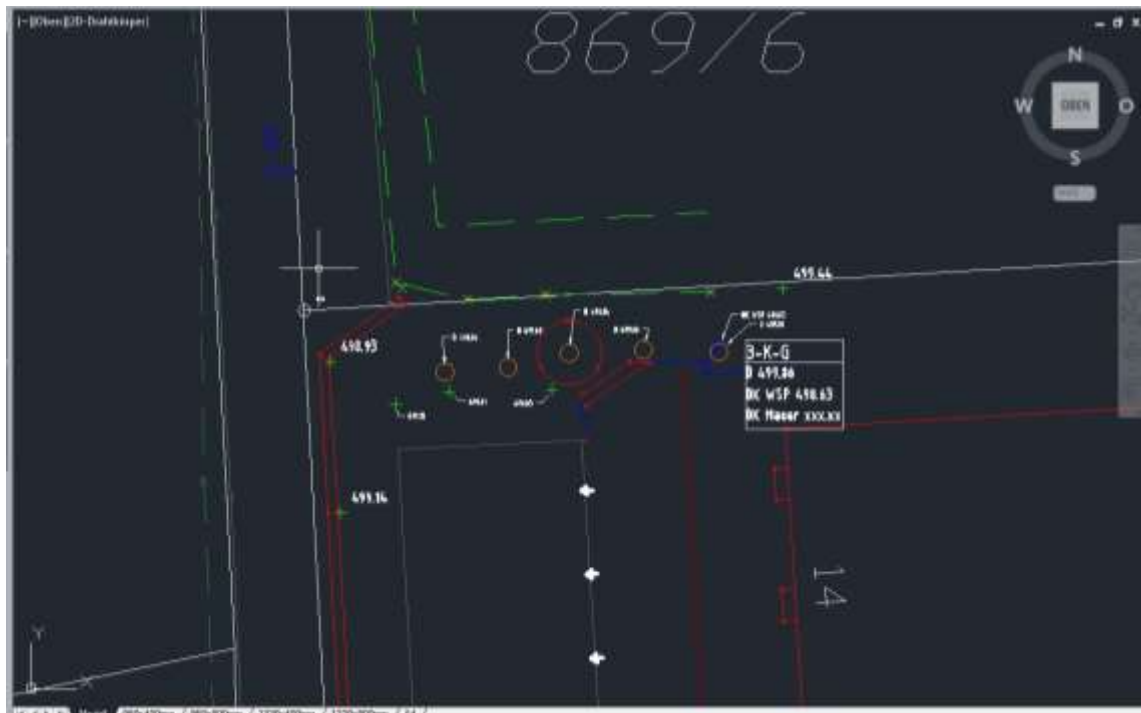
2.4.2. Herramientas y software para el diseño de redes FTTH

Las herramientas y software para el diseño de redes FTTH fundamentales para garantizar la precisión y eficiencia en la planificación y ejecución del proyecto. Entre las herramientas más utilizadas se encuentran los sistemas de información geográfica (GIS), que permiten mapear y analizar

las características geográficas del área de despliegue, facilitando la identificación de las rutas óptimas para el tendido de fibra (Loayza et al., 2020). Además, los simuladores de red ayudan a prever el comportamiento y rendimiento de la infraestructura antes de su implementación. Estos simuladores permiten modelar diferentes escenarios y evaluar la viabilidad técnica y económica de cada uno.

En cuanto al software, existen plataformas específicas para el diseño y gestión de redes FTTH, como AutoCAD para el dibujo de planos detallados y herramientas de gestión de proyectos como Primavera y Microsoft Project. Estas plataformas ayudan a coordinar las diversas fases del proyecto, desde la planificación hasta la ejecución y monitoreo. Asimismo, los sistemas de gestión de red (NMS) y herramientas de monitoreo en tiempo real permiten supervisar y controlar el rendimiento de la red una vez instalada, asegurando un servicio de alta calidad (Abdellaoui et al., 2021). La integración de estas herramientas y software en el proceso de diseño y gestión de redes FTTH resulta crucial para optimizar recursos, reducir costos y garantizar la fiabilidad y escalabilidad de la infraestructura.

Figura 15.
Red FTTH AutoCAD



Fuente: CAD (2024)

2.4.3. Consideraciones para el diseño de redes en áreas urbanas y rurales

El diseño de redes FTTH en áreas urbanas y rurales requiere considerar diversos factores para adaptarse a las características específicas de cada entorno. En áreas urbanas, la alta densidad de edificios y usuarios demanda una infraestructura robusta y eficiente, con una planificación detallada de rutas de cableado que minimice interrupciones y maximice la cobertura. La coexistencia con otras infraestructuras subterráneas y aéreas debe gestionarse cuidadosamente, al igual que los permisos municipales necesarios para la instalación (Porru et al., 2020). Además, es esencial considerar el uso de tecnologías que permitan una alta capacidad de transmisión y facilidad de mantenimiento, debido a la alta demanda de servicios de datos en estas zonas.

Por otro lado, en áreas rurales, el desafío principal es la dispersión geográfica de los usuarios y la mayor distancia entre puntos de conexión, lo que incrementa los costos y la complejidad del despliegue de la red. La selección de rutas eficientes que aprovechen las infraestructuras existentes, como postes de electricidad o ductos, es crucial para reducir costos. También es importante evaluar la viabilidad económica del proyecto, considerando subsidios o apoyos gubernamentales que faciliten la implementación (Cowie et al., 2020). La elección de tecnologías que permitan una cobertura amplia con menores inversiones iniciales es fundamental, así como la planificación para futuras expansiones a medida que aumente la demanda en estas áreas.

2.5. Análisis de Factibilidad

El análisis de factibilidad es un proceso integral que evalúa la viabilidad técnica, económica y operativa del proyecto. En la evaluación técnica, se examinan aspectos como la infraestructura existente, la topografía del área y los requerimientos tecnológicos necesarios para asegurar una conexión eficiente y de alta calidad. Esto incluye la selección de equipos adecuados, la capacidad de transmisión y la escalabilidad futura de la red (Palma et al., 2021). Además, se analizan posibles desafíos técnicos y se desarrollan soluciones para mitigar cualquier riesgo asociado al despliegue de la infraestructura.

En la evaluación económica, se realiza un detallado estudio de costos, que abarca desde la inversión inicial en materiales y mano de obra hasta los gastos de operación y mantenimiento a largo plazo (Abdellaoui et al., 2021). Se considera el retorno de inversión (ROI) proyectado y se identifican posibles fuentes de financiamiento, incluyendo subvenciones y asociaciones público-privadas. La evaluación operativa examina la capacidad organizativa para gestionar el proyecto, incluyendo la formación del personal y la coordinación logística. Este análisis integral permite tomar decisiones informadas, garantizando que el proyecto sea sostenible, rentable y capaz de cumplir con las expectativas de rendimiento y servicio a los usuarios finales.

2.5.1. Evaluación técnica de la factibilidad

La evaluación técnica de la factibilidad en el diseño de redes FTTH implica un análisis exhaustivo de los componentes y requerimientos necesarios para el despliegue de la infraestructura. Primero, se revisa la topografía del área para determinar las rutas óptimas para el tendido de fibra óptica, considerando tanto la geografía como las estructuras existentes. Este análisis incluye la identificación de puntos de acceso, nodos de distribución y posibles obstáculos naturales o urbanos (Budiyanto et al., 2020). Se evalúan también las tecnologías disponibles para asegurar que se elija la más adecuada en términos de capacidad, velocidad y fiabilidad, garantizando así un rendimiento óptimo de la red.

Además, la evaluación técnica contempla la integración de la nueva red con infraestructuras preexistentes, como redes de telecomunicaciones y servicios públicos. Se realizan pruebas de campo y simulaciones para prever el comportamiento de la red bajo diferentes condiciones y demandas. La durabilidad y mantenimiento de los materiales y equipos seleccionados son también factores cruciales, asegurando que la red pueda operar de manera eficiente y con mínimos costos de mantenimiento a largo plazo (Abdellaoui et al., 2021). Este análisis detallado asegura que el diseño de la red FTTH no solo sea técnicamente viable, sino también capaz de proporcionar un servicio de alta calidad y adaptado a las necesidades futuras de los usuarios.

2.5.2. Evaluación económica de la factibilidad

La evaluación económica de la factibilidad en el diseño de redes FTTH se centra en analizar todos los costos asociados al proyecto y su potencial

rentabilidad. Inicialmente, se calculan los gastos de inversión, incluyendo la adquisición de materiales, equipos y la contratación de mano de obra especializada. Este análisis considera tanto los costos directos, como el tendido de fibra óptica y la instalación de infraestructura, como los indirectos, que pueden incluir permisos y licencias (Abdellaoui et al., 2021). Además, se proyectan los costos operativos y de mantenimiento a largo plazo, garantizando que el presupuesto contemple todas las necesidades futuras para el funcionamiento sostenible de la red.

Además, se realiza un estudio de retorno de inversión (ROI), evaluando los ingresos esperados a partir de la comercialización de los servicios FTTH. Este análisis considera la demanda del mercado, la capacidad de pago de los usuarios y la competencia existente. También se identifican posibles fuentes de financiamiento, como subvenciones gubernamentales, préstamos y asociaciones público-privadas, que pueden aliviar la carga financiera inicial (Zaidi et al., 2023). La evaluación económica no solo busca asegurar la viabilidad financiera del proyecto, sino también maximizar su rentabilidad, proporcionando un marco sólido para la toma de decisiones estratégicas que aseguren el éxito a largo plazo.

2.5.2.1. Análisis de costos (CAPEX y OPEX).

El análisis de costos en el diseño de redes FTTH abarca tanto los gastos de capital (CAPEX) como los gastos operativos (OPEX). En el caso del CAPEX, se incluyen todos los costos iniciales necesarios para la implementación de la red. Esto implica la adquisición de fibra óptica, equipos de transmisión y recepción, infraestructura de soporte y herramientas especializadas. Además, se consideran los gastos en mano de obra para la instalación, así como los costos asociados a permisos y licencias necesarias para el despliegue (Asgarirad & Jahromi, 2020). La planificación detallada de estos costos es crucial para asegurar que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto y se ejecute de manera eficiente.

Por otro lado, el OPEX se refiere a los costos recurrentes necesarios para mantener y operar la red una vez instalada. Estos incluyen gastos en energía eléctrica, mantenimiento de equipos, actualización de software y soporte técnico. También se consideran los costos de gestión y administración

de la red, así como los salarios del personal encargado de estas tareas (Skoufis et al., 2023). Un análisis exhaustivo del OPEX permite prever los recursos financieros necesarios para asegurar la sostenibilidad a largo plazo del proyecto, garantizando que la red pueda operar de manera eficiente y sin interrupciones, ofreciendo un servicio continuo y de alta calidad a los usuarios finales.

2.5.2.2. Análisis de retorno de inversión (TIR y VAN).

El análisis de retorno de inversión en el diseño de redes FTTH se centra en la evaluación de dos indicadores financieros clave: la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN). La TIR mide la rentabilidad esperada del proyecto, representando la tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos de caja futuros con la inversión inicial. Una TIR alta indica que el proyecto es financieramente atractivo y tiene el potencial de generar retornos significativos en comparación con otras oportunidades de inversión (Budiyanto et al., 2020). Este análisis ayuda a los inversionistas a comprender el potencial de ganancias y a decidir si seguir adelante con el proyecto.

El VAN, por otro lado, calcula el valor presente de los flujos de caja futuros generados por el proyecto, descontados a una tasa específica, menos la inversión inicial. Un VAN positivo indica que el proyecto generará más valor del que cuesta, contribuyendo a la creación de riqueza. Este indicador proporciona una medida clara del beneficio económico neto del proyecto, considerando tanto los ingresos proyectados como los costos asociados (Skoufis et al., 2023). Juntos, el análisis de TIR y VAN permite una evaluación completa de la viabilidad financiera del proyecto, ayudando a los responsables a tomar decisiones informadas sobre la inversión en la red FTTH, asegurando que los recursos se asignen de manera eficiente y rentable.

2.5.3. Factores de éxito y riesgos en la implementación de redes FTTH

Los factores de éxito en la implementación de redes FTTH incluyen una planificación meticulosa, una gestión eficiente del proyecto y la adopción de tecnologías avanzadas. Una planificación detallada considera la topografía, la densidad de población y las infraestructuras existentes, optimizando así el

despliegue de la red. La gestión del proyecto debe garantizar que cada fase se complete dentro del presupuesto y plazo establecidos, con una coordinación efectiva entre los equipos de trabajo (George et al., 2023). La selección de tecnologías adecuadas asegura un rendimiento óptimo y una escalabilidad futura, permitiendo que la red evolucione conforme aumente la demanda de servicios de datos.

Sin embargo, la implementación de redes FTTH también enfrenta varios riesgos. Uno de los principales desafíos es el alto costo inicial de inversión, que puede ser difícil de recuperar si la adopción del servicio por parte de los usuarios no cumple con las expectativas. Los retrasos en la obtención de permisos y licencias pueden afectar el cronograma del proyecto, mientras que las interrupciones imprevistas, como problemas técnicos o condiciones climáticas adversas, pueden aumentar los costos y afectar la calidad del servicio (Asgarirad & Jahromi, 2020). La competencia con otras tecnologías de banda ancha también representa un riesgo, ya que puede influir en la viabilidad económica del proyecto. Mitigar estos riesgos requiere una planificación rigurosa, una gestión proactiva y la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios en el entorno del proyecto.

2.6. Implementación de Redes FTTH

La implementación de redes FTTH implica llevar a cabo un conjunto de actividades coordinadas que van desde la planificación inicial hasta la puesta en operación del sistema. Este proceso comienza con un estudio detallado del área a cubrir, considerando factores como la topografía, la densidad de población y la infraestructura existente. Luego, se procede con el diseño técnico, que incluye la selección de rutas óptimas para el tendido de fibra óptica y la especificación de los equipos necesarios para asegurar un desempeño óptimo de la red (Abdellaoui et al., 2021).

Una vez completada la fase de diseño, se inicia la fase de construcción, donde se lleva a cabo la instalación física de la infraestructura. Esto incluye la colocación de cables, la configuración de equipos de red y la integración de sistemas de soporte. Durante esta etapa, es crucial gestionar eficientemente los recursos humanos y materiales, así como cumplir con los estándares de calidad y seguridad establecidos. Finalmente, se realizan pruebas exhaustivas para verificar el funcionamiento adecuado de la red antes de su puesta en

servicio. La implementación exitosa de redes FTTH requiere un enfoque disciplinado y una supervisión constante para asegurar que se cumplan los objetivos técnicos y operativos del proyecto (Asgarirad & Jahromi, 2020).

2.6.1. Planificación y gestión de proyectos de FTTH

La planificación y gestión de proyectos de FTTH, requiere un enfoque estratégico y meticuloso desde el inicio hasta la conclusión del proyecto. Comienza con un análisis exhaustivo del área a cubrir, considerando factores como la geografía, la densidad de población y las infraestructuras existentes. Esta fase inicial también incluye la evaluación de la demanda de servicios de banda ancha y las expectativas de los usuarios, proporcionando una base sólida para la definición de objetivos claros y medibles (Abdellaoui et al., 2021).

Una vez establecidos los objetivos, se procede con la planificación detallada del proyecto, que implica la elaboración de cronogramas, asignación de recursos y estimación de costos. La gestión efectiva del proyecto se centra en la coordinación de equipos multidisciplinarios, el seguimiento del progreso y la resolución de cualquier problema que pueda surgir durante la ejecución. Además, se implementan mecanismos de control de calidad y se realizan pruebas piloto para asegurar que la red FTTH cumpla con los estándares de rendimiento y seguridad establecidos antes de su implementación completa (Budiyanto et al., 2020). Esta combinación de planificación estratégica y gestión rigurosa es fundamental para asegurar que los proyectos de FTTH se completen a tiempo, dentro del presupuesto y con resultados que satisfagan las expectativas de todos los stakeholders involucrados.

2.6.2. Proceso de instalación y despliegue de la red

El proceso de instalación y despliegue de redes FTTH, implica una secuencia organizada de actividades que van desde la preparación del terreno hasta la activación del servicio para los usuarios finales. Comienza con la preparación del sitio, donde se lleva a cabo la planificación física de rutas y ubicaciones de equipos. Esto incluye la evaluación de la infraestructura existente y la selección de métodos de instalación adecuados que minimicen las interrupciones y maximicen la eficiencia del despliegue (Abdellaoui et al., 2021).

Una vez que se establece la infraestructura inicial, se procede con la instalación de cables de fibra óptica y equipos de red. Este proceso requiere habilidades especializadas y el uso de tecnología avanzada para garantizar la integridad y capacidad de la red. Posteriormente, se realizan pruebas exhaustivas para verificar el funcionamiento correcto de todos los componentes, asegurando que la red cumpla con los estándares de rendimiento y calidad esperados. Este enfoque sistemático y meticuloso en el proceso de instalación y despliegue es esencial para asegurar la fiabilidad y eficacia de las redes FTTH, cumpliendo con las expectativas tanto técnicas como operativas establecidas desde el inicio del proyecto (Budyanto et al., 2020).

2.6.3. Pruebas y certificación de la red FTTH

Las pruebas y certificación de una red FTTH garantizan su funcionalidad y fiabilidad. Incluyen pruebas preliminares de componentes individuales y pruebas de integridad y rendimiento de la red completa (George et al., 2023). La certificación valida el cumplimiento de estándares y normativas, asegura la seguridad y verifica la conformidad con estándares técnicos, como los definidos por la ITU-T. Este proceso garantiza un servicio de alta calidad, estable y seguro, cumpliendo con los estándares de la industria y satisfaciendo a todos los stakeholders involucrados (Mazzei et al., 2023).

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

Para realizar el análisis de factibilidad y diseño de una red FTTH para la urbanización Polaris, se sigue una metodología estructurada que abarca varias fases críticas, utilizando herramientas específicas para asegurar un resultado óptimo. En la fase de planificación, se emplea un Sistema de Información Geográfica (GIS) para identificar las áreas que deben ser cubiertas, localizar los nodos de red y trazar las rutas más eficientes para la distribución de la fibra óptica. Además, se utiliza software de diseño para simular diferentes escenarios y calcular los costos asociados con cada uno, lo que permite evaluar la viabilidad del proyecto desde el punto de vista económico y técnico.

3.1. Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, el cual combinó métodos cualitativos y cuantitativos para proporcionar una comprensión integral del problema de estudio. Este enfoque permitió abordar tanto las dimensiones técnicas como las económicas de la posible implementación de una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) en la urbanización Polaris. Al utilizar un enfoque mixto, se logró una visión más completa y profunda, superando las limitaciones que podrían surgir si se empleara únicamente un método cualitativo o cuantitativo.

La metodología cualitativa permitió captar las percepciones, expectativas y experiencias de los residentes de Polaris, así como de otros actores clave, como los proveedores de servicios de internet (ISP) y las autoridades locales. Estos aspectos cualitativos resultaron esenciales para comprender el contexto social y económico en el que se planteaba la implementación de la red FTTH. A través de fichas de cotejo y análisis documental, se recogieron datos ricos y detallados sobre la infraestructura de conectividad existente, las necesidades de los usuarios y las posibles mejoras que podría aportar la tecnología propuesta.

Simultáneamente, la investigación cuantitativa ofreció datos objetivos y medibles sobre aspectos técnicos y económicos relevantes para la viabilidad del proyecto. Esto incluyó la recopilación y análisis de datos relacionados con las velocidades de internet actuales, el ancho de banda disponible, los costos de instalación y operación de la red, así como las proyecciones de demanda

futura. Estas cifras proporcionaron una base sólida para evaluar la factibilidad técnica y económica del proyecto, permitiendo un análisis riguroso y fundamentado.

3.2. Tipo de investigación

La investigación adoptó un enfoque descriptivo, orientado a detallar y analizar de manera exhaustiva las características y condiciones actuales de la urbanización Polaris en relación con su infraestructura de conectividad a internet. Este tipo de investigación se consideró adecuado dado que el objetivo principal era proporcionar una comprensión clara y precisa de la situación actual, sin intervenir o modificar las variables existentes. El enfoque descriptivo permitió documentar de forma detallada las tecnologías de conectividad utilizadas en la urbanización, así como las limitaciones y problemas que enfrentaban los residentes debido al uso de tecnologías obsoletas como el DSL y el cable coaxial.

Además, el enfoque descriptivo facilitó la identificación y el análisis de las necesidades de los residentes en cuanto a velocidad de internet, ancho de banda y estabilidad de la conexión. Este tipo de investigación fue esencial para establecer un marco de referencia sólido sobre el cual se pudiera evaluar la viabilidad de la implementación de una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) en Polaris. Al describir con precisión las condiciones existentes, se creó una base empírica que sustentó el análisis técnico y económico posterior.

3.3. Técnicas de recolección de datos

La investigación se basó en un conjunto de técnicas de recolección de datos cuidadosamente seleccionadas para garantizar la obtención de información precisa y relevante. En primer lugar, se llevó a cabo una exhaustiva revisión documental que permitió recopilar y analizar información proveniente de fuentes secundarias, tales como informes técnicos, estudios previos, y literatura académica relacionada con la implementación de redes de fibra óptica hasta el hogar (FTTH). Esta revisión documental fue fundamental para contextualizar el proyecto dentro del marco de experiencias similares en otras comunidades, así como para identificar mejores prácticas y lecciones aprendidas que pudieran ser aplicadas en la urbanización Polaris.

Paralelamente, se utilizó el análisis de datos como una técnica clave para interpretar y sintetizar la información obtenida. Esta técnica incluyó tanto

el análisis cualitativo como cuantitativo de los datos recolectados, permitiendo identificar patrones, tendencias y relaciones significativas que fueron esenciales para evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto FTTH. A través de este análisis, se pudieron generar conclusiones fundamentadas sobre las condiciones actuales de conectividad en la urbanización y las posibles mejoras que podría aportar la nueva infraestructura.

Además, se realizó una observación de campo enfocada en examinar directamente los componentes existentes en la urbanización Polaris, tales como la infraestructura física disponible para la instalación de la red FTTH, incluyendo postes, conductos subterráneos, y el estado general de las instalaciones actuales de conectividad. Esta observación de campo proporcionó datos empíricos cruciales para evaluar la capacidad de la urbanización para soportar una red de fibra óptica y para identificar posibles obstáculos o desafíos técnicos que podrían surgir durante la implementación del proyecto.

La combinación de estas técnicas de recolección de datos permitió una comprensión integral y detallada de la situación actual en Polaris, facilitando un análisis profundo y exhaustivo que sirvió de base para la toma de decisiones informadas sobre la viabilidad del proyecto de conectividad propuesto. Cada técnica aportó una perspectiva única y complementaria, asegurando que los datos recolectados fueran tanto robustos como representativos de la realidad de la urbanización, lo que resultó esencial para el éxito de la investigación.

3.4. Fases del Diseño y Herramientas Clave

3.4.1. Planificación

La fase de planificación constituye el primer paso fundamental en el desarrollo del proyecto. Aquí se utiliza un Sistema de Información Geográfica (GIS) para identificar las áreas que necesitan cobertura, localizar los nodos de red estratégicamente y trazar las rutas óptimas para la distribución de la fibra óptica. El GIS permite una visualización precisa del área de trabajo, facilitando la toma de decisiones informadas sobre la disposición de la infraestructura.

Simultáneamente, se emplea OPNET Modeler, un software de diseño especializado, para simular diferentes escenarios y calcular los costos asociados con cada uno. Este software permite evaluar la viabilidad

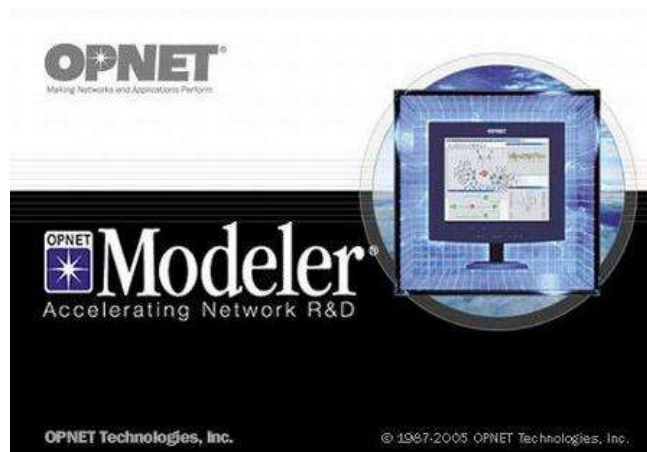
económica del proyecto al considerar diversas variables como la distancia de los tramos de fibra, la cantidad de nodos necesarios y los recursos disponibles. La capacidad de simular múltiples escenarios ofrece una visión completa de las posibles configuraciones y sus implicaciones financieras, ayudando a seleccionar la opción más viable.

3.4.2. Diseño Detallado

Una vez completada la fase de planificación, se avanza al diseño detallado de la red. En esta etapa, se utiliza nuevamente OPNET Modeler para dimensionar adecuadamente los equipos y generar toda la documentación técnica necesaria. Esta documentación incluye planos detallados de la red, listas de materiales específicos y especificaciones técnicas precisas que guían la implementación del proyecto. El diseño detallado garantiza que todos los componentes de la red estén correctamente dimensionados y que se minimicen los errores durante la fase de implementación.

Figura 16.

Plan de instalación de la Red



3.4.3. Implementación

La implementación de la red FTTH implica una serie de pasos técnicos que aseguran la calidad y eficiencia de la red instalada. Durante esta fase, se emplean medidores y reflectómetros para verificar la calidad de las conexiones de fibra óptica. Estas herramientas permiten detectar y corregir problemas de pérdida de señal o defectos en las conexiones, asegurando que la red cumpla con los estándares de calidad establecidos. Adicionalmente, los soldadores de fibra óptica se utilizan para unir las fibras de manera precisa, lo

cual es crucial para garantizar una transmisión de datos eficiente y sin interrupciones.

3.4.4. Gestión

Una vez implementada la red, la gestión continua es esencial para mantener su operatividad y calidad. Para ello, se utiliza software de gestión especializado que permite monitorizar el rendimiento de la red en tiempo real y gestionar cualquier incidencia que pueda surgir. Este software proporciona una visión integral del estado de la red, facilitando la detección rápida de problemas y la implementación de soluciones efectivas. La gestión eficiente asegura que la red mantenga su rendimiento óptimo y que los usuarios finales reciban un servicio de alta calidad de manera constante.

3.5. Introducción a OPNET Modeler y su Funcionalidad para Crear Redes FTTH

OPNET Modeler es una potente herramienta de simulación que permite modelar y evaluar el rendimiento de sistemas de comunicaciones y redes. En el contexto de redes FTTH (Fiber to the Home), OPNET Modeler ofrece varias funcionalidades clave que facilitan un diseño eficiente y una evaluación precisa de las redes (González & González, 2009).

3.5.1. Diseño y Simulación de Redes

Este permite la creación de escenarios detallados de redes FTTH. Los ingenieros pueden modelar componentes esenciales como OLT (Optical Line Terminal), ONT (Optical Network Terminal) y divisores ópticos. La herramienta proporciona un entorno gráfico intuitivo para diseñar la topología de la red, permitiendo a los usuarios visualizar y ajustar cada componente según las necesidades específicas del proyecto.

3.5.2. Evaluación de Prestaciones

Una de las capacidades más valiosas de OPNET Modeler es su habilidad para evaluar el rendimiento de la red bajo diversas condiciones. Los ingenieros pueden analizar factores críticos como el balance de potencias, la capacidad de enlace y la viabilidad física de la red. Esto permite identificar y resolver posibles problemas antes de la implementación física, asegurando que la red diseñada cumpla con los requisitos de calidad y rendimiento esperados.

3.5.3. Modelado de Nodos y Procesos

OPNET Modeler utiliza un enfoque jerárquico para el modelado de redes, que incluye:

- **Modelo de Red o Proyecto:** Representa la topología general de la red FTTH, proporcionando una visión macro de la estructura y los componentes de la red.
- **Modelo de Nodos:** Define la estructura interna de dispositivos como OLT y ONU, permitiendo un detalle preciso de la configuración y las interacciones de cada nodo.
- **Modelo de Procesos:** Describe el comportamiento y la lógica de los componentes de red, incluyendo las operaciones internas y los flujos de datos entre nodos (González & González, 2009).

3.5.4. Análisis de Resultados

La herramienta ofrece capacidades avanzadas para recopilar y analizar datos de simulación. Los usuarios pueden evaluar parámetros críticos de la red FTTH, como el tráfico de datos, la latencia y la tasa de errores. Este análisis detallado permite a los ingenieros identificar áreas de mejora y optimizar el rendimiento general de la red.

3.5.5. Flexibilidad en el Diseño

También, proporciona una gran flexibilidad en el diseño de redes FTTH. Los usuarios pueden crear y modificar escenarios de red, ajustando parámetros como el número de usuarios, las distancias de fibra y las configuraciones de equipos. Esta capacidad de personalización permite probar múltiples configuraciones y seleccionar la más eficiente y viable.

3.5.6. Verificación de Estándares

La herramienta también es útil para verificar el cumplimiento de estándares específicos de FTTH, como GPON (Gigabit Passive Optical Network). Mediante la simulación y el análisis, los ingenieros pueden asegurar que la red diseñada cumple con las normativas y especificaciones requeridas, garantizando la interoperabilidad y la calidad del servicio.

Tabla 2.
Comparación de OPNET

Factor	OPNET Modeler	Otros modeladores (ej. NS-2, OMNeT++)
Interfaz gráfica	Interfaz gráfica de usuario avanzada y fácil de usar	Interfaz de línea de comandos o GUI básica
Biblioteca de modelos	Extensa biblioteca de modelos predefinidos y protocolos	Biblioteca más limitada, requiere más desarrollo propio
Precisión de simulación	Alta precisión en simulaciones de redes complejas	Precisión variable, puede requerir ajustes manuales
Escalabilidad	Capaz de simular redes a gran escala	Limitaciones en el tamaño de las redes simuladas
Análisis de resultados	Herramientas integradas de análisis y visualización de datos	Análisis de datos más básico o requiere herramientas externas
Soporte para tecnologías emergentes	Actualizaciones frecuentes para incluir nuevas tecnologías	Puede haber retrasos en la implementación de tecnologías recientes
Flexibilidad de programación	Permite modificar modelos existentes y crear nuevos en C++	Flexibilidad variable, a menudo limitada a scripts específicos
Documentación y soporte	Documentación extensa y soporte técnico profesional	Documentación variable y soporte comunitario
Validación de modelos	Modelos validados por la industria y la academia	Validación menos rigurosa o dependiente de la comunidad
Integración con hardware real	Capacidad de integrar dispositivos físicos en simulaciones	Integración limitada o inexistente con hardware real

Fuente: Elaborado por el autor

3.6. Licencia y Requerimientos de OPNET Modeler

OPNET Modeler es un software de simulación y análisis de redes que requiere una licencia válida para su uso. Este programa se destaca por su capacidad para modelar y evaluar el rendimiento de sistemas de comunicaciones y redes, siendo una herramienta esencial en investigación, desarrollo y planificación de redes.

3.6.1. Licencia

- **Software de Pago:** OPNET Modeler es un producto comercial que requiere la compra de una licencia para su uso. Este costo refleja la sofisticación y las capacidades avanzadas del software.
- **Tipos de Licencias:** Generalmente se ofrecen licencias académicas, diseñadas para instituciones educativas, y licencias comerciales, destinadas a empresas y organizaciones.
- **Obtención:** La licencia se puede adquirir contactando al equipo de ventas de Riverbed, actual propietario de OPNET. Este proceso asegura que los usuarios obtengan el soporte y las actualizaciones necesarias.
- **Validación:** Es imprescindible tener una licencia válida para descargar, instalar y utilizar el software. La validación garantiza que los usuarios cumplan con las condiciones de uso y reciban acceso completo a las funcionalidades del programa (González & González, 2009).

3.6.2. Requerimientos

Para asegurar un rendimiento óptimo y una experiencia de usuario fluida, OPNET Modeler tiene ciertos requerimientos técnicos que deben cumplirse:

Hardware:

- **Procesador Moderno:** Se recomienda un procesador multi-core para manejar las complejas simulaciones y análisis que realiza OPNET Modeler.
- **Memoria RAM Suficiente:** Un mínimo de 8GB de RAM es recomendado para asegurar que el software pueda manejar

grandes volúmenes de datos y realizar simulaciones sin problemas.

- Espacio en Disco Duro: Es necesario contar con suficiente espacio en el disco duro para la instalación del software y el almacenamiento de simulaciones.
- Sistema Operativo: OPNET Modeler es compatible principalmente con Windows, aunque algunas versiones pueden soportar otros sistemas operativos. Es importante verificar la compatibilidad antes de la instalación.

Componentes de Instalación: La instalación de OPNET Modeler consta de tres componentes que deben ser instalados en un orden específico para asegurar una configuración correcta:

- Software: El núcleo del programa que contiene las herramientas de simulación y análisis.
- Modelos: Plantillas y bibliotecas de modelos predefinidos que facilitan la creación de escenarios de red.
- Documentación: Guías y manuales que proporcionan instrucciones detalladas sobre el uso del software y sus funcionalidades.
- Conexión a Internet: Una conexión a internet es necesaria para la activación de la licencia y para la descarga de posibles actualizaciones del software, asegurando que el usuario siempre tenga acceso a las últimas mejoras y correcciones.
- Conocimientos Técnicos: Para aprovechar al máximo las capacidades de OPNET Modeler, se recomienda tener conocimientos en redes y programación. Este conocimiento técnico permite a los usuarios personalizar y optimizar sus simulaciones de manera efectiva.

Es importante destacar que OPNET Modeler es una herramienta profesional utilizada en múltiples campos debido a su capacidad de simular y analizar detalladamente las redes de comunicación (González & González, 2009).

3.7. Equipos Necesarios

En el diseño detallado, se identifican y dimensionan los equipos esenciales para la red FTTH. Estos incluyen:

- Cables de fibra óptica: Se seleccionan diferentes tipos de cables de fibra óptica según las necesidades específicas de cada segmento de la red, asegurando una transmisión de datos eficiente y de alta velocidad.
- Conectores y empalmes de fibra óptica: Se especifican los conectores y empalmes necesarios para garantizar conexiones seguras y de baja pérdida entre los cables de fibra óptica.
- Cajas de distribución (ODF): Se determinan las ubicaciones y capacidades de las cajas de distribución de fibra óptica, las cuales facilitan la gestión y organización de las conexiones de fibra.
- Equipos de terminación de red (ONT): Se dimensionan los equipos de terminación de red que se instalarán en los hogares y empresas, asegurando compatibilidad y rendimiento adecuados para cada usuario final.
- Splitters ópticos: Se seleccionan los splitters ópticos necesarios para dividir la señal de fibra óptica y distribuirla a múltiples usuarios, optimizando la eficiencia del ancho de banda.

3.8. Generación de Documentación Técnica

Utilizando el software de diseño OPNET Modeler, se genera una serie de documentos técnicos que detallan cada aspecto del diseño de la red. Estos documentos incluyen:

- Planos detallados de la red: Se crean diagramas precisos que muestran la disposición de todos los componentes de la red, incluyendo rutas de cables, ubicaciones de nodos y puntos de conexión.
- Listas de materiales: Se elabora una lista exhaustiva de todos los materiales y equipos necesarios, especificando cantidades, modelos y proveedores recomendados.

- Especificaciones técnicas: Se redactan especificaciones detalladas para cada componente de la red, asegurando que todos los elementos cumplan con los estándares de calidad y rendimiento requeridos.

El diseño detallado y la generación de documentación técnica son pasos fundamentales que garantizan que la red FTTH para la Urbanización Polaris se construya con precisión y eficiencia.

3.9. Software de Gestión

La implementación de software de gestión especializado permite una supervisión en tiempo real de la red FTTH. Estas herramientas son fundamentales para:

- Monitorización de la Performance: El software de gestión, como OPNET Modeler, proporciona una visión detallada del rendimiento de la red, permitiendo la supervisión de parámetros clave como la velocidad de transmisión de datos, latencia, y tasas de error. Esta información es crucial para identificar y solucionar problemas antes de que afecten a los usuarios.
- Gestión de Incidencias: El software facilita la identificación y resolución rápida de incidencias. Mediante alertas automáticas y diagnósticos precisos, los técnicos pueden intervenir de manera eficiente para resolver problemas, minimizando el tiempo de inactividad y mejorando la experiencia del usuario.
- Análisis de Tendencias: La recopilación continua de datos permite el análisis de tendencias en el rendimiento de la red. Esto ayuda a predecir posibles problemas y a planificar mejoras proactivas, asegurando que la infraestructura se mantenga actualizada y eficiente.
- Gestión de Recursos: El software de gestión también facilita la administración de los recursos de la red, como el ancho de banda y la capacidad de los nodos. Esto asegura una distribución equitativa y optimizada de los recursos, mejorando la eficiencia operativa.

3.10. Proceso de Gestión

El proceso de gestión se desarrolla de manera sistemática, siguiendo varios pasos interconectados:

- **Monitoreo Continuo:** Se establece un sistema de monitoreo continuo que permite la supervisión en tiempo real de todos los aspectos críticos de la red. Los datos recopilados son analizados para detectar cualquier desviación de los parámetros normales.
- **Detección y Diagnóstico de Incidencias:** Ante cualquier anomalía, el software genera alertas automáticas. Los técnicos utilizan estas alertas para diagnosticar el problema, utilizando herramientas de análisis integradas en el software.
- **Resolución de Problemas:** Una vez diagnosticada la incidencia, se implementan las acciones correctivas necesarias. El software de gestión proporciona guías y procedimientos para la resolución de problemas, facilitando una intervención rápida y efectiva.
- **Informe y Retroalimentación:** Después de resolver la incidencia, se genera un informe detallado que documenta el problema y las acciones tomadas. Esta información se utiliza para mejorar los procesos de gestión y para la formación continua del personal técnico.

La gestión efectiva de la red FTTH para la Urbanización Polaris es fundamental para mantener un servicio de alta calidad y satisfacer las expectativas de los usuarios. Mediante el uso de software de gestión avanzado, se asegura una supervisión constante, una resolución rápida de incidencias y una optimización continua de la red, contribuyendo al éxito y sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

CAPÍTULO IV: DISEÑO, PROPUESTA Y RESULTADOS

4.1. Análisis Del Área Técnica

En la actualidad, los proveedores de servicios de telecomunicaciones ofrecen servicios de telefonía fija, acceso a Internet de banda ancha y televisión a través de un único cable y equipo terminal. Esta integración de servicios es posible gracias a la digitalización de las señales, permitiendo el envío de señales de cualquier tipo por la red. Por consiguiente, la red propuesta en este proyecto para el transporte de multiservicios, conocidos también como Triple Play (voz, video, datos e Internet), debe ser convergente. Esto implica que sobre una misma infraestructura se puedan transportar servicios de diversa naturaleza con calidad, velocidad y bajos costos. Además, es importante considerar que la capacidad mínima requerida por cada usuario de cada sector varía según las actividades que realizan, como se muestra en la figura que ilustra la capacidad mínima para cada tipo de usuario.

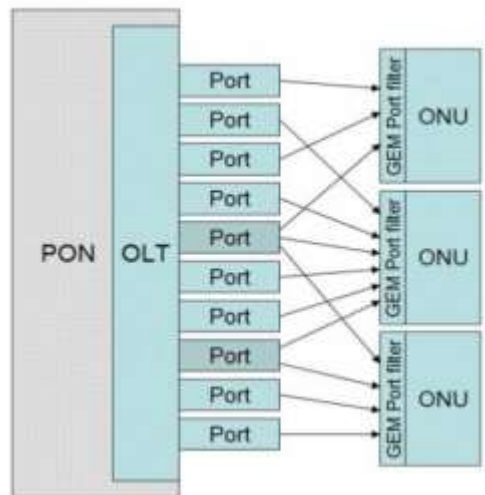
Figura 17.

Requerimiento de Capacidad para Multiservicios o servicios

	Residenciales	Comerciales	Educativos
 TV de Alta definición HD	6 Mbps	9 Mbps	9 Mbps
 Telefonía Fija	128 Kbps	128 Kbps	128 Kbps
 Internet Banda Ancha	1 Mbps	2 Mbps	2 Mbps
Total mínimo aprox	8Mbps	12 Mbps	12 Mbps

En el diseño de la red, se optará por una red óptica de tipo pasivo, que utiliza equipos activos únicamente en los extremos. Este enfoque permite implementar la tecnología FTTH GPON, diseñada para superar las limitaciones del par trenzado y ofrecer servicios que demandan un gran ancho de banda de manera masiva. A nivel lógico, la estructura de la red se representa tal como se muestra en las figuras correspondientes.

Figura 18.
Estructura lógica de una Red



La distribución del pétalo en la Urbanización Polaris, fundamental para el diseño de la red FTTH propuesta, se detalla a continuación. Este nodo será alimentado por el SW1AG o agregador 1, el cual a su vez alimenta al sw2guachauio mediante la IP 10.21.1.168. Este último se interconecta con el primer sw1guachauio y con sw2murosuio, el cual suministra al pétalo, como se muestra en el mapa de la figura. Se seleccionó el Nodo Guachan por su ubicación más adecuada para el sector. En dicho nodo, se encuentra un switch Cisco 3620, el cual se conectará al OLT y posteriormente a un ODF de 96 hilos. Desde el ODF, una fibra se dirigirá a la caja BMX, que contiene un splitter. De este splitter, una fibra de 2 hilos llegará a la ONT y, finalmente, al equipo inalámbrico del usuario.

4.2. Diseño Físico

Figura 19.

Urbanización Polaris



4.3. Ubicación de la OLT

En el diseño, se ubicará la OLT en el nodo más cercano a la zona seleccionada para asegurar un mejor radio de cobertura y reducir costos operativos y de mantenimiento. La proximidad al proveedor de servicios, Telconet, también se considerará para optimizar la ubicación. Se utilizará una OLT con las siguientes características:

- Un puerto Gigabit Ethernet para conectarse a un nodo de acceso de la red IP/MPLS de Telconet.

- Una tarjeta de administración para configurar clientes según el plan contratado, monitorear el consumo para facturación y detectar fallas en la red.

La capacidad de operar en las siguientes longitudes de onda para ofrecer multiservicios:

- 1310nm para voz y datos en conexión ascendente (del cliente al nodo).
- 1490nm para voz y datos en conexión descendente (del nodo al cliente).
- 1550nm para video de RF en conexión descendente.

La OLT contará con 8 tarjetas GPON, cada una soportando hasta 64 ONU's. Cuatro de estas tarjetas se conectarán mediante cables de fibra de 2 hilos a los splitters ubicados estratégicamente en cada zona, mientras que las restantes se mantendrán como respaldo en caso de fallas.

Figura 20.

Características de fibra Draka ADSS

Cable de Fibra óptica Mono Modo autosoportado y completamente dieléctrico (ADSS) de 12 Fibras para instalación exterior.



CARACTERÍSTICAS

- Fibra óptica monomodo G-652D
- Elementos central no metálico usado como miembro resistente a la tracción
- Cubierta exterior de HDPE Negro, resistente a UV
- Cubierta interior de HDPE Negro, resistente a UV
- Tubo suelto (loose tube)
- Material aislante del agua
- Fibras individuales de colores azul y blanco
- Módulo extenso de hilados de aramida para aumentar resistencia
- Diámetro del cable: 15.3 mm
- Peso del cable: 175 Kg / Km

La fibra óptica G.652.A es adecuada para soportar sistemas de hasta STM-16, así como 10 Gbit/s Ethernet y STM-256. La fibra G.652.B soporta aplicaciones de mayor velocidad binaria, hasta STM-64 y STM-256. La G.652.C es similar a la G.652.A, pero permite transmisiones en una gama de

longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm. La G.652.D, semejante a la G.652.B, también permite transmisiones en una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

El diseño propuesto no contempla situaciones extremas en cuanto a distancias o requerimientos específicos, por lo que la fibra de acuerdo con la recomendación G.652.D es adecuada para este tipo de red. Es importante destacar que, aunque las recomendaciones G.653 y G.654 permiten un gran ancho de banda en redes de larga distancia, no funcionan eficientemente en todas las ventanas.

4.4. Selección de los Splitters

Para expandir la red de acceso, se emplearán splitters o divisores ópticos, que permiten derivar la señal a través de dos o más fibras distintas. Los splitters 1X8 PLC114 SC, con elevadas prestaciones ópticas, alta densidad de canales y menor tamaño, serán considerados para el diseño de la red de acceso.

Los splitters se ubicarán en cabinas exteriores, facilitando la expansión de la red y permitiendo un uso eficiente de sus puertos. La técnica de splitters en cascada reduce los costos de despliegue por abonado y es ideal para zonas con alta penetración de mercado.

Dado que la OLT puede soportar hasta 64 ONU's y que el sector seleccionado para el diseño está dividido en tres zonas (residencial, comercial y educativa), se optará por la zona residencial. Se establecerán dos niveles de división: uno de 1:4 y otro de 1:16, logrando así cubrir a más usuarios ubicados a mayores distancias y cumpliendo con las características de la OLT.

La ubicación de los splitters primarios se realizará en puntos estratégicos de cada zona, instalando un armario con un splitter primario de 1:4. Esto significa que cada una de las tres zonas se dividirá en cuatro sectores más pequeños, sumando un total de 16 sitios estratégicos.

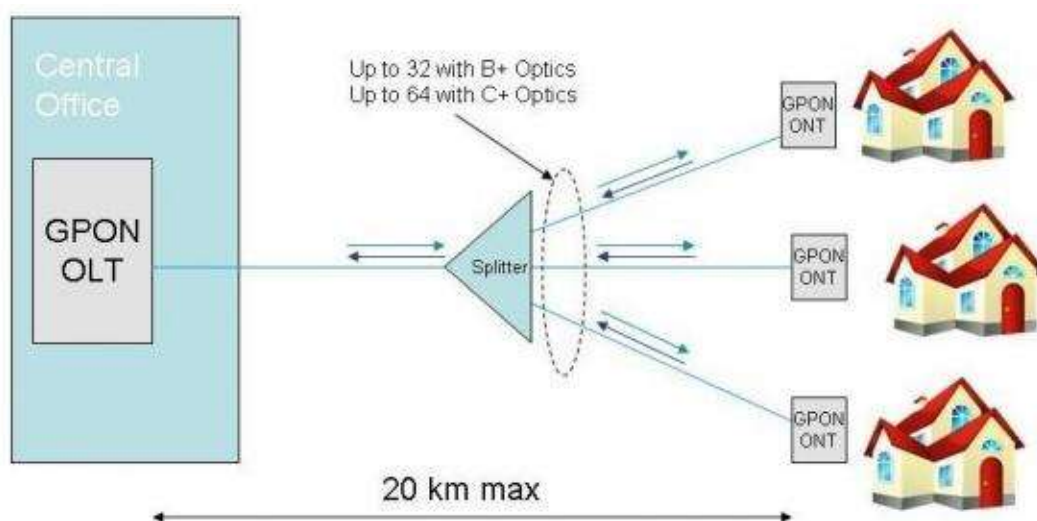
Cada uno de los 16 sectores finales contará con un splitter secundario de 1:16. De los 16 accesos disponibles en cada splitter, se utilizarán solo 8: 4 se conectarán a una ONU con capacidad para 64 usuarios y los 4 restantes se emplearán para ofrecer servicios a clientes comerciales o educativos.

4.5. Cálculo de la capacidad de la red

Para calcular la capacidad de la red que se contratará al proveedor para la transmisión de multiservicios o Triple Play, se considerarán varios componentes clave:

- **Terminal Óptico de Línea (OLT):** Este se localizará en las instalaciones del operador.
- **Red de Distribución de Fibra Óptica (ODN):** Representa la planta externa que se extiende desde la central hacia los nodos primarios.
- **Terminador de Red Óptica (ONT):** Funciona como interfaz entre la red de acceso y la red interna del abonado.
- **Unidad de Red Óptica (ONU):** Se trata del equipo terminal ubicado en el domicilio del usuario.

Figura 21.
Elementos de una red óptica



Se estima que, para el primer año, habrá un total de 440 usuarios, de los cuales 256 serán residenciales en la red propuesta. Cada usuario requiere un promedio de 10 Mbps para acceder a los multiservicios. Considerando una relación de compartición de 2:1, la capacidad total requerida se calcula de la siguiente manera:

Cálculo de la capacidad inicial:

Escenario:

- Usuarios residenciales: 256
- Requerimiento de ancho de banda por usuario: 10 Mbps
- Relación de compartición: 2:1

Fórmula:

Capacidad inicial = (Usuarios residenciales * Requerimiento de ancho de banda por usuario) / Relación de compartición

Sustitución de valores:

Capacidad inicial = (256 usuarios * 10 Mbps) / 2 = 1280 Mbps

- La capacidad inicial representa la cantidad de ancho de banda necesaria para satisfacer la demanda de todos los usuarios residenciales simultáneamente, asumiendo que todos ellos están utilizando el ancho de banda máximo en todo momento.
- La relación de compartición (2:1) indica que, en promedio, solo un usuario de cada dos estará utilizando activamente su ancho de banda máximo en un momento dado. Esto se basa en la suposición de que los usuarios no suelen utilizar todo su ancho de banda disponible todo el tiempo.

La capacidad inicial requerida para los usuarios residenciales es de **1280 Mbps**.

Cálculo de la capacidad total considerando la penetración de internet

Escenario:

Penetración de internet: 65% (se estima que el 65% de los usuarios se conectarán a internet)

Fórmula:

Capacidad total = Capacidad inicial * Penetración de internet

Sustitución de valores:

Capacidad total = 1280 Mbps * 65% = 832 Mbps

- La capacidad total representa la cantidad de ancho de banda necesaria para satisfacer la demanda de todos los usuarios que se conectarán a internet, asumiendo que todos ellos están utilizando el ancho de banda máximo en todo momento.
- La penetración de internet se utiliza para ajustar la capacidad inicial a la cantidad real de usuarios que se espera que utilicen la red para acceder a internet.

La capacidad total requerida para los usuarios que se conectarán a internet es de **832 Mbps**.

Cálculo de la capacidad total con margen de escalabilidad**Escenario:**

Margen de escalabilidad: 30% (se agrega un 30% para considerar un posible crecimiento futuro de la demanda)

Fórmula:

Capacidad total con escalabilidad = Capacidad total * (1 + Margen de escalabilidad)

Sustitución de valores:

Capacidad total con escalabilidad = 832 Mbps * (1 + 30%) = 1081.6 Mbps

- La capacidad total con escalabilidad representa la cantidad de ancho de banda necesaria para satisfacer la demanda actual y futura, considerando un posible crecimiento en el número de usuarios o en el uso del ancho de banda por usuario.

- El margen de escalabilidad se utiliza para agregar un "colchón" adicional a la capacidad total para evitar que la red se sature en el futuro.

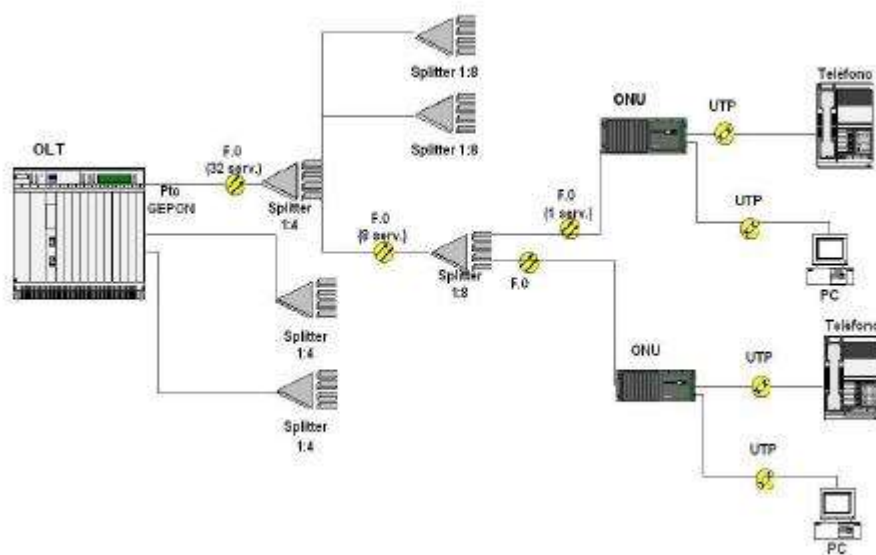
La capacidad total con escalabilidad requerida es de **1081.6 Mbps**.

4.6. Selección de la tecnología apropiada

En el diseño de la red de acceso, se propone utilizar la tecnología FTTH GPON para atender a los usuarios residenciales que necesiten un gran ancho de banda. Esta tecnología es eficiente ya que optimiza la capacidad disponible y reduce los costos de instalación y servicio. Además, permite que la ONU sea compartida por un mayor número de usuarios, lo cual facilita la cobertura de una manzana completa en el sector seleccionado. La figura proporciona un esquema del diseño propuesto.

Figura 22.

Esquema de usuarios FTTH



4.7. Equipamiento

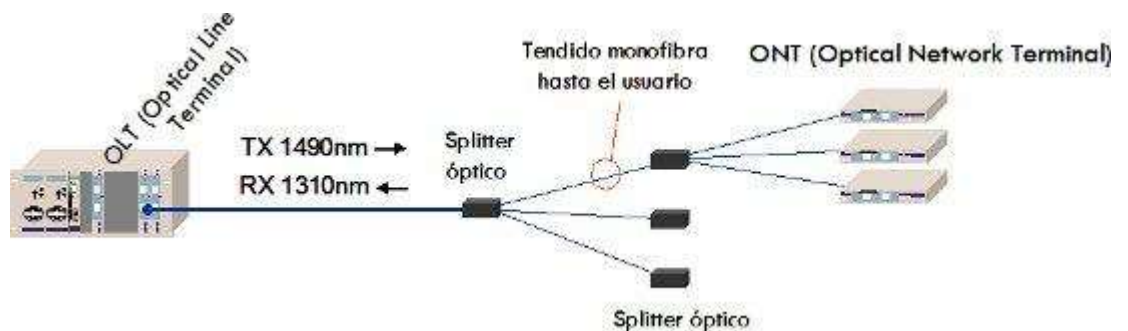
Para los equipos terminales que utilizarán la tecnología FTTH, se podrá ofrecer al usuario los tres servicios (voz, datos y video). Por lo tanto, se requerirán los siguientes componentes para la red:

- **Terminal Óptico de Línea (OLT):** Este equipo se ubicará en las instalaciones del proveedor de servicios y gestionará la distribución de señales ópticas a múltiples usuarios.

- **Red de Distribución de Fibra Óptica (ODN):** Será la infraestructura que transportará las señales ópticas desde la OLT hasta los nodos y posteriormente a los usuarios finales.
- **Terminador de Red Óptica (ONT):** Este dispositivo funcionará como interfaz entre la red de acceso y la red interna del usuario, permitiendo la recepción de los servicios contratados.
- **Unidad de Red Óptica (ONU):** Se instalará en el domicilio del usuario y se encargará de convertir las señales ópticas en señales eléctricas utilizables para los equipos domésticos.

Figura 23.

Esquema de equipos terminales en la red FTTH



El equipo OLT representado en la figura es una plataforma óptica de alta capacidad que integra tecnologías como CWDM, Gigabit Ethernet y SDH/SONET para el transporte de diversos servicios como voz, datos y vídeo. Operando sobre una red Gigabit Pasiva Óptica (GPON), este equipo soporta interfaces para redes metropolitanas como Gigabit Ethernet 10/100BaseT, STM1/OC3 y/o E1/T1. Además, permite la transmisión de servicios de difusión de vídeo a través de longitudes de onda dedicadas.

Figura 24.

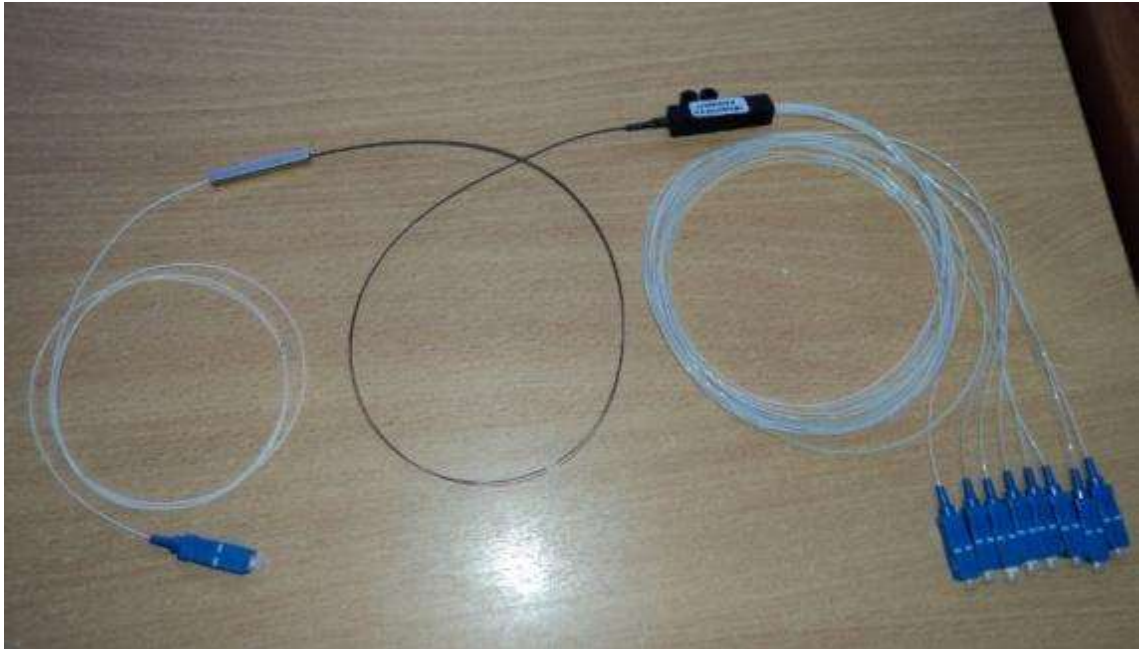
OLT



El splitter, mostrado en la figura, es un dispositivo pasivo que funciona según la dirección del haz de luz. Divide el haz entrante y lo distribuye hacia

múltiples fibras, o combina las señales en la dirección opuesta dentro de una misma fibra. Este equipo proporciona bajas pérdidas de inserción, facilitando su instalación y mantenimiento.

Figura 25.
Splitter



El cable de fibra óptica de 2 hilos monomodo, representado en la figura, es un tipo estándar que puede utilizarse eficientemente en longitudes de onda de 1300nm y 1550nm. Está optimizado para minimizar la dispersión en 1300nm y se clasifica como Cable Type FIG.8 DROP G657A 2F.

Figura 26.
Fibra Óptica de 2 hilos



El equipo ONT es completamente compatible con la familia de productos OLT y proporciona varias opciones para configuración, puesta a punto y mantenimiento continuo. Este dispositivo tiene una alta capacidad, soporta velocidades de hasta 2.488/1.244 Gbps y ofrece diferentes niveles de calidad de servicio a los clientes. Además, presenta una combinación de

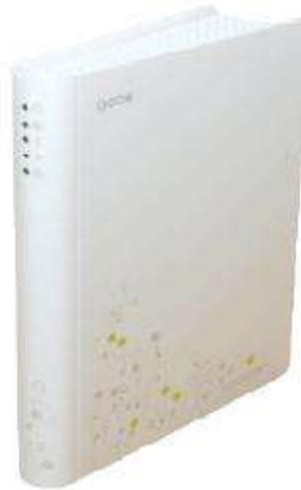
puertos Ethernet, POTS, E1/T1, y interfaces para vídeo, como se ilustra en la figura.

Figura 27.
ONT



El equipo del cliente es el dispositivo terminal instalado en la residencia del usuario. Este equipo combina varias funcionalidades en una sola unidad, incluyendo la creación de redes Wi-Fi de alta velocidad, conmutación, gestión y seguridad inalámbrica conforme al estándar 802.11n. Dispone de 4 puertos Ethernet convergentes en una plataforma única de puerta de enlace, lo que proporciona una arquitectura rentable basada en MAC integrada con interruptor de capa física y transceptor para 10/100Base-TX. Su rendimiento a velocidad de cable elimina los cuellos de botella en el acceso a Internet, ofrece seguridad inalámbrica con cifrado y filtrado de direcciones MAC, y cuenta con la función Auto-MDI/MDIX para detectar y corregir errores de cableado. Estas características están detalladas en la figura correspondiente.

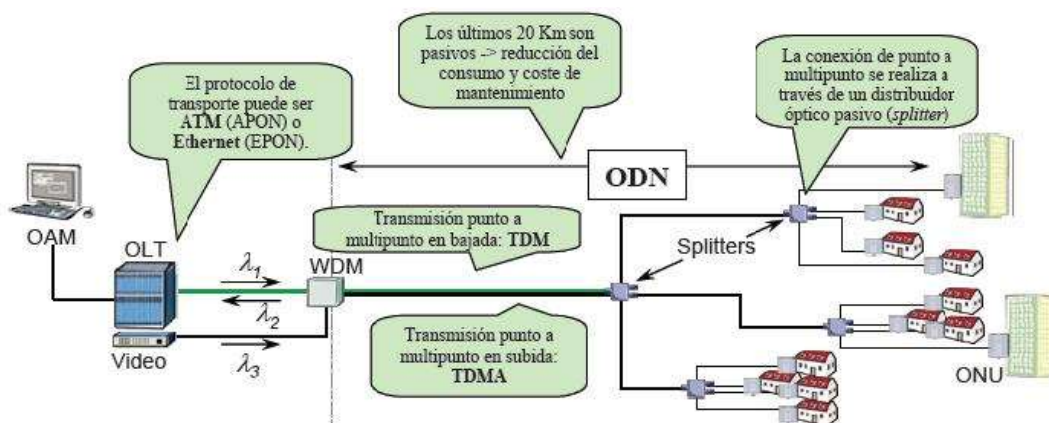
Figura 28.
Equipo Wireless



4.8. Distribución

En la distribución pasiva, la red GPON está formada por un Terminal de Enlace Óptico (OLT) que se conecta a múltiples Unidades de Red Ópticas (ONU) a través de una Red de Distribución Óptica (ODN). Los splitters, que se utilizan para esta distribución, permiten la transmisión de los paquetes Ethernet en modo broadcast desde el OLT hacia las ONU de los usuarios, pasando a través de uno o varios splitters en cascada. En cada ONU, se aceptan los paquetes Ethernet dirigidos hacia el usuario. Este proceso de distribución permite extender las distancias y reducir los costos.

Figura 29.
Esquema de distribución de la red GPON



La distribución del servicio a los usuarios se realiza desde la ONU hasta la ubicación del cliente mediante UTP, el medio de transmisión más común en redes LAN debido a su bajo costo y fácil instalación, aunque es sensible a la interferencia electromagnética.

Para el equipo final del usuario, dado que las distancias entre la ONU y el usuario final superan los 300 metros, se opta por la tecnología GPON, que ofrece significativas ventajas, incluyendo la capacidad de transportar servicios de banda ancha. Así, para proporcionar el paquete de multiservicios al usuario final, se utilizará un módem compatible que cuente con al menos un puerto LAN con conector RJ-45, un puerto para voz con conector RJ-11, y un puerto para TV con conector coaxial tipo F o conectores RFA.

Figura 30.

Conexión entre la ONU y el equipo final de usuario



El diseño de la red incluye redundancia en los equipos del nodo principal y el primer nivel de splitters, adquiriendo el doble de los necesarios para que los segundos entren en funcionamiento en caso de fallos. Para el segundo nivel de splitters y las ONU, se propone una redundancia en puertos, duplicando la cantidad requerida y manteniendo la mitad activa y la otra mitad en reserva para eventuales fallos.

Para analizar las pérdidas, se consideran varios parámetros para los cálculos tanto del cliente más alejado como del más cercano a la OLT. La atenuación ocasionada por la fibra (A_f) varía según la distancia y las longitudes de onda:

- Para 1330 nm: 0.37 dB/Km
- Para 1550 nm: 0.24 dB/Km

La atenuación debida a los conectores (P_c) se estima en 1.8 dB, utilizando un total de 6 conectores LC por enlace. La atenuación de los splitters (P_{st}) se determina por nivel de división: 7.5 dB para el splitter primario (1:4) y 13.5 dB para el splitter secundario (1:16), totalizando 21 dB.

El tendido de cobre no se considera en los cálculos ya que los problemas de atenuación surgen a distancias mayores a 300 metros. Además, se incluye un margen de seguridad de 3 dB para posibles fallos de la red.

Las pérdidas totales se calculan sumando todas las variables: $PT = A_f + P_c + P_{st} + M_g$. Para el cliente más alejado, las pérdidas totales son 26.678 dB (a 1330 nm) y 26.376 dB (a 1550 nm), mientras que para el cliente más cercano son 25.804 dB (a 1330 nm) y 25.803 dB (a 1550 nm). En redes FTTH, no se considera al cliente más cercano que podría estar en el mismo armario.

La potencia de salida del láser DFB utilizado por la OLT y ONU es de 28 dBm. Para el cliente más alejado, la potencia recibida es 1.552 dBm (a 1550 nm) y 1.211 dBm (a 1330 nm), dentro del rango de funcionamiento de la ONU. Para el cliente más cercano, la potencia recibida es 2.197 dBm (a 1550 nm) y 2.196 dBm (a 1330 nm), asegurando un correcto funcionamiento de la ONU.

4.9. Pérdidas de retorno

Para calcular las pérdidas de retorno, se utiliza como referencia la potencia de transmisión de la ONU, que es de 4 dBm. A este valor se le resta la atenuación total del trayecto desde la OLT hasta la ONU, que es de 26.789 dB a 1330 nm para el cliente más alejado. Por lo tanto, para el correcto funcionamiento de la OLT en sentido ascendente, debe recibir una potencia de -22.789 dBm.

4.10. Propuesta De Implementación De La Red FTTH

Primero, la conexión comienza en el Nodo Guachan, donde se instalan y conectan los equipos. Se parte del switch Cisco 3620, al cual se conecta el equipo OLT LS cable EP3116. Este OLT está conectado al ODF, que tiene instalado un splitter 1X8 PLC SC. El splitter se conecta mediante un patchcord de fibra SC de 1.5 m a un ODF FO de 48 hilos.

Se alquilarán 85 postes para llegar a las cajas de distribución de primer nivel. Desde allí, se extiende hacia las cajas de segundo nivel, que poseen un splitter óptico, permitiendo el tendido del cable hasta la casa del usuario. En el domicilio del abonado, se instalará el equipo ONT, al cual se fusiona la fibra. El ONT tiene 4 puertos y se conecta mediante un patchcord UTP al equipo wireless ya configurado. El técnico realiza las pruebas necesarias, y una vez el equipo esté operativo, el servicio contratado está listo para ser utilizado por el abonado.

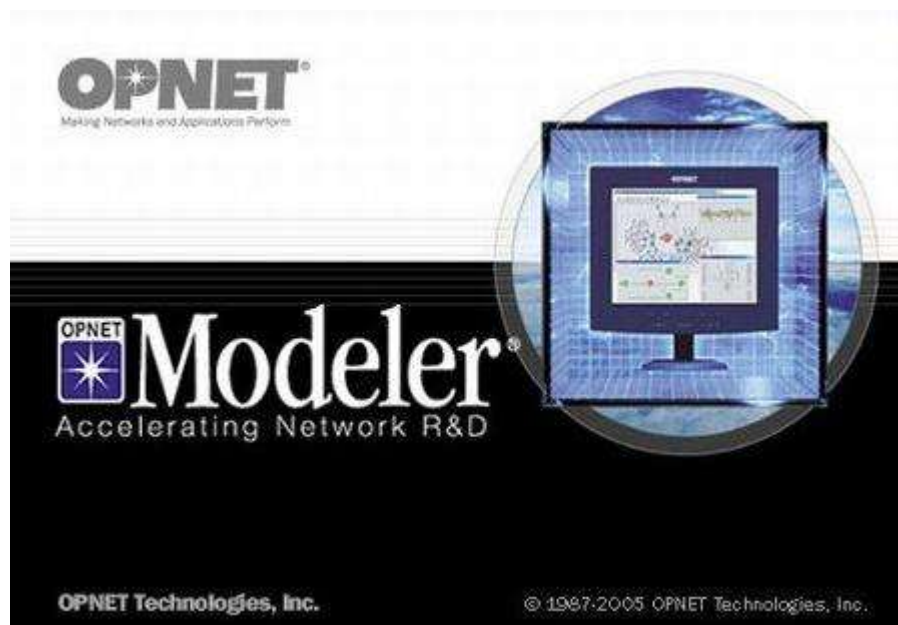
4.11. Simulación De La Red FTTH

Para la simulación se utilizó el programa Opnet 14.5 Modeler, especializado en la simulación de redes de fibra óptica. Este software permite simular una amplia variedad de redes, ofreciendo herramientas para estudiar el flujo de mensajes de datos, paquetes perdidos y caídas de enlaces. Estas capacidades facilitan la demostración de diversos tipos de redes y protocolos.

Opnet proporciona librerías que facilitan la formación de redes de comunicaciones y el estudio del desarrollo de modelos mediante la conexión de diferentes tipos de nodos y enlaces. Como un lenguaje de simulación orientado a las comunicaciones, Opnet ofrece acceso directo al código fuente, lo cual es una ventaja significativa al programar con esta herramienta.

Figura 31.

Plan de instalación de la Red



En la pantalla del Asistente de Inicio (Startup Wizard), se realizan varias configuraciones para iniciar el proyecto. Primero, en la topología inicial del proyecto (Initial Topology), se selecciona la opción de creación de un escenario vacío (Create Empty Scenario) y se presiona el botón "Next". Luego, en la selección de red (Choose Network), se elige una escala correspondiente a un campus (Scale Campus) y se continúa con "Next".

Para especificar el área del escenario (Specify Size), se configura una superficie en kilómetros cuadrados. Finalmente, en la ventana de selección de tecnologías para el proyecto (Select Technologies), se elige la familia de modelos FDDI.

Figura 32.
Identificación con un nombre a un nuevo proyecto

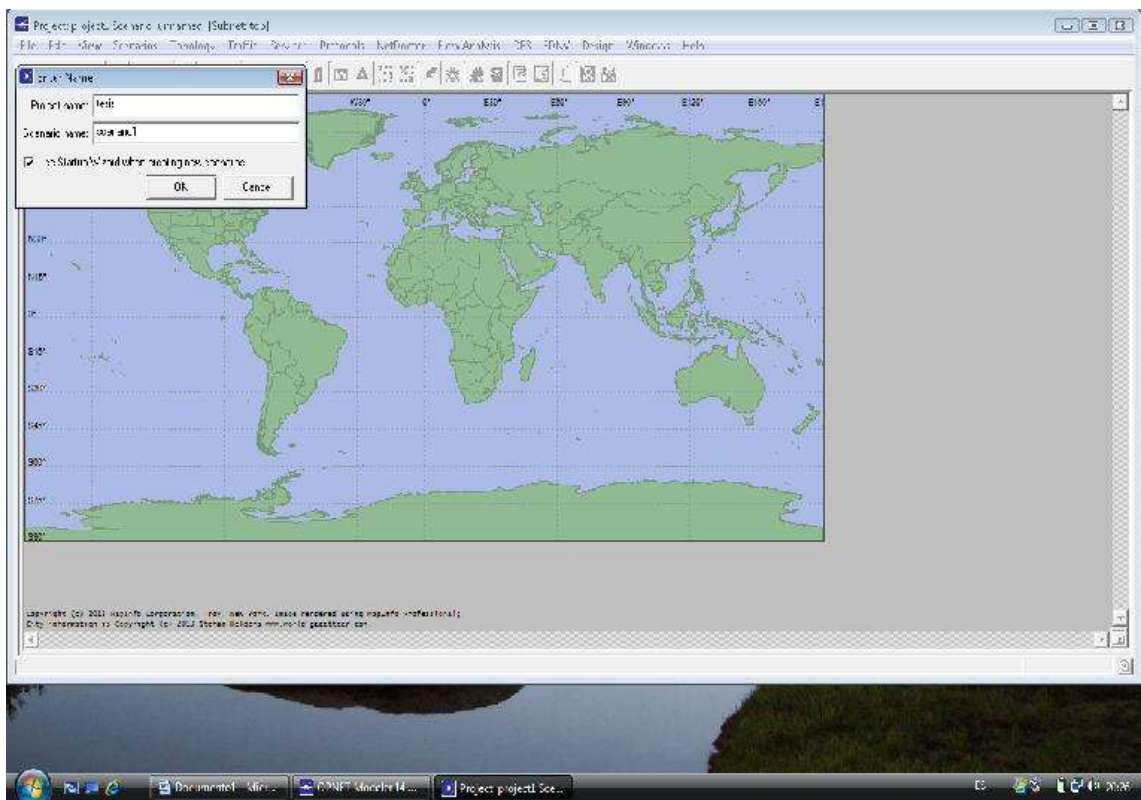


Figura 33.
Selección de la escala de red

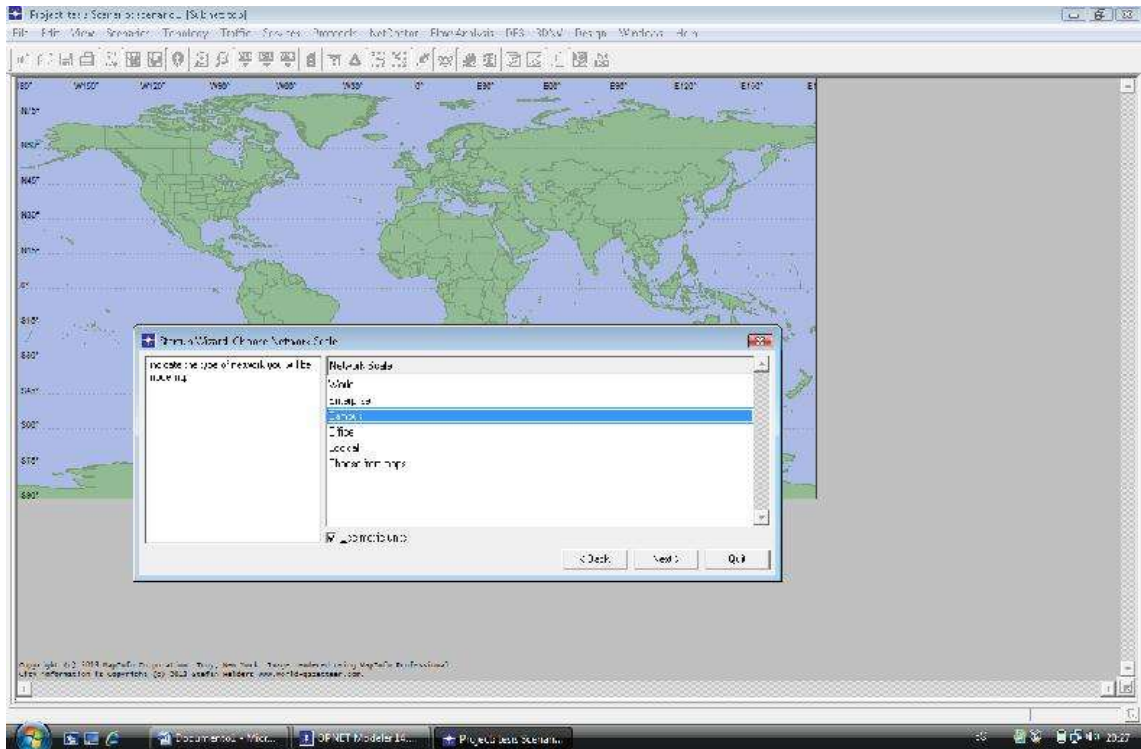
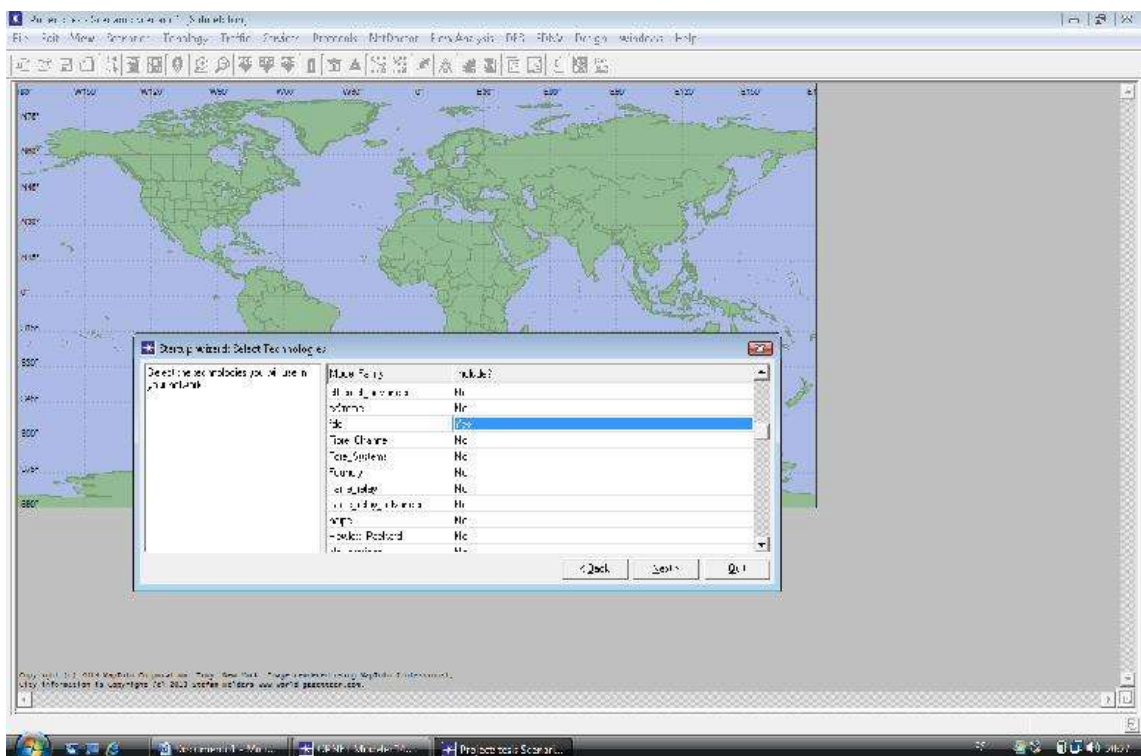
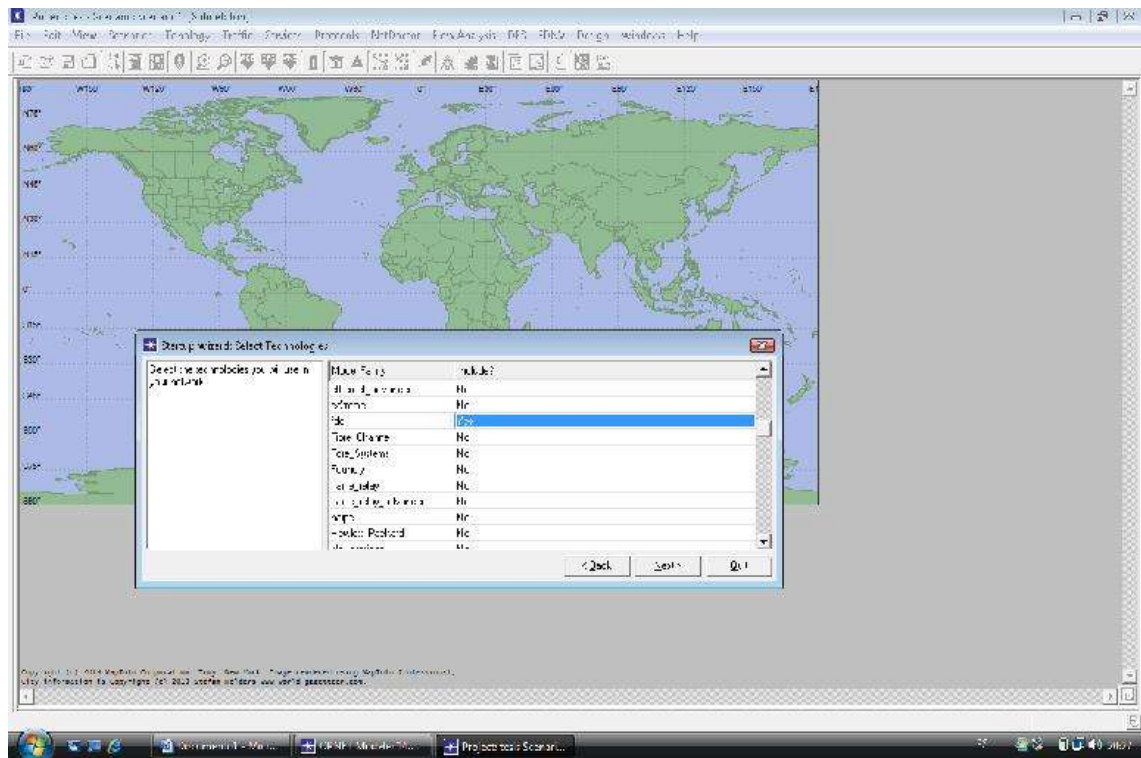


Figura 34.
Configuración de la superficie para el escenario



configuración de las tecnologías a emplearse en el proyecto



Una vez creado el proyecto, se procede al diseño de la red en la que se realizará el estudio, utilizando las herramientas de la ventana Object Palette Tree. En una red se encuentran nodos y enlaces, los cuales se añadirán a través de esta paleta. Para agregar múltiples nodos y enlaces, se emplea la opción Rapid Configuration, que permite generar varios nodos y enlaces a partir de una estructura predefinida.

Para la simulación, se sigue el siguiente método:

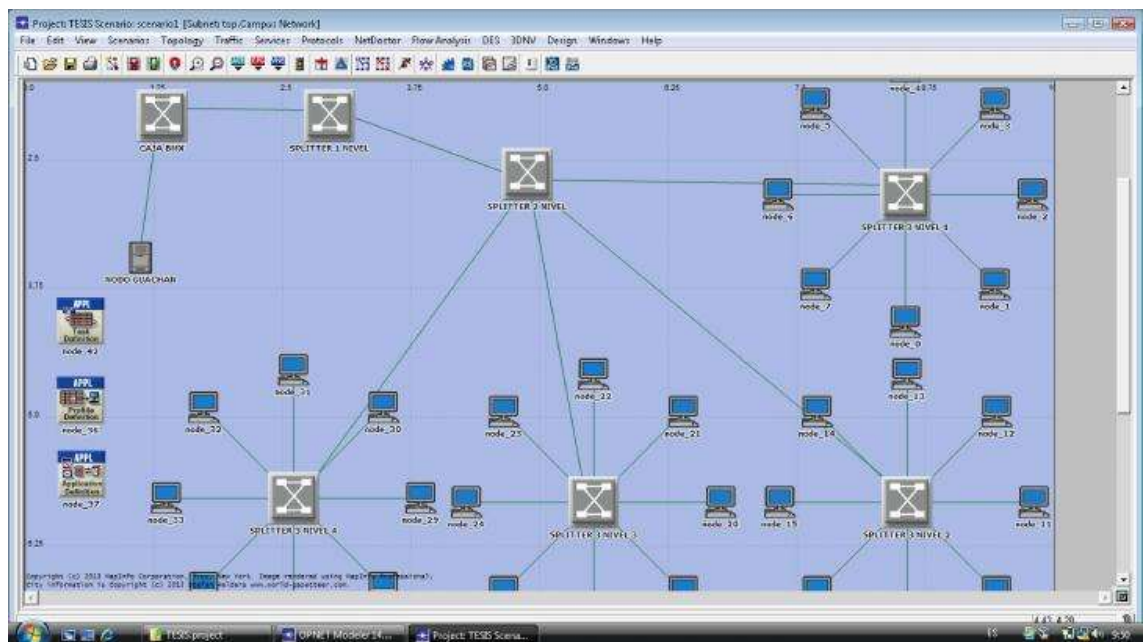
- En la opción Topology del menú del proyecto, se selecciona el ítem Rapid Configuration.
- Se configura una topología tipo estrella (Star).
- Se eligen los tipos de nodos y enlaces de la red con las siguientes especificaciones: a. Center Node Model: fddi16_switch. b. Periphery Node Model: fddi_wkstn con 8 nodos periféricos. c. Link Model: FDDI.
- Este proceso se repite para crear un total de cuatro redes tipo estrella.

Posteriormente, se añade un servidor usando las herramientas de Object Palette Tree de la siguiente manera:

- Se busca el objeto fddi_Server en la paleta y se lo arrastra al espacio de trabajo, junto con tres splitters fddi16_switch.
- Se conecta el servidor a cada una de las redes estrella utilizando el objeto FDDI de la paleta. Esto se hace haciendo clic con el mouse sobre el servidor y conectándolo a cada uno de los elementos switch fddi16_switch, creando así un enlace desde el servidor al switch.

Finalmente, se añaden objetos para modelar el tráfico generado en la red. Para esto, se buscan los objetos Application_Config y Profile_Config en la paleta y se los arrastra al área de trabajo.

Figura 36.
Configuración de objetos de modelamiento de tráfico



4.12. Análisis De Resultados

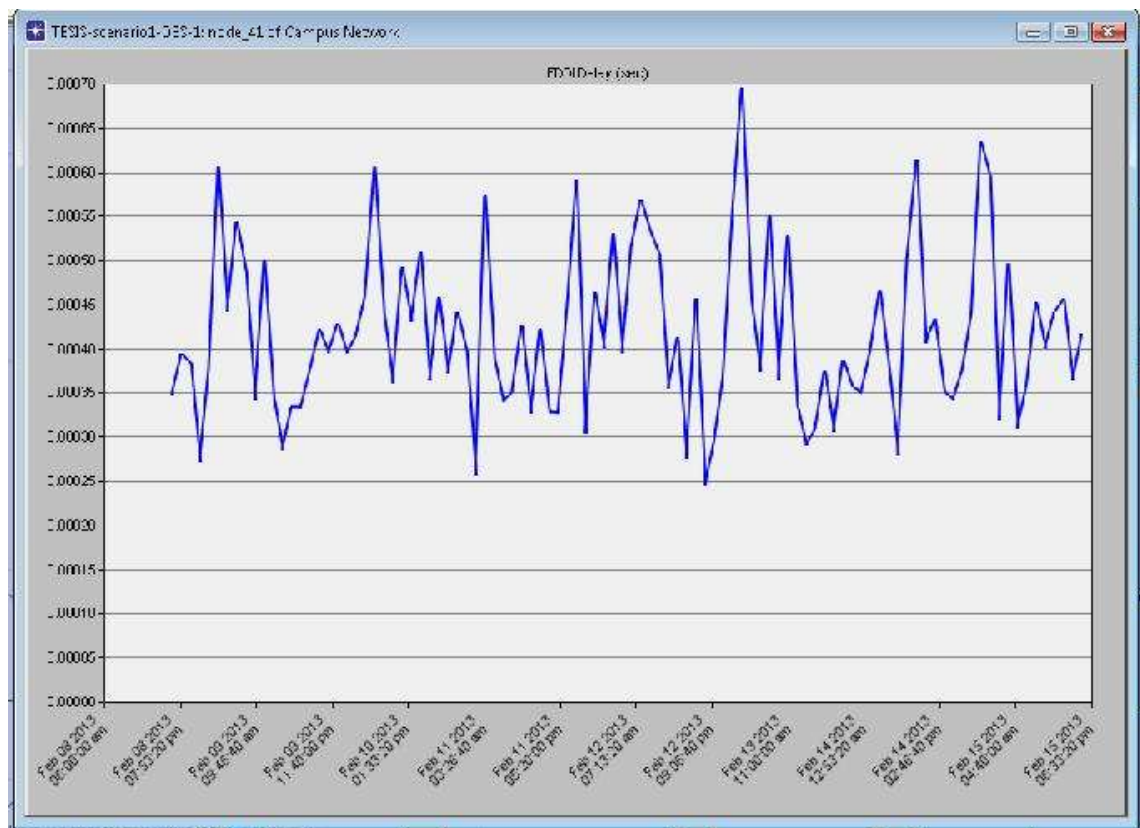
Una vez realizada la simulación, se debe verificar el funcionamiento de la red. La fase de análisis, que es la más compleja e interesante del proceso, comienza con la verificación de la carga del servidor siguiendo estos pasos:

- Se hace clic derecho sobre el nodo servidor y del menú de configuraciones desplegado se selecciona la opción "View Results".

- Al elegir "View Results", aparecerá una ventana para seleccionar las gráficas que se desean mostrar.
- En la sección izquierda de la ventana de resultados (Global Statistics), se elige el ítem a visualizar.

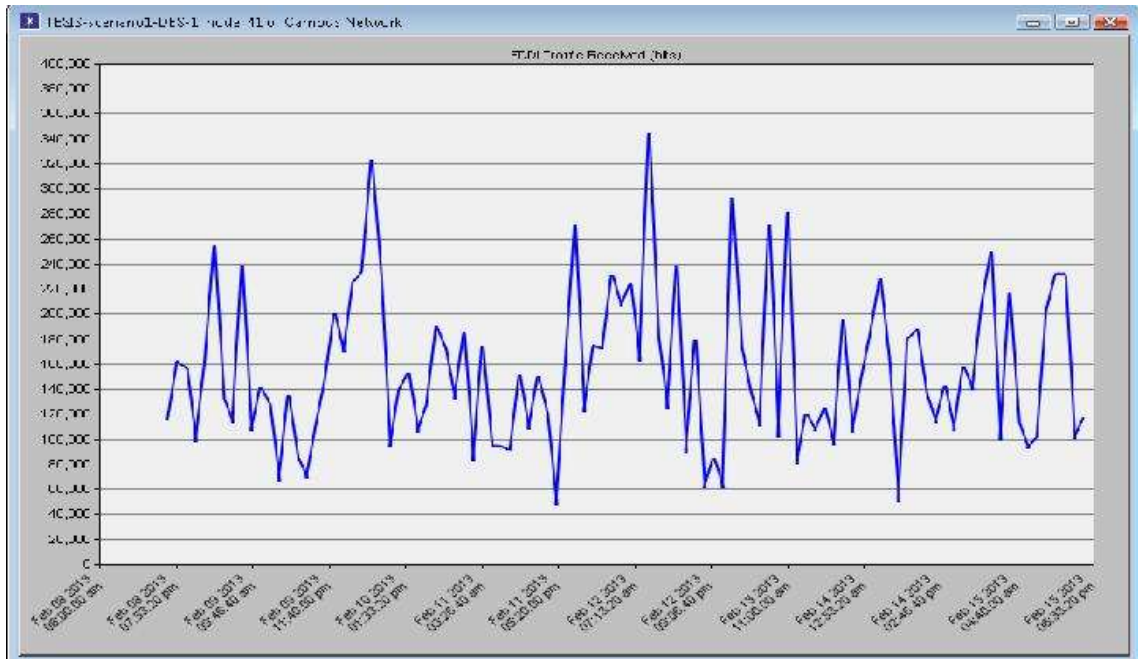
La primera gráfica a analizar es el retardo de los paquetes dentro de la red, el cual varía entre 0.00025 segundos y 0.00070 segundos. Estos datos indican que el retardo se encuentra dentro de un rango operativo aceptable para una red FTTH.

Figura 37.
Retardo de paquetes en la red



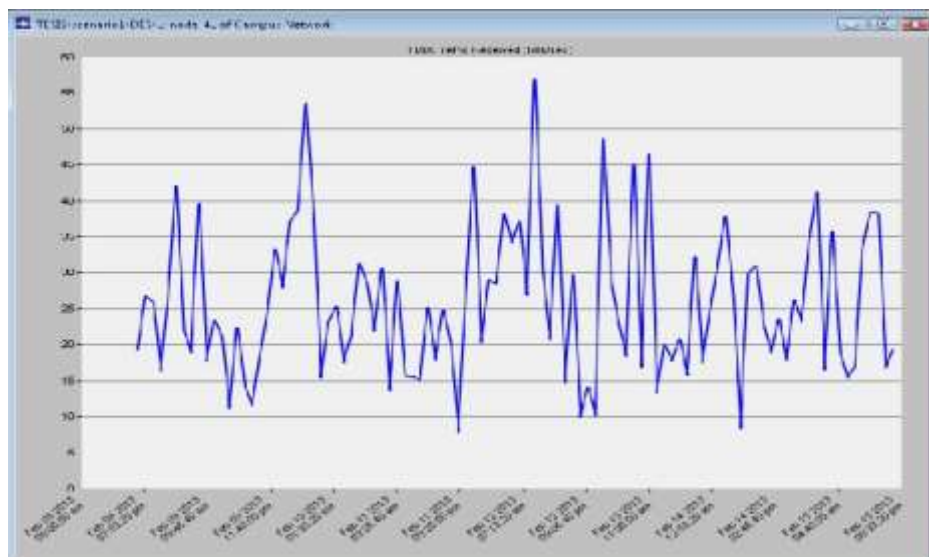
El tráfico en bits, observado durante una semana, se mantiene dentro del rango de 50,000 a 350,000 bits. Este rango refleja el servicio proporcionado, indicando variaciones en la cantidad de datos transmitidos. Los valores más bajos, de alrededor de 50,000 bits, corresponden a períodos de menor uso, mientras que los picos de hasta 350,000 bits indican momentos de mayor actividad en la red. Este comportamiento es crucial para evaluar el rendimiento y la capacidad de la red para manejar diferentes niveles de demanda sin comprometer la calidad del servicio.

Figura 38.
Tráfico de bits recibidos



La velocidad de los paquetes transmitidos a través de la red varía notablemente, con un mínimo de 8 bits por segundo y un máximo de 57 bits por segundo. Estos picos representan la capacidad de la red para manejar tanto cargas de datos más bajas como momentos de alta actividad. Es esencial monitorear estos parámetros para garantizar que la red pueda mantener un rendimiento adecuado y estable, adaptándose eficientemente a las fluctuaciones en el tráfico de datos.

Figura 39.
Bits por segundo recibido



4.13. Análisis Factibilidad

En este capítulo dedicado al Análisis Económico de los Servicios de Conectividad en el Ecuador, se abordan aspectos fundamentales del sector de las telecomunicaciones, regulados por entidades específicas que supervisan y controlan los servicios ofrecidos. El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) tiene la responsabilidad de administrar y regular el sector, mientras que la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) se encarga de implementar las políticas establecidas. La Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL), por su parte, juega un papel crucial en el monitoreo del espectro radioeléctrico, la supervisión de las operadoras a nivel nacional y la gestión de las quejas de los usuarios.

En la ciudad de Guayaquil, varias empresas ofrecen servicios de valor agregado como Internet, televisión por cable y telefonía fija utilizando tecnología GPON. Entre estas empresas se destaca Netlife, reconocida como el primer proveedor de Internet FTTH en el país. Netlife se distingue por ofrecer un rendimiento excepcional en su categoría, asegurando una experiencia única en línea. Su servicio se basa en Fibra Óptica hasta el hogar (FTTH), que minimiza la compartición y garantiza velocidades de conexión inigualables. Además, se compromete a proporcionar un servicio personalizado que se adapta al estilo de vida de sus usuarios.

4.13.1. Análisis de Costos

En el contexto del estudio sobre los costos de infraestructura de la red GPON, se analizan los requerimientos técnicos y las características de equipos ofrecidos por distintas marcas. Aunque el precio de estos equipos es crucial, no fue posible obtener cifras precisas debido a las políticas de precios de las empresas proveedoras de fibra óptica. Por tanto, se utilizan valores referenciales para el análisis.

Para la selección de equipos, se han considerado fabricantes reconocidos como Cisco, Tellion, y otros como Telnet, Altala, LSCable y Trednet. En la tabla comparativa se observan diferencias de precios significativas entre estos proveedores en equipos clave para redes GPON como OLTs, splitters, ONTs y modems inalámbricos. Estos componentes son fundamentales para el despliegue eficiente de redes de acceso FTTH, cada

uno con características específicas que impactan en la viabilidad y eficacia operativa de la infraestructura.

Tabla 3.

Cuadro comparativo entre proveedores

EQUIPOS	PROVEEDOR 1	PROVEEDOR 2	PROVEEDOR 3
OLT EP 3116	Alltopic	Tellion	Telnet
Descripción	19 Inch Rack Mountable, IPv4/IPv6 Dual Mode Supported L3 Switch, Customer Side: 8 PON Link/Card, Max 2 Cards, Network Side: 4x1000Base-X, Dimension: 483mm(W) x 275mm(D) x 2RU(H)		
Precio	\$5436 + IVA	\$5277 + IVA	\$5540 + IVA
SPLITTER 1X8 PLC SC	Altala	LSCable	Telnet
Descripción	Un solo modo 1 x N Splitter con entrada portuarias y puertos de salida para dividir una señal óptica. Componentes integrados dentro del rack. (Opciones: 4 canales, 8 canales, 16 canales, 32CH disponible)		
Precio	\$46,64 + IVA	\$44.85 + IVA	\$47.64 + IVA
ONT EP3204	Alltopic	Tellion	Telnet
Descripción	Terminal tipo desktop, LAN Side: 4-port 100Base-Tx, WAN Side: E-PON Link, L2 Based QoS processor (Switch) Embedded, Dimensiones: 179mm(W) x 134mm(D) x 40mm(H)		
Precio	\$82,63 + IVA	\$76,51 + IVA	\$81,10 + IVA
MODEM WIRELESS INTERNET HN4404 AP	Cisco	Tellion	Trendnet
Descripción	Home Gateway basado en 802.11b/g/n, con capacidades de switching: 6 x 6 FE, LAN Side: 2x2		

	RF, 4 x RJ45(100Base-Tx), WAN Side: 100Base-Tx, Dimensiones: 165mm(W) x 53mm(D) x 200mm(H)		
Precio	\$30,00 + IVA	-	-
Costo de la Fibra Óptica	Precio (m)	Costos	-
Descripción	Tendido de la fibra óptica realizado por Telconet, incluye Sujeción a postes y manguera		
Precio	\$1,20	\$37325	-

Tabla 4. Cuadro de Equipos Seleccionados para la Red GPON

EQUIPO	DETALLE	EMPRESA	COSTO
OLT EP3116	19 Inch Rack Mountable, IPv4/IPv6 Dual Mode Supported L3 Switch, Customer Side: 8 PON Link/Card, Max 2 Cards, Network Side: 4x1000Base-X, Dimension: 483mm(W) x 275mm(D) x 2RU(H)	Tellion	\$5910,24
ONT EP3204	Desktop type terminal, LAN Side: 4-port 100Base-Tx, WAN Side: E-PON Link, L2 Based QoS processor (Switch) Embedded, Dimension: 179mm(W) x 134mm(D) x 40mm(H)	Tellion	\$85,69
SPLITTER 1X8 PLC SC	Un solo modo 1 x N Splitter con entrada portuarias y puertos de salida para dividir una señal óptica, incluye divisor en el interior del rack. (Opciones: 4 canales, 8 canales, 16 canales, 32CH disponible)	LSCable	\$50,23
MODEM WIRELESS INTERNET HN4404 AP	802.11b/g/n Based Home Gateway, Switching capabilities: 6 x 6 FE, LAN Side: 2x2 RF, 4 x RJ45(100Base-Tx), WAN Side: 100Base-Tx, Dimension: 165mm(W) x 53mm(D) x 200mm(H)	Tellion	\$33,60

IMPLEMENTACIÓN DE LA FIBRA	Se utilizará Fibra 2 hilos ADSS G.652p para redes de larga distancia, instalada por Telconet desde el nodo hasta el sector elegido, incluye manguera y sujeción a postes.	Telconet	\$37325
-------------------------------	--	----------	---------

En la selección de equipos:

- La OLT de Tellion fue elegida por su robusto sistema de administración y mantenimiento, así como por sus capacidades de expansión de servicios.
- Los splitters de LSCable se escogieron debido a su compatibilidad con los conectores necesarios y sus menores pérdidas comparativas.
- Tellion fue seleccionado como proveedor de ONU por su capacidad para administrar hasta 64 usuarios en un solo equipo, una característica única en su clase.
- El módem wireless Internet de Tellion se consideró ideal para uso residencial debido a su compatibilidad con los equipos del nodo y sus amplias capacidades de servicio.

Los costos mencionados son referenciales y están sujetos a variaciones según las condiciones del mercado, con una vigencia de 30 días.

Tabla 5.
Costos De Instalación Y Mantenimiento

Detalle	Cantidad	Precio Unitario	Total
COSTOS DE MATERIALES RED GPON			
OLT EP3116	1 unidad	\$5950,00	\$5950,00
ONT EP3204	256 unidades	\$86,50	\$22176,00
Splitter 1X8 PLC SC	37 unidades	\$51,00	\$1887,00
Modem Wireless Internet HN4404 AP	256 unidades	\$34,25	\$8768,00
Instalación red de fibra óptica	3550 m	\$0,55	\$1952,50
Acometidas de fibra óptica	256 unidades	\$55,50	\$14208,00

Fibra Óptica 48 hilos red principal	3550 m	\$1,60	\$5680,00
Fibra Óptica 2 hilos clientes	64000 m	\$0,55	\$35200,00
Herrajes tipo A	25 unidades	\$5,20	\$130,00
Herrajes tipo B	60 unidades	\$5,75	\$345,00
Grilletes	50 unidades	\$1,30	\$65,00
Cajas BMX	36 unidades	\$52	\$1872
Amarras plásticas 10 cm	100 unidades	\$0,45	\$135
Amarras plásticas 25 cm	500 unidades	\$2,85	\$1425
Repuestos de estilete	20 unidades	\$5,50	\$110
Types	25 unidades	\$0,45	\$11
Tubos de fusión	473 unidades	\$1,10	\$520
ODF 48 hilos	2 unidades	\$36	\$72
Patchcord de fibra SC	268 unidades	\$3,75	\$1005,00
Cinta Ericban	100 m	\$39	\$3900
Candados	50 unidades	\$0,80	\$40,00
Canaletas de 13 x 7 cm	500 unidades	\$1,85	\$925
Paquetes de cinta doble fast	10 unidades	\$11,50	\$115
Caseteras	40 unidades	\$12,50	\$500
Dúplex de fibra	152 unidades	\$0,95	\$144,40
TOTAL			\$89521,90
Permisos para la Red GPON			
Alquiler de postes EEQ	85	\$11,00	\$935,00
Gastos de permisos de funcionamiento	-	\$3200	\$3200
Gastos de configuración de equipos	-	\$7500	\$7500
Gastos de Prueba de la red pasiva	-	\$5200	\$5200
TOTAL			\$16235,00
Personal de instalación	1 día	\$22	\$22
TOTAL, DE LA INVERSIÓN			\$105778,90

CONCLUSIONES

Se determina que este proyecto es factible y cumple con los objetivos planteados. La investigación confirma que la tecnología de fibra óptica hasta el hogar ofrece una solución técnica robusta, capaz de satisfacer las necesidades de conectividad de los residentes. La comparación de equipos y costos revela que, aunque existen variaciones en los precios de los componentes clave, como OLTs, splitters, ONTs y módems, los costos referenciales son compatibles con el presupuesto del proyecto. La selección de equipos de proveedores reconocidos asegura la calidad y eficiencia de la red.

Desde el punto de vista económico, la evaluación de los costos de implementación y mantenimiento muestra que la inversión inicial se justifica por los beneficios a largo plazo. La implementación de la fibra óptica hasta el hogar en Polaris no solo mejora la velocidad y estabilidad del servicio de internet, sino que también tiene el potencial de incrementar la productividad de quienes trabajan desde casa, optimizar la calidad del aprendizaje en línea y enriquecer la experiencia de entretenimiento. Además, se anticipa que la infraestructura de FTTH atraerá a nuevos residentes y empresas, favoreciendo el desarrollo económico y social de la urbanización.

La hipótesis de que la implementación de una red FTTH es viable tanto técnica como económicamente se confirma. El diseño óptimo de la red ha sido desarrollado para satisfacer las demandas de conectividad de los residentes, asegurando así una infraestructura eficiente y efectiva.

RECOMENDACIONES

En primer lugar, se sugiere la selección de proveedores de equipos que ofrezcan un equilibrio entre costo y calidad. Aunque se identifican variaciones en los precios de los componentes esenciales como OLTs, splitters, ONTs y módems, es crucial optar por proveedores con reputación consolidada para garantizar la durabilidad y el rendimiento de la infraestructura. La inversión en equipos de alta calidad asegura una red estable y eficiente, que cumple con los requisitos técnicos necesarios para proporcionar un servicio de internet confiable.

Se recomienda también la realización de un análisis de costos detallado y actualizado periódicamente. Dado que los costos referenciales pueden variar, es importante contar con un seguimiento continuo de los precios y ajustar el presupuesto conforme a las fluctuaciones del mercado. Esto permitirá mantener la viabilidad económica del proyecto y evitar desviaciones presupuestarias que puedan comprometer la implementación.

Para maximizar el impacto positivo en la comunidad, es aconsejable diseñar un plan de comunicación que informe a los residentes sobre los beneficios de la nueva red FTTH. Finalmente, se recomienda realizar evaluaciones periódicas del rendimiento de la red una vez implementada. La supervisión continua permitirá identificar y corregir posibles problemas, optimizar el funcionamiento y garantizar que la infraestructura siga satisfaciendo las necesidades de conectividad de los residentes. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo contribuirá a prolongar la vida útil de la red y a mantener un alto nivel de servicio.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdellaoui, Z., Dieudonne, Y., & Aleya, A. (2021). Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON. *Array*, 10(100058).
- Alamy. (06 de agosto de 2024). *ONT (Optical Network Terminal)*. <https://www.alamy.com/stock-image-ont-optical-network-terminal-168855947.html>
- Amazon. (06 de agosto de 2024). *Cables de fibra óptica*. https://www.amazon.nl/s?k=optic+fiber+cable&adgrpid=1332610496513106&hvadid=83288420135950&hvbmt=bp&hvdev=c&hvlocphy=143137&hvnetw=o&hvqmt=p&hvtargid=kwd-83289209473906%3Aloc-202&hydadcr=17255_2257636&mclickid=b93c2097ddcc10f20bf34622f4d514cb&tag=nlxtbist
- Ardiansah, F., Nugraha, F. K., & Azka, M. A. (2023). FIBER TO THE DESK MENGGUNAKAN APLIKASI CISCO PACKET TRACER. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(1), 15-21.
- Arévalo, G. W., Ariza Roca, D., Diaz Valega, K., Ojeda Molina, A., Barboza Olascoaga, L., & Mercado Caruso, N. (2022). Análisis de la percepción de la calidad del servicio de internet y televisión a través de la fibra óptica. *Boletín en Innovación, Logística y Operaciones (BILO)*, 4(1), 1-12.
- Asgarirad, M., & Jahromi, M. N. (2020). A taxonomy-based comparison of FTTH network implementation costs. *Majlesi Journal of Electrical Engineering*, 14(2), 71-80.
- Bakarman, H. A., Alsaqaf, A., Ba' Afiah, M., Baqhoom, F., & Baraja, M. (2021). Planning, Design and Simulation of a Network Access Based on FTTH-EPON for Hadhramout University. *In Journal of Physics: Conference Series*, 1962(1), 012-040.
- Budiyanto, S., Silalahi, L. M., Silaban, F. A., Dewi, R. K., & Rahayu, I. F. (2020). Techno-Economics on Implementation of FTTH Network for Broadband Services. *In 2020 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (Comnetsat)*. IEEE.
- Butt, R. A., Akhunzada, A., Faheem, M., & Raza, B. (2022). Enhanced Energy Savings with Adaptive Watchful Sleep Mode for Next Generation Passive Optical Network. *Energies*, 15(5), 16-39.
- Calvo, Á. (2020). Política industrial, multinacionales y desarrollo regional en España. La IED en la industria de la fibra óptica a finales del siglo XX. *Biblio3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 15(1288), 01-36.
- Commander. (24 de julio de 2024). *Your connection to nbn® is via Fibre to the Building (FTTB)*. <https://prod.commander.com.au/fttb-setup>

- Cowie, P., Townsend, L., & Saleminck, K. (2020). Smart rural futures: Will rural areas be left behind in the 4th industrial revolution? *Journal of rural studies*, 79, 169-176.
- De La Cruz, E. A., Huanacuni, H. Q., & Herrera, H. J. (2020). Diseño de una red FTTH para el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna. *INGENIERÍA INVESTIGA*, 2(01), 265-275.
- DGTL. (1 de febrero de 2021). *Fiber Broadband Internet Is The Future For Your Home*. <https://dgtlinfra.com/fiber-cable-broadband-internet-home/>
- George, A. S., George, A. H., & Baskar, T. (2023). SD-WAN Security Threats, Bandwidth Issues, SLA, and Flaws: An In-Depth Analysis of FTTH, 4G, 5G, and Broadband Technologies. *Partners Universal International Innovation Journal*, 1(3), 1-37.
- González, G. A., & González, R. C. (2009). *Construcción de un modelo de nodo híbrido de red inalámbrica WiMAX-Red Óptica Pasiva (PON)*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Hammadi, Y. I. (2022). Fiber Bragg grating-based monitoring system for fiber to the home (FTTH) passive optical network. *Journal of Optical Communications*, 43(4), 573-583.
- Horvath, T., Munster, P., Oujezsky, V., & Bao, N. H. (2020). Passive optical networks progress: a tutorial. *Electronics*, 9(7), 10-81.
- Ikhwan, N., Rubiani, H., Ghofur, N. B., & Zhu, Y. (2023). Fiber To The Home (Ftth) Network Design Using Gigabit Passive Optical Network (Gpon) Technology Using Link Power Budget And Rise Time Budget Analysis In Cibeber Village Tasikmalaya. *International Journal Of Quantitative Research And Modeling*, 4(1), 30-36.
- KHRISTA. (24 de julio de 2024). *FTTN Networks*. <https://www.khrista.co.id/fttn-networks/>
- KITZ. (24 de julio de 2024). *Fibre Optic Broadband - FTTC*. <https://kitz.co.uk/adsl/fttc.htm>
- Lalaleo, A. F., Bonilla-Jurado, D. M., & Robles-Salguero, R. E. (2021). Tecnologías de la Información y Comunicación exclusivo para el comportamiento del consumidor desde una perspectiva teórica. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 11(21), 147-164.
- Loayza, V. P., Guña-Moya, J., & Pumares-Romero, A. (2020). Guía metodológica de levantamiento de información para el diseño de redes FTTH-GPON con enfoque QoS. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*(26), 528-539.
- Mazzei, C., Crescitelli, M., Fioramanti, D., Quagliarini, A., Reale, A., & Brunetti, F. (2023). Technical-economic analysis to identify the

- acceptable maximum attenuation on PON FTTH lines for wholesale network operators. *Scientific Reports*, 13(1), 12327.
- Mazzenga, F., Giuliano, R., & Vatalaro, F. (2020). Effective strategies for gradual copper-to-fiber transition in access networks. *Computer Networks*, 174(107225).
- Mestizo, M. Y., & Medina, L. A. (2021). *Estudio, diseño e implementación de una red de acceso mediante fibra óptica en GPON para el municipio de Soatá casco central (Doctoral dissertation)*. Universidad Santo Tomás.
- Miranda, L. J. (2024). *Diseño de una red FTTH para mejorar la calidad de servicio en la Ciudad de Palpa, 2023*.
- Monar, E. A., & Jiménez, G. A. (2021). Conectividad inalámbrica Vs Conectividad con Fibra Óptica. Fortalezas y Debilidades. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 3(8), 35-51.
- Netceed. (06 de agosto de 2024). *GPON (Gigabit Passive Optical Network)*. <https://www.multicominc.com/solutions/technologies/gpon/>
- Pacheco, A. J., & Sevillano, R. P. (2020). La fibra óptica como medio para el desarrollo de las telecomunicaciones en Ecuador. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 2(5), 12-29.
- Palma, R. D., Machuca, V. S., Sampedro, G. C., & Villalta, J. B. (2021). Análisis universitario de la factibilidad del modelo de administración de conectividad en redes de unidades operativas del Distrito 23d03 La Concordia. *La Concordia. Conrado*, 17(79), 199-205.
- Perez, M. J. (2022). *Desarrollo de un modelo de procedimientos para el diseño e implementación de una red FTTH mediante despliegue por alcantarillado con caso de estudio en la urbanización Villa Merced dirigido a la Empresa AXS Bolivia SA*. UIB.
- Pincay, R. K. (2021). Características de la conectividad a internet en el cantón Pasaje. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 150-160.
- Pineda, F. N. (2023). *Plan de despliegue de una red de telecomunicaciones de fibra óptica FTTH (Fiber to the home) (Doctoral dissertation)*. Universitat Politècnica de València.
- Porru, S., Misso, F. E., Pani, F. E., & Repetto, C. (2020). Smart mobility and public transport: Opportunities and challenges in rural and urban areas. *Journal of traffic and transportation engineering*, 7(1), 88-97.
- Practonet. (06 de agosto de 2024). *What is EPON (Ethernet Passive Optical Network)*. <https://practonet.com/what-is-epon-ethernet-passive-optical-network/>
- Quisnancela, E., & Espinosa, N. (2016). Certificación de redes GPON, normativa ITU G. 984. x. *Enfoque UTE*, 7(4), 16-30.

- Sánchez, I. V., Bravo, M. G., Reyes, A. T., Marín, H. J., & Chacha, A. G. (2023). *EduTrends: Navegando en la Era Digital de la Educación*. Editorial Investigativa Latinoamericana (SciELA).
- Silex. (06 de agosto de 2024). *SplitTERS*. <https://silexfiber.com/categoria-producto/divisores-y-repartidoes-fibra-optica-splitters/>
- Skoufis, A., Chatzithanasis, G., Dede, G., Filiopoulou, E., Kamalakis, T., & Michalakelis, C. (2023). Technoeconomic assessment of an FTTH network investment in the Greek telecommunications market. *Telecommunication Systems*, 82(2), 211-227.
- Sugumaran, S., Lakshmi, D. N., & Choudhary, S. (2021). An overview of FTTH for optical network. *Advances in Smart Communication and Imaging Systems: Select Proceedings of MedCom 2020*, , 41-51.
- Tp-link. (06 de agosto de 2024). *OLT DeltaStream Chassis Optical Line Terminal-X2 GPON | XGS-PON*. <https://www.tp-link.com/es/service-provider/gpon/ds-p8000-x2/>
- TRI-TRONICS. (23 de julio de 2024). *Fundamentals of Photoelectric Sensing*. <https://www.ttco.com/sensors/fundamentals>
- Trujillo, P. E., & Quishpe, L. A. (2022). Características y ventajas existentes en la conexión inalámbrica y fibra óptica. Una revisión bibliográfica. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 4(9), 14-25.
- Veloz, C. D., Ramos, V., Santacruz, F., & Cabrera, F. (2020). Migración tecnológica utilizando VDSL/FTTX para mejorar los servicios de telecomunicaciones de una red de acceso en Guano/Technological migration using VDSL/FTTX to improve telecommunications services in an access network in Guano. *KnE Engineering*, 446-465.
- Wang, B. X., Tang, S. B., Mao, Y., Xu, W., Cheng, M., Zhang, J., & Pan, J. W. (2021). Practical quantum access network over a 10 Gbit/s Ethernet passive optical network. *Optics Express*, 29(23), 38582-38590.
- Wangsaputra, A. B., Setiawan, A. E., Rahman, M. A., Salsabila, N. R., Sasongko, N. D., Suryono, V. O., & Apriono, C. (2023). Design and Analysis of Fiber to the Building for Smart Building in Student Center Universitas Indonesia. In *2023 14th International Conference on Information & Communication Technology and System (ICTS)*. IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10330847/>
- Zaidi, A. R., Javed, R., Raza, M. A., & Imran, M. (2023). Performance Evaluation of Gigabit Passive Optical Network (GPON) in Various Network Topologies: A Comparative Analysis. *Journal of Computing & Biomedical Informatics*, 5(02), 180-187.
- Zeydan, E., Dedeoglu, O., & Turk, Y. (2021). Performance monitoring and evaluation of FTTH networks for 5G backhauling. *Telecommunication Systems*, 77(2), 399-412.



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Moreno Amores, Dayanna Lisbeth**, con C.C:**1205645367** autor/a del trabajo de titulación: **Análisis de factibilidad y diseño de una red FTTH para la urbanización Polaris** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, a los 10 de septiembre del 2024

f. _____
Moreno Amores, Dayanna Lisbeth

C.C: 1205645367

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis de factibilidad y diseño de una red FTTH para la urbanización Polaris.		
AUTOR(ES)	Dayanna Lisbeth Moreno Amores		
TUTOR(ES)	Ing. Palau de la Rosa, Luis Ezequiel		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	10 de Septiembre de 2024	No. DE PÁGINAS:	82 p.
ÁREAS TEMÁTICAS:	Servidores, Monitoreo, Programación		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Zabbix, Diseño, Servidor Ubuntu, Códigos, Python, Servidores virtualizados, Automatización.		
RESUMEN:	<p>El objetivo del estudio fue evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) en la urbanización Polaris. La hipótesis planteó que la red FTTH sería viable en ambos aspectos y satisfaría las necesidades de conectividad de los residentes, mejorando la velocidad y estabilidad del internet y, en consecuencia, la productividad, el aprendizaje en línea y el entretenimiento. Se anticipó que esta tecnología atraería nuevos residentes y empresas, promoviendo el desarrollo económico y social de la comunidad. La investigación empleó un enfoque descriptivo y mixto para proporcionar una visión integral de la viabilidad del proyecto. Se usaron métodos cualitativos para comprender las percepciones y expectativas de residentes y proveedores, mediante fichas de cotejo y análisis documental. Los métodos cuantitativos se centraron en datos numéricos sobre la velocidad de internet, costos de implementación y proyecciones de demanda. La combinación de ambos enfoques permitió una evaluación exhaustiva. Las conclusiones confirmaron la viabilidad técnica y económica de la red FTTH, destacando beneficios significativos para los residentes. Se recomendó elegir proveedores de equipos de alta calidad, ajustar el presupuesto conforme al mercado, y mantener un plan de comunicación y mantenimiento continuo. Estas acciones buscan optimizar la implementación y maximizar los beneficios para la comunidad de Polaris.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono:	E-mail: dayanna.moreanor@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO UTE	Nombre: Ubilla González, Ricardo Xavier		
	Teléfono: +593-999528515		
	E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			