



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Análisis de la calidad de servicio de la red FTTH en el cantón Echeandía
de la provincia de Bolívar**

AUTOR:

Alarcón Loor, Angie Nicole

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

TUTOR:

MSc. Romero Paz, Manuel de Jesús

Guayaquil, Ecuador

19 de septiembre del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de Integración Curricular fue realizado en su totalidad por la Srta. **Alarcón Loor, Angie Nicole** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

MSc. Romero Paz, Manuel de Jesús

DIRECTOR DE CARRERA

MSc. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

Guayaquil, 19 de septiembre del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Alarcón Loor, Angie Nicole**

DECLARO QUE:

El trabajo de integración curricular, **Análisis de la calidad de servicio de la red FTTH en el cantón Echeandía de la Provincia de Bolívar**, 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, 19 de septiembre del 2022

EL AUTOR

F. _____


ALARCÓN LOOR, ANGIE NICOLE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Alarcon Loor, Angie Nicole**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del trabajo de integración curricular: **Análisis de la calidad de servicio de la red FTTH en el cantón Echeandía de la Provincia de Bolívar**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 19 de septiembre del 2022

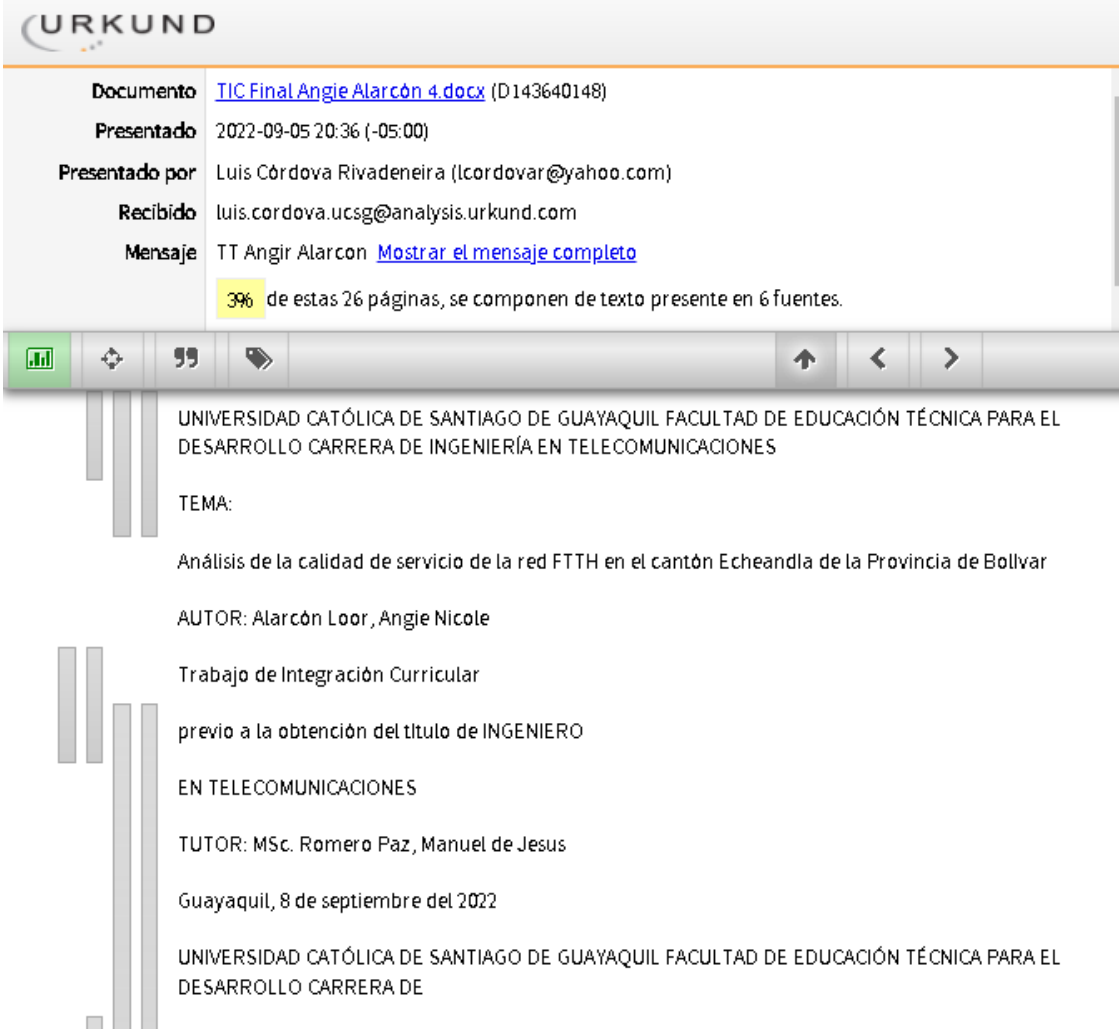
EL AUTOR

F.  _____

ALARCÓN LOOR, ANGIE NICOLE

REPORTE DE URKUND

Informe de Urkund del trabajo de Titulación de la estudiante Angie Nicole Alarcón Loor, el cual presenta 3% de similitud.



URKUND

Documento	TIC Final Angie Alarcón 4.docx (D143640148)
Presentado	2022-09-05 20:36 (-05:00)
Presentado por	Luis Córdova Rivadeneira (lcordovar@yahoo.com)
Recibido	luis.cordova.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	TT Angir Alarcon Mostrar el mensaje completo

3% de estas 26 páginas, se componen de texto presente en 6 fuentes.

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

TEMA:

Análisis de la calidad de servicio de la red FTTH en el cantón Echeandía de la Provincia de Bolívar

AUTOR: Alarcón Loor, Angie Nicole

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

TUTOR: MSc. Romero Paz, Manuel de Jesús

Guayaquil, 8 de septiembre del 2022

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE

TUTOR



MSc. Romero Paz, Manuel de Jesús

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mis padres, mi familia, y mascota que siempre han sido mi apoyo incondicional, dándome ánimos para que pueda culminar una de mis etapas profesional. Gracias a sus valores y enseñanzas que me dan día a día para seguir esforzándome, son mi ejemplo para seguir.

EL AUTOR

ALARCÓN LOOR, ANGIE NICOLE

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a Dios que me dio el don de entendimiento y fortaleza para que día a día avanzará en este proceso de titulación, a pesar de muchos percances y retos que nos da la vida.

A mis padres y hermano, que con mucho amor, sacrificios y paciencia me han apoyado e impulsado a poder cumplir con todas mis metas y objetivos que me propongo, siempre han sido mi pilar fundamental para poder seguir avanzando.

EL AUTOR

ALARCÓN LOOR, ANGIE NICOLE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.  _____

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS
DECANO

f.  _____

Mgs. VELEZ TACURI, EFRAÍN
COORDINADOR DEL ÁREA

f.  _____

Ing. ROMERO ROSERO, CARLOS
OPONENTE

Índice General

INDICE DE FIGURAS	XII
INDICE DE TABLAS	XIII
RESUMEN	XIV
Capítulo 1: Descripción General del Trabajo de Integración Curricular.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Planteamiento del Problema	3
1.4 Definición del Problema	3
1.5 Justificación del problema.....	4
1.6 Objetivos	4
1.6.1 Objetivos específicos.....	4
1.7 Hipótesis	5
1.8 Metodología de Investigación.....	5
Capítulo 2: Fundamentación Teórica	6
2.1 Historia de los sistemas de comunicaciones ópticas.....	6
2.2 Evolución de la red.....	6
2.2.1 Redes ópticas.....	7
2.3 Elementos de un Sistema de Comunicaciones por Fibra Óptica	8
2.3.1 Elementos de un enlace óptico.....	9
2.4 Estructura de un cable de fibra óptica.....	11
2.5 Conmutación óptica de paquetes.....	12
2.6 Componentes de una red óptica	14
2.7 Tipos de Fibra óptica.....	15
2.7.1 Fibras multimodo de índice escalonado.	16
2.7.2 Fibras multimodo de índice graduado.....	17
2.7.3 Fibra monomodo.....	19

2.7.4	Fibra monomodo estándar.....	19
2.8	Arquitecturas de red FTTH.....	20
2.9	Redes FFTx (Fiber to the x)	23
2.9.1	FTTN: Fibra hasta el nodo (Fiber To The Node).....	24
2.9.2	FTTC: Fibra hasta la acera (Fiber To The Curb)	24
2.9.3	FTTB: Fibra hasta el edificio (Fiber To The Building)	24
2.9.4	FTTH: Fibra hasta el hogar (Fiber To The Home)	25
Capítulo 3:	Análisis de calidad de servicio de red FTTH	26
3.1	Empresa CNT en el cantón Bolívar.....	26
3.1.1	Paquetes de CNT	27
3.1.2	Redes de Fibras híbridas.....	28
3.2	Tecnología GPON.....	29
3.3	Tecnología utilizada por empresa a comparar	30
3.4	Paquetes de fibra óptica.....	30
3.5	Cuentas de usuario de servicio de acceso a Internet.....	31
3.6	Cuentas de internet fijo por Provincia.....	32
3.7	Características técnicas de la fibra óptica	34
3.8	Sector de estudio	36
3.8.1	División de zonas.....	37
3.8.2	Divisor óptico primario (Manga porta splitter)	39
3.9	Análisis de la red GPON	39
3.10	Calidad de servicio (QoS)	40
3.10.1	Ventajas QoS	41
3.10.2	Servicios integrados (IntServ)	41
3.10.3	Servicios diferenciados (DiffServ)	42
3.11	Proveedores de telecomunicaciones en el sector.....	43
3.12	Beneficios de implementación de fibra óptica	45

3.12.1 Desventajas de implementación de fibra óptica	46
Conclusiones.....	48
Recomendaciones.....	49
Bibliografía	50

INDICE DE FIGURAS

Capítulo 2:

Figura 2.1 Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones ópticas	8
Figura 2.2: enlace de comunicación óptica	9
Figura 2.3: Estructura de un cable de fibra óptica	11
Figura 2.4: Red óptica de conmutación de paquetes	13
Figura 2.5 : Estructura de fibra multimodo de vidrio con índice de paso.	17
Figura 2.6: Estructura de fibra de vidrio de índice graduado	18
Figura 2.7: Fibra monomodo	19
Figura 2.8: Distribución de una red PON.....	20
Figura 2.9: Esquema de fibra "Home run"	21
Figura 2.10: Esquema de fibra en estrella Ethernet activa	22
Figura 2.11: Esquema de fibra PON	22

Capítulo 3:

Figura 3.1: Mapa de cobertura red GPON	27
Figura 3.2: Tecnología GPON	29
Figura 3.3: Configuración GPON.....	30
Figura 3.4: Velocidades.....	31
Figura 3.5: Cuentas de Prestadores.....	32
Figura 3.6:cuentas de internet fijo por provincia.....	34
Figura 3.7: características técnicas	35
Figura 3.8: Mapa Echeandía	37
Figura 3.9: Mapa de zonas.....	38
Figura 3.10: IntServ.....	42
Figura 3.11: Per-Hop Behavior.....	43

INDICE DE TABLAS

Capítulo 2:

Tabla 2.1: Estructura Fibras multimodo.....	16
Tabla 2.2: Características de rendimiento	16
Tabla 2.3: Estructura <i>Fibra multimodo índice graduado</i>	18
Tabla 2.4: Características de rendimiento	18

Capítulo 3:

Tabla 3.1: Velocidad CNT	28
Tabla 3.2: Datos de Prestadores.....	32
Tabla 3.3: Cuentas de internet fijo por Provincia.....	33
Tabla 3.4: diámetros externos fibra óptica	36
Tabla 3.5: Ubicación de zonas	38
Tabla 3.6: Protocolo QoS	40
Tabla 3.7: Infraestructuras de proveedores.....	44
Tabla 3.8: Ventajas Fibra óptica.....	45
Tabla 3.9: Desventajas fibra óptica	46

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se conforma del servicio de los prestadores que brindan Internet por fibra óptica por tecnología GPON en el Cantón Echeandía de la provincia Bolívar, como se conoce es bien escaso la conexión de fibra óptica en cantones debido a que son muy alejados de una ciudad. Por lo cual, se propone un análisis del servicio que ofrece la red FTTH, estas redes FTTH han progresado para conseguir soluciones que sean rentables. Además, el desarrollo de la aplicación de una sola fibra para el tráfico ascendente y descendente es una ventaja considerable. Se trata de redes punto a multipunto, en las que la fibra se conecta a divisores ópticos pasivos, lo que da lugar al nombre de red óptica pasiva. También se podrá saber cuáles son los beneficios y desventajas de implementación de fibra óptica para brindar los servicios de dicha tecnología a los usuarios de este cantón.

Palabras claves: FTTx, fibra óptica, PON, tecnología, GPON, redes ópticas, CNT

Capítulo 1: Descripción General del Trabajo de Integración Curricular

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

1.1 Introducción

Actualmente, el desarrollo de las infraestructuras basadas en el mundo de las comunicaciones obliga a obtener un mayor ancho de banda que se ha convertido en una necesidad primaria utilizada por el ser humano. Por lo cual, debido a la presencia y aparición de servicios en la nube, vídeos en alta definición, hogares inteligentes, sistemas móviles e Internet de las cosas (IoT, Internet of Things). Para lograr satisfacer estas necesidades, se requiere una infraestructura de fibra óptica adecuada. En esta época, el medio de transmisión más avanzado y el único para reforzar las redes de próxima generación (NGN, Next Generation Networking) y los servicios de telecomunicaciones es la fibra óptica (Khalil et al., 2022).

Por lo cual, las redes de fibra óptica al hogar (FTTH, Fiber To The Home) han progresado para conseguir soluciones que sean rentables. El desarrollo de la aplicación de una sola fibra para el tráfico ascendente y descendente es una ventaja considerable. Se trata de redes punto a multipunto, en las que la fibra se conecta a divisores ópticos pasivos, lo que da lugar al nombre de red óptica pasiva (PON, Passive Optical Network) (Abdellaoui et al., 2021).

Por lo tanto, en el mundo de la tecnología, se convierte en necesidad primordial porque permite una gran velocidad de datos. La tecnología de fibra óptica, en comparación con el cableado de cobre, utiliza impulsos de luz en sustitución de señales eléctricas para la transmisión de datos, por lo que se desenvuelve de manera más rápida y con mayor ancho de banda. Con la finalidad de proporcionar los mejores servicios posibles a los usuarios, los países desarrollados y sus proveedores de servicios (Bakarman et al., 2021).

1.2 Antecedentes

El gran desenvolvimiento de la tecnología en el mundo de las telecomunicaciones y su uso en la vida cotidiana se han convertido en una necesidad de los seres humanos, de modo que se necesita de una tecnología que tenga una velocidad y ancho de banda rápida para los usuarios. Por lo que, la tecnología de la red FTTH es la más requerida e importante porque está conformada por una conexión alámbrica de impulsos de luz, que va a beneficiar a los usuarios del cantón Echeandía con su gran velocidad de transmisión de datos y ancho de banda en comparación a una red con cableado de cobre o fibra híbrida coaxial (HFC, Hybrid Fiber Coaxial).

1.3 Planteamiento del Problema

En la actualidad la demanda de servicios por fibra óptica es muy alta y requerida por los usuarios de hogares y empresas. Por tal razón la problemática de esta investigación se enfoca en la insatisfacción de los usuarios del cantón Echeandía de la provincia de Bolívar para acceder a un servicio de calidad con una conexión de Internet con velocidad alta. En esta zona la única empresa que brindaba un servicio de Internet era la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), dichos usuarios solo tenían esta opción para acceder a la conexión de Internet con una velocidad de 60 Mbps. Sin embargo, este proveedor de servicio presentó deficiencia alta en sus servicios, lo que ocasionó la insatisfacción de los usuarios en su mayoría, aun con fibra óptica no representaba la calidad deseada.

1.4 Definición del Problema

La necesidad de realizar un análisis de la calidad de servicio de la red FTTH en el cantón Echeandía de la Provincia de Bolívar debido a la insatisfacción de

los usuarios para acceder a un servicio de calidad con una conexión de Internet con velocidad alta.

1.5 Justificación del problema

Según el Ministerio de Telecomunicaciones (MINTEL) la implementación de fibra óptica es mucho más eficiente, tiene una velocidad rápida, no presenta caídas de red continuas, permite una comunicación libre de interferencias por lo que facilita y mejora la calidad de vida de las personas.

Bajo este contexto, la intención de esta investigación es demostrar que con la implementación de la fibra óptica a través de los proveedores de servicio de Internet de empresas privadas como Netlife, TV cable, Claro entre otras, en el cantón Echeandía en ciertos sectores, mejorará la calidad de servicio, con el estudio de estas variables que son calidad de servicio, implementación de la fibra óptica, se mostrará datos técnicos y las características específicas para futuras investigaciones.

1.6 Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Analizar la calidad de servicio de una red FTTH en el cantón Echeandía de la Provincia de Bolívar.

1.6.1 Objetivos específicos

- Revisar los fundamentos teóricos e investigaciones sobre la implementación de fibra óptica y su calidad en los servicios.
- Analizar la situación actual sobre los beneficios y oportunidades al implementar fibra óptica a los usuarios del cantón Echeandia.
- Evaluar las características técnicas de la zona del cantón Echeandia para el acceso de fibra óptica.

- Proponer estrategias para el servicio de implementación de fibra óptica con proveedores eficientes de alta calidad con el fin de provocar mejoras en los servicios de Internet.

1.7 Hipótesis

Se desarrollará un análisis acerca de la red FTTH mediante un prestador de servicio en el cantón Echeandía Provincia Bolívar, que beneficiará a todos los usuarios de este sector, teniendo una mejor conectividad y comunicación lo cual la red FTTH brinda una gran velocidad y ancho de banda que son necesarios tanto en el mundo de la educación como en la tecnología que van de la mano.

1.8 Metodología de Investigación

El presente trabajo de integración curricular presenta un alcance o tipo de investigación de carácter exploratorio y descriptivo. Tiene un alcance exploratorio debido a que se realizará un estudio en primer lugar mediante la revisión de la literatura que esté relacionada con el problema principal, siendo este la red FTTH a los usuarios del cantón Echeandía de la Provincia de Bolívar.

El alcance descriptivo busca especificar propiedades, características y rasgos importantes del objeto de estudio, los problemas relacionados, las necesidades del cantón indicado.

El método que se aplicará en esta investigación será una metodología cualitativa, para búsqueda, organización y análisis de la documentación, facilitando la adquisición de la información disponible en bases de datos estadístico y Excel, tal como Arcotel Datos junio 2022. La metodología se enfoca en la revisión bibliográfica, está compuesta de las fases fundamentales, las cuales se deben de retroalimentar a lo largo de la búsqueda. Además de la búsqueda de datos relevantes en cuanto a la tecnología GPON, que a su vez permitan tomar decisiones estratégicas.

Los cuales permiten comprender los cambios tecnológicos del entorno, a través de la revisión periódica de diferentes fuentes.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica

En este capítulo, se muestra la fundamentación teórica del trabajo de integración curricular.

2.1 Historia de los sistemas de comunicaciones ópticas

La fibra óptica es un sistema de transmisión de datos de gran velocidad. Incluye diminutos hilos de vidrio o plástico que emiten haces de luz. Los datos digitales se envían por conductos de cables a través de intensos impulsos de luz. El terminal receptor de una conducción de fibra óptica transforma los pulsos de luz en valores binarios, los cuales son legibles para un ordenador.

Por su capacidad de transmitir datos a partir de ondas de luz, los cables de fibra óptica permiten enviar información a la mayor velocidad de la luz. Además, son menos influenciados por el ruido y las interferencias en relación con los cables de cobre o las líneas telefónicas.

Por otra parte, la fibra óptica es más sensible que los cables metálicos y, por ello, requiere más protección. A diferencia de los cables de cobre, cuyas roturas se pueden empalmar y reparar tan a menudo como sea posible, en el caso de los cables de fibra óptica es preciso sustituirlos a menudo (Pezo, 2017).

2.2 Evolución de la red

Ante el incremento de la demanda de servicios basados en el protocolo de Internet (IP, Internet Protocol), los proveedores de servicios de telecomunicaciones efectúan continuas inversiones en su infraestructura de red de acceso. Por ejemplo, al introducirse la televisión de alta definición (HDTV, High-Definition Television) sobre IP (IPTV), hay que considerar actualmente nuevas arquitecturas y tecnologías de red de acceso para perfeccionar la tasa de acceso, principalmente en sentido descendente (Chamberland, 2010).

Por lo tanto, un conjunto de nodos de una red de conexión se encarga de transferir mensajes o información en forma de datos, audio y vídeo por medio de fibra óptica, cables de cobre, radio o comunicaciones por satélite. Actualmente,

la fibra óptica, debido a que tiene un mayor ancho de banda, menos atenuación y es más rentable en comparación con otras tecnologías.

Sin embargo, con el fin de acercar la fibra óptica a los usuarios finales, también se está utilizando en las capas inferiores, lo que da lugar a nuevos conceptos como la fibra hasta el hogar (FTTH), la fibra hasta el edificio (FTTB) y la fibra hasta el armario (FTTC). Las redes de conexión están basadas normalmente en dos o más capas que tienen una estructura jerárquica. Esta estructura disminuye los costos del sistema y aumenta su flexibilidad (Rabbani, 2017).

2.2.1 Redes ópticas

Las redes ópticas permiten resolver muchos de estos problemas. Además de aportar enormes capacidades a la red, una red óptica proporciona una infraestructura común sobre la que se pueden prestar diversos servicios. La fibra óptica dispone de un ancho de banda muy superior al de los cables de cobre y es menos susceptible a diversos tipos de interferencias electromagnéticas y otros efectos indeseables.

Por tanto, es el medio preferido para la transmisión de datos a más de unas decenas de megabits por segundo a una distancia superior a un kilómetro. También es el medio preferido para hacer interconexiones de corta distancia (de unos metros a cientos de metros) y alta velocidad (gigabits por segundo y más) dentro de grandes sistemas.

No obstante, las redes ópticas contienen dos generaciones que son las siguientes (Ramaswami et al., 2010).

- Primera generación: La fibra óptica se empleaba esencialmente para transmisión y únicamente para proporcionar capacidad, aportaba menores tasas de error de bits y mayor capacidad que los cables de cobre. Todas las funciones de conmutación y demás funciones de la red inteligente estaban a cargo de la electrónica. Por ejemplo: La red óptica síncrona (SONET, synchronous optical network) y las redes de jerarquía digital síncrona (SDH, synchronous digital hierarchy), que constituyen el

núcleo de la infraestructura de telecomunicaciones en Norteamérica y en Europa y Asia, respectivamente, además como una variedad de redes empresariales como Fibre Channel.

- Segunda generación: Las redes ópticas poseen enrutamiento, conmutación e inteligencia en la capa óptica. La óptica es sin duda el medio de transmisión privilegiado, y la transmisión multiplexación por división de longitud de onda (WDM, wavelength division multiplexing) se emplea ampliamente en las redes. Las redes ópticas son capaces de ofrecer más funciones que la simple transmisión punto a punto. Se obtienen grandes ventajas al incorporar a la parte óptica de la red, algunas de las funciones de conmutación y enrutamiento electrónico en la parte óptica de la red. Por ejemplo: A medida que las velocidades de transmisión de datos son cada vez más altas, la electrónica tiene más problemas para procesar los datos.

2.3 Elementos de un Sistema de Comunicaciones por Fibra Óptica

Los sistemas de comunicaciones ópticas se basan en un transmisor óptico, un canal de transmisión de fibra óptica y un receptor. Cuando el sistema se utiliza para comunicar puntos separados por grandes distancias, resulta necesario incluir repetidores de señal, dependiendo de las pérdidas en el canal a lo largo de la distancia de enlace.

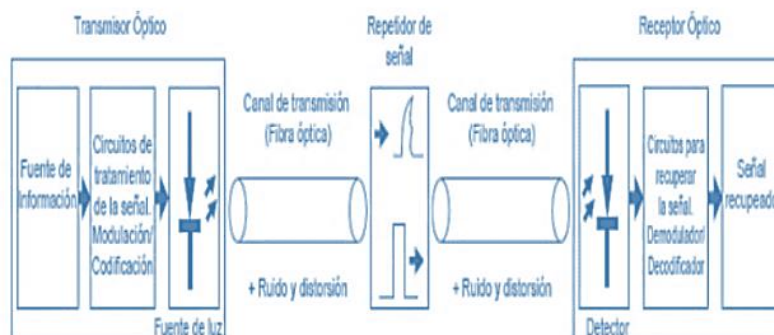


Figura 2.1 Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones ópticas
Fuente: Elaborada por la autora con información de (Comunicaciones ópticas : Telecomunicaciones TICS, 2014).

La figura 2.1 representa un diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones ópticas. El transmisor óptico contiene la fuente de información analógica o digital, el circuito modulador y la fuente óptica. El canal genera ruido y distorsión. El repetidor obtiene la señal atenuada y distorsionada y la regenera a la salida. El receptor incorpora el fotodetector y los circuitos correspondientes para recuperar la señal original (demoduladores, decodificadores, filtros, etc.).

El propósito de todo sistema de comunicaciones es la transmisión de la más grande proporción de información en el período de tiempo más corto que se pueda, lo cual involucra que la indagación en este campo se concentre más en los sistemas de comunicaciones de alta rapidez (*Comunicaciones ópticas: Telecomunicaciones TICS*, 2014).

2.3.1 Elementos de un enlace óptico

Desde un punto de vista simple, la función de un enlace de fibra óptica es transportar una señal desde algún equipo electrónico (por ejemplo, un ordenador, un teléfono o un dispositivo de vídeo) en un lugar hasta el equipo correspondiente en otra ubicación con un alto grado de fiabilidad y precisión. La figura muestra las secciones clave de un enlace de comunicaciones de fibra óptica, que son las siguientes (Keiser, 2003):

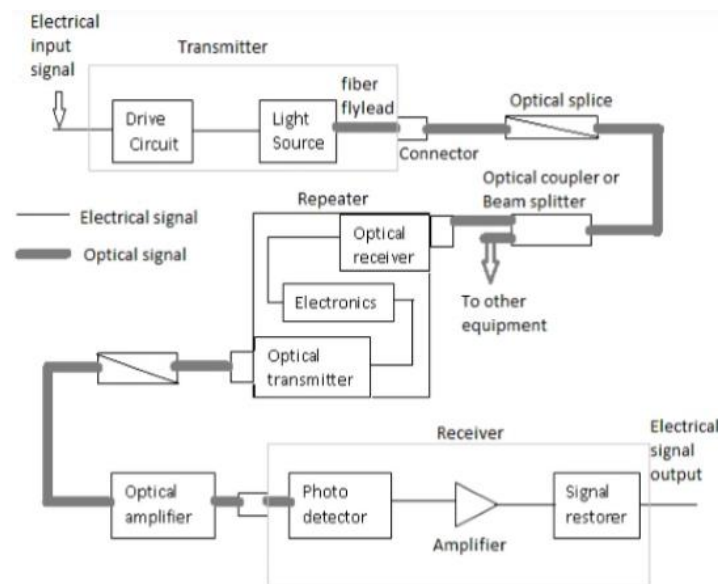


Figura 2.2: enlace de comunicación óptica
Fuente: (Keiser, 2003)

- Transmisor: incluye una fuente de luz y un circuito electrónico asociado. La fuente es un diodo emisor de luz o un diodo láser. La electrónica se encarga de ajustar el punto de funcionamiento de la fuente, regular la estabilidad de la salida de luz y modificar la salida óptica en proporción a una señal de entrada de información configurada eléctricamente.
- Fibra óptica: está situada en el interior de un cable que proporciona protección mecánica y ambiental. Hay una gran variedad de tipos de fibra y distintas configuraciones de cable, en función de si se va a instalar en el interior de un edificio, en tuberías subterráneas o en el exterior en postes o bajo el agua.
- Receptor: en el receptor hay un fotodiodo que reconoce la señal óptica debilitada y distorsionada que proviene del extremo de una fibra óptica y la convierte en una señal eléctrica. Además, el receptor contiene dispositivos de amplificación y circuitos para recomponer la fidelidad de la señal.
- Dispositivos pasivos: son componentes ópticos que no necesitan ningún control electrónico para su funcionamiento. Entre estos están los conectores ópticos para conectar cables, empalmes para unir una fibra desnuda con aisladores ópticos que evitan que la luz no deseada fluya en dirección contraria, filtros ópticos que seleccionan sólo un estrecho espectro de luz deseada, y acopladores utilizados para derivar un determinado porcentaje de luz, por lo general con fines de control del funcionamiento.
- Amplificadores ópticos: cuando una señal óptica ha recorrido una determinada distancia a lo largo de una fibra, se pierde la potencia a lo largo de la fibra. Es entonces cuando la señal óptica necesita un aumento de potencia. Normalmente, la señal óptica se transformaba en una señal eléctrica, se amplificaba eléctricamente y se volvía a transformar en una señal óptica. El uso de un amplificador óptico que aumenta el nivel de potencia completamente en el dominio óptico evita estos cuellos de botella en la transmisión.

- Componentes activos: tanto los láseres como los amplificadores ópticos entran en la categoría de dispositivos activos, que necesitan un control electrónico para su funcionamiento. En la figura 2.2 no se indica una amplia gama de otros componentes ópticos activos. Se trata de moduladores de la señal luminosa, filtros ópticos sintonizables (de longitud de onda seleccionable), atenuadores ópticos variables e interruptores ópticos.

2.4 Estructura de un cable de fibra óptica

La fibra óptica, estructuralmente está formada de 3 capas concéntricas con diferentes características, como se muestra en la figura 2.3 (Andrés & Ricardo, 2014):

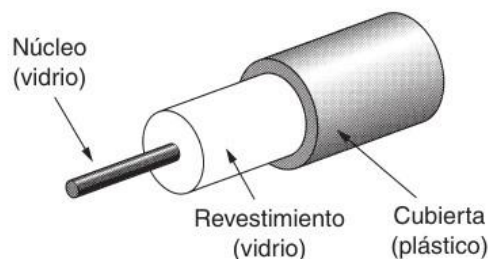


Figura 2.3: Estructura de un cable de fibra óptica
Fuente: (Andrés & Ricardo, 2014)

- Núcleo (core): Parte interior por donde se propagan las ondas ópticas. En sílice, cuarzo fundido o plástico. Diámetro de 50 o 62,5 μm para la fibra multimodo y de 8 a 11 μm para la fibra monomodo.
- Revestimiento (cladding): La capa intermedia que se encarga de confinar la luz en el centro. Habitualmente de los mismos materiales que el núcleo, pero con adiciones especiales. Diámetro 125 μm .
- Cubierta (buffer): La capa exterior generalmente está hecha de plástico y sirve como "amortiguador" o protección mecánica de la fibra. Por lo general, se divide en tres capas: La vaina primaria de 250 μm ; la vaina de silicona o kevlar de 400 μm y la vaina exterior de polietileno de 900 μm de diámetro.

Una transmisión por fibra óptica conlleva cambiar las señales eléctricas en pulsos de luz, mediante un transmisor opto electrónico y remitir los pulsos al núcleo de una fibra óptica. Puesto que el núcleo y el revestimiento circundante poseen composiciones diferentes, la luz es atrapada dentro del núcleo. En el otro extremo, un receptor transforma los pulsos en señales eléctricas.

2.5 Conmutación óptica de paquetes

En la conmutación óptica de paquetes, la carga útil (datos del usuario) se conmuta ópticamente. OPS (Optical Packet Switched) podría ser más rápido y además más barato de adquirir y mantener que la conmutación tradicional con la conversión OEO. El hardware de OPS puede disminuir los requisitos de energía, disipar menos calor y tener menos espacio en comparación con los equipos electrónicos. No obstante, los equipos electrónicos resultan cada vez más baratos y eficientes, lo cual eleva los requisitos de los OPS. Por otra parte, la consolidada tecnología SONET/SDH se está mejorando para transportar mejor el tráfico de datos.

Si el encabezamiento del paquete se procesa electrónicamente, esta versión de OPS se denomina OPS transparente. Cuando el encabezamiento del paquete se procesa ópticamente, esta versión de OPS se denomina conmutación de paquetes totalmente óptica. Otro tipo de OPS es el enrutamiento de ranuras fotónicas, que consiste en conmutar muchos paquetes en diferentes longitudes de onda simultáneamente.

En la Figura se ilustra un modelo general de red óptica de conmutación de paquetes. Los nodos de acceso electrónico (AN, Access Nodes) están conectados a los nodos de borde (EN, Edge Nodes), los cuales, a su vez, están conectados a los nodos centrales (CN, Core Nodes). En un nodo de acceso los clientes del operador de la red reciben el servicio.

En un nodo de borde los paquetes entrantes (principalmente paquetes IP, están agrupados en paquetes ópticos para una mejor utilización del núcleo óptico y para disminuir los efectos desventajosos de la autosimilitud. Posteriormente,

los paquetes se convierten en señal óptica y se envían a la red central. Los paquetes se envían entre los nodos del núcleo, lo que significa que hacen saltos entre los nodos. Los nodos centrales cambian los paquetes ópticamente, esto es, sin la conversión OEO. En el nodo de borde de destino, el paquete se convierte en señal eléctrica y se envía al nodo de acceso.

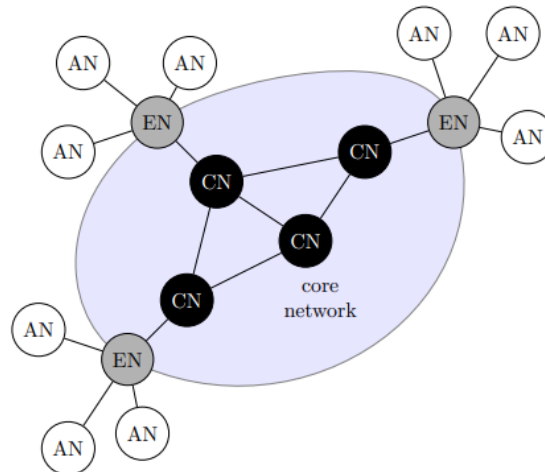


Figura 2.4: Red óptica de conmutación de paquetes

Fuente: (IRENEUSZ, 2009)

El interruptor actúa para construir anillos en el núcleo

El OPS es sincrónico o asincrónico:

- OPS síncronos, el dominio del tiempo está dividido en franjas horarias durante las cuales se envían y reciben paquetes y la duración de un paquete no es mayor que la ranura de tiempo. La duración de una franja horaria no es superior a la duración de un paquete. Las puertas ópticas existentes pueden encenderse y apagarse en unos dos nanosegundos, que corresponde al tiempo de guarda entre paquetes.
- Sistema OPS asíncrono, el dominio del tiempo se divide en ranuras, con lo que los paquetes pueden llegar en cualquier momento. Esta tecnología ha recibido una menor atención que la tecnología sincrónica, a pesar de que es más fácil de construir, ya que no es necesaria la sincronización. Sin embargo, probablemente ha sido así, porque el OPS asíncrono sufre

de mayores probabilidades de contención que la tecnología sincrónica. El otro motivo podría ser la baja utilización de la red necesaria, para que la red entregue paquetes con una baja probabilidad de pérdida de paquetes.

Un algoritmo de enrutamiento direcciona los paquetes hacia sus nodos de destino y pretende optimizar el uso de los escasos recursos del OPS (como los búferes y los convertidores de longitud de onda).

Un método para resolver la contención entre paquetes es el enrutamiento por desviación, que se ocupa de la falta o escasez de búferes ópticos enviando un paquete a una fibra de salida que no es solicitada por él. Esta acción de enviar un paquete a una fibra de salida errónea se denomina desvío. El enrutamiento por desviación evita que los paquetes se pierdan utilizando las fibras de salida disponibles como búferes. El enrutamiento por desviación puede mejorar el rendimiento de la red para cargas ligeras, pero también puede empeorar el rendimiento de la red para cargas pesadas, porque entonces los paquetes pueden ser desviados muchas veces causando un livelock (IRENEUSZ, 2009).

2.6 Componentes de una red óptica

Según Mahbub et al. (2019) Los componentes de una red óptica son los siguientes:

- Fuentes de luz: La fotónica utiliza habitualmente fuentes de luz semiconductoras como los diodos emisores de luz (LED), los diodos superluminiscentes y el láser.
- Medios de transmisión: La luz puede ser transmitida a través de cualquier medio transparente. La fibra de vidrio o la fibra óptica de plástico sirven para guiar la luz a lo largo de una trayectoria deseada.
- Multiplexor: El multiplexor (MUX) es un dispositivo que permite seleccionar, combinar y transmitir a una velocidad superior una o varias señales de entrada analógicas o digitales de baja velocidad en un único medio compartido o dentro de un único dispositivo compartido. De esta forma, varias señales pueden compartir un único dispositivo o conductor de transmisión, como un cable de cobre o de fibra óptica.

- Demultiplexor: El demultiplexor (o demux) es un dispositivo encargado de tomar una sola línea de entrada y dirigirla a una de varias líneas de salida digital. Un demultiplexor de 2 salidas tiene n líneas de selección, que se utilizan para seleccionar a qué línea de salida enviar la entrada. Un demultiplexor también se llama distribuidor de datos. Los demultiplexores pueden utilizarse para implementar la lógica de propósito general.
- Acoplador: El acoplador de fibra óptica es un dispositivo óptico que permite conectar uno o más extremos de fibra para facilitar la transmisión de ondas de luz en múltiples trayectorias. Este dispositivo es capaz de combinar dos o más entradas en una sola salida y también de dividir una sola entrada en dos o más salidas. A diferencia de un empalme o conector, la señal puede ser más atenuada por los acopladores de fibra óptica, ya que la señal de entrada puede dividirse entre los puertos de salida.
- Convertidor de longitud de onda: Esta clase de convertidores se utiliza ampliamente en las redes WDM. Los convertidores ópticos de longitud de onda se dividen en cuatro tipos en función de sus límites de manejo de la longitud de onda de entrada y salida, de entrada variable y salida fija y de entrada variable.
- Splitter (Divisor): Un divisor de fibra óptica consiste en un dispositivo que divide la luz de la fibra óptica en varias partes en una determinada proporción. Por ejemplo, cuando un haz de luz de fibra óptica se transmite desde un Splitter, se dividirá en 4 de fibra óptica en una proporción igual, es decir, cada haz es 1/4 o 25% del original.

2.7 Tipos de Fibra óptica

Para planear el uso de fibras ópticas en una variedad de aplicaciones de comunicación en línea es necesario considerar las distintas fibras ópticas disponibles en la actualidad. A continuación, se presenta un resumen de los tipos de fibras ópticas dominantes con una indicación de sus características generales. El comportamiento de los distintos tipos de fibras analizados varía considerablemente en función de los materiales utilizados en el proceso de

fabricación y de la técnica de preparación. Por lo cual los tipos de fibra óptica son los siguientes (Senior & Jamro, 2009):

2.7.1 Fibras multimodo de índice escalonado.

Puede ser fabricada a partir de compuestos de vidrio multicomponente o de sílice dopada. Estas fibras tienen diámetros de núcleo bastante grandes y aperturas numéricas para facilitar el acoplamiento eficaz a fuentes de luz incoherentes, como los LEDs. Las características de rendimiento de este tipo de fibra pueden diferir considerablemente en función de los materiales utilizados y del método de preparación; las fibras de sílice dopadas son las que presentan el mejor rendimiento.

Tabla 2.1: Estructura Fibras multimodo

Estructura	
Diámetro del núcleo	100 a 300 μm
Diámetro del revestimiento	140 a 400 μm
Diámetro de la cubierta	400 a 1000 μm
Apertura numérica	0.16 a 0.5

Fuente: (Senior & Jamro, 2009)

Tabla 2.2: Características de rendimiento

Características de rendimiento	
Atenuación	De 2,6 a 50 dB km ⁻¹ a una longitud de onda de 0,85 μm , limitada por la absorción o dispersión. La gran variación en la atenuación tiene su origen en las grandes diferencias tanto dentro como entre los dos métodos de preparación general (fusión y deposición).
Ancho de banda	6 a 50 MHz km
Aplicaciones	Estas fibras están mejor adaptadas para aplicaciones de corta distancia,

de ancho de banda limitado y aplicaciones de costo relativamente bajo.

Fuente: (Senior & Jamro, 2009)

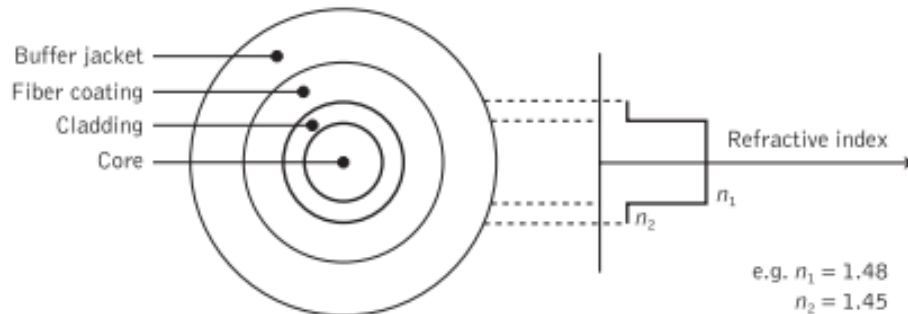


Figura 2.5 : Estructura de fibra multimodo de vidrio con índice de paso.

Fuente:(Senior & Jamro, 2009).

Según la Figura 2.5 las fibras de vidrio multicomponente y de sílice dopada suelen denominarse vidrio/vidrio multicomponente (vidrio revestido de vidrio) y sílice/sílice (sílice revestido de sílice), respectivamente, aunque la terminología de vidrio revestido de vidrio se utiliza a veces de forma algo imprecisa para denotar ambos tipos.

2.7.2 Fibras multimodo de índice graduado.

Las características de rendimiento de las fibras multimodo de índice graduado son de índice generalmente mejores que las de las fibras multimodo de índice escalonado, debido a la graduación del índice y a la menor atenuación. Las fibras multimodo de índice graduado obtendrán un diámetro de núcleo menor que las fibras multimodo de índice escalonado, aunque el diámetro total, incluida la cubierta de protección suele ser más o menos el mismo. Esto da a la fibra una mayor rigidez para resistir la flexión.

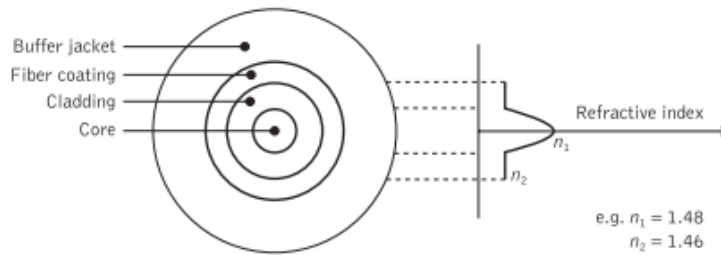


Figura 2.6: Estructura de fibra de vidrio de índice graduado
Fuente: (Senior & Jamro, 2009).

Tabla 2.3: Estructura *Fibra multimodo índice graduado*

ESTRUCTURA	
Diámetro del núcleo	50 a 100 μm
Diámetro del revestimiento	125 a 150 μm
Diámetro del revestimiento	200 a 300 μm
Diámetro de la camisa de protección	400 a 1000 μm
Apertura numérica	0.2 a 0.3

Fuente: (Senior & Jamro, 2009)

Tabla 2.4: Características de rendimiento

Características de rendimiento	
Atenuación	2 a 10 dB km ⁻¹ a una longitud de onda de 0,85 μm con, generalmente, un límite de dispersión. Se pueden obtener pérdidas medias de unos 0,4 y 0,25 dB km ⁻¹ a longitudes de onda de 1,31 y 1,55 μm respectivamente.
Ancho de banda	200 MHz km a 3 GHz km.
Aplicaciones	Inicialmente se utilizaban para el transporte de media distancia, actualmente son más aptas para las aplicaciones de corta distancia y de ancho de banda medio y alto utilizando fuentes multimodo incoherentes o coherentes (es decir,

LEDs o diodos láser de inyección, respectivamente).

Fuente: (Senior & Jamro, 2009)

Las características de rendimiento de estas fibras son, normalmente, ligeramente mejores que las de las fibras multimodo de índice escalonado correspondientes, pero algo inferiores a las fibras de índice totalmente graduado descritas anteriormente.

2.7.3 Fibra monomodo.

Únicamente permite que la luz se propague por su centro y ya no hay diferentes velocidades para los distintos modos. Por otro lado, como se muestra en la Figura 2.7 una fibra monomodo es mucho más fina que un multimodo y ya no puede analizarse utilizando la óptica geométrica. Los diámetros típicos del núcleo son entre $5\ \mu\text{m}$ y $10\ \mu\text{m}$. Además, con un revestimiento y una cubierta de amortiguación para dar protección y resistencia, las fibras monomodo poseen diámetros totales similares a los de las fibras multimodo (Patibandla et al., 2019).

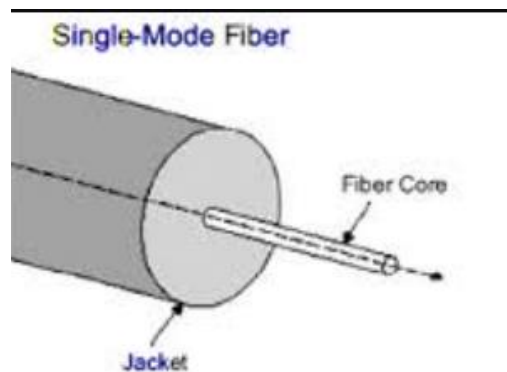


Figura 2.7: Fibra monomodo

Fuente: (*Diferencia entre Patch Cord monomodo y multimodo*, s. f.)

2.7.4 Fibra monomodo estándar.

La fibra monomodal estándar (SSMF, Standard Single Mode Fiber) es un ejemplo típico que suele tener un perfil de índice escalonado. Una muestra típica de la fibra monomodal estándar que normalmente comprende un perfil de índice

escalonado y se especifica, también se denomina fibra no dispersa, ya que tiene una longitud de onda de dispersión cero a 1,31 μm y, por lo tanto, es especialmente adecuada para la transmisión de una sola longitud de onda en la banda O. A pesar de que la SSMF puede emplearse para operar a una longitud de onda de 1,55 μm , no está optimizado para el funcionamiento en las bandas C y L, donde exhibe una alta dispersión en el rango de 16 a 20 ps nm⁻¹ km⁻¹.

2.8 Arquitecturas de red FTTH

Están basadas en dos arquitecturas las cuales son:

- Línea directa: consiste una conexión desde la planta hasta el hogar en una configuración Punto a Punto P2P (Peer to Peer).
- Punto Multipunto: P2MP (Point-to-Multipoint communication), utiliza splitters en una red óptica pasiva, donde se utilizan Gigabit Ethernet o un Modo de Transferencia asíncrona (ATM).

Por otro lado, un sistema PON es una forma acotada de red completamente óptica que no tiene el sistema de electrónica en su arquitectura, excepto en los extremos de la red, compuesta por “árboles” de vidrio que brindan señales en longitudes de onda ampliamente separadas.

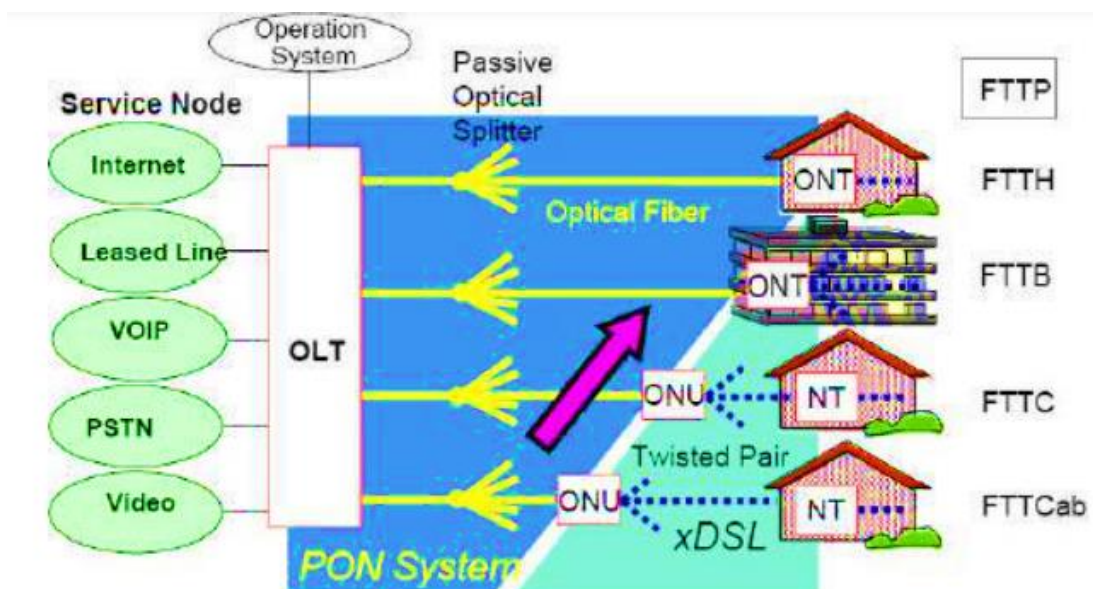


Figura 2.8: Distribución de una red PON.
Fuente: (Juan, 2018).

Una red óptica pasiva (PON) conforma un sistema de red con cableado de fibra óptica y envía la señal en toda o en la mayor parte del trayecto hasta el usuario final. Este sistema se describe de forma diferente en función de dónde termine la red PON, de modo que se tendría: fibra hasta la acera (FTTC, Fiber To The Curb), fibra hasta el edificio (FTTB, Fiber To The Building) o fibra hasta el hogar (FTTH, Fiber To The Home) (Juan, 2018).

Además, según la Figura 2.9 en la arquitectura ODN se clasifica en “Home Run” Punto a Punto, redes estrella pasivas o también llamadas punto a punto. La fibra sale de la CO y se va al abonado, sin embargo, algunos proveedores están considerando estos tipos de redes porque en la actualidad los cables de multifibras de la misma longitud con una o pocas fibras, son económicos en los aspectos de materiales e instalación. El inconveniente en esta topología es en la CO (Central Office) por puerto opto electrónico que se optaría por utilizar.

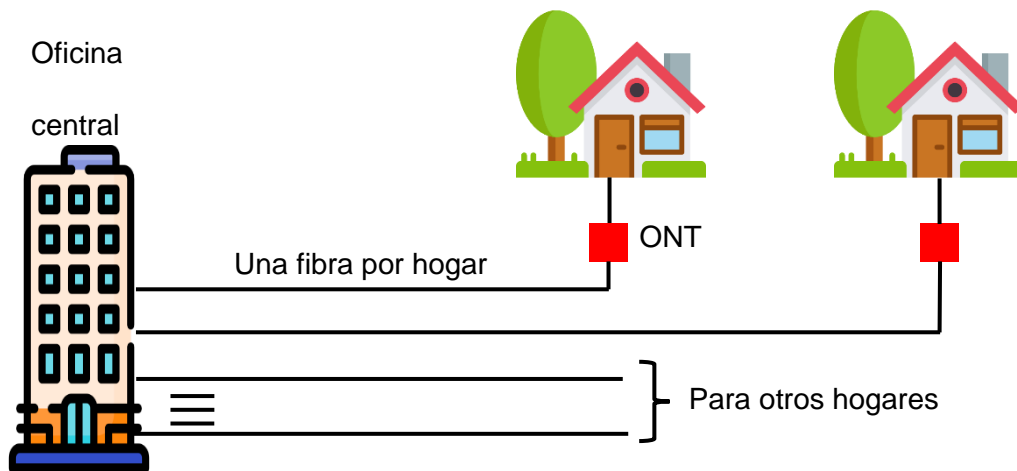


Figura 2.9: Esquema de fibra "Home run"
Fuente: Elaborada por autora con información de (Tinoco, 2011).

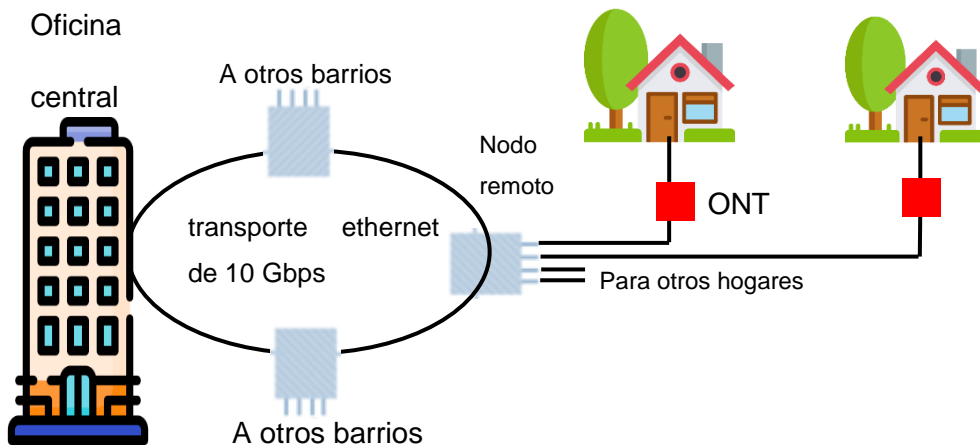


Figura 2.10: Esquema de fibra en estrella Ethernet activa
Fuente: Elaborada por autora con información de (Tinoco, 2011).

Según la Figura 2.10 una fibra dedicada desde un punto de acceso remoto hasta cada nodo y de ese punto a cada abonado. Por otro lado, una Red Ethernet en Estrella activa consiste en una fibra dedicada en expandirse hasta el usuario desde un nodo remoto de acceso, donde está conectado a través de una red Gigabit Ethernet óptica a la Oficina Central. Esta arquitectura es semejante al típico DLC o Loop Digital portador, porque entrega POTS/ISDN/DSN. Sin embargo, en las redes FTTH se denominan BLC Loop Portador de Banda ancha.

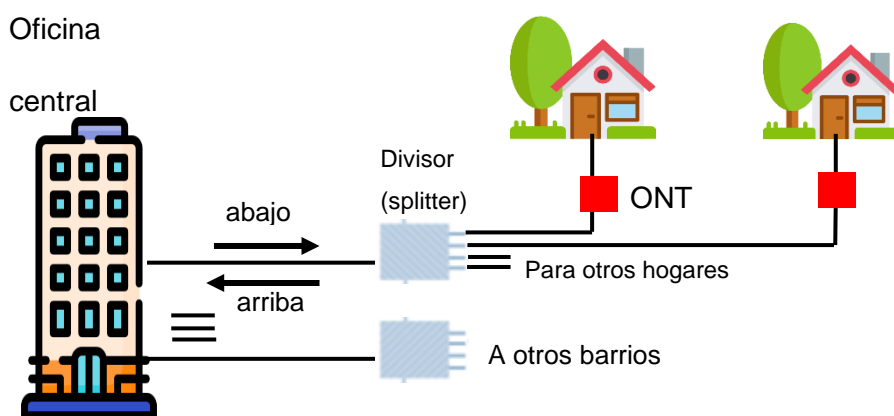


Figura 2.11: Esquema de fibra PON
Fuente: Elaborada por autora con información de (Tinoco, 2011).

Como se muestra en la Figura 2.11 es una fibra conectada a un splitter y desde este punto a cada abonado, la red óptica pasiva es una arquitectura muy

popular dado que no tiende a utilizar electrónica en su red, solamente en sus extremos por ende no necesita de una alimentación eléctrica para operar los componentes pasivos, y su mantenimiento es económico.

Las arquitecturas antes vistas “Home run” y Ethernet en estrella activa son útiles en varios casos específicos porque alcanzan distancias hasta 80 km desde la Oficina Central. La arquitectura PON puede alcanzar 20 km, más que suficiente en las áreas urbanas donde se debería utilizar redes ópticas (Tinoco, 2011).

2.9 Redes FTTx (Fiber to the x)

Las redes de acceso de nueva generación (NGAN, Next Generation Access Network) se desarrollan en el uso de fibra óptica en su infraestructura, dando paso a las redes FTTx. Dichas redes de acceso son arquitecturas de alto rendimiento situadas en la fibra para conectar un gran número de usuarios finales (residenciales, edificios, etc.) a un punto central, denominado nodo de acceso del proveedor de servicios o Punto de Presencia (PoP, Point of Presence).

Aparecen con el motivo de acercar la fibra óptica cada vez más al usuario o abonado, para así aprovechar todas las ventajas que ofrece este medio de transmisión. Ante las limitaciones de última milla de las redes HFC y xDSL surgen estas redes, en las que se sustituye el coaxial por la fibra óptica para aumentar la velocidad de transmisión y ofrecer así diversos servicios, entre ellos en tendencia, el llamado servicio Triple Play (Vídeo, Datos y Voz).

De acuerdo con la distancia a la que llega la fibra óptica o se instala, se distinguen diferentes tipos de despliegues de redes FTTx, que varían en el alcance de la fibra y la cercanía al usuario final, clasificándose de la siguiente manera (Guzmán, 2018):

2.9.1 FTTN: Fibra hasta el nodo (Fiber To The Node)

Consiste en una red que acerca la fibra óptica al nodo de acceso o al barrio. Por lo general, este nodo se encuentra a cierta distancia, en función de los equipos que se utilicen.

Se emplea la topología de árbol. La fibra óptica llega a un armario o a un punto de la red de distribución y el último tramo hasta el usuario es mediante cable coaxial o par trenzado. Normalmente el área cubierta es de menos de 1500 metros de radio y puede dar servicio a unos cuantos miles de usuarios.

2.9.2 FTTC: Fibra hasta la acera (Fiber To The Curb)

Localiza el cable de fibra que se encuentra instalado desde el nodo u oficina más cercana hasta el armario, desde donde se distribuirá a través de un divisor óptico a las casas o edificios más cercanos. Dicha fibra óptica llega a una plataforma que da servicio a unos cuantos abonados, estando cada uno de ellos conectado a la plataforma mediante cable coaxial o par trenzado (UTP, Unshielded Twisted Pair, STP, Shielded Twisted Pair).

2.9.3 FTTB: Fibra hasta el edificio (Fiber To The Building)

La red óptica finaliza en la entrada de un edificio comercial o residencial; se trata de que la fibra proveniente de la oficina central donde se encuentra la OLT alcanza los divisores y finalmente llega a la ONT ubicada en el cuarto de telecomunicaciones del edificio, donde se convierte la señal óptica en eléctrica, desde ese punto se accede a los abonados finales con tecnologías de cobre o inalámbricas, existiendo la opción de reutilizar los recursos disponibles y economizar costos.

La capacidad de esta red oscila entre los 50 y los 100 Mbps por usuario y puede dar servicio a 32 hogares por fibra. La accesibilidad interna de los usuarios

se realiza habitualmente a través de una red metálica de cableado estructurado de cobre.

2.9.4 FTTH: Fibra hasta el hogar (Fiber To The Home)

La fibra óptica accede a la propia residencia del usuario. Constituye una de las redes FTTx que destaca en las telecomunicaciones porque se está aplicando para prestar servicios avanzados como el conocido Triple Play a alta velocidad. En el interior de la residencia, la señal óptica llega a través de una fibra exclusiva al conversor óptico (ONT) situado cerca del ordenador, el teléfono y la televisión del usuario.

Entre los estándares de FTTH se encuentran las redes PON en las que se propone el uso de la fibra óptica en el bucle de abonado mediante multiplexación WDM.

Capítulo 3: Análisis de calidad de servicio de red FTTH

En este capítulo, se muestra el análisis comparativo de la red FTTH del trabajo de integración curricular.

3.1 Empresa CNT en el cantón Bolívar

La Empresa Nacional de Telecomunicaciones ha operado por aproximadamente 20 años en la provincia de Bolívar, originalmente fue creada como Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL), luego se llamó Andinatel, (por ser parte de la zona andina del Ecuador Continental) y finalmente cambió su nombre a Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT).

El objetivo de la empresa es proveer conectividad a través de telefonía, internet, telefonía celular y televisión satelital en todos los servicios de telecomunicaciones. Cuenta con cobertura provincial en los 7 cantones y 17 parroquias (excepto Regulo de Mora y Telimbela) para llegar a todos los usuarios.

El organismo dispone de todo el equipamiento necesario para atender a los usuarios, como equipos técnicos, herramientas y equipos tecnológicos necesarios para realizar reparaciones, mantenimiento e instalaciones; el personal administrativo cuenta con mobiliario y equipos portátiles.

"La Corporación Nacional de Telecomunicaciones, empresa del Estado que ha ido creciendo sustancialmente con el incremento de los servicios dentro de la provincia, se ha expandido día a día, con el fin de buscar mejoras en la tecnología, transmisión de datos, información de voz, internet; con esto la provincia se ha fortalecido y sigue creciendo para brindar a los usuarios mejores servicios", dijo Mauro Saltos, Administrador Provincial de la CNT en Bolívar (Massón, 2018).

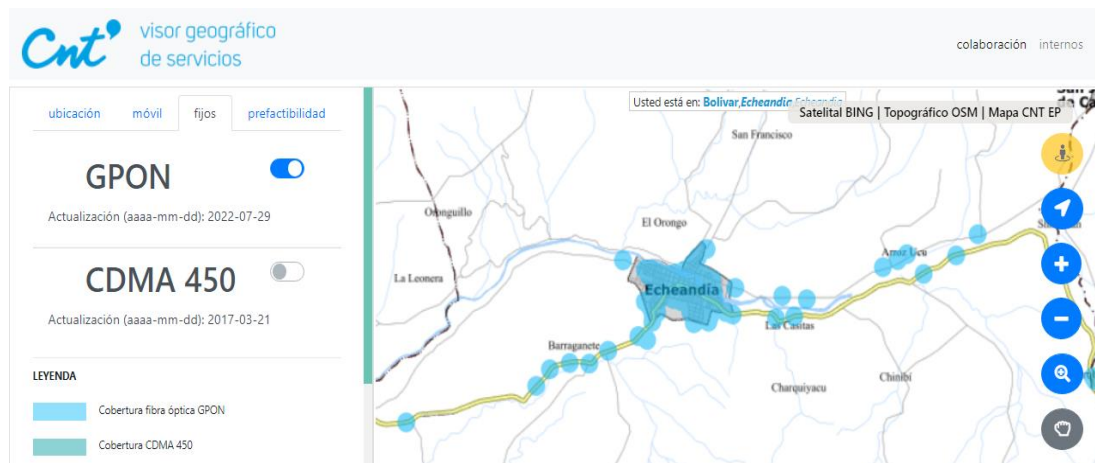


Figura 3.1: Mapa de cobertura red GPON

Fuente: (GEOPORTAL CNT EP, Portal para consulta de servicios de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador, Telefonía Fija, Telefonía Móvil, Internet Fijo, Cobertura de Red, 2022)

Según la Figura 3.1 se muestra el mapa de cobertura actualmente en el cantón Echeandía provincia de Bolívar, cuenta con instalación de la red fibra óptica GPON que brinda un beneficio a 3.500 habitantes de la zona rural en Bolívar, avanza en la implementación de infraestructura de red de fibra óptica en localidades de la provincia. El objetivo de esta empresa es mejorar los servicios a la ciudadanía. Con la implementación del sistema de fibra óptica, la CNT EP y el Gobierno del Encuentro cumplen el mejoramiento y la ampliación de la cobertura de conectividad en el Ecuador (CNT - Sitio Web Institucional, 2021).

3.1.1 Paquetes de CNT

La optimización del servicio es uno de los principales objetivos de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, el enrutamiento de cable plano de fibra óptica es un campo de negocios que ha dado pasos agigantados. Los residentes en la provincia de Bolívar se benefician de la mejor tecnología del país, como lo es GPON. Más de 300 bolivarienses están aprovechando el nuevo servicio, lo que les ha brindado importantes mejoras en datos y voz.

De acuerdo con la Tabla 3.1, muestra los diferentes paquetes que pueden adquirir los usuarios para obtener mejores beneficios de manejar una tecnología de fibra óptica, con su mayor ancho de banda para no tener pérdidas de señal.

Tabla 3.1: Velocidad CNT

Plan	Velocidad	Costo
Activate GO!	40 Mbps Velocidad simétrica	\$19.92
Acelera GO!	60 Mbps Velocidad simétrica	\$27.94
Turbo GO!	80 Mbps Velocidad simétrica	\$33.92
Evolution GO!	100 Mbps Velocidad simétrica	\$39.40
Ultimate GO!	200 Mbps Velocidad simétrica	\$69.36

Fuente:(CNT - Sitio Web Institucional, 2021)

3.1.2 Redes de Fibras híbridas

Recientemente, la fibra óptica ha sido utilizada en la red de transporte debido al alto costo de sus materiales y ciertas limitaciones técnicas que plantea el manejo de los pulsos de luz para transmitir la información, el desarrollo de las redes ópticas pasivas (PON - Passive Optical Network) posibilitó el uso de elementos relativamente más baratos que no utilizan equipos electrónicos, lo que permitió que la aceptación de la FTTx aumentase en todo el mundo en niveles extraordinarios.

3.2 Tecnología GPON

La tecnología GPON permite tener un mayor número de splits (1/128), favoreciendo tener un mayor ancho de banda downlink/upstream, hasta 2.4 Gbps/2.4 Gbps.

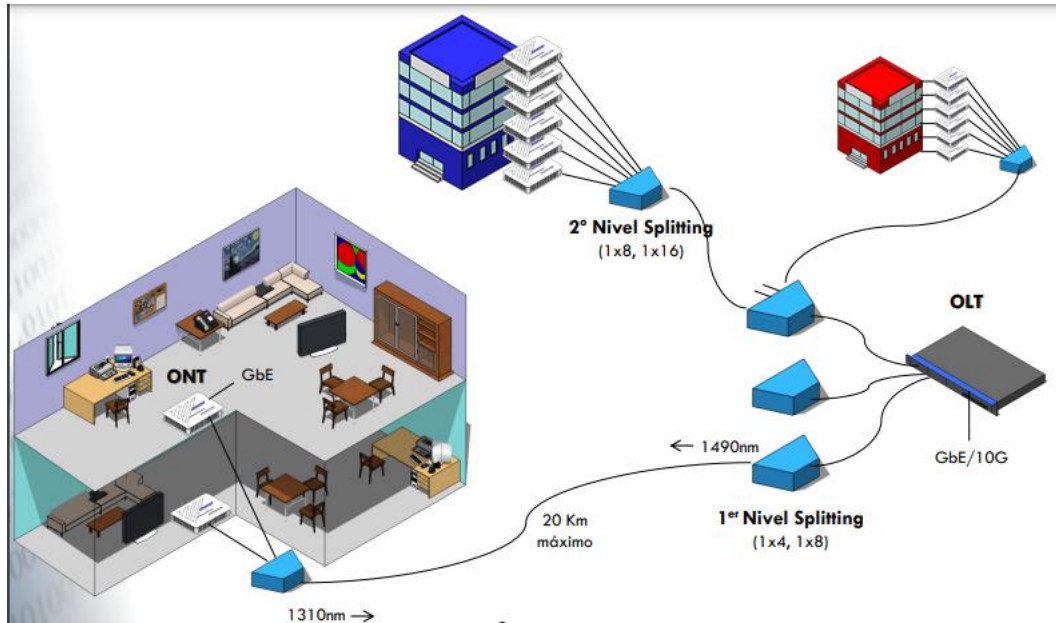


Figura 3.2: Tecnología GPON
Fuente:(A. García, 2014).

Esta tecnología utiliza un método de encapsulación conocido como GEM (GPON Encapsulation Method), que se observa en la Figura 3.3, permite soportar cualquier tipo de servicio, ya sea Ethernet, ATM, TDM, etc. Utiliza un protocolo de transporte síncrono con una trama periódica de 125 μ s. El método de encapsulación GPON es similar a otros métodos de servicio de datos en la estructura de la trama (Juma & Chacón, 2021).

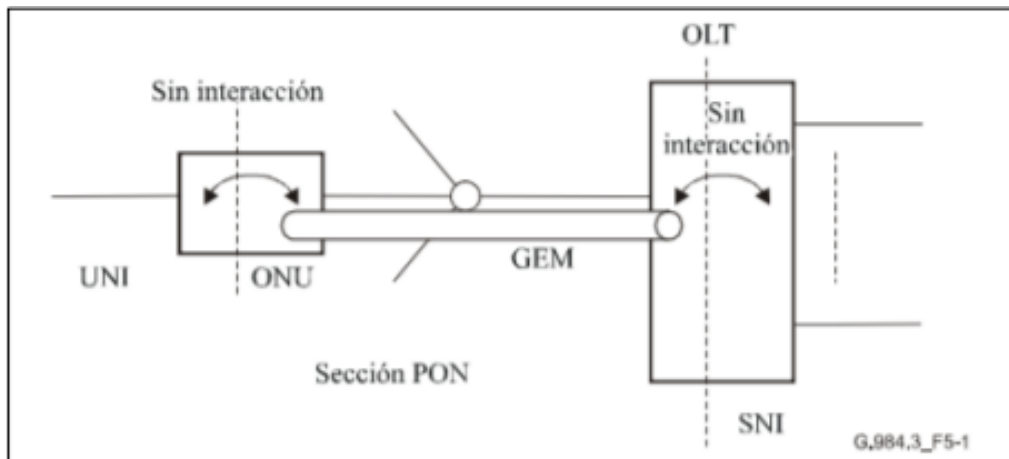


Figura 3.3: Configuración GPON
Fuente: (Juma & Chacón, 2021)

3.3 Tecnología utilizada por empresa a comparar

Este proveedor de servicios situado en el cantón Echeandía ofrece a los habitantes de este sector un servicio de FTTH con la tecnología GPON, que se fundamenta en ofrecer el servicio a los usuarios de manera rápida teniendo una instalación de línea directa el cual consiste en una conexión desde la planta hasta el hogar en una configuración Punto a Punto P2P. Teniendo beneficiados a 374 clientes de este sector para que tengan buena señal sin tener muchas pérdidas por caída de conexión.

3.4 Paquetes de fibra óptica

De acuerdo con la Figura 3.4 se puede observar los diferentes planes de Internet que ofrecen para un mejor beneficio y calidad de servicio de fibra óptica con un mayor ancho de banda para los usuarios del cantón Echeandía, el cual se presenta de varias velocidades, desde la más baja hasta la alta velocidad.

1	Basico 10 Mbps	230	↑ 10mbps ↓ 10mbps	Colas simples	u\$s16.8	Mensual	
2	Escolar 20 Mbps	46	↑ 20mbps ↓ 20mbps	Colas simples	u\$s22.4	Mensual	
3	Familiar 35 Mbps	3	↑ 15mbps ↓ 35mbps	Colas simples	u\$s30.0	Mensual	
4	Ejecutivo 50 Mbps	3	↑ 35mbps ↓ 50mbps	Colas simples	u\$s35.0	Mensual	
7	FLEX KF 15 Mb	39	↑ 15mbps ↓ 15mbps	Colas simples	u\$s18.4	Mensual	
8	CORPORATIVO 100 Mb		↑ 100mbps ↓ 100mbps	Colas simples	u\$s447.0	Mensual	
9	CORPORATIVO 30 Mb	1	↑ 30mbps ↓ 30mbps	Colas simples	u\$s150.0	Mensual	
10	PLUS KF 80 Mb		↑ 80mbps ↓ 80mbps	Colas simples	u\$s450.0	Mensual	

Figura 3.4: Velocidades
Fuente: Autor

3.5 Cuentas de usuario de servicio de acceso a Internet

De acuerdo con los datos que brinda Arcotel reflejados en la Tabla 3.2, se determina el número de clientes del año presente que optan por obtener una mejor tecnología que se la conoce como fibra óptica, que permite hacer una comparación de las dos empresas a analizar.

Según este análisis los datos que presenta la empresa CNT representan a todo el Ecuador, pero la empresa que se realiza el análisis solo representa a cuantos clientes cuentan con este servicio de fibra óptica para una mejor conectividad en el cantón Echeandía.

Tabla 3.2: Datos de Prestadores

Prestador	Abril 22	Mayo 22	Junio 22	Cuentas de Internet Banda ancha a Junio 22
1 Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP	584,324	574,321	565,692	538,475
2 KF Telecom	94	130	150	150

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2022)

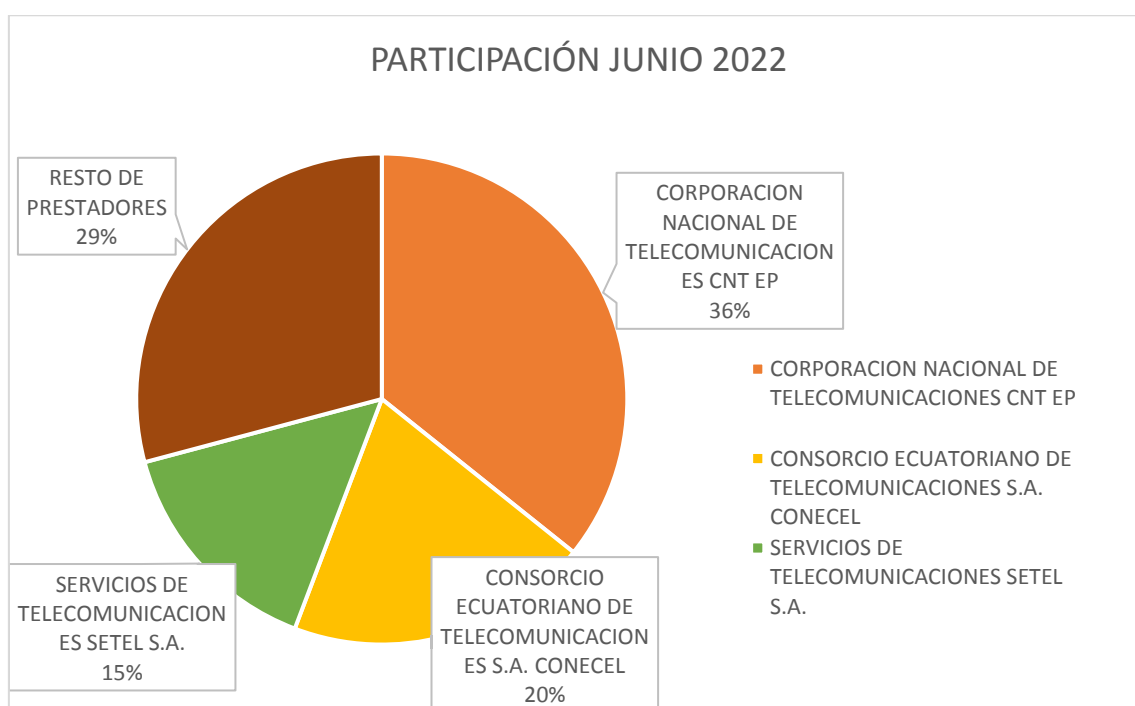


Figura 3.5: Cuentas de Prestadores

Fuente:(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2022)

3.6 Cuentas de internet fijo por Provincia

La información estadística de internet fijo por provincia, como se obtiene en la Tabla 3.3 que las provincias con mayor número de cuentas son Pichincha, Guayas, Azuay, Manabí, Tungurahua, El Oro, Imbabura y Loja.

Tabla 3.3: Cuentas de internet fijo por Provincia

PROVINCIA	Cuentas Totales jun-2022
AZUAY	161.763
BOLIVAR	16.927
CAÑAR	36.324
CARCHI	23.738
CHIMBORAZO	62.682
COTOPAXI	36.959
EL ORO	80.097
ESMERALDAS	49.595
GALAPAGOS	4.526
GUAYAS	749.161
IMBABURA	75.137
LOJA	72.027
LOS RIOS	54.890
MANABI	133.344
MORONA SANTIAGO	9.896
NAPO	12.270
ORELLANA	13.874
PASTAZA	10.609
PICHINCHA	770.826
SANTA ELENA	46.835
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	58.695
SUCUMBIOS	14.013
TUNGURAHUA	80.822
ZAMORA CHINCHIPE	11.618
ZONAS NO DELIMITADAS	2

Fuente: ESTADÍSTICAS ARCOTEL-SIETEL



Figura 3.6: cuentas de internet fijo por provincia
Fuente: ESTADÍSTICAS ARCOTEL-SIETEL

Como se puede observar en la Figura 3.6 las provincias de Pichincha y Guayas son las provincias en las cuales se registran el mayor número de cuentas con el 30,55% y 28,05% respectivamente hasta el mes de Julio 2022. La provincia a analizar en este caso es la Provincia de Bolívar que cuenta con 16.927 usuarios.

3.7 Características técnicas de la fibra óptica

La fibra óptica es un medio de comunicación analógico o digital. Las ondas electromagnéticas viajan por el espacio a la velocidad de la luz.

Básicamente, la fibra óptica consta de una región cilíndrica por donde se produce la propagación, denominada núcleo, y una región exterior al núcleo y coaxial con él, que es absolutamente necesaria para que se produzca el

mecanismo de propagación, y cuya región se denomina el sobre o manto. La capacidad de transmisión de información de una fibra óptica depende de tres características básicas:

- Diseño geométrico de la fibra óptica
- Propiedad de los materiales empleados en su elaboración (diseño óptico)
- Anchura espectral de la fuente de luz utilizada, mientras mayor sea este ancho, menor será la capacidad de transmisión de información de esta fibra.

Es más pequeño en tamaño que los soportes existentes. El cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 o 10 mm y proporciona la misma o más información que el cable coaxial de 10 tubos. El peso del cable de fibra óptica es mucho menor que el cable de metal, por lo que es fácil de instalar. La sílice tiene un amplio rango de temperatura, ya que se funde a 600°C. FO. Exhibe una operación fluida de -550°C a +125°C sin pérdida de sus propiedades (Contreras, 2017).

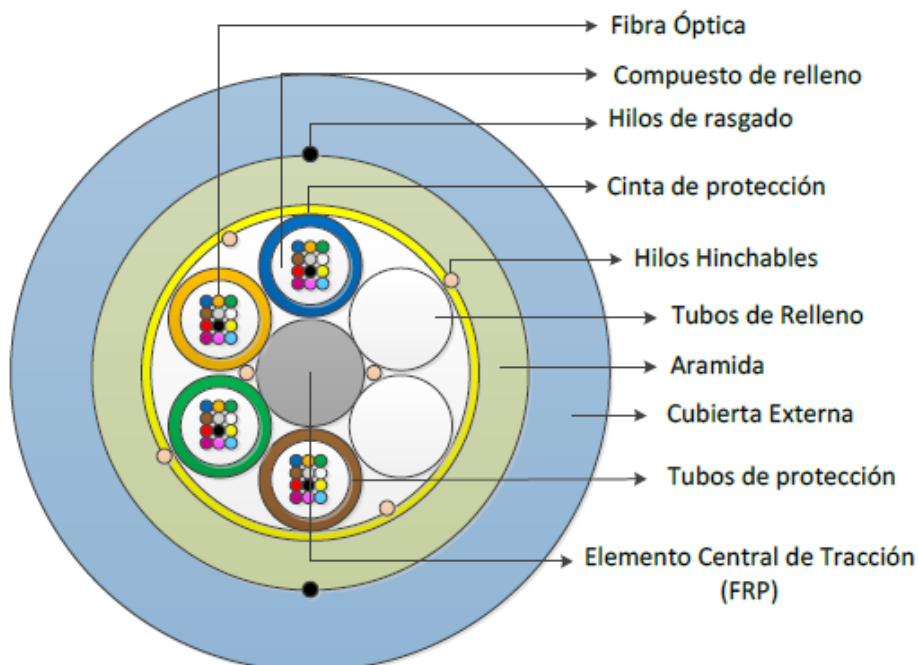


Figura 3.7: características técnicas

Fuente:(Sandoval, 2015)

En la Figura 3.7 los tubos de protección libre, deben ser tubos de plástico (PBT o equivalente), rellenos con un compuesto plástico para evitar la entrada y propagación del agua, con un radio de curvatura de trabajo normal (radio oscuro) de 35 mm como mínimo). En el interior de cada tubo de protección se dispondrán 12 fibras ópticas.

Se utiliza una varilla de fibra de vidrio FRP (Fiber Reinforced Plastic) como elemento de tracción central. Las pantallas de fibra óptica se agrupan alrededor del elemento central de forma oscilante (SZ), en número suficiente para asegurar el número de fibras necesario en cada caso. Para dar protección mecánica exterior al núcleo óptico y resistencia a la torsión, se dispondrán dos coronas de fibras de aramida alrededor de dicho núcleo, que proporcionarán al cable la carga de rotura necesaria.

Diámetro Exterior: Se suministrará con un diámetro exterior nominal de 11,50 mm y un diámetro exterior medio máximo de 11,50 mm. color distinto del resto del fotomultiplicador.

Tabla 3.4: diámetros externos fibra óptica

Nominal	1, 60 mm
Medio	> 1, 60 mm
Mínimo absoluto en cualquier punto	> 1, 50 mm

Fuente:(Sandoval, 2015)

Hilos de rasgado: se suministrará con dos hilos dieléctricos de desgarró, situados a 180° debajo del casquillo y de color diferenciado del resto del núcleo óptico (Sandoval, 2015).

3.8 Sector de estudio

El cantón Echeandía, ubicado en la provincia de Bolívar, en latitud: 1°25'55.91S y longitud 79°16'45.12O. La Figura 3.8 a continuación muestra el área de estudio de la red de acceso GPON.



Figura 3.8: Mapa Echeandía
Fuente: Google Earth

3.8.1 División de zonas

El sector de estudio en el cantón Echeandía lo dividen en zonas (1,2,3,4,5 y 6) como se observa en la Figura 3.9:

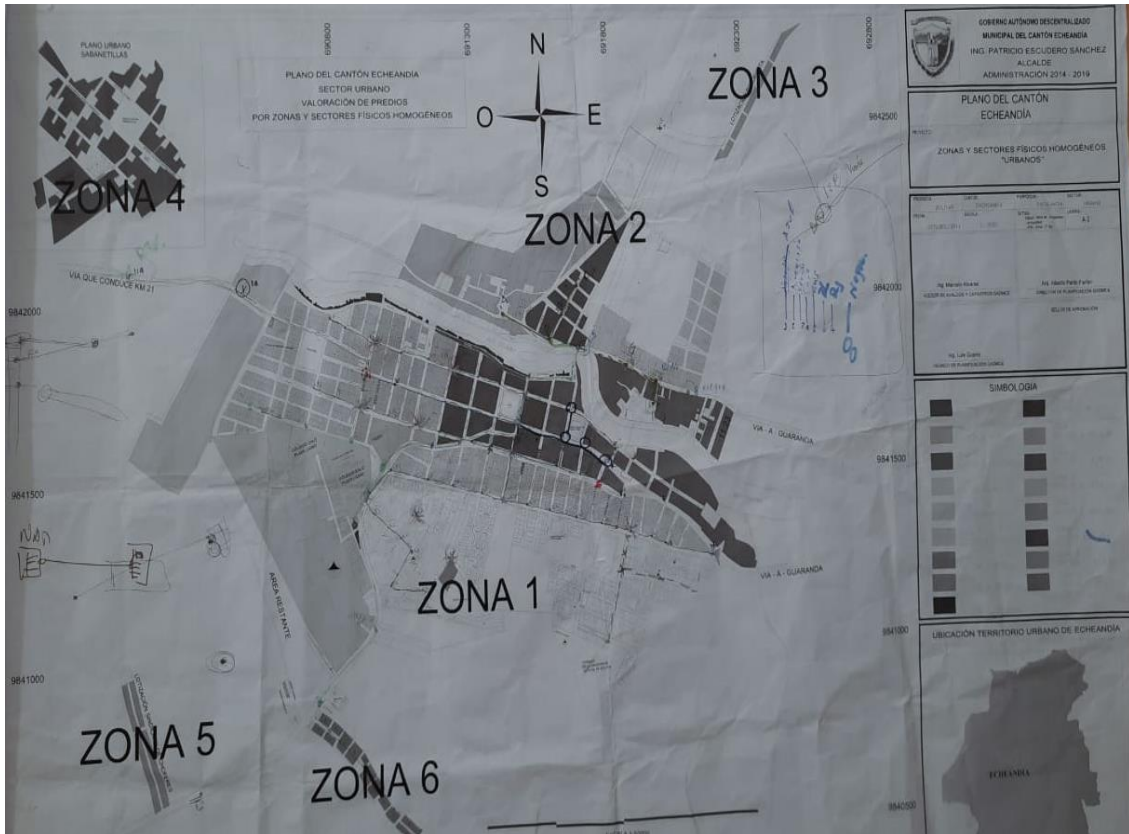


Figura 3.9: Mapa de zonas
Fuente: Autor

3.8.1.1 Ubicación de zonas

De acuerdo con la Figura 3.9 se obtiene la ubicación de cada zona donde el proveedor de servicio “KF Telecom” brinda la tecnología GPON a la población del cantón Echeandía.

Tabla 3.5: Ubicación de zonas

Zonas	Ubicación
Zona 1	La Floresta
Zona 2	El Mirador
Zona 3	Lotización Bellavista
Zona 4	Comunidad Sabanetillas
Zona 5	Sindicato de choferes
Zona 6	El ángel

Fuente: Autor

3.8.2 Divisor óptico primario (Manga porta splitter)

De acuerdo con las zonas se ubican las mangas porta divisores, en este caso de estudio se coloca una manga porta divisores para cada zona, la abreviatura MT0x significa mangas porta divisor donde x es el número de mangas pertenecientes al primer nivel (Yungan, 2019).

3.8.2.1 Distribución de mangas

La distribución de las mangas en este proveedor de servicios se divide de la siguiente manera:

- Una terminal de línea óptica (OLT) que procede de la oficina central del proveedor KF Telecom.
- Unidades de red óptica (ONU) más cercanas a la instalación del usuario final.
- Una red de distribución óptica (ODN) entre la ONT y ONU para dividir y poder distribuir la señal.

3.9 Análisis de la red GPON

La empresa más notable en el desplazamiento de las redes de cobre como acceso son "CNT EP", ha ido sustituyendo las antiguas redes, que se utilizaban para internet y voz, por fibra óptica.

De este modo, el prestador de servicios "CNT EP" empezó con redes de HFC que utilizan la tecnología de cobre. Por lo cual, era la única prestadora de servicio para este cantón, pero al pasar del tiempo comenzó a presentar varias pérdidas de conexión, señal lenta, red congestionada, etc. Por lo tanto, este nuevo prestador de servicio "KF Telecom", empresa que fue creada desde 2019 ofrece un servicio de redes de fibra óptica utilizando la última tendencia en tecnología que es GPON para el servicio de internet de banda ancha.

Los prestadores de servicios a comparar como "CNT EP" y "KF Telecom", los dos adoptan la misma arquitectura GPON – FTTH. Ambas empresas prestan servicio de Internet de banda ancha, pero "CNT EP" y "KF Telecom" tienen servicio, aunque "CNT EP" incorpora servicio de voz y televisión por satélite, se trata de un medio de acceso inalámbrico y presenta costos elevados.

3.10 Calidad de servicio (QoS)

La calidad de servicio implica ofrecer un buen servicio a los usuarios que emplean diferentes aplicaciones en tiempo real. Hay aplicaciones que necesitan un mayor ancho de banda, con lo cual pueden congestionar la red y, en consecuencia, hacer que se pierda información; por ello, es necesaria una buena gestión de los recursos para ofrecer a las aplicaciones las condiciones apropiadas para la transmisión de datos.

El servicio se mide principalmente en función de parámetros como el ancho de banda, el canal efectivo, la latencia, la pérdida de paquetes, etc. Mediante la calidad de servicio se podrá discriminar el tráfico, otorgando mayor o menor eficiencia a la transmisión de datos, pues la calidad de servicio indica el protocolo de enrutamiento que es capaz de encontrar el camino hacia el destino conociendo el nodo que debe enrutar el tráfico que transporta, repartiendo los datos de forma fiable, además la pérdida de paquetes y la latencia tiene que ser casi nula sobre todo en aplicaciones en tiempo real, como estos parámetros afectan en gran medida a este tipo de aplicaciones.

Tabla 3.6: Protocolo QoS

Protocolos	
Proactivos	Tienen rutas hacia todos los nodos de la red, aunque no estén en uso. Su ventaja se basa en que siempre tendrá una ruta disponible hacia los nodos en cualquier momento. Reduce

	el retardo en el descubrimiento de rutas.
Reactivos	Descubre la ruta hacia el destino solo cuando se quiere enviar los datos. Optimiza el ancho de banda pues solo mantiene las rutas durante la transmisión.

Fuente:(Torres, 2010)

Un protocolo de enrutamiento con capacidades de QoS puede intentar establecer una ruta que acata los requisitos como ancho de banda, retardo extremo a extremo, mínima variación en el retardo, etc. (Torres, 2010).

3.10.1 Ventajas QoS

- Capaz de priorizar el tráfico y, por lo tanto, permitir que se utilicen subprocesos importantes antes de los flujos de menor prioridad.
- Aumenta la confiabilidad de la red al controlar cuánto ancho de banda puede usar una aplicación.

Para implementar un buen servicio QoS se debe tener en cuenta una serie de parámetros.

- Ancho de banda.
- Retardo.
- Jitter, variación de tiempo entre dos paquetes consecutivos.

3.10.2 Servicios integrados (IntServ)

Los servicios integrados, llamado Intserv, es un mecanismo de QoS que consta de reservas de recursos en los nodos que establecen la conexión. Los servidores informan sus necesidades de QoS a la red. El protocolo que utiliza es Resource Reserved Protocol (RSVP).

RSVP es un protocolo de control que funciona sobre UDP e IP y divide el tráfico en streams, su funcionamiento es de la siguiente manera:

- El servidor transmitirá, notificando a los otros nodos de ruta de las solicitudes que solicitará la aplicación
- El servidor receptor realiza una reserva de recurso.
- Los nodos intermedios, desde el extremo hasta el emisor, también reservan recursos para su uso.

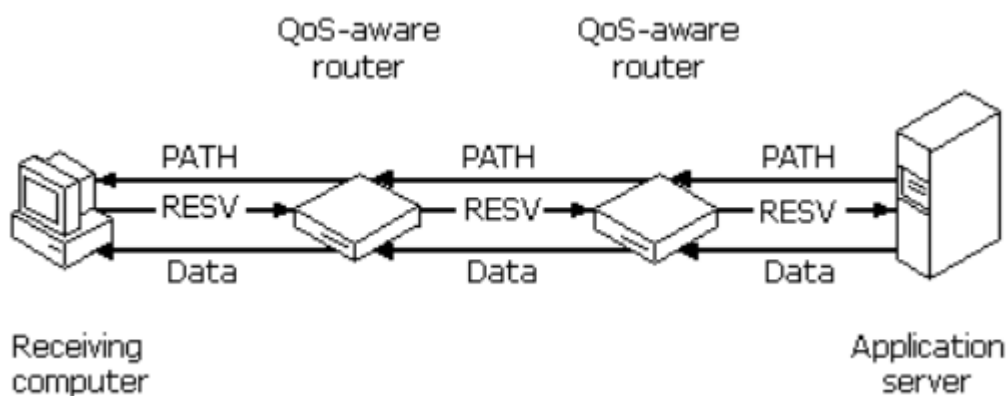


Figura 3.10: IntServ
Fuente:(J. García, 2019)

En la Figura 3.10 se observa de manera gráfica el funcionamiento de IntServ, para el establecimiento de camino (Path) los equipos implicados deben tener suficientes recursos para la satisfacción de los parámetros de QoS, si tiene aprobación, se reservan los recursos (Resv) e inicia la transmisión.

Dicha reserva de recursos hace que IntServ adquiera problemas de escalabilidad, porque los elementos de la red deben guardar una gran cantidad de información de estado de las diferentes conexiones.

3.10.3 Servicios diferenciados (DiffServ)

Los servicios diferenciados son otro mecanismo basado en la clasificación de paquetes en clases de servicio. En DiffServ sin señalización de extremo a extremo o entre vecinos, cada enrutador opera de forma independiente

aplicando un proceso de clasificación y dando un tratamiento local específico a cada tipo de tráfico. Esto se denomina Per- Hop Behavior (PHB).

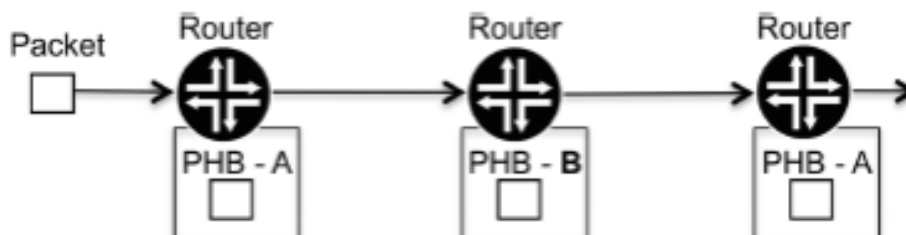


Figura 3.11: Per-Hop Behavior
Fuente:(J. García, 2019)

De esta manera, no hay necesidad de reservar recursos en comparación con Intserv, sino que a los paquetes se les asigna una prioridad y/o etiqueta que hace que cada enrutador los maneje de manera diferente a los demás.

De este modo, sin las reservas ya mencionadas, este mecanismo es más escalable y puede implementarse en redes con grandes cantidades de tráfico (J. García, 2019).

3.11 Proveedores de telecomunicaciones en el sector

La infraestructura desplegada por varios proveedores de servicios de telecomunicaciones en la industria, al tomar fotografías de dispositivos pasivos y líneas de fibra propiedad de cada operador. Además, permite definir áreas completamente saturadas con equipos pasivos de diferentes proveedores, evitando así la destrucción de infraestructura propiedad del sector público. La insistencia de los artículos de iluminación pública se ve más afectada por la implementación de las redes de telecomunicaciones específicas.

En la Tabla 3.7 se observa, la infraestructura de fibra desplegada por proveedores del sector tal como es CNT EP y KF Telecom.

Tabla 3.7: Infraestructuras de proveedores
Proveedores de Servicios Telecomunicaciones en Echeandía

CNT EP



KF
Telecom



Fuente: Elaborado por Autor

3.12 Beneficios de implementación de fibra óptica

En la siguiente Tabla 3.8 se describe las diferentes ventajas que presenta la implementación de fibra óptica para los usuarios o clientes.

Tabla 3.8: Ventajas Fibra óptica

Beneficios	
	<p>Menos infraestructura</p> <p>El cableado y los accesorios permiten una instalación simple y facilitan la reducción del espacio requerido para salas de ingeniería, conductos y conductos eléctricos. Así como reducir el peso de las fibras respecto a las redes de cobre.</p>
	<p>Bajo consumo energético</p> <p>Como sistema de red pasivo, el cable de fibra óptica no requiere el uso de energía eléctrica en los puntos de distribución intermedios (IDF), lo que elimina la necesidad de suministro de energía y equipos de aire acondicionado en cada ubicación.</p>
	<p>Mayor control de ancho de banda</p> <p>Mayores datos en un cable de diámetro pequeño y de bajo peso.</p>
	<p>Baja pérdida</p> <p>La pérdida de señal en la fibra óptica es menor que en el cable ethernet.</p>
	<p>Alta velocidad y larga distancia</p> <p>En la transmisión de fibra óptica, los cables de fibra óptica pueden proporcionar una baja pérdida de energía, lo que permite que las</p>

señales se transmitan a distancias más largas que los cables Ethernet.

Alta calidad

La fibra óptica te permite mejorar la calidad de los formatos de video y audio para que las conversaciones telefónicas y grabaciones sean más perfectas.

Fuente:(Securitycom, 2020)

3.12.1 Desventajas de implementación de fibra óptica

En la siguiente Tabla 3.9 se observa algunas desventajas que presenta la implementación de fibra óptica, pero como se puede observar en el punto anterior presenta más beneficios que desventajas.

Tabla 3.9: Desventajas fibra óptica

Desventajas	
	<p>Costo de instalación alto</p> <p>El cable de fibra óptica sigue avanzando hacia el bucle local y, a través de tecnologías como FTTx (fibra hasta el hogar, etc.) y PON (red óptica pasiva), permite el acceso de alta velocidad a suscriptores y usuarios finales.</p>
	<hr/> <p>Fragilidad</p> <p>Los cables de fibra óptica dañados no son fáciles de reparar. Los procedimientos de reparación requieren un equipo de técnicos altamente calificados.</p>

Destreza en el manejo de equipos, en algunos casos puede que todo el cable deba ser reparado. En todo caso, el problema puede ser más complicado.

Un gran número de usuarios dependen del servicio. Por esta razón, es importante crear su propio sistema que tenga rutas separadas físicamente que permitan para hacer frente a este tipo de emergencias.

Instalación especial

Debido a que la fibra es principalmente de un material de vidrio de sílice, se requieren técnicas especiales para la construcción e instalación de la junta.

Métodos tradicionales de instalación como, por ejemplo, sujeción, soldadura y bobinado. Las pruebas de fibra y la solución de problemas también requieren el equipo adecuado (Leal, 2017).

Fuente: (Comunidad FS, 2018)

Conclusiones

Las redes ópticas pasivas (PON) se conforman de un sistema de red con cableado de fibra óptica y transmiten la señal en toda o en la mayor parte del trayecto hasta el usuario final. En este caso el proveedor de servicio brinda su prestación por línea directa la cual consiste en una conexión desde la oficina central hasta el hogar en una configuración Punto a Punto P2P.

De acuerdo con estos beneficios su escalabilidad ofrece mayor garantía en la gestión de la calidad de servicio con una red de fibra hasta el hogar (FTTH) y que podrá tener evoluciones en un futuro.

En el Cantón Echeandía existe otra empresa que implementa redes FTTH, tal como es CNT. Por lo cual, esto genera una competitividad en el mercado, pero lo que hace diferente a los prestadores de servicios siempre va a ser la calidad y velocidad del servicio para los diferentes clientes. La empresa CNT en este cantón a los usuarios que tienen este servicio por fibra óptica se quejan de su mala calidad y de una baja velocidad de servicio, sin embargo, lo adquieren por sus planes de costo bajo y para poder obtener los beneficios de estar conectados con la tecnología GPON. No obstante, la empresa KF Telecom brinda internet por fibra óptica a pesar de no tener muchos usuarios su calidad y velocidad es eficaz y no presenta problemas de manera simultánea.

Las empresas que brindan servicios de telecomunicaciones deben considerar las redes de fibra óptica por todos los beneficios que presentan, además día a día la tecnología sigue avanzando rápidamente y por lo general en los cantones siempre demora en llegar la última tecnología de internet. El diseño que presentan es una división de zonas que son 6 las cuales son las zonas que pueden obtener dicho servicio y su distribución de las mangas utilizando NAPs comienza saliendo de oficina central y llega a splitter de 1:8 y se reparte para 8 cajas respectivamente de 16 usuarios.

La implementación de la tecnología GPON en el cantón Echeandía de la provincia de Bolívar ha traído varios beneficios, que influyen en la calidad de estudios, economía, entretenimientos y sobre todo calidad de vida de todos los usuarios que poseen esta tecnología.

Recomendaciones

Para un mejor análisis se recomienda la elaboración de encuestas a los usuarios que poseen este servicio de internet por fibra óptica, para así poder una base de datos acerca de su aceptación y opinión acerca de esta tecnología para este cantón.

Se recomienda a la empresa KF Telecom tener su mapa de forma digital para una mejor visualización y entendimiento de las zonas que brindan servicio. También se recomienda hacer eventos o más publicidad para la atracción e interacción de nuevos usuarios para que así tengan una mejor aceptación al mundo de la fibra óptica y sepan a más profundidad de los diversos beneficios, como son mejor calidad de servicio, mayor ancho de banda, mayor eficacia, mayor velocidad de transmisión, para así lograr más expansiones en un futuro en los cantones.

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. <https://doi.org/10.1016/j.array.2021.100058>
- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. (2022). <https://www.arcotel.gob.ec/>
- Andrés, C., & Ricardo, P. (2014). *Sistemas de comunicaciones ópticas (Monografía)* [Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11995/Com%20opticas%20V.2014-03-28%20PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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. *Journal of Physics: Conference Series*, 1962(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1962/1/012004>
- Chamberland, S. (2010). Global Access Network Evolution. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 18(1), 136-149. <https://doi.org/10.1109/TNET.2009.2021430>
- CNT - Sitio Web Institucional. (2021). Corporación Nacional de Telecomunicaciones. <https://institucional.cnt.com.ec/noticias/la-fibra-optica-de-cnt-ep-beneficia-a-3500-habitantes-de-la-zona-rural-en-bolivar>
- Comunicaciones ópticas: Telecomunicaciones TICS*. (2014). Telecomunicaciones TICS. <https://telecomunicaciones2.webnode.mx/unidad-6/>
- Comunidad FS, J. (2018). *Las ventajas y desventajas de la fibra óptica | Comunidad FS*. Knowledge. <https://community.fs.com:7003/es/blog/the-advantages-and-disadvantages-of-fiber-optic-transmission.html>

Contreras, J. (2017). *Calidad de Servicio (QoS), en redes GPON basados en fibra optica*
[Universidad Mayor de San Andrés].

<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/17040/T-3375.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Diferencia entre Patch Cord monomodo y multimodo. (s. f.). Focc Technology Co., Ltd.
Recuperado 10 de julio de 2022, de <http://www.fibresplitter.com/info/difference-between-single-mode-and-multimode-p-49212591.html>

García, A. (2014). *GPON y GPON Doctor.*
<https://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>

García, J. (2019). *Configuración de servicios de usuario con QoS sobre una red GPON real* [Universidad Politecnica de Valencia].
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/119968/García%20-%20Configuración%20de%20servicios%20de%20usuario%20con%20QoS%20sobre%20una%20red%20GPON%20real.pdf?sequence=2>

GEOPORTAL CNT EP, Portal para consulta de servicios de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador, Telefonía Fija, Telefonía Móvil, Internet Fijo, Cobertura de Red. (2022). <https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/?u=-79.27051,-1.43727,13>

Guzmán, A. (2018). *Diseño de una red de acceso en un sector residencial para proveer servicios triple play utilizando tecnologia gepon para la empresa Telconet S.A.* Escuela Politécnica Nacional.

IRENEUSZ, S. (2009). *Overview of optical packet switching.* 21, 14.
<http://irkos.org/publications/taai.pdf>

Juan, D. (2018). *Análisis de PON: Qué es OLT, ONU, ONT y ODN.* *Medium.*
<https://xxamin1314.medium.com/an%C3%A1lisis-de-pon-qu%C3%A9-es-olt-onu-ont-y-odn-8e78eb25e4bb>

- Juma, M., & Chacón, C. (2021). *Diseño, implementación y evaluación de redes gpon y epon para citycom cia.ltda* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20305/1/UPS-CT009145.pdf>
- Keiser, G. (2003). *Optical communications essentials*. McGraw-Hill.
- Khalil, Siregar, M., & Sihombing, D. (2022). Impact of the HFC migration to FTTH on the efficiency and reliability of the internet provider services business (A case Study). *Journal of Physics: Conference Series*, 2193(1), 012055. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2193/1/012055>
- Leal, W. (2017). *La Fibra Óptica: Redes y Aplicaciones* [Universidad de la Laguna]. <file:///C:/Users/Nestor%20Alarcon/Downloads/La%20Fibra%20Optica%20Redes%20y%20Aplicaciones.pdf>
- Mahbub, A., Nurunnahar, & Zobaer, H. (2019). *Design Criteria of High Speed Optical Packet Switching Network*. <https://doi.org/10.9790/1813-0806010111>
- Massón, A. (2018, septiembre 5). Diario Regional Los Andes. *Diario Los Andes*. <https://www.diariolosandes.com.ec/cnt-empresa-que-trabaja-en-beneficio-de-los-sectores-de-bolivar/>
- Patibandla, A., Guptha, A., & Nagma,. (2019). *Fiber Optical Communications*.
- Pezo, M. (2017). *Estudio comparativo sobre modulaciones utilizadas en los sistemas de comunicaciones ópticos*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Rabbani, M. (2017). Using Metaheuristic Algorithms for Solving a Hub Location Problem: Application in Passive Optical Network Planning. *International Journal of Supply and Operations Management*. <https://doi.org/10.22034/2017.1.02>
- Ramaswami, R., Sivarajan, K. N., & Sasaki, G. H. (2010). *Optical networks: A practical perspective* (3rd ed). Elsevier/Morgan Kaufmann.
- Sandoval, M. (2015). *Especificaciones técnicas de la Fibra Óptica*. - PDF Free Download. <https://docplayer.es/3788804-Especificaciones-tecnicas-de-la-fibra-optica.html>

- Securitycom. (2020). *Beneficios de implementar un sistema de red de fibra óptica (GPON) en desarrollos*. <https://www.securitycom.mx/blog/beneficios-sistema-de-fibra-optica-gpon-en-desarrollos>
- Senior, J. M., & Jamro, M. Y. (2009). *Optical fiber communications: Principles and practice* (3rd ed). Financial Times/Prentice Hall.
- Tinoco, J. (2011). *Estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicios de voz, video y datos para la Urbanización los Olivos ubicada en el sector toctesol en la parroquia borrero de la ciudad de azogues* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1076/12/UPS-CT002134.pdf>
- Torres, A. (2010). *Análisis de la calidad de servicio en el enrutamiento de las redes móviles ad hoc* [Universidad Técnica Particular de Loja]. [https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1443/3/Utpl_Torres_Ontaneda_Auliriar_004x790.%20\(1\).pdf](https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1443/3/Utpl_Torres_Ontaneda_Auliriar_004x790.%20(1).pdf)
- Yungan, A. (2019). *Evaluación de parámetros de QoS en la transmisión de voz, video y datos de una red FTTH utilizando el estándar G.984.X* [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13437/1/98T00252.pdf>

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Alarcon Loor, Angie Nicole** con C.C: # 093190706-7 autor del Trabajo de Integración Curricular: **Análisis de la calidad de servicio de la red FTTH en el cantón Echeandía de la provincia de Bolívar**, 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, 19 de septiembre del 2022

f.  _____

Nombre: Alarcón Loor, Angie Nicole

C.C: 093190706-7

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis de la calidad de servicio de la red FTTH en el cantón Echeandía de la provincia de Bolívar.		
AUTOR(ES)	Alarcón Loor Angie Nicole		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Romero Paz, Manuel de Jesús		
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:	19 de septiembre del 2022	No. DE PÁGINAS:	52
ÁREAS TEMÁTICAS:	Comunicación móvil, Red de telecomunicaciones		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	FTTx, fibra óptica, PON, tecnología, GPON, redes ópticas, CNT.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): El presente trabajo de titulación se conforma del servicio de los prestadores que brindan Internet por fibra óptica por tecnología GPON en el Cantón Echeandía de la provincia Bolívar, como se conoce es bien escaso la conexión de fibra óptica en cantones debido a que son muy alejados de una ciudad. Por lo cual, se propone un análisis del servicio que ofrece la red FTTH, estas redes FTTH han progresado para conseguir soluciones que sean rentables. Además, el desarrollo de la aplicación de una sola fibra para el tráfico ascendente y descendente es una ventaja considerable. Se trata de redes punto a multipunto, en las que la fibra se conecta a divisores ópticos pasivos, lo que da lugar al nombre de red óptica pasiva. También se podrá saber cuáles son los beneficios y desventajas de implementación de fibra óptica para brindar los servicios de dicha tecnología a los usuarios de este cantón.			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593992127759	E-mail: angie_alarcon@outlook.es	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Velez Tacuri, Efraín Oliverio		
	Teléfono: +593-994084215		
	E-mail: efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			