

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“DISEÑO DE UNA RED FTTH MEDIANTE EL ESTÁNDAR
GPON PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE
SERVICIO DE INTERNET EN LOS HOGARES EN EL
DISTRITO DE CHORRILLOS”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO

HUGO EDWARD QUEZADA ALEGRÍA

Callao, 2021

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'H' followed by several loops.

Hugo Edward Quezada Alegría

PERÚ

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Russell Córdova Ruiz".

Russell Córdova Ruiz (Asesor)

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE TESIS SIN CICLO DE TESIS

A los 14 días del mes de enero del 2022 siendo las 11:00 am Horas se reunió el Jurado Examinador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica conformado por los siguientes Docentes Ordinarios de la Universidad Nacional del Callao, (Res. Resolución DECANAL N°002-2022-DFIEE)

Dr. Ing. JACOB ASTOCONDOR VILLAR	Presidente
M.Sc. Ing. JULIO CESAR BORJAS CASTAÑEDA	Secretario
M.Sc. Ing. EDWIN HUARCAYA GONZALES	Vocal

Con el fin de dar inicio a la exposición de Tesis del Bachiller **QUEZADA ALEGRIA, HUGO EDWARD** quien habiendo cumplido con los requisitos para obtener el **Título Profesional de Ingeniero Electrónico** tal como lo señalan los Arts. N° 12 al 15 del Reglamento de Grados y Títulos, sustentará la Tesis Titulada “DISEÑO DE UNA RED FTTH MEDIANTE EL ESTÁNDAR GPON PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SERVICIO DE INTERNET EN LOS HOGARES EN EL DISTRITO DE CHORRILLOS”, con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición, considerando lo establecido en los Art. N° 14 y 17 del Reglamento de Grados y Títulos dado por Resolución N° 047-92-CU, en el Capítulo N° 06, corresponde al otorgamiento del Título Profesional con Tesis, efectuadas las deliberaciones pertinentes se acordó:

Dar **por APROBADO**, Calificativo **BUENO**, Nota: **16** al expositor con lo cual se dio por concluida la sesión, siendo las 12:15 horas del día 14 del mes de enero del 2022.

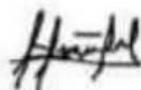
Es copia fiel del folio N°..... Del Libro de Actas de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica – UNAC.



Dr. Ing. JACOB ASTOCONDOR VILLAR
PRESIDENTE



M.Sc. Ing. JULIO CESAR BORJAS CASTAÑEDA
SECRETARIO



M.Sc. Ing. EDWIN HUARCAYA GONZALES
VOCAL

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis primeramente a Dios, ya que nos bendice principalmente con salud.

De igual manera a mis padres Hugo Quezada Vidal y Cleofé Alegría Delgado por su apoyo, enseñanza, crianza y grandes ejemplos que me inculcaron, así mismo, a mis hermanos y familiares que me alentaron hasta el acabado de los estudios de pregrado.

Y por último, pero no menos importante, está relacionado a la presente coyuntura, dedico la presente tesis a las autoridades de nuestro país, en especial a las llamadas brigadas de primera línea, que se esfuerzan por sacar adelante a nuestro país y luchar contra este virus causante de la pandemia mundial que vivimos en estos tiempos, así mismo, a las personas valientes que lamentablemente perecieron luchando contra este terrible virus.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Callao, por sus grandes enseñanzas y conocimientos que me brindaron y fueron fundamentales para el crecimiento en mi vida profesional.

A las autoridades y personas que conforman la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, por sus pacientes respuestas ante dudas en la inscripción desde el desarrollo del proyecto de tesis hasta la futura sustentación de la tesis.

Al Ing. Russel Córdova Ruiz, asesor de esta presente tesis, por su paciente guía, correcciones y orientación en el presente desarrollo de este trabajo de investigación.

ÍNDICE

ÍNDICE	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.2. Formulación del problema	15
1.2.1. Problema general	15
1.2.2. Problemas específicos	15
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Justificación.....	16
1.5. Limitantes de investigación.....	17
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes: Internacional y nacional.....	18
2.1.1. Antecedentes internacionales	18
2.1.2. Antecedentes nacionales	19
2.2. Bases teóricas	21
2.2.1. Sistema de Telecomunicaciones	21
2.2.2. Redes de comunicaciones	23
2.2.3. Tipos de redes.....	24
2.2.4. Concepto de fibra óptica	25
2.2.5. Partes de la fibra óptica	26
2.2.6. Tipos de fibra óptica	27
2.2.7. Tipos de conectores de fibra	28
2.2.8. Topologías de redes en fibras ópticas	31
2.2.9. Tecnologías de Redes de Acceso	33
2.2.10. Tecnologías de Redes de Acceso PON.....	38
2.2.11. Redes GPON	42
2.2.12. Especificaciones generales de una red GPON.....	44
2.2.13. Ventajas e inconvenientes de las redes PON.....	46
2.2.14. Red HFC vs red con fibra óptica	47
2.2.15. Arquitectura de una red GPON	48

2.2.16.	Funcionamiento general de una red de fibra óptica con GPON	61
2.2.17.	Topologías de red GPON.....	62
2.2.18.	Normas técnicas de implementación	65
2.2.19.	Técnicas de tendido de fibra óptica	66
2.2.20.	Empalmes de fibra óptica.....	66
2.2.21.	Tecnologías FTTx	67
2.2.22.	Redes FTTH.....	72
2.2.23.	Topologías de redes FTTH	73
2.2.24.	Instalación de la red FTTH.....	75
2.2.25.	Servicios FTTH.....	76
2.2.26.	WDM (multiplexación por división de longitud de ondas)	77
2.2.27.	Estándares	78
2.2.28.	Organismos de estandarización más importantes.....	81
2.2.29.	Principales recomendaciones ITU G.984.X.	82
2.2.30.	Equipos de medición y certificación	84
2.2.31.	Tipos de abonado.....	87
2.3.	Conceptual	88
2.4.	Definiciones de términos básicos	89
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	95
3.1.	Hipótesis.....	95
3.1.1.	Hipótesis general.....	95
3.1.2.	Hipótesis específicas.....	95
3.2.	Definición conceptual de variables.....	95
3.2.1.	Operacionalización de la variable	96
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	97
4.1.	Tipo y diseño de investigación	97
4.1.1.	Tipo de investigación.....	97
4.1.2.	Diseño de la investigación	97
4.2.	Población y muestra.....	98
4.3.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	98
4.4.	Análisis y procesamiento de datos.....	98
V.	RESULTADOS	99
5.1.	Resultados descriptivos	99
5.1.1.	Zona de despliegue de la red.....	99
5.1.2.	Diseño de la red de la planta externa	102
5.1.3.	Ubicación de la OLT (Equipo terminal de línea)	104
5.1.4.	Red de alimentación.....	105
5.1.5.	Red de distribución.....	106
5.1.6.	Despliegue de la fibra óptica	111

5.1.7.	Despliegue de la red de dispersión (acometida).....	126
5.2.	Resultados inferenciales	126
5.2.1.	Cálculo de la atenuación óptica de la red	126
5.2.2.	Tasa de ancho de banda de datos.....	131
5.3.	Otro tipo de resultados.....	132
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	134
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	134
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	135
6.3.	Responsabilidad ética	135
VII.	CONCLUSIONES	136
VIII.	RECOMENDACIONES	137
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
	ANEXOS	145
	Anexo 1. Matriz de consistencia	147
	Anexo 2. Plano de AutoCAD.....	148
	Anexo 3. Datasheet de la caja de empalme (MUFA)	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Operacionalización de variables	96
Tabla 5.1 Área con las calles, avenidas, tipo de vía y concesión del proyecto.....	99
Tabla 5.2 Ubicaciones de los splitters primarios.....	106
Tabla 5.3 Ubicaciones de los splitters secundarios.....	107
Tabla 5.4 Ubicaciones de los postes utilizados	113
Tabla 5.5 Valores de atenuación de elementos de red	127
Tabla 5.6 Tramos en Km por cada splitter primario.....	128
Tabla 5.7 Velocidades de descarga y subida de servicios	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Esquema funcional de los elemento de un sistema de comunicaciones	22
Figura 2.2 Componentes de un sistema de telecomunicaciones	23
Figura 2.3 Partes de una fibra óptica.....	27
Figura 2.4 Conector ST.....	29
Figura 2.5 Conector LC.....	29
Figura 2.6 Conector SC	30
Figura 2.7 Conector FC.....	31
Figura 2.8 Topología estrella o árbol	31
Figura 2.9 Topología anillo.....	32
Figura 2.10 Topología bus	33
Figura 2.11 Topología de una red de acceso xDSL	34
Figura 2.12 Estructura de una red EOC	35
Figura 2.13 Topología de una red HFC	36
Figura 2.14 Topología de una red PON.....	37
Figura 2.15 Topología de una red APON	38
Figura 2.16 Topología de una red EPON	40
Figura 2.17 Arquitectura de una red GPON.....	41
Figura 2.18 Topología de una red GEAPON.....	42
Figura 2.19 Topología de una red HFC	48
Figura 2.20 Arquitectura de una red GPON.....	49
Figura 2.21 OLT de la marca Huawei	50
Figura 2.22 Armario FDH.....	51
Figura 2.23 Splitter de 1/32.....	52
Figura 2.24 ONU	53
Figura 2.25 Bandejas de fibra óptica	53
Figura 2.26 Roseta óptica	54
Figura 2.27 ONT Zyxel.....	55
Figura 2.28 NAP.....	56
Figura 2.29 Caja de empalme.....	57
Figura 2.30 Tipos de pigtails	59
Figura 2.31 Tipo de jumper	59
Figura 2.32 Tipo de patchcoard.....	60
Figura 2.33 Tipos de transceivers.....	61
Figura 2. 34 Esquema general del funcionamiento de una red de fibra óptica con FTTX	62
Figura 2.35 Topología centralizada	63
Figura 2.36 Topología de convergencia local.....	64
Figura 2.37 Topología distribuida	65
Figura 2.38 Topología FTTP	68
Figura 2.39 Topología FTTH.....	69
Figura 2.40 Topología FTTB.....	70
Figura 2.41 Topología FTTC.....	71
Figura 2.42 Topología FTTN.....	72
Figura 2.43 Topología P2P	74
Figura 2.44 Topología P2MP	75
Figura 2.45 OTDR EXFO FTB-1	85
Figura 2.46 Localizador EXFO VLF	86
Figura 2.47 Fuente de luz	86
Figura 2.48 GPON meter PPM-350C	87
Figura 5.1 Ubicación de las avenidas y calles en el mapa.....	101
Figura 5.2 Vivienda en Av. Los Faisanes	101
Figura 5.3 Edificio en Av. Los Faisanes.....	102
Figura 5.4 Topología anillo.....	103

Figura 5.5 Topología estrella	103
Figura 5.6 Arquitectura de red	104
Figura 5.7 Ubicación del site Gaviotas	105
Figura 5.8 Diagrama de la red de dispersión.....	126
Figura 5.9 Test de velocidad de acceso a Internet con cobre, coaxial HFC.	133
Figura 5.10 Test de velocidad de acceso a Internet con fibra óptica.	133

RESUMEN

En la presente tesis, se busca conseguir el acceso a Internet o banda ancha de mejor calidad de la que se posee actualmente, para este trabajo de investigación se tomó en cuenta el diseño de una red de fibra óptica mediante el uso del estándar GPON, para la mejora de la calidad de acceso al servicio de Internet en los hogares en el distrito de Chorrillos, principalmente para los usuarios o abonados pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes.

En el primer capítulo, se realizó los lineamientos del planteamiento del problema, en donde se describió la realidad problemática, la formulación, los problemas, los objetivos, la justificación y los limitantes.

En el segundo capítulo, se desarrolló todo lo correspondiente al marco teórico, conceptos y definiciones necesarios a conocer para el diseño de la red en el presente proyecto.

En el tercer capítulo, se dio a conocer las hipótesis y variables, tanto generales como específicas.

En el cuarto capítulo, se realizó la metodología de la investigación en donde nos detalla sobre el tipo y diseño de investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos para la recolección de la información de campo, el análisis y procesamiento de datos.

En el quinto capítulo, se detalló los resultados descriptivos, inferenciales y la ingeniería de red en donde se explicaron los pasos que fueron utilizados para el diseño de la red FTTH.

En el sexto capítulo, se mostró los resultados previamente mencionados en el anterior capítulo.

Y finalmente en los últimos capítulos: séptimo, octavo, noveno y décimo, se detallaron las conclusiones, recomendaciones, las referencias bibliográficas y anexos, respectivamente, de la presente tesis.

ABSTRACT

In this thesis, the aim is to obtain access to the Internet or better quality broadband than what is currently available, for this research work the design of a fiber optic network was taken into account through the use of the GPON standard, to improving the quality of access to Internet service in homes in the Chorrillos district, mainly for users or subscribers belonging to Av. Defensores del Morro and Av. Los Faisanes.

And for this, in the first chapter the guidelines of the problem statement are made, which includes the description of the problematic reality, the formulation, the problems, the objectives, justification and the limitations.

In the second chapter, everything corresponding to the theoretical framework, concepts and definitions necessary to know for the design of the network in this project is developed.

In the third chapter, the hypotheses and variables are disclosed, both general and specific.

In the fourth chapter, the research methodology is given where it details the type and design of research, the population and sample, the techniques and instruments for collecting field information, analyzing and processing data, as well such as network engineering where the steps that were used for the design of the FTTH network are explained.

In the fifth chapter, the results obtained are detailed.

In the sixth chapter, the discussion of the results previously mentioned in the previous chapter is given.

And finally, in the last chapters: seventh, eighth, ninth and tenth, the conclusions, recommendations, bibliographic references and annexes, respectively, of this thesis are detailed.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el desarrollo e impulso de las telecomunicaciones es uno de principales ejes para la mejora de la calidad de vida de las personas y en general de la población. Las telecomunicaciones nos brindan muchos servicios, algunos de ellos son la telefonía, televisión y el acceso a Internet. Todos estos servicios se han convertido en algo básico y esencial para que nuestro país pueda estar comunicado e informado.

Las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones despliegan su infraestructura en la mayor parte de nuestro territorio nacional. Sin embargo, todavía existe una brecha de acceso a determinados servicios, como por ejemplo acceso a servicios de banda ancha por parte de los usuarios finales y/o abonados.

Una de las actuales soluciones para el acceso a Internet de alta velocidad es la fibra óptica, y por esta razón cada vez se van desplegando y diseñando redes de fibra óptica permitiendo el acceso a servicios con gran calidad y pueda cubrir una futura gran demanda.

Las redes GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) es una de las tecnologías de acceso a telecomunicaciones que usa fibra óptica para llegar hacia el usuario o abonado.

Actualmente, la tecnología GPON es uno de los estándares más modernos para la implementación de redes de acceso de última milla para las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones. Esta tecnología tiene muchas ventajas sobre la tecnología que usa cable de cobre, teniendo la posibilidad de acceder a Internet con mayor ancho de banda y menos interferencia producido por el ruido no deseado.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En la actualidad, una de las formas más rápidas para el acceso a Internet es mediante la Fibra Óptica. Para el caso del uso de Fibra Óptica hacia los hogares se utiliza la tecnología FTTH, del inglés "Fiber to the Home", es decir, fibra óptica hasta el hogar. Sin embargo, esta tecnología, aún está en pleno despliegue a nivel nacional siendo pocas las localidades que poseen esta tecnología para el acceso a Internet (entre el 8% y 10% de la población nacional), dicho porcentaje se espera que se incremente con la inversión del Estado en el despliegue de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica y las empresas privadas sumen y contribuyan con el desarrollo y descentralización del acceso a Internet.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera el diseño de una red FTTH mediante el estándar GPON puede mejorar la calidad del servicio de Internet de los usuarios pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos?

1.2.2. Problemas específicos

- ✓ ¿De qué manera se puede brindar mejoras tanto en las velocidades de carga y descarga para los usuarios con el diseño de una red FTTH mediante el estándar GPON?

- ✓ ¿Cuáles son los requerimientos necesarios para una implementación de un proyecto de red FTTH mediante el estándar GPON?
- ✓ ¿De qué manera el diseño de una red FTTH resulta más económica para los usuarios?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una red FTTH mediante el estándar GPON para la mejora de la calidad del servicio de Internet de los usuarios pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar de qué manera se puede brindar mejoras tanto en las velocidades de carga y descarga para los usuarios con el diseño de una red FTTH mediante el estándar GPON.
- ✓ Determinar los requerimientos necesarios para una implementación de un proyecto de red FTTH mediante el estándar GPON.
- ✓ Determinar el diseño de una red el cual sea más económica para los usuarios.

1.4. Justificación

La total o escasa inversión que el Estado y/o las empresas privadas asignan para contribuir al despliegue y desarrollo de las Telecomunicaciones a nivel nacional, entre ellas está el Acceso a Internet.

Los elevados costos que representa el acceso a Internet de calidad respecto al índice socioeconómico en el cual los usuarios se ven relacionados. Y para tales fines se propone una solución mediante el diseño de una red FTTH con el estándar GPON para que dé como resultado una mejora de conectividad al Acceso a Internet y a costos razonables, en esta oportunidad se aplicará para los usuarios pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos.

1.5. Limitantes de investigación

✓ Teórico

No se cuenta con fuentes de información suficiente que tratan el tema a presentar.

✓ Temporal

La investigación se llevará a cabo en un período de 2 meses, el cual estará comprendido entre agosto y setiembre.

✓ Espacial

La presente investigación se llevará a cabo en el distrito de Chorrillos (Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes: Internacional y nacional

Para el desarrollo de este Proyecto de Tesis, hemos considerado los siguientes temas de tesis y propuestas de diseño para sustentar y profundizar el presente trabajo.

2.1.1. Antecedentes internacionales

ALDAZ CORRALES, CHRISTIAN FABRICIO (ECUADOR, 2016). En su trabajo de investigación presentado para optar el Título de su Maestría de la "Pontificia Universidad Católica de Ecuador", el autor propone aplicar en la ciudad de Ambato, Ecuador, un diseño de la infraestructura de red FTTH que pueda generar costos significativos, y por esta razón es que el diseño debe realizarse teniendo en cuenta que se tiene diferentes problemas, porque su construcción puede ser aérea, soterrada, micro zanjado, en zonas regeneradas donde se debe empaquetar todos los cables y como se comparte la infraestructura con otras operadoras, se debe tener muy claras las normas que se aplican en la ciudad de Ambato. Adicionalmente, el trabajo propone documentar el diseño de una red FTTH GEPON para la ciudad de Ambato, buscando el mejor diseño que cumple con una cobertura adecuada, optimización de recurso humano, materiales a utilizar, tipo de fibra óptica. [1]

CALVILLO MENDOZA, IRATXE (ESPAÑA, 2017). Estudió la investigación titulada DISEÑO DE UNA RED FTTH PARA UN OPERADOR GLOBAL DE TELECOMUNICACIONES EN EL ÁREA DE LA CAPV, para optar el Título de su Master de la "Universidad del País Vasco", la autora presenta el diseño de una infraestructura

de fibra óptica residencial para la Comunidad Autónoma del País Vasco en España. El diseño cubrirá tanto la red de transporte como la red de acceso. Para ello, se desarrollará un análisis de las tecnologías empleadas hoy en día por las operadoras en el diseño de sus redes. Una vez acabado el análisis, se seleccionará la tecnología a implementar y se procederá al diseño de una infraestructura de red que ofrezca servicios de banda ancha a los usuarios. [2]

CASTELLANOS-CASAS, JUAN SEBASTIÁN (COLOMBIA, 2017). El autor en su artículo de investigación DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA PASIVA BIDIRECCIONAL CON PARTICIONAMIENTO ESPECTRAL DE UNA FUENTE DE BANDA ANCHA, presenta el diseño de una red óptica pasiva, en la cual se aprovecha al máximo el ancho de una fuente de luz para generar diferentes portadoras que pueden ser aprovechadas por una cantidad de usuarios mucho mayor a los que comúnmente tienen redes PON en su hogar, es decir, realizar varias redes en base a una fuente de luz con portadoras de carga y descarga por medio de la misma red, en vez de tener una única fuente de luz para un usuario. Dentro del diseño se aprovecha el particionamiento espectral el cual divide la fuente con una separación de 0,11nm entre portadoras, considerando que el ancho de un LED es aproximadamente 100nm, para así obtener un número alto de portadoras en tercera ventana. Aprovechando dicho fenómeno, se reducen costos en la implementación de una PON. [3]

2.1.2. Antecedentes nacionales

ARIAS DE LA CRUZ, JOSEPH WILLIAM (2015). En su trabajo de investigación DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL

ESTÁNDAR GPON EN EL DISTRITO DE MAGDALENA DEL MAR, presentado para optar el Título de “Ingeniero de Telecomunicaciones” de la "Pontificia Universidad Católica del Perú", el objetivo principal es el diseño e implementación de una red de banda ancha-fija (FTTH) en el distrito de Magdalena del Mar. Para su logro, el autor propone un diseño de red FTTH con estándar GPON, el cuál mejorará las velocidades de carga y descarga en los hogares, además de poseer características de redundancia y costos menores para los usuarios.

El autor realizó un diagnóstico de la situación actual (2015) respecto de los servicios de telecomunicaciones y el nivel socio económico del distrito. Luego a base de los estudios, diseñó una red FTTH; así como, el dimensionamiento de las potencias y las tasas de transferencias en la red y finalmente, se realizó un análisis económico en donde se planteó un horizonte temporal de 5 años para recuperar lo invertido y generar rentabilidad. [4]

ZAPATA HUERTAS, JUAN KENNY (2020). En su tesis titulado MEJORA DEL SERVICIO DE ACCESO DE BANDA ANCHA Y TELEVISIÓN CON TECNOLOGÍA FTTH PARA EL SECTOR DEL CERCADO DE SECHURA, el objetivo principal es mejorar el servicio de Banda Ancha y Televisión IP en el cercado de Sechura, Piura. Para lograrlo, el autor realizó el diseño de una Planta Externa e Interna, cubriendo las expectativas de los usuarios (Cobertura, Disponibilidad, buenas velocidades de transmisión y un servicio de calidad). Por ser una zona de gran demanda donde los clientes pueden solventar los costos del servicio, se desplegará abarcando un 100% de predios en la zona siendo los abonados, los hogares e instituciones públicas y privadas (negocios, colegios, lugares recreativos, etc.). [5]

LAIME ESTRADA, FRANCISCO JESÚS (2020). En su estudio de investigación DISEÑO DE REDES CON TECNOLOGÍA GPON PARA EL ÁREA DE TI DE LA CLÍNICA LA FAMILIA EN SAN BORJA, 2020, objetivo: realizar el diseño de toda la red de comunicaciones de la Clínica la Familia que se construirá en San Borja. Teniendo como objetivos complementarios, determinar la influencia de un diseño con tecnología GPON para el área de TI de la Clínica la Familia, el cual ayudará a la reducción de costos de implementación y la optimización de tiempos de instalación. El autor utilizó distintas normativas como ANSI/TIA 568.D y la ITU-T G.984. Y finalmente, el autor concluyó que una red GPON genera mayor ahorro en costos de infraestructura (canalizaciones), equipos de refrigeración (aire acondicionado), menos consumo eléctrico y reducción de espacios físicos. [6]

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sistema de Telecomunicaciones

Se puede definir a un sistema de telecomunicaciones como una colección de hardware y software que cumplan algunos requisitos como la compatibilidad entre sí y que estén dispuestos para comunicar información de un determinado lugar a otro lugar. Estos sistemas de telecomunicaciones pueden transmitir diversos tipos de informaciones como textos, gráficos, voz, documentos o información de video en movimiento completo.

En un sistema de comunicaciones intervienen un emisor, un receptor, un mensaje y el canal o medio en el cual se trasmite dicho mensaje. La persona es el individuo que emite un determinado mensaje, y otra persona lo recibe, esto lo vemos

por ejemplo cuando existe una conversación entre dos personas, ambas dicen palabras las cuales, en este caso son los mensajes, el medio vendría a ser la manera oral en que la dicen y los obstáculos o interferencias son aquellos ruidos no deseables que se escuchan si es suponemos que la conversación es en la calle, estos pueden ser el ruido del claxon de los carros, las voces o murmullos de las demás personas que pasan, o si esta tronando el cielo pues va a llover, etc. [7]

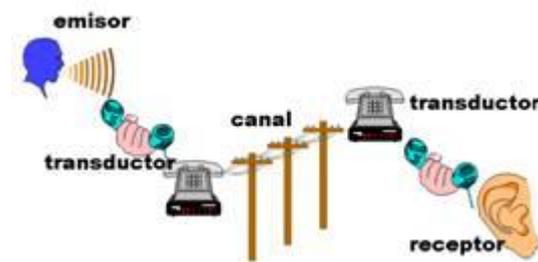


Figura 2.1 Esquema funcional de los elemento de un sistema de comunicaciones

Fuente: <http://monografias.com>

Los campos de actividad en las telecomunicaciones, son muchísimas y hasta se podría decir, sin temor a equivocarnos, que prácticamente no existe campo en donde las tecnologías que nos ocupan no sean determinantes en la actividad. Esto representa, sin duda, mayor implantación de tecnologías.

Las telecomunicaciones significan, para la empresa, comunicación, actualización y, en definitiva, progreso. La empresa se enfrenta al reto de satisfacer y agilizar las soluciones internas, dentro de la propia empresa y satisfacer y agilizar las soluciones externas, con sus clientes y proveedores, dentro de unas nuevas propuestas de comunicación y servicios.



Figura 2.2 Componentes de un sistema de telecomunicaciones

Fuente: <http://monografias.com>

2.2.2. Redes de comunicaciones

Son un conjunto de dispositivos (también llamados nodos) que están conectados por enlaces de un medio físico. Son equipos de transmisión que pueden transmitir información con señales electromagnéticas u ópticas entre diferentes ubicaciones de forma analógica o digital. Un nodo puede ser una computadora, una impresora o cualquier otro dispositivo capaz de enviar y/o recibir datos generados por otros nodos de la red.

Para que una red de comunicaciones pueda ser considerada efectiva y eficiente, una red debe satisfacer ciertos criterios y los más importantes son: Rendimiento, Fiabilidad y Seguridad. [8]

La red de comunicaciones es una estructura, que, usualmente para su estudio suele dividirse en dos componentes:

- ✓ Red de acceso
- ✓ Red núcleo de red (Core)

- ✓ Servidor
- ✓ Estaciones de trabajo
- ✓ Recursos Periféricos y Compartidos

2.2.3. Tipos de redes

A. Redes LAN

Una Red LAN, del inglés "Local Area Network", es una red local, es decir, es un grupo de equipos que pertenecen a la misma organización y están conectados dentro de un área geográfica pequeña a través de una red, generalmente con la misma tecnología, como por ejemplo Ethernet, que es la más conocida. La velocidad de transferencia en una red LAN de datos puede alcanzar hasta 10 Mbps (por ejemplo, en una red Ethernet) y 1 Gbps (por ejemplo, en FDDI o GigabitEthernet). Una red LAN puede contener 100, o incluso hasta 1000 usuarios, dependiendo de las configuraciones. [9]

B. Redes MAN

Una red MAN, del inglés "Metropolitan Area Network", es una red de área metropolitana. Este tipo de red se puede considerar que es el paso intermedio entre una red LAN y una red WAN, ya que la extensión de este tipo de redes comprende el territorio de una gran locación, como por ejemplo el de una ciudad. Las redes MAN son redes de alta velocidad capaces de dar cobertura a una extensión geográfica relativamente extensa, aunque por lo general nunca superando las dimensiones de una ciudad. La velocidad de transferencia en una red WAN puede

alcanzar velocidades de 10 Mbit/s o 20 Mbit/s, sobre pares de cobre y 100 Mbit/s, 1 Gbit/s y 10 Gbit/s mediante fibra óptica. [9]

C. Redes WAN

Una red WAN, del inglés "Wide Area Network", se define como una red con una cobertura sin un límite predefinido como es el caso de la red MAN o LAN. Ya que tanto las topologías, como infraestructuras, no pueden ser estrictamente definidas porque estas redes se apoyan en los medios que proporcionan los operadores de telecomunicaciones en los diferentes países. Uno de los casos es por ejemplo cuando es necesario interconectar varios países y para eso será necesario establecer una comunicación directa entre distintos medios, lo que hace de esta red una extensión a nivel mundial. Muchas redes WAN son construidas por organizaciones o empresas para su uso privado, otras son instaladas por los proveedores de internet (ISP) para proveer conexión a sus clientes. [9]

2.2.4. Concepto de fibra óptica

Es un medio físico de transmisión de información, usual en redes de datos y telecomunicaciones, que consiste en un filamento delgado de vidrio o de plástico, a través del cual viajan pulsos de luz láser o led, en la cual se contienen los datos a transmitir. Adicionalmente, brinda velocidades y distancias superiores a comparación de cualquier otro medio de transmisión como cobre e inalámbricos. [10]

Una F.O. está compuesta por filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del

espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones). Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción. Las fibras ópticas pueden usarse actualmente como los alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos (tales como sistemas de procesamiento de datos de aviones), como en grandes redes geográficas (como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas). [11]

2.2.5. Partes de la fibra óptica

A. Núcleo (Core)

Es la zona interior de la fibra por donde viajan las señales ópticas procedentes de la fuente de luz. Está compuesto de materiales como cuarzo, plástico o dióxido o silicio. Usualmente se usa algunos materiales para ajustar su índice de refracción (propiedades de la fibra) como P₂O₅ (óxido de fósforo), GeO₂ (óxido de germanio), B₂O₃ (óxido de boro) con el objetivo de ajustar su índice de refracción.

B. Revestimiento (Cladding)

Es la capa central concéntrica con el núcleo. Esta estructura tiene un índice de refracción menor al del núcleo de forma que actúe como una capa reflectante, consiguiendo que las ondas luminosas se reflejen y de esta forma se transmitan a lo largo de la fibra. Su fabricación se suele hacer a altas temperaturas y generalmente son de cuarzo o plástico transparente. Se les

suelen añadir varias capas de plástico para absorber los posibles golpes o estiramientos que pueda recibir la fibra y como protección para doblamientos excesivos.

C. Recubrimiento (Coating)

Es la capa exterior de la fibra óptica, es concéntrica con las dos anteriores partes. El recubrimiento protege al núcleo y al revestimiento de posibles daños y agentes externos. Estos agentes externos que pueden perjudicar las características de la fibra pueden ser tales como humedad, aplastamiento, roedores y otros riesgos del entorno.



Figura 2.3 Partes de una fibra óptica

Fuente: <http://pandaancho.mx>

2.2.6. Tipos de fibra óptica

A. Fibra Monomodo

Este tipo de fibra posee la ventaja de alcanzar grandes distancias, generalmente sobre 2 Km y tener un ancho de banda sobre 1 Gbit / seg. Es utilizada en los enlaces de comunicación de datos para unir continentes, países y ciudades. En la fibra monomodo se propaga un solo modo

(camino que sigue un rayo de luz por el núcleo). Esto se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra entre 8 a 10 μm , tamaño que sólo permite enviar un modo de propagación. Para poder transmitir un solo modo debemos utilizar una fuente de luz que su espectro de potencia este concentrado mayoritariamente en una sola longitud de onda, para lo cual el láser cumple con este requisito. [12]

B. Fibra Multimodo

Este tipo de fibra es utilizada para menores distancias, generalmente menores a 2 Km y su uso es mayor para el cableado vertical en edificios. Su ancho de banda depende mucho de la dispersión producida por los modos que se propagan a través del núcleo, llegando a 500 Mbps en algunas fibras multimodo. En la fibra multimodo se propaga una gran cantidad de modos, debido a que el diámetro del núcleo de la fibra es de 50 ó 62.5 μm . Para esta fibra se utiliza una fuente de luz cuyo espectro no está solamente concentrado en la longitud de onda fundamental, sino que también en las longitudes de ondas secundarias, para esto se utiliza un LED ó VCSEL. [12]

2.2.7. Tipos de conectores de fibra

A. Conector ST

Es probablemente el conector más popular para las redes multimodo. Posee una montadura de bayoneta y una férula larga y cilíndrica de 2.5 mm usualmente de cerámica o polímero para sostener a la fibra. Las férulas son de cerámica, pero en algún caso pueden ser de metal o plástico, se debe asegurar

que se insertan adecuadamente. Si tiene pérdidas altas, vuelva a conectarlos para ver si se tiene una mejor conexión y menor pérdida. Los conectores ST/SC/FC/FDDI/ESCON tienen el mismo diámetro de la férula de – 2.5 mm. O aproximadamente 0.1 de pulgada –por lo que pueden ser mezclados y acoplados utilizando adaptadores de acoplamiento híbridos. [13]



Figura 2.4 Conector ST

Fuente: Silex Global

B. Conector LC

El conector LC es un conector con factor de forma pequeña que utiliza una férula de 1.25 mm., de la mitad del tamaño que el SC.

Es un conector que utiliza en forma estándar una férula cerámica, de fácil terminación con cualquier adhesivo. De buen desempeño, altamente favorecido para uso monomodo. Los conectores LC, MU y LX-5 usan la misma férula pero los adaptadores para interconectarlos no son fáciles de encontrar. [13]



Figura 2.5 Conector LC

Fuente: Silex Global

C. Conector SC

Es un conector de broche, posee una férula de 2.5 mm. Que es ampliamente utilizado por su excelente desempeño. Fue el conector estandarizado en TIA-568-A, pero no fue utilizado ampliamente en un principio porque tenía un costo del doble de un ST. En la actualidad es solo un poco más costoso y más común, ya que se conecta con un movimiento simple de inserción que atora el conector. Existe también la configuración dúplex. [13]



Figura 2.6 Conector SC

Fuente: Silex Global

D. Conector FC

El conector FC fue uno de los conectores monomodo más populares durante muchos años. También utiliza una férula de 2.5 mm., pero algunos de los primeros utilizaban cerámica dentro de las férulas de acero inoxidable. Se atornilla firmemente, pero debe asegurarse que tienen la guía alineada adecuadamente en la ranura antes de apretarlo. Está siendo reemplazado por los SCs y los LCs. [13]



Figura 2.7 Conector FC

Fuente: Silex Global

2.2.8. Topologías de redes en fibras ópticas

A. Topología estrella

En esta configuración, el OLT, el cual forma parte de la cabecera de la red, se conecta a los usuarios finales a través de divisores ópticos pasivos (splitters). El divisor más cercano al OLT se denomina divisor de cabecera o divisor de primera etapa, el cual divide la potencia de la señal procedente del OLT hacia los ONT o hacia divisores de segunda etapa que subdividen la potencia de la señal. De esta forma, se crea una topología lógica en estrella o árbol que se caracteriza por ser flexible y de bajo costo de operación y mantenimiento. [14]



Figura 2.8 Topología estrella o árbol

Fuente: J. Galeano, 2009

B. Topología anillo

La topología en anillo es una configuración robusta formada por nodos que conforman un anillo a través de un enlace común. Esta configuración, además, permite la recuperación de la comunicación ante posibles fallas. Esto se logra mediante el reenvío del tráfico en el sentido opuesto al anterior desde el OLT o desde el nodo/enlace donde se produce la falla de comunicación. [14]

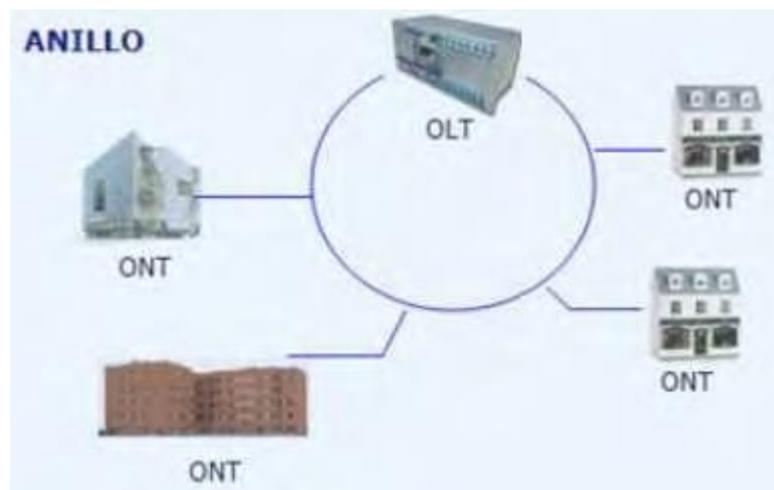


Figura 2.9 Topología anillo

Fuente: J. Galeano, 2009

C. Topología bus

La arquitectura en bus está conformada por nodos (ONT) que comparten un mismo enlace con conexión al nodo central (OLT). A diferencia de una arquitectura en anillo, ante posibles fallas, no se recupera la comunicación de los usuarios afectados, por lo que es una solución de menor fiabilidad. [14]



Figura 2.10 Topología bus

Fuente: J. Galeano, 2009

2.2.9. Tecnologías de Redes de Acceso

Una red de acceso o red de última milla la parte de las redes que conecta los usuarios finales (residenciales o corporativos) a las redes de las operadoras de telecomunicaciones. El término de última milla se comenzó a utilizar en telefonía para referirse a la conexión entre el abonado y la central telefónica. A esta conexión también se la conoce como bucle de abonado. Todas las conexiones entre los abonados y las centrales forman la llamada red de acceso. Mientras que las conexiones entre las diferentes centrales de diferente jerarquía forman lo que se conoce como red de transporte. Estos términos se pueden aplicar de igual manera a las redes telemáticas actuales. [15]

A. xDSL (Digital Subscriber Line)

Se puede decir que es la “tecnología de acceso” más utilizada por los clientes residenciales y pequeñas empresas en muchos

países. Esto es debido a que se aprovecha la red de acceso de cable de cobre de los operadores telefónicos, es decir, la red de acceso utilizada para el teléfono tradicional. La gran ventaja que supone es que no es necesario instalar nuevos y costosos tendidos de cable. Esto ha permitido el despliegue más o menos rápido de la Banda Ancha1 en muchos países. Su principal inconveniente es que este tipo de cableado no está pensado para la transmisión de datos y por tanto la calidad de la transmisión depende mucho de la calidad del propio cableado, dificultando en muchos casos ofrecer las velocidades que la tecnología ADSL permite. Otro factor que influye drásticamente en las prestaciones de la conexión ADSL es la distancia entre el abonado y la central. Cuanto mayor sea esta distancia más se reducen las prestaciones, haciendo prácticamente inviable su uso para distancias a partir de 5 Km. [15]

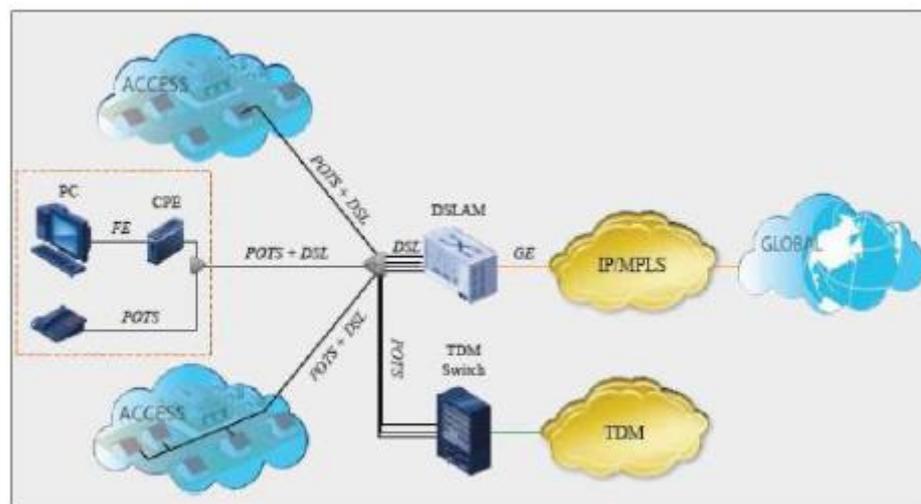


Figura 2.11 Topología de una red de acceso xDSL

Fuente: Gomez Bossano & Morejon Gaibor, 2012

B. EOC (Ethernet Over Coaxial)

Ethernet Over Coaxial es una tecnología que trabaja con modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), que es también el núcleo la tecnología de los llamados sistemas de comunicaciones móviles 4G, y es ampliamente utilizado en B3G/4G, WiMax, WiFi, DVB - T, ADSL2+. Al integrar FEC y técnica de modulación adaptativa con OFDM, EOC puede trabajar de forma estable en las redes de cable pobres con relación a niveles de SNR. EOC se desarrolla de acuerdo a los estándares de HFC. La cobertura total de una red de distribución por cable con un nodo de fibra que se puede lograr simplemente mediante la instalación de un Master en el nodo de fibra, con instalar unos Jumpers en los amplificadores CATV existentes, sin ningún cambio en el la arquitectura de la red de cable. [16]

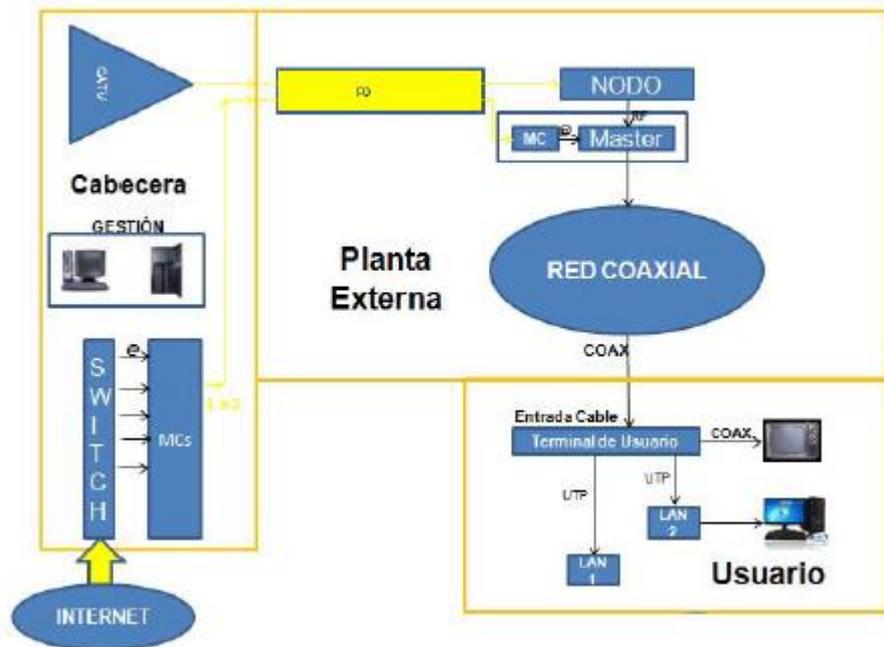


Figura 2.12 Estructura de una red EOC

Fuente: Gomez Bossano & Morejon Gaibor, 2012

C. HFC (Hybrid Fiber-Coaxia)

Esta tecnología permite el acceso a internet de banda ancha utilizando las redes CATV (televisión por cable) existentes. Se puede dividir la topología en dos partes. La primera consiste en conectar al abonado por medio de cable coaxial a un nodo zonal y posteriormente interconectar los nodos zonales con fibra óptica. Esta tecnología comienza a implementarse a través de operadores de CATV, que además de brindar el servicio de televisión por cable anexaron transportar por el mismo medio la señal de internet de banda ancha. A través del uso de cada una de estas tecnologías, la red es capaz de aprovecharse de los beneficios y minimizar el impacto de las limitaciones inherentes a cada una. [16]

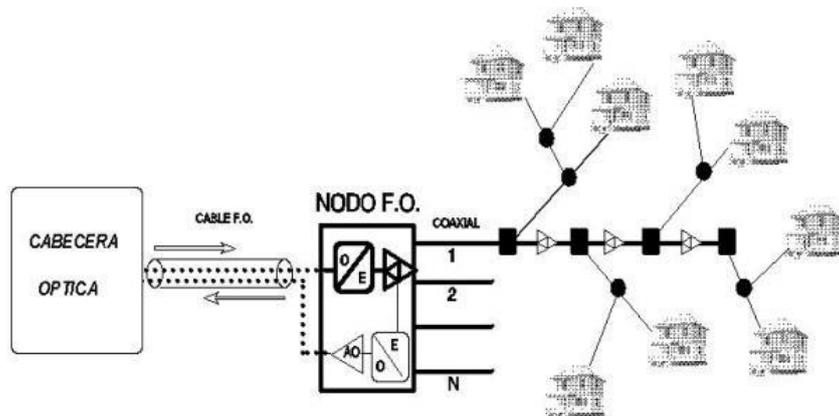


Figura 2.13 Topología de una red HFC

Fuente: <http://bandaanchahfc.com>

D. PON (Passive Optical Network)

Una red óptica pasiva (PON) es una red de fibra óptica que emplea una topología de punto a multipunto y splitters ópticos para transmitir datos de un punto único de transmisión a varios

puntos finales de usuario. En este contexto, “pasiva” se refiere a la ausencia de alimentación de la fibra y los componentes divisores y combinadores.

En comparación con una red óptica activa, se requiere suministro eléctrico únicamente en los puntos de envío y recepción, de modo que la red PON ofrece una gran eficiencia desde el punto de vista de los costes operativos. Las redes ópticas pasivas se emplean para transmitir de forma simultánea señales tanto en dirección ascendente como descendente desde y hasta los puntos finales de usuario. [17]

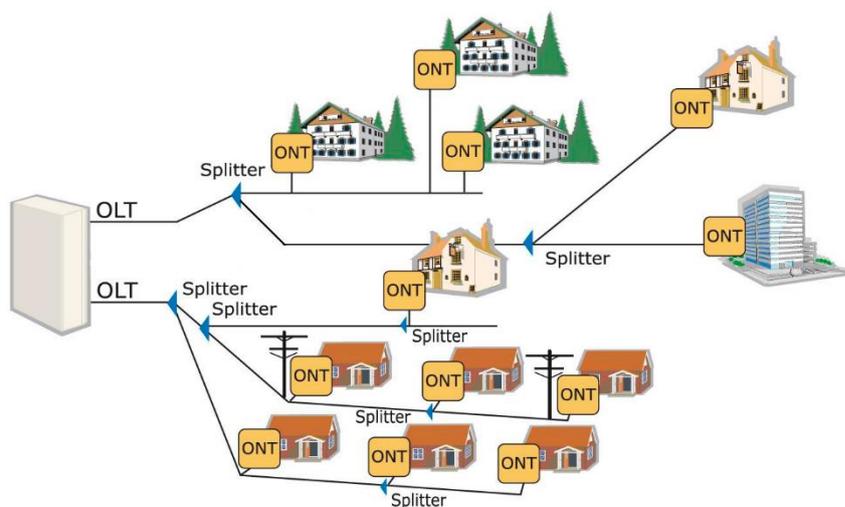


Figura 2.14 Topología de una red PON

Fuente: <http://alarmasseguras.pe>

2.2.10. Tecnologías de Redes de Acceso PON

A. APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network)

La Red Óptica Pasiva ATM, está definida en la revisión del estándar de la UIT-T G.983, el cual fue el primer estándar desarrollado para las redes PON. Esta basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de las ONU que estén conectadas. Su principal desventaja constituye en la incapacidad de manejo de video, debido a la carencia en longitud de onda asignada para este efecto. [4]

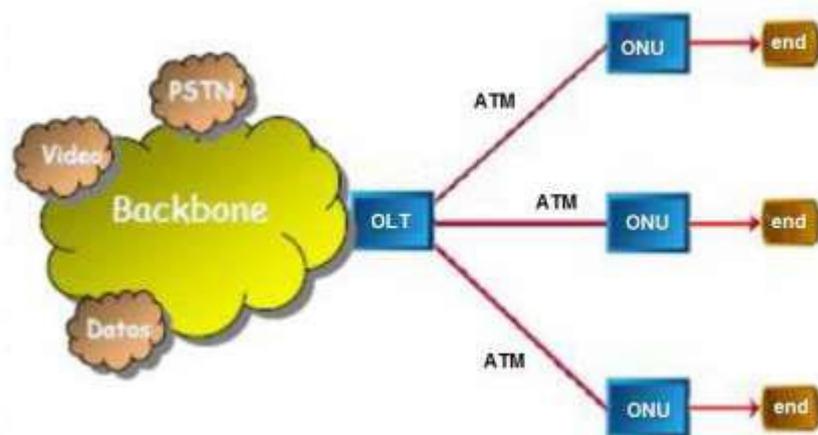


Figura 2.15 Topología de una red APON

Fuente: Añazco, 2013

B. BPON (Broadband Passive Optical Network)

La Red Óptica Pasiva de Banda Ancha constituye una mejora de la tecnología APON, para obtener más acceso a servicios como Ethernet, VPL, distribución de video y multiplicación de

longitud de onda (WDM), logrando así un mejor ancho de banda. Admite un tráfico asimétrico en el canal descendente de 622 Mbps y canal ascendente de 155 Mbps; y un tráfico simétrico en canal descendente y ascendente de 622 Mbps. Otras características de esta tecnología es que tiene un alcance de 20 Km y puede tener hasta un máximo de 64 usuarios por puerto BPON. [18]

C. EPON (Ethernet Passive Optical Network)

EPON (Ethernet PON) es una especificación realizada por el grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile - Ethernet en la primera milla) constituido por la IEEE y descrito en la sección 5 de la norma, para aprovechar las características de la tecnología de fibra óptica y las redes pasivas y aplicarlas a Ethernet. [19]

La arquitectura de una red EPON se basa en el transporte de tráfico Ethernet manteniendo las características de la especificación 802.3. Las ventajas que presenta son:

- ✓ Trabaja directamente a velocidades de gigabit (que se tiene que dividir entre el número de usuarios).
- ✓ La interconexión de islas EPON es más simple.
- ✓ La reducción de los costes debido a que no utilizan elementos ATM y SDH, sino que se transmiten tramas Ethernet puras

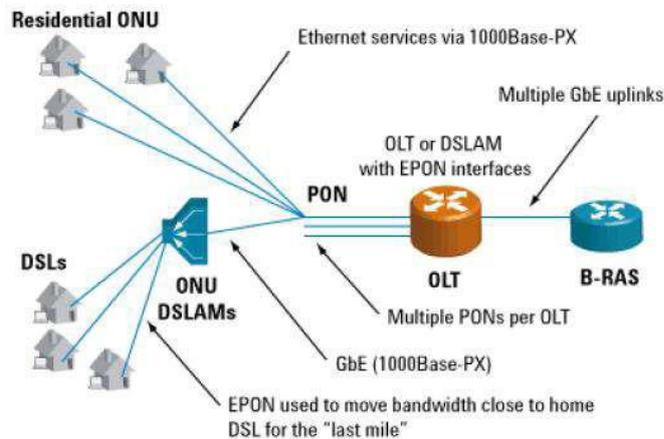


Figura 2.16 Topología de una red EPON

Fuente: Martí, 2017

D. GPON GPON (Gigabit Passive Optical Network)

Tecnología perteneciente a la arquitectura PON, la cual está aprobada por la ITU-T en 4 recomendaciones, la G.984.1, G.984.2, G.984.3 y G.984.4. El principal objetivo de GPON es ofrecer un ancho de banda mucho más alto que sus anteriores predecesoras, y lograr una mayor eficiencia para el transporte de servicios basados en IP. Las velocidades manejadas por esta tecnología son mucho más rápidas, ofreciendo 2.488 Gbps para el canal de bajada y de 1.244 Gbps para el canal de subida. Esto proporciona velocidades muy altas para los abonados ya que si se dan las configuraciones apropiadas las velocidades pueden ser de hasta 100 Mbps a cada usuario, un gran avance en cuanto a eficiencia y escalabilidad.

Esta tecnología no solo ofrece mayores velocidades, sino que también da la posibilidad a los proveedores de servicios de continuar brindando sus servicios tradicionales sin necesidad de tener que cambiar los equipos para que sean compatibles con esta tecnología. Esto se da gracias a que GPON usa su propio método de encapsulamiento (GEM o Método de

Encapsulamiento GPON), el cual permite el soporte de todo tipo de servicios. GPON también permite OAM avanzado, logrando así una gran gestión y mantenimiento desde las centrales hasta las acometidas. [20]

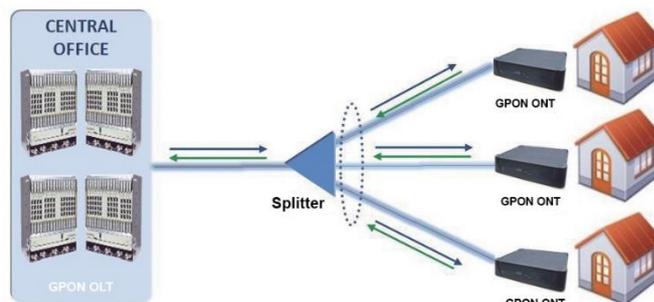


Figura 2.17 Arquitectura de una red GPON

Fuente: <http://syscomblog.com>

E. GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network)

Es un sistema diseñado para el uso en las telecomunicaciones y combina las tecnologías Gigabit Ethernet y Passive Optical Network. Este sistema facilita en gran medida la llegada con fibra hasta los abonados ya que los equipos con los que se accede son más económicos al usar interfaces Ethernet. Tal como se muestra en la próxima imagen, las redes GEPON están distribuidas así: OLT (Línea Terminal Óptica) los cuales están conectados a las redes IP u otras por un extremo, luego están las ODN (Redes de Distribución Óptica) de la cual se desprenden los POS (Splitter Óptico Pasivo), y estos le dan acceso a los ONU (Unidad de Red Óptica), los cuales brindan el servicio a cada abonado. [21]

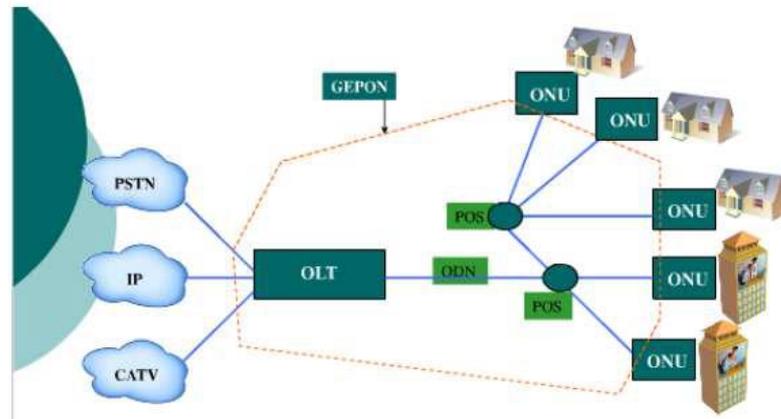


Figura 2.18 Topología de una red GEPON

Fuente: Pezo, 2015

F. 10G-EPON (10 Gbit/s Ethernet Passive Optical Network)

El estándar de red óptica pasiva Ethernet de 10 Gbit / s más conocido como 10G-EPON o XG-PON, permite conexiones de red de computadoras a través de la infraestructura del proveedor de telecomunicaciones. El estándar admite dos configuraciones: simétrica, que funciona a una velocidad de datos de 10 Gbit / s en ambas direcciones, y asimétrica, que funciona a 10 Gbit / s en la dirección descendente (proveedor a cliente) y 1 Gbit / s en la dirección ascendente . Fue ratificado como estándar IEEE 802.3av en 2009. EPON es un tipo de red óptica pasiva , que es una red punto a multipunto que utiliza divisores de fibra óptica pasivos en lugar de dispositivos alimentados para distribuir desde el concentrador hasta los clientes.

2.2.11. Redes GPON

Como habíamos mencionado anteriormente, las siglas GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) se refieren a la Red

Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit, una tecnología de acceso a las telecomunicaciones que nos permite llevar, a través de una misma instalación de fibra óptica, los servicios de voz, datos y TV de alta velocidad hasta el hogar, con una velocidad garantizada superior a 1 Gbps.

Hasta ahora, lo habitual en las telecomunicaciones ha sido realizar una instalación para cada servicio: para la TV, una instalación con cable coaxial; para telefonía, una instalación con pares telefónicos; para el videoportero, coaxial o dos hilos; para el CCTV coaxial o pares trenzados; internet, par telefónico y pares trenzados, etc. [22]

Los problemas que genera esta acumulación de instalaciones son evidentes:

- ✓ Infraestructura compleja técnicamente (cálculos matemáticos aplicados a las telecomunicaciones).
- ✓ Ocupación de espacio en el edificio (una galería y canalización para cada servicio).
- ✓ Alto coste económico, técnico y de mano de obra.
- ✓ El estándar GPON nos permite ahorrarnos estos problemas, al tiempo que alcanzamos velocidades de transmisión que sólo la fibra óptica permite.

En la actualidad, GPON se ha convertido en una tecnología esencial en el sector:

- ✓ Ya se trabaja en ICT (FTTH, fibra hasta el hogar).
- ✓ Es la infraestructura estrella en el sector hotelero (FTTR, fibra hasta la habitación).

- ✓ Se está convirtiendo en la infraestructura propia de la Industria 4.0.
- ✓ La fibra óptica aplicada al estándar GPON es el presente y el futuro de la instalación de telecomunicaciones, porque permite brindar una gran variedad de servicios al usuario, a más velocidad y de una forma mucho más sencilla.

2.2.12. Especificaciones generales de una red GPON

A continuación daremos las especificaciones generales más importantes de una red GPON [23]:

A. Velocidad binaria

Básicamente, la tecnología GPON está prevista para velocidades de transmisión mayor o iguales a 1,2 Gbit/s. Sin embargo, en el caso de FTTH o FTTC con líneas de abonado digital (xDSL, digital subscriber line) asimétrica, es posible que no sea necesaria alta velocidad en sentido ascendente. Por consiguiente, la GPON identifica las 7 combinaciones de velocidades de transmisión siguiente:

- ✓ 155 Mbit/s sentido ascendente, 1,2 Gbit/s sentido descendente
- ✓ 622 Mbit/s sentido ascendente, 1,2 Gbit/s sentido descendente
- ✓ 1,2 Gbit/s sentido ascendente, 1,2 Gbit/s sentido descendente
- ✓ 155 Mbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente

- ✓ 622 Mbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente
- ✓ 1,2 Gbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente
- ✓ 2,4 Gbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente

[24]

B. Alcance lógico

Se define como la distancia máxima entre ONU/ONT y OLT salvo el límite de la capa física. En GPON, el alcance lógico máximo es de 60 km. [24]

C. Alcance físico

Se define como la distancia física máxima entre la ONU/ONT y la OLT. En GPON, se definen dos opciones para el alcance físico: 10 km y 20 km. Se supone que la ONU puede utilizar el diodo láser Fabry-Perot (FP-LD, Fabry-Perot laser diode) en una distancia máxima de 10 km para altas velocidades tales como 1,25 Gbit/s o superiores. [24]

D. Relación de división

En principio, cuanto más grande sea la relación de división de la GPON, más atrayente resultará para los operadores. Sin embargo, una relación de división más grande implica un divisor óptico más grande, lo cual significa un aumento de la potencia total para soportar el alcance físico.

Con la tecnología actual, una relación de división hasta de 1:64 para la capa física es realista. No obstante, dada la continua evolución de los módulos ópticos, en la capa TC se debería prever la utilizar de relaciones de división hasta de 1:128. [24]

2.2.13. Ventajas e inconvenientes de las redes PON

A. Inconvenientes de las redes PON

- ✓ La introducción del divisor óptico pasivo produce pérdidas en el sistema. Por lo que al aumentar el de nivel de divisores ópticos en la red aumentaría las pérdidas en el sistema. Otro motivo que produzca pérdidas en el sistema es el aumento de usuarios en la red; ya que, al aumentar el número de usuarios se necesitarían divisores ópticos de mayor capacidad y por ende un mayor con mayor atenuación.
- ✓ La información se transporta a través de un mismo canal físico, lo cual aumenta la probabilidad de escuchas lo que disminuiría la seguridad de la red. Para esto este inconveniente se debe establecer un alto nivel de encriptación
- ✓ Los usuarios están conectados a la OLT de un mismo canal físico, entonces si el canal físico se rompe los usuarios que estén después de la ruptura perderían el servicio temporalmente. Como solución para este inconveniente se recomienda tener dos niveles de divisor óptico. El primero una arquitectura anillo y el segundo con arquitectura de árbol. Entonces si existiera una ruptura en

alguna parte de la red este tendría dos caminos para brindar el servicio. [11]

B. Ventajas de las redes PON

- ✓ El uso de elementos pasivos abarata los costos en el despliegue de la red y de mantenimiento.
- ✓ El alcance es mayor a comparación de las tecnologías existentes en el mercado, para brindar el servicio. La distancia máxima entre la OLT y ONT es de 20 Km; mientras que, que en las otras tienen un alcance máximo de 3 Km
- ✓ La tasa descendente puede alcanzar a los 2.5 Gbps para el usuario. Por lo que es capaz de proporcionar el servicio de triple play (datos, video y telefonía). [11]

2.2.14. Red HFC vs red con fibra óptica

Una red híbrida de fibra coaxial (HFC), como vimos, es una tecnología en la que el cable de fibra óptica y el cable coaxial se utilizan en diferentes partes de una red para transportar contenido de banda ancha (como video, datos y voz). Usando HFC, una compañía local de CATV instala el cable de fibra óptica desde la cabecera del cable (centro de distribución) para servir a los nodos ubicados cerca de usuarios comerciales y residenciales y desde estos nodos usa cable coaxial para negocios individuales y hogares. [25]

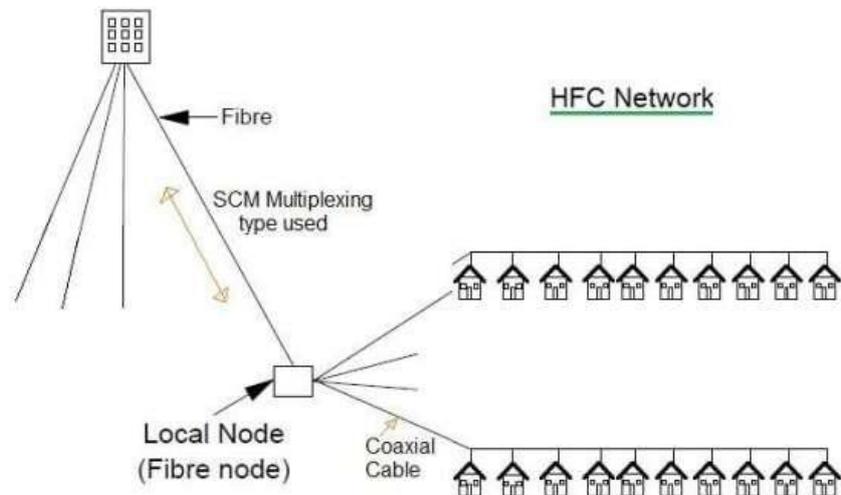


Figura 2.19 Topología de una red HFC

Fuente: <http://rfwireless-world.com>

Por otra parte, una red con fibra óptica es utilizada por los usuarios para conectarse a Internet desde casa de forma rápida y eficaz. Alcanza velocidades máximas de 1000 Mb / 1000 Mb y supone un gran avance desde las conexiones ADSL, por ejemplo. Pero en realidad no basta con referirse a este tipo de tecnología como “fibra óptica” ya que se usa de forma generalizada y hay varias tecnologías diferentes: la fibra óptica o FTTH hasta el hogar o el cable HFC. [25]

2.2.15. Arquitectura de una red GPON

Dentro de una red GPON, la arquitectura consta de los siguientes componentes principalmente: OLT, Red feeder, FDH, divisor óptico pasivo (splitter), ONU, bandeja de fibra, punto de consolidación, roseta óptica, ONT, caja de empalme, ODN, ODF, caja de distribución (patchcord, pigtail, adaptador), transceiver.

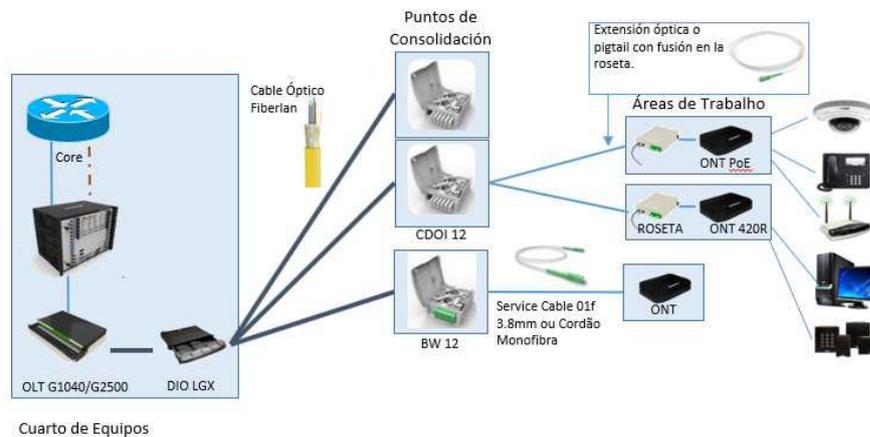


Figura 2.20 Arquitectura de una red GPON

Fuente: <http://rfwireless-world.com>

A. OLT (Equipo terminal óptico)

Es el equipo activo que conecta la red óptica de distribución (ODN) con los diferentes equipos del proveedor de servicios de telecomunicaciones. Generalmente la OLT está en el chasis o rack de telecomunicaciones, posee una tarjeta de ventiladores para enfriar al equipo activo OLT. De igual manera, posee tarjetas de gestión y control, tarjetas para tráfico de telefonía y tarjetas de servicios. Las tarjetas de servicios poseen puertos, donde cada puerto representa un hilo de fibra óptica del cable troncal o feeder. [10]



Figura 2.21 OLT de la marca Huawei

Fuente: <http://huawei.com>

B. Red feeder

La red feeder es la red troncal que conecta el distribuidor óptico ODF ubicado en el nodo central con el armario FDH que se detallará en la siguiente sección. El cable óptico de la red feeder típicamente va canalizado por los ductos PVC hasta llegar a un armario donde se encuentran los splitters. [10]

C. FDH (Centro de distribución de fibra)

El armario FDH (Fiber Distribution Hub), es fabricado típicamente de un material de aluminio para soportar condiciones climáticas extremas como agua, polvo y vandalismo, ya que se encuentra a la intemperie. El armario está ubicado en un determinado punto del enlace y es el encargado de conectar la red feeder con la red de distribución; en el armario se encuentran ubicados los splitters, existen

armarios que pueden soportar hasta 576 puertos o usuarios.
[10]



Figura 2.22 Armario FDH

Fuente: <http://fibraopticahoy.com>

D. Divisor óptico pasivo (splitter)

El splitter es un divisor óptico pasivo, generalmente se utilizan en redes de distribución, cuando un enlace punto a punto no es suficiente para satisfacer la demanda de usuarios, también se las utiliza en redes FTTx y GPON.

El splitter divide la señal exactamente igual a su señal original con la misma longitud de onda, pero con menor potencia. Existen splitters de hasta 1/128 salidas, dependiendo de la cantidad de salidas se pueden tener 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64 y 1/128 salidas. [10]



Figura 2.23 Splitter de 1/32

Fuente: <http://planetechuse.com>

E. ONU (Unidad de red óptica)

Es la unidad que convierte las señales ópticas transmitidas a través de la fibra en señales eléctricas. Estas señales eléctricas son enviadas a los suscriptores individuales. En general, existe cierta distancia u otra red de acceso entre la ONU y las instalaciones donde se encuentra usuario final. Además, la ONU puede enviar, agregar y gestionar diferentes tipos de datos provenientes del cliente y enviarlos en sentido ascendente a la OLT. Grooming es un proceso de gestión de la ONU que optimiza y reorganiza el flujo de datos para que estos sean transportados más eficazmente. La OLT admite la asignación de ancho de banda para permitir así una entrega de datos a la OLT fluída y sin problemas, ya que esta generalmente llega en ráfagas desde cliente. Se puede conectar la ONU mediante varios métodos y tipos de cable, como por ejemplo el cable de par trenzado de cobre, el cable coaxial; con fibra óptica o con Wi-Fi. [26]



Figura 2.24 ONU

Fuente: <http://xxxamin1314.com>

F. Bandejas de fibra óptica

Las bandejas o patch panel de fibra óptica, son productos para instalarse en racks o gabinetes de 19 pulgadas y permiten organizar las interconexiones de los diferentes cables de fibra óptica. Existen bandejas de diversos tipos, las cuales se diferencian por el tamaño, la capacidad, los tipos de conectores soportados y el formato que presenta el panel. (fibermax.pe)



Figura 2.25 Bandejas de fibra óptica

Fuente: <http://fibermax.pe>

G. Roseta óptica

La roseta óptica, es el punto terminal de una red de acceso GPON y conecta la red de dispersión con el equipo activo

ONT (Optical Network Terminal) mediante el patchcord. En la roseta óptica se realizan mediciones o pruebas de las pérdidas en todo el enlace o sistema de comunicaciones. [10]

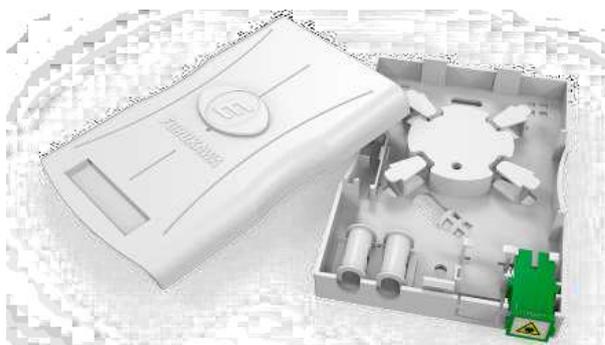


Figura 2.26 Roseta óptica

Fuente: <http://furukawatam.com>

H. ONT (Terminal de red óptica)

En realidad, la Terminal de red óptica (ONT) es lo mismo que la ONU en esencia. La ONT es un término de la UIT-T, mientras que ONU es un término del IEEE. Ambos se refieren al equipo del usuario en el sistema GEPON. En la práctica, sin embargo, hay una pequeña diferencia entre ONT y ONU según su ubicación. ONT está situada generalmente en las instalaciones del cliente. [26]



Figura 2.27 ONT Zyxel

Fuente: <http://aselcom.com>

I. NAP (Caja de distribución)

NAP (Network Access Point) por punto de acceso a la red o caja terminal es la encargada de conectar la red de distribución con las conexiones individuales de cada abonado. De igual manera, es un punto específico para realizar labores de operación y mantenimiento. En las NAP se encuentran los pigtails, que son los encargados de conectar los hilos del cable de distribución con los respectivos conectores de la NAP. [10]



Figura 2.28 NAP

Fuente: <http://casadomo.com>

J. Caja de empalme (mufas)

Son cajas de conexión y empalme de fibras ópticas ofreciendo protección y alta resistencia. Cumplen con estándares IP65 e IP68. Algunas permiten instalación de splitters, PLC de diversas combinaciones. Excelente producto y sellado, fácil de instalar y amplias aplicaciones. Vienen en formato domo (vertical) y horizontales. [27]

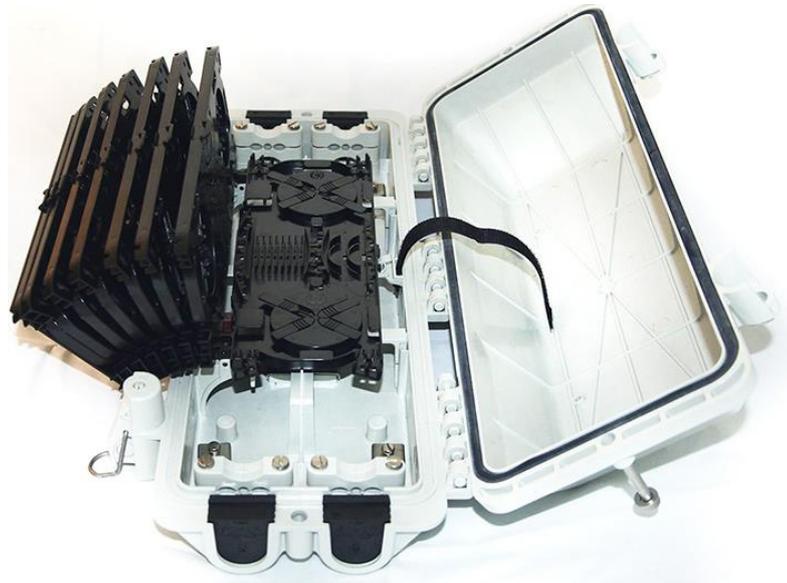


Figura 2.29 Caja de empalme

Fuente: <http://electrosonteleco.com>

K. ODN (Red de distribución óptica)

La ODN es el medio de transmisión óptica para la conexión física de las ONU a las OLT. Su alcance es de 20 km o más. Dentro de la ODN, el cable de fibra óptica, los conectores de fibra óptica, los divisores ópticos pasivos y los componentes auxiliares colaboran entre sí. El ODN tiene específicamente cinco segmentos: la fibra de alimentación, el punto de distribución óptica, la fibra de distribución, el punto de acceso óptico y el divisor de fibra. La fibra de alimentación va desde el marco de distribución óptica (ODF) en la sala de telecomunicaciones de la oficina central (CO) hasta el punto de distribución óptica para coberturas de larga distancia. La fibra de distribución distribuye fibras ópticas para las áreas de su lado desde el punto de distribución óptica hasta el punto de acceso óptico. El divisor de fibra conecta el punto de acceso óptico a los terminales (ONT), logrando así la

repartición de la fibra óptica a los hogares de los usuarios. En resumen, el ODN es esencial para la transmisión de datos PON y su calidad afecta directamente al rendimiento, la confiabilidad y la escalabilidad del sistema PON. En esta red están ubicados los elementos como los armarios (FDH), donde se encuentran los splitters y las cajas de distribución óptica (NAP). [26]

L. ODF (Marco de distribución óptica)

Es un marco que se utiliza para proporcionar interconexiones de cable entre instalaciones de comunicación, que pueden integrar empalmes de fibra, terminación de fibra, adaptadores y conectores de fibra óptica y conexiones de cable en una sola unidad. También puede funcionar como un dispositivo de protección para proteger las conexiones de fibra óptica contra daños. Las funciones básicas de los ODF proporcionados por los proveedores de hoy son casi las mismas. Sin embargo, vienen en diferentes formas y especificaciones. Elegir el ODF correcto no es una cosa fácil y se debe realizar un análisis de acuerdo al proyecto. [28]

M. Pigtail, jumper y patchcoard

- ✓ Pigtail: Es un hilo de fibra óptica que está recubierto de tal modo que un extremo se encuentra conectorizado y el otro libre para fusionar.

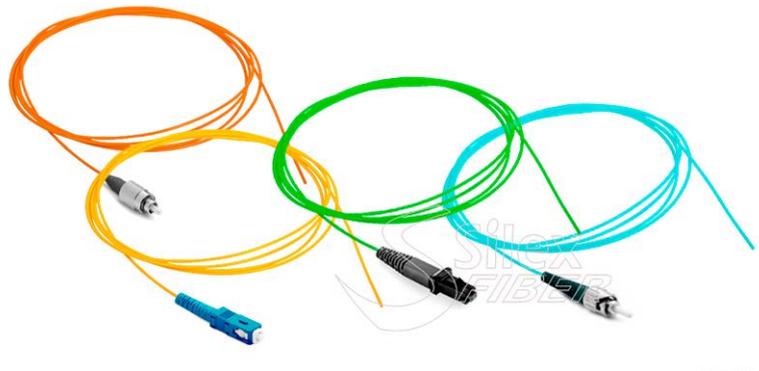


Figura 2.30 Tipos de pigtails

Fuente: <http://silexfiber.com>

- ✓ Jumper: Es un hilo de fibra óptica recubierto que en los dos extremos están conectorizados.

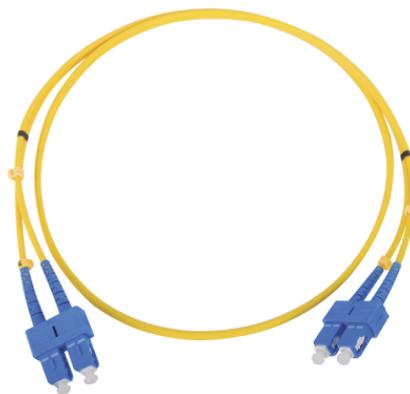


Figura 2.31 Tipo de jumper

Fuente: <http://pcdigital.com.mx>

- ✓ Patchcord: Es la unión de dos jumpers.



Figura 2.32 Tipo de patchcoard

Fuente: <http://mgfibertech.com>

N. Transceiver

El transceiver (transceptor), es un dispositivo compuesto por un transmisor y un receptor, que combinan y comparten un circuito común o una sola carcasa. Cuando no hay un circuito compartido entre las funciones de transmisión y recepción, el transceiver es un transmisor-receptor. El término se originó a principios de la década de 1920. Equipos similares incluyen transpondedores, convertidores y repetidores.

En la comunicación por fibra óptica, el transceiver significa transmitir y recibir señales de fibra óptica. Por eso, se conocido como transceiver fibra óptica o transceiver SFP (transceptor SFP en español). Se utiliza para los dispositivos de red, como switches de red, servidores, etc. Hay varios tipos de SFP según clasificación de velocidad, incluidos 1G SFP, 10G SFP+, 25G SFP28, 40G QSFP+, 100G QSFP28, 200G, etc. [29]



Figura 2.33 Tipos de transceivers

Fuente: <http://community.fs.com>

2.2.16. Funcionamiento general de una red de fibra óptica con GPON

En una red de F.O. se tiene la llamada Oficina Central (OC), que es el nombre genérico para referirse al lugar físico en el cual se instala la OLT (Figura 10). Este equipo, enviará la señal óptica hasta un splitter, o divisor óptico, que se encargará de repartir la señal óptica recibida hacia todos los usuarios que la reciben en una ONT. Dado que una red como las FTTX o GPON pueden llegar a un alcance físico de 20 kilómetros, se logrará cubrir un gran número de clientes los cuales podrán obtener óptimos Service Level Agreements (SLAs), así como calidad de servicio (QoS). Por lo general estos servicios son ofrecidos por las operadoras de servicio, a través de los llamados Tríos, o Triple Play, los cuales constan de voz, datos y video.

El OLT transmite con una longitud de onda de 1490 nm, esto es en Downstream (DS), hacia el lado del cliente (ONT); de haber una señal de video esta se transmitirá en la longitud de onda 1550 nm. En contraste, el Upstream (US), el envío de señal desde la desde la ONT hacia la OLT, usa la longitud de onda de 1310nm. La diferencia en las longitudes de onda permite el

uso de un solo hilo de fibra para transmisión y recepción sin que se interfieran. [30]

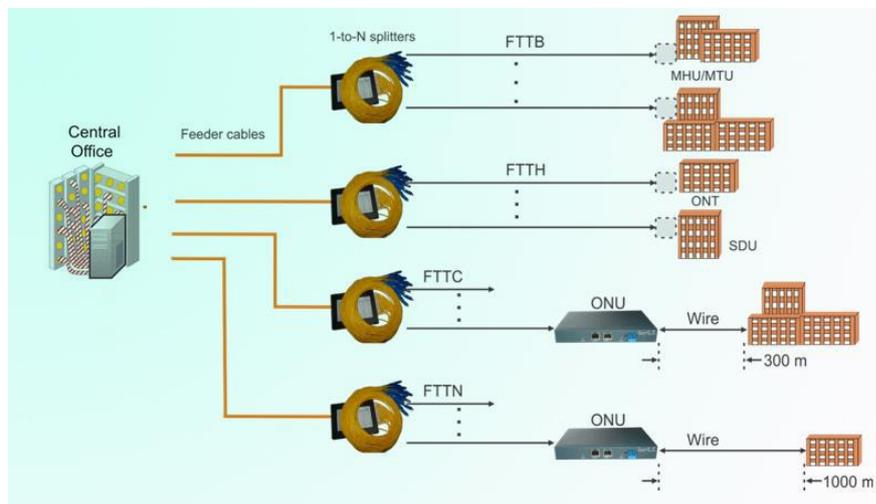


Figura 2. 34 Esquema general del funcionamiento de una red de fibra óptica con FTTX

Fuente: Fiberstore, 2014

2.2.17. Topologías de red GPON

En las redes de fibra óptica con tecnología GPON, se pueden principalmente tres tipos de topologías, cada una cuenta con ventajas y desventajas. Estas van a diferenciarse por la ubicación en la que se encuentren los divisores ópticos.

A. Topología centralizada

Esta topología tiene como característica que los divisores ópticos se encuentren en el datacenter o sala de equipo. En la siguiente figura se muestra el divisor óptico en el datacenter o sala de equipos. [6]

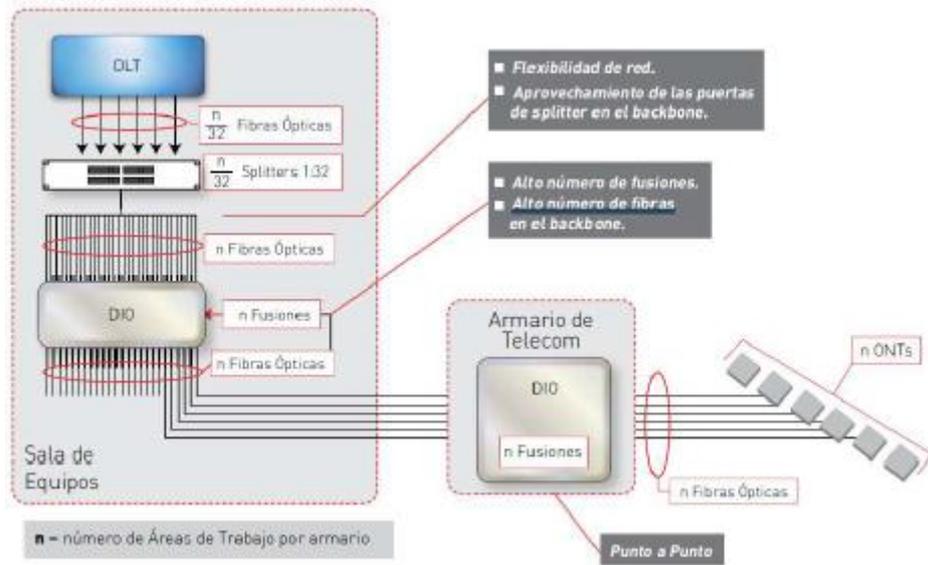


Figura 2.35 Topología centralizada

Fuente: Laime, 2020

B. Topología de convergencia local

En esta topología los divisores ópticos pueden ser instalados en la sala de equipos o en los cuartos de telecomunicaciones. En la siguiente figura podemos visualizar que el divisor óptico se ha instalado en el cuarto de telecomunicaciones. [6]

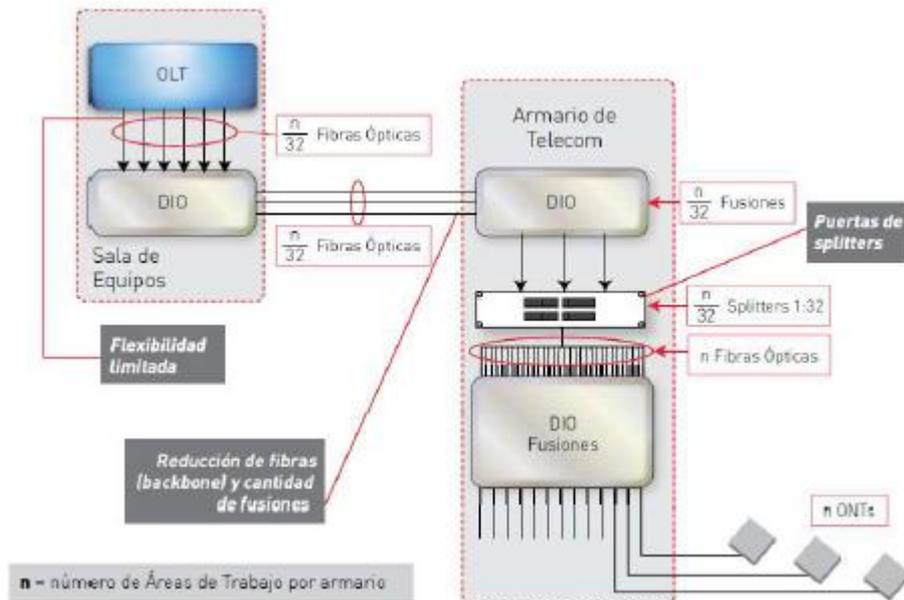


Figura 2.36 Topología de convergencia local

Fuente: Laime, 2020

C. Topología distribuida

En esta topología, los divisores ópticos se encuentran divididos en dos niveles, pueden ser instalados en la sala de equipos y en los cuartos de telecomunicaciones. En la siguiente figura encontramos divisores ópticos en la sala de equipos y en los cuartos de comunicaciones. [6]

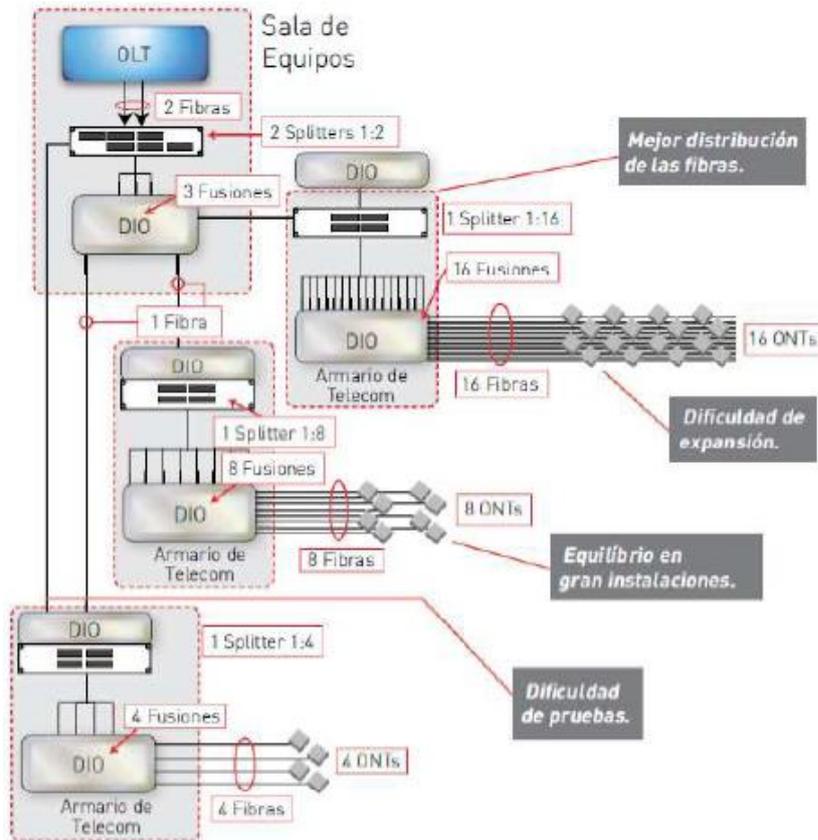


Figura 2.37 Topología distribuida

Fuente: Laime, 2020

2.2.18. Normas técnicas de implementación

Las siguientes normas técnicas son recomendaciones por parte de instituciones especializadas en cableado estructurado como ANSI/TIA, ITU-T.

- ✓ Norma ANSI/TIA 568.0-D – Cableado genérico de telecomunicaciones para las instalaciones del cliente
- ✓ Norma ANSI/TIA-568.1-D – Estándar de infraestructura de telecomunicaciones de edificios comerciales
- ✓ Norma ANSI/TIA-568.3-D – Cableado de fibra óptica y componentes estándar

- ✓ Norma ANSI/TIA 606 – Estándar de administración para la infraestructura de telecomunicaciones comerciales
- ✓ Norma ITU-T G.984 – Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (GPON): características generales

2.2.19. Técnicas de tendido de fibra óptica

El tendido de cable es la acción propia de desplegar el cable de fibra óptica entre los extremos a conectar, existiendo varios métodos de tendido según la zona en la se va a realizar el tendido de cable. [31]

La fuente mencionada también menciona que básicamente existen dos tipos de tendidos: tendidos en interiores y tendidos en exteriores. Dentro de los tendidos en exteriores se diferencian en:

- ✓ Tendidos en canalización exterior.
- ✓ Tendidos en fachada.
- ✓ Tendidos aéreos.
- ✓ Tendidos subterráneos.

2.2.20. Empalmes de fibra óptica

Es la unión que se crea permanente entre dos fibras ópticas, existen dos tipos de empalmes: por fusión y mecánicos. Los empalmes por fusión son los más utilizados ya que nos da muy pérdidas muy bajas y la menor reflectancia, también brinda una unión fuerte y más confiable.

Mayormente los empalmes de fibra óptica monomodo son por fusión y los empalmes mecánicos se usan para hacer

restauraciones temporáneas y también para empalmes de fibra óptica multimodo. [32]

A. Empalmes por fusión

Los empalmes por fusión se hacen al soldar dos fibras utilizando un arco eléctrico. Para hacer estos tipos de empalmes se utilizan las fusionadoras para fibra, que en su mayoría son muy automáticas, por lo que es difícil que los empalmes queden de mala calidad salvo no se corten y se limpien adecuadamente. Los empalmes por fusión hoy en día son tan buenos que algunos empalmes pueden no ser detectados en los trazados gráficos de un OTDR. [32]

B. Empalmes mecánicos

Los empalmes mecánicos se realizan con un dispositivo que alinea los extremos de las dos fibras y los mantiene unidos con un gel igualador de índice o pegamento. Hay varios tipos de empalmes mecánicos, como las pequeñas varillas de cristal o las abrazaderas de metal en forma de “v”. [32]

2.2.21. Tecnologías FTTx

FTTx es un término genérico para designar cualquier acceso de banda ancha sobre fibra óptica que sustituya total o parcialmente el cobre del bucle de acceso. El acrónimo FTTx se origina como generalización de las distintas configuraciones desplegadas (FTTN, FTTC, FTTB, FTTH...), diferenciándose por la última letra que denota los distintos destinos de la fibra (nodo, acera, edificio, hogar...). [33]

A. FTTP (Fiber to the premises)

Topología conocida como fibra hasta los locales. Es una forma de entrega de comunicaciones en la que la fibra óptica va desde la oficina central hasta el final a los locales ocupados por el suscriptor. FTTP se puede clasificar según el lugar donde termina la FO en: FTTH y FTTB. [10]

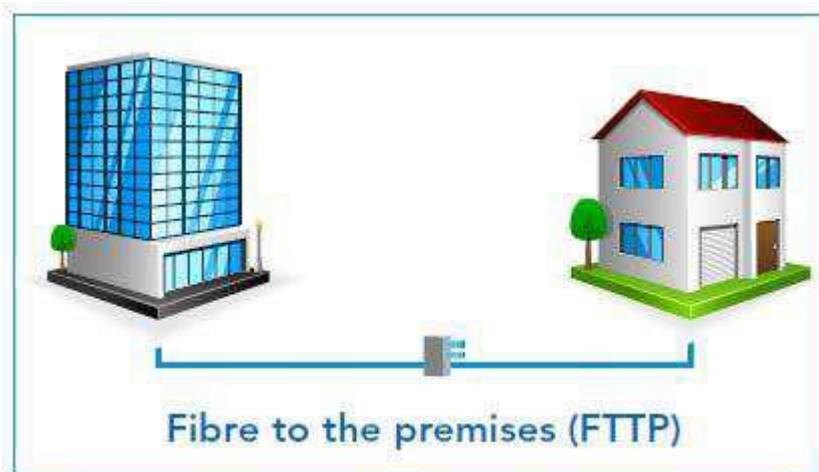


Figura 2.38 Topología FTTP

Fuente: Añazco, 2013

B. FTTH (Fiber to the home)

Fibra hasta el hogar, la fibra óptica se encuentra desplegada desde la central hasta el hogar del usuario final, donde existe el equipo terminal, que es el encargado de convertir las señales ópticas en señales eléctricas y conectarse al cableado estructurado de cable de cobre coaxial para televisión y par trenzado para telefonía e internet. [10]

FTTH (Fiber To The Home)

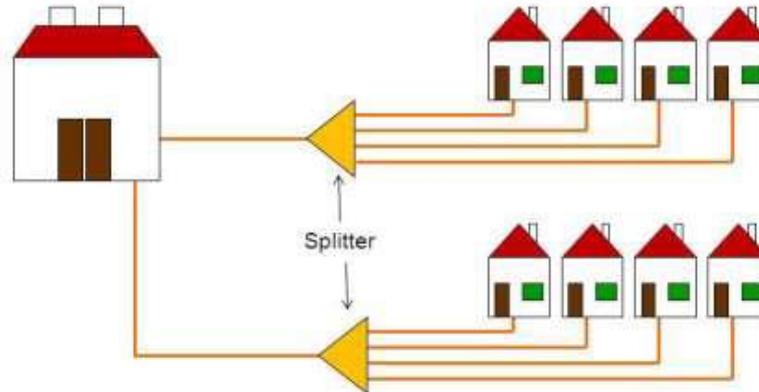


Figura 2.39 Topología FTTH

Fuente: Añazco, 2013

C. FTTB (Fiber to the building)

Fibra hasta el edificio, es una arquitectura de red de transmisión óptica, donde la fibra óptica termina en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados (comercial o residencial). La caja del convertidor del edificio se encuentra generalmente en un cuarto de telecomunicaciones ubicado en la planta baja, donde están los equipos que convierten las señales ópticas en señales eléctricas y llegan al usuario final mediante el cableado estructurado desplegado en el edificio a través de par trenzado. [10]

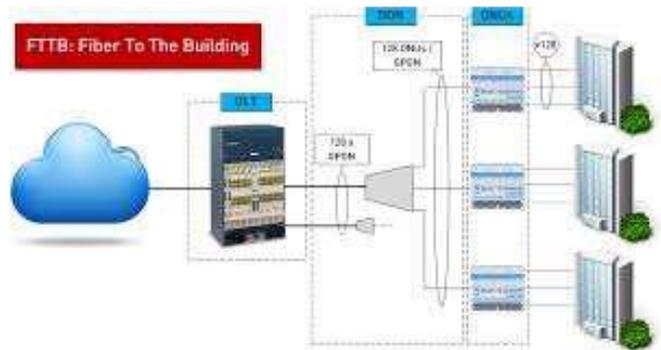


Figura 2.40 Topología FTTB

Fuente: Añazco, 2013

D. FTTC (Fiber to the curb)

Este tipo de tecnología se la conoce como fibra hasta la acera, FTTC es un sistema de telecomunicaciones en el cual la fibra óptica llega hasta una plataforma que sirve para algunos cuantos abonados, cada uno de estos abonados está conectado a la plataforma a través de cable coaxial o par trenzado. La caja de distribución que se encuentra en el poste, también contiene equipos que transforman la señal y mediante cables aéreos de cobre llegan hasta el usuario final, generalmente la caja de distribución o armario están ubicados a una distancia menor a 300 metros desde una casa o negocio.

FTTC permite la entrega de servicios de banda ancha, tales como Internet y protocolos de comunicaciones de alta velocidad como el acceso a banda ancha por cable (DOCSIS) o alguna forma de xDSL normalmente utilizada entre el nodo y los clientes. Las tarifas de datos varían según el protocolo exacto utilizado y de acuerdo a qué tan cerca del cliente está el nodo. [10]

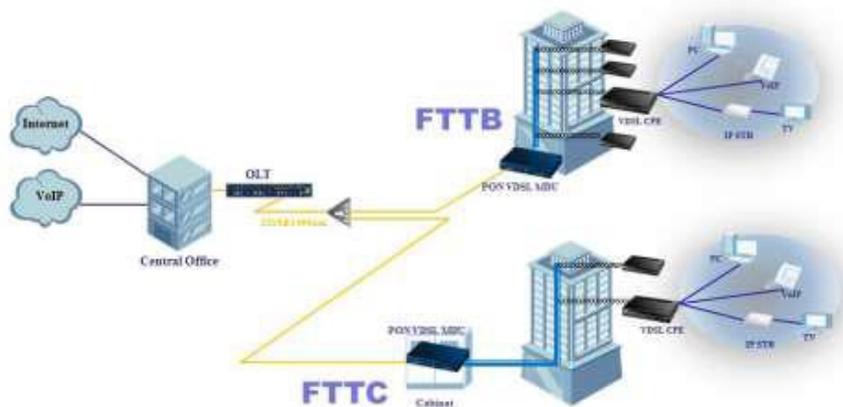


Figura 2.41 Topología FTTC

Fuente: Añazco, 2013

E. FTTN (Fiber to the node)

En la red FTTN, fibra hasta el nodo, tiene desplegada fibra óptica desde la central hasta un nodo del vecindario, el nodo es un cuarto de telecomunicaciones donde existen equipos que convierten las señales ópticas provenientes desde la central a señales eléctricas, que a través del medio de transmisión de cables de cobre dan cobertura a un barrio o distrito. Los cables de cobre son par trenzado, que están desplegados a una distancia típicamente de 1Km desde el nodo hasta los usuarios finales.

Fibra hasta el nodo permite la entrega de servicios de banda ancha, tales como Internet y protocolos de comunicaciones de alta velocidad como el acceso a banda ancha por cable coaxial (DOCSIS) o alguna forma de xDSL que normalmente se utiliza entre el nodo y los clientes. Las tarifas de datos varían según el protocolo exacto utilizado y de acuerdo a qué tan cerca del cliente está el nodo. FTTN a menudo utiliza la infraestructura de par trenzado o cables coaxiales existentes para proporcionar un servicio de última milla. Por esta razón,

la fibra hasta el nodo es menos costosa de implementar. Sin embargo, a largo plazo, su potencial de ancho de banda es limitado en relación con las implementaciones que aporta la fibra a los abonados. [10]

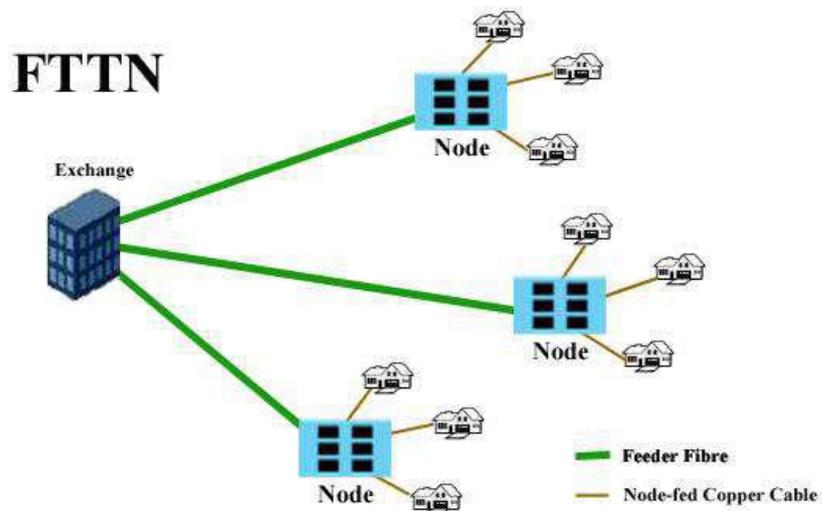


Figura 2.42 Topología FTTN

Fuente: Añazco, 2013

2.2.22. Redes FTTH

Como habíamos mencionado anteriormente, la tecnología de telecomunicaciones “Fibra hacia el hogar” (Fiber to the Home- FTTH) es un término para designar cualquier acceso de banda ancha sobre fibra óptica que sustituya totalmente al cobre del bucle de acceso hacia el hogar. [34]

Los principales elementos y de los cuales los describimos anteriormente, que forman parte de la red FTTH son:

- ✓ Equipo terminal de línea (Optical Line Termination - OLT)

- ✓ Equipo terminal de red (Optical Network Termination - ONT)
- ✓ Divisores ópticos (splitters)
- ✓ Cable de fibra de diferentes capacidades

2.2.23. Topologías de redes FTTH

En una red FTTH se despliega fibra óptica desde la central o cabecera de red hasta la roseta óptica situada en la propia vivienda del abonado, FTTH es la tecnología que ofrece más ancho de banda de transmisión, sin embargo, es la que requiere mayor inversión, pues es necesario cablear desde la central hasta el abonado. Al realizar el despliegue de redes FTTH se puede diferenciar, de manera directa dos tipos principales de topologías. [23]

A. Punto a punto (P2P, Point to Point)

No es la arquitectura fundamental o característica en un despliegue de red FTTH, pero es un gran complemento al mismo. este tipo de arquitecturas pretenden el diseño de una red basada en conexiones dedicadas desde la central hasta cada uno de los abonados, de tal modo que cada uno de ellos disponga de un medio de transmisión para ellos mismos, sin tener que compartirlo con otro abonado. [35]

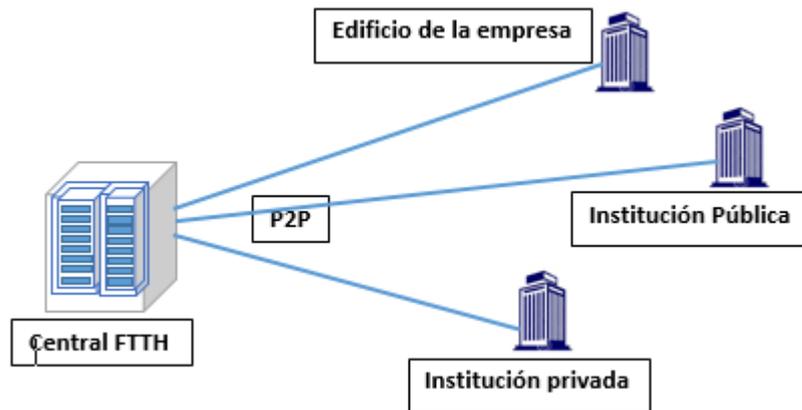


Figura 2.43 Topología P2P

Fuente: Ancajima, 2018

B. Punto a multipunto (P2MP)

Las redes FTTH se pretenden conseguir estructuras sencillas y con bajos costos, por lo que en la tecnología FTTH se utiliza la configuración punto a multipunto, comúnmente llamada PON (Passive Optical Network) o Red Óptica Pasiva. Con esta arquitectura se reduce el precio de la red mediante el uso de elementos pasivos sencillos, repartiendo los costes entre varios segmentos de la red. Así pues, los usuarios comparten un mismo cable de fibra que llega hasta el splitter, donde la señal es distribuida hacia sus respectivos destinos. [14]

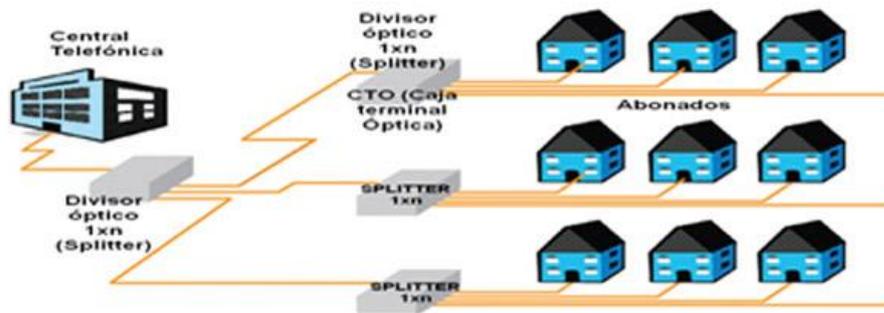


Figura 2.44 Topología P2MP

Fuente: <http://conelectronica.com>

2.2.24. Instalación de la red FTTH

Para las instalaciones de fibra óptica existen tres métodos que son los más utilizados, de los cuales cada uno de estos métodos posee sus ventajas y desventajas respecto de los otros; sin embargo son escogidos en función consideraciones económicas, derechos de paso, características de la red, estética y cuidado del entorno, entre otras [36]. Estos tres métodos son:

- ✓ Directamente enterrado
- ✓ Subterránea con ductos
- ✓ Instalación aérea

Estos métodos se pueden clasificar como:

- ✓ Instalaciones en el terreno: Métodos que enrutan el cableado por el subsuelo. Pertenecen a este grupo:

- Directamente enterrado
- Subterránea con ductos

- ✓ Instalaciones aéreas: Métodos que enrutan el cableado por encima del nivel del suelo mediante postes. Pertenecen a este grupo:

- Instalación aérea

2.2.25. Servicios FTTH

La utilización de redes con tecnología FTTH ofrece diversas mejoras de los servicios actuales respecto a otros métodos de acceso ofertados. Estas mejoras van relacionadas con el aumento de la velocidad de transferencia de datos, lo que convierte a esta tecnología en la de mayor calidad e interés para el abonado. [36]

Entre las mejoras de los servicios ofrecidos cabe resaltar:

- ✓ La posibilidad de abrir el acceso a diferentes proveedores de servicios de Internet simultáneamente.
- ✓ Una excelente relación calidad-precio en vídeo por IP, HDTV (del inglés High Definition TV).
- ✓ VOD (del inglés Video On Demand).
- ✓ Alta calidad de portadoras de voz.
- ✓ Alta velocidad de acceso de banda ancha.
- ✓ Domótica.

Los servicios ofrecidos en FTTH son los correspondientes a un servicio de telecomunicaciones de abonado de banda ancha, y se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- ✓ Servicios de voz: En esta categoría pertenecen servicios como Telefonía IP y VoIP.
- ✓ Servicios de video: En esta categoría pertenecen servicios como Video-conferencia, Domótica, IPTV.
- ✓ Servicios de datos: En esta categoría pertenecen servicios como gestión y control de instalaciones de Domótica, aplicaciones de investigación en tiempo real, entre otros.

2.2.26. WDM (multiplexación por división de longitud de ondas)

La multiplexación por división de longitud de ondas es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferentes longitudes de onda, usando luz procedente de un láser o un LED.

WDM puede ser de dos tipos:

- ✓ Densa (DWDM, 'Dense' WDM): Muchas longitudes de onda y larga distancia
- ✓ Ligera (CWDM 'Coarse' WDM): Pocas longitudes de onda y entornos metropolitanos. [37]

A. DWDM (Multiplexación por división en longitudes de onda densa)

DWDM es multiplexación por división en longitudes de ondas densas. Es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C (1550 nm).

Varias señales portadoras (ópticas) se transmiten por una única fibra utilizando distintas longitudes de onda de un haz láser cada una de ellas.

Cada portadora óptica forma un canal óptico que podrá ser tratado independientemente del resto de canales que comparten el medio (fibra óptica) y contener diferente tipo de tráfico.

Con esta manera se puede multiplicar el ancho de banda efectivo de la fibra óptica, así como facilitar las comunicaciones bidireccionales. [37]

B. CWDM (Multiplexación por división en longitudes de onda ligeras)

Es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica. Características técnicas:

- ✓ Posee espaciamiento de frecuencia de 2.500 GHz (20nm), dando cavidad al ser de gran anchura espectral.
- ✓ 18 longitudes de onda, definidas en el intervalo 1270 a 1610 nm
- ✓ Los CWDM tienen un límite en 2.5 Gbps.
- ✓ Cubre hasta 80 km.
- ✓ Usa filtros ópticos de banda ancha, multiplexores y demultiplexores basados en TFF (tecnología de película delgada).
- ✓ Mayor espectro óptico, esto no permite tener un número de canales para utilizar sin que estos sean disminuidos a causa de la separación entre ellos. [37]

2.2.27. Estándares

Los estándares son acuerdos documentados, que contienen especificaciones técnicas u otros criterios precisos, para ser usados consistentemente como reglas, guías o definiciones

de características, para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios cumplan con su propósito. Los estándares internacionales por lo tanto contribuyen a la interoperabilidad entre distintos fabricantes. [38]

A. Tipos de estándares

Existen tres tipos de estándares: de facto, de jure y los propietarios. Los estándares de facto son aquellos que tienen una alta penetración y aceptación en el mercado, pero aún no son oficiales.

Un estándar de jure u oficial, en cambio, es definido por grupos u organizaciones oficiales tales como la ITU, ISO, ANSI, entre otras.

La principal diferencia en cómo se generan los estándares de jure y facto, es que los estándares de jure son promulgados por grupos de gente de diferentes áreas del conocimiento que contribuyen con ideas, recursos y otros elementos para ayudar en el desarrollo y definición de un estándar específico. En cambio los estándares de facto son promulgados por comités "guiados" de una entidad o compañía que quiere sacar al mercado un producto o servicio; sí tiene éxito es muy probable que una Organización Oficial lo adopte y se convierta en un estándar de jure.

Por otra parte, también existen los "estándares" propietarios que son propiedad absoluta de una corporación u entidad y su uso todavía no logra una alta penetración en el mercado. Cabe aclarar que existen muchas compañías que trabajan con este esquema sólo para ganar clientes y de alguna manera "atarlos" a los productos que fabrica. Si un estándar propietario tiene éxito, al lograr más penetración en el

mercado, puede convertirse en un estándar de facto e inclusive convertirse en un estándar de jure al ser adoptado por un organismo oficial.

Un ejemplo clásico del éxito de un estándar propietario es el conector RS- 232, concebido en los años 60's por la EIA (Electronics Industries Association) en Estados Unidos. La amplia utilización de la interface EIA-232 dio como resultado su adopción por la ITU, quien describió las características eléctricas y funcionales de la interface en las recomendaciones V.28 y V.24 respectivamente. Por otra parte las características mecánicas se describen en la recomendación 2110 de la ISO, conocido comúnmente como ISO 2110. [38]

B. Tipos de organizaciones de estándares

Básicamente, existen dos tipos de organizaciones que definen estándares: Las organizaciones oficiales y los consorcios de fabricantes.

El primer tipo de organismo está integrado por consultores independientes, integrantes de departamentos o secretarías de estado de diferentes países u otros individuos. Ejemplos de este tipo de organizaciones son la ITU, ISO, ANSI, IEEE, IETF, IEC, entre otras.

Los consorcios de fabricantes están integrados por compañías fabricantes de equipo de comunicaciones o desarrolladores de software que conjuntamente definen estándares para que sus productos entren al mercado de las telecomunicaciones y redes (e.g. ATM Forum, Frame Relay Forum, Gigabit Ethernet Alliance, ADSL Forum).

Una ventaja de los consorcios es que pueden llevar más rápidamente los beneficios de los estándares promulgados al usuario final, mientras que las organizaciones oficiales tardan más tiempo en liberarlos. [38]

2.2.28. Organismos de estandarización más importantes

A. ISO (Organización Internacional de Estándares)

La ISO es una organización no-gubernamental establecida en 1947, tiene representantes de organizaciones importantes de estándares alrededor del mundo y actualmente conglopera a más de 100 países.

La misión de la ISO es "promover el desarrollo de la estandarización y actividades relacionadas con el propósito de facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios y para desarrollar la cooperación en la esfera de la actividad intelectual, científica, tecnológica y económica".

Los resultados del trabajo de la ISO son acuerdos internacionales publicados como estándares internacionales. Tanto la ISO como la ITU tienen su sede en Suiza. [38]

B. ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

La ITU es el organismo oficial más importante en materia de estándares en telecomunicaciones y está integrado por tres sectores o comités: el primero de ellos es la ITU-T (antes conocido como CCITT, Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía), cuya función principal es desarrollar bosquejos técnicos y estándares para telefonía, telegrafía, interfaces, redes y otros aspectos de las telecomunicaciones. La ITU-T envía sus bosquejos a la ITU y ésta se encarga de

aceptar o rechazar los estándares propuestos. El segundo comité es la ITU-R (antes conocido como CCIR, Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones), encargado de la promulgación de estándares de comunicaciones que utilizan el espectro electromagnético, como la radio, televisión UHF/VHF, comunicaciones por satélite, microondas, etc. El tercer comité ITU-D, es el sector de desarrollo, encargado de la organización, coordinación técnica y actividades de asistencia. [38]

C. IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

Fundada en 1884, la IEEE es una sociedad establecida en los Estados Unidos que desarrolla estándares para las industrias eléctricas y electrónicas, particularmente en el área de redes de datos. Los profesionales de redes están particularmente interesados en el trabajo de los comités 802 de la IEEE. El comité 802 (80 porque fue fundado en el año de 1980 y 2 porque fue en el mes de febrero) enfoca sus esfuerzos en desarrollar protocolos de estándares para la interface física de las conexiones de las redes locales de datos, las cuales funcionan en la capa física y enlace de datos del modelo de referencia OSI. Estas especificaciones definen la manera en que se establecen las conexiones de datos entre los dispositivos de red, su control y terminación, así como las conexiones físicas como cableado y conectores. [38]

2.2.29. Principales recomendaciones ITU G.984.X.

Debido a la necesidad de brindar al usuario mejores costos, competitividad y diversidad de marcas, se han propuesto un

conjunto de recomendaciones que regulan las diferentes características de los equipos desarrollados para el soporte del estándar GPON, a continuación, se presentan las cinco recomendaciones aprobadas en la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT en la serie G (Sistemas y Medios De Transmisión, Sistemas y Redes Digitales). [38]

- ✓ UIT-T G.984.1: Se trata de la introducción hacia el estándar GPON, presentando características generales de funcionamiento y constitución, con el fin de llegar a la convergencia de equipos, así como mostrar la topología utilizada. [16]

- ✓ UIT-T G.984.2: Se describe una red flexible de acceso en fibra óptica capaz de soportar los requisitos de banda ancha de los servicios a empresas y usuarios residenciales. velocidades binarias nominales de la señal digital en la sección de requisitos de la capa dependiente del medio físico para sedes GPON, esta recomendación viene dada de la siguiente forma y da como referencia que debe ser múltiplo de 8 KHz. [39]
 - 1244,16 Mbit/s – 155,52 Mbit/s.
 - 1244,16 Mbit/s – 622,08 Mbit/s.
 - 1244,16 Mbit/s – 1244,16 Mbit/s.
 - 1244,16 Mbit/s – 155,52 Mbit/s.
 - 2488,32 Mbit/s – 155,62 Mbit/s.
 - 2488,32 Mbit/s – 622,08 Mbit/s.
 - 2488,32 Mbit/s – 1244,16 Mbit/s.
 - 2488,32 Mbit/s – 2488,32 Mbit/s.

- ✓ UIT-T G.984.3: Denominada como la especificación de la Capa de Convergencia de Transmisión TC (Convergencia de Transmisión), expone los formatos de trama, el método de control de acceso, el método ranging, la funcionalidad OAM y la seguridad en redes GPON. [16]
- ✓ UIT-T G.984.4: Especificación de la interfaz de control y gestión OMCI de la terminación de red óptica ONT, donde el análisis se enfoca en los recursos y servicios procesados de una base de información de gestión o manejo MBI independiente del protocolo de comunicación entre OLT y ONT. [16]
- ✓ UIT-T G.984.5: Recomendación que sugiere el rango de bandas y longitudes de onda que se reservan para en un futuro, implementar señales de nuevos servicios, usa la técnica de multiplexación de información (WDM), para aprovechar de mejor manera en el caso de nuevas redes ópticas pasivas, en virtud del manejo recomendable de las ODN. [16]

2.2.30. Equipos de medición y certificación

A. OTDR (Optical Time Domain Reflectometer - Reflectómetro Óptico)

Este es el elemento de prueba utilizado para la medición de las propiedades del cable de fibra óptica. Cada medición se entrega con un informe y el protocolo correspondiente. Para probar las fibras en una dirección, conectamos el OTDR a un extremo de la fibra óptica para adquirir una lectura que

proveerá información sobre la continuidad del tramo de fibra, sobre la pérdida en cada empalme, la pérdida total (punta a punta), la atenuación característica de cada segmento de fibra en la red y la reflectancia de empalmes o conexiones. Como regla general, todas las mediciones reflectométricas se llevan a cabo en las ventanas de 1310nm y 1550nm. Las mediciones en la segunda ventana, permiten la evaluación de la instalación, mientras que la que se llevan a cabo en la tercera ventana demostrarán el impacto de las tensiones residuales y curvaturas en la fibra, lo que permite detectar defectos en la instalación. La tolerancia en la longitud de onda de trabajo del equipo es de 35nm para la segunda y tercera ventana. Cuando se analizan atenuaciones, las mismas son llevadas a cabo en ambas direcciones donde el valor real será la media aritmética en ambas direcciones. Si no conocemos el valor del índice de refracción, el valor adoptado es 1.4650. [40]



Figura 2.45 OTDR EXFO FTB-1

Fuente: <http://exfo.com>

B. Localizador de fallas

Es una herramienta que ayuda en la etapa de construcción y mantenimiento de la red, pues sin mayores equipos adicionales permite localizar las fallas visualmente. [38]



Figura 2.46 Localizador EXFO VLF

Fuente: <http://exfo.com>

C. Fuente de luz

Esta herramienta está conformada por dos partes un equipo transmisor y un equipo receptor permite medir la potencia absoluta y calcular la pérdida en enlaces de fibra óptica en varias longitudes de onda. La medición de potencia absoluta es útil para solucionar problemas de equipo que no están funcionando correctamente. [38]



Figura 2.47 Fuente de luz

Fuente: <http://exfo.com>

D. GPON meter

Medidor de potencia portátil y altamente versátil que permite la ejecución de pruebas de todas las señales PON, en cualquier lugar de la red, en forma rápida y en sitio, también es usada en la fase de operación nos permite evaluar la calidad de servicio en una red PON. [38]



Figura 2.48 GPON meter PPM-350C

Fuente: <http://exfo.com>

2.2.31. Tipos de abonado

Los abonados, también llamados usuarios que usan los servicios de telecomunicaciones, principalmente se pueden clasificar en:

- A. Usuarios familiares de vivienda única (SFU - Single Family Unit)

Este tipo de usuario se caracteriza por usar el servicio de telecomunicaciones únicamente por los miembros de una familia y no comparten la conexión del servicio. [38]

B. Usuarios Multifamiliares (MDU - Multidwelling Unit)

Este tipo de usuario se caracteriza por usar el servicio de telecomunicaciones entre muchas familias y comparten la conexión a la red de telecomunicaciones. [38]

C. Usuario Empresarial (Business)

Este tipo de usuario se caracteriza por requerir de servicios especiales como mayor ancho de banda, ancho de banda dedicado, redundancia, calidad de servicio. [38]

2.3. Conceptual

Las bases teóricas y las posteriores definiciones de términos básicos, nos servirán en nuestra investigación que se centrará en la mejora de la calidad de servicio de Internet utilizando un diseño de fibra óptica mediante el estándar GPON, principalmente para los usuarios pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos. Tal como lo muestra la siguiente imagen.

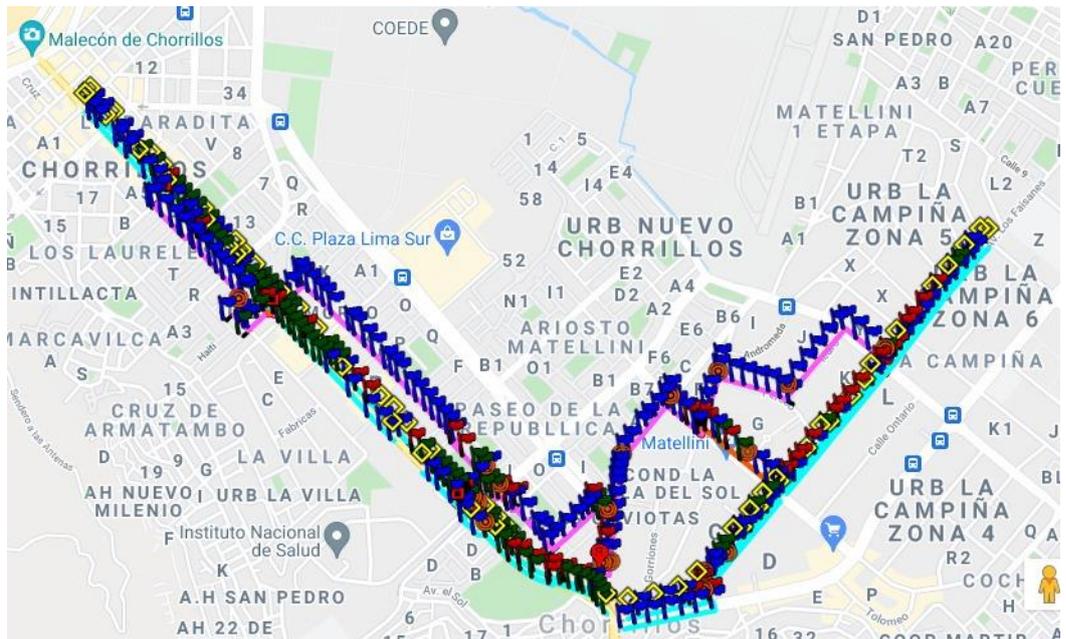


Figura 2.49 Selección de las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos

Fuente: Google Maps

2.4. Definiciones de términos básicos

Telecomunicaciones.- Transmisión y recepción de señales de cualquier forma en el que se contenga o cualquier tipo de información que se desee comunicar a una determinada distancia.

Sistema de Telecomunicaciones.- Infraestructura física a través en la que se transporta la información desde una determinada fuente hasta un determinado destino. Es la infraestructura encargada del transporte de la información.

Banda ancha.- Transmisión de datos simétricos por la que se envían de forma simultánea distintas informaciones y cuyo objetivo es incrementar la velocidad de transmisión efectiva.

Red de acceso.- Red de comunicación en la que se conecta a los usuarios finales con el proveedor principal del servicio (SP) y es complementaria a la red de núcleo o core.

Red backbone.- Término referido a las principales conexiones troncales de Internet. Compuesta de un gran número de enrutadores comerciales, universitarios, gubernamentales.

Red óptica.- Redes que usan como medio de transmisión a la fibra óptica y son empleadas en los sistemas de telecomunicaciones.

Software de red.- Conjunto de programas informáticos en el que se establecen protocolos para una comunicación de computadoras entre sí. Dichos protocolos se aplican enviando y recibiendo grupos de datos formateados denominados paquetes.

Hardware de red.- Conjunto de equipos tecnológicos que hacen permiten el funcionamiento de una determinada red de telecomunicaciones.

Conexión de red.- Conjunto de conexiones que hacen posible que un equipo se conecte a la red de Internet, a otra red o a otro equipo.

RDNFO.- La Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica es un proyecto que tiene por finalidad integrar a través de fibra óptica a todas las capitales de las provincias del país y el despliegue de redes de alta capacidad que integren todos los distritos.

Fibra óptica.- Filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor entre 10 y

300 micrones. Llevan mensajes en forma de haces de luz en el que pasan a través de ellos de un extremo a otro.

Fibra multimodo.- Tipo de fibra óptica en que los hilos ópticos, los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino.

Fibra monomodo.- Tipo de fibra óptica en el que los hilos ópticos, los haces de luz pueden circular por un solo camino o modo.

ST.- Conector más usado especialmente en terminaciones de cables de fibra multimodo y se usa para aplicaciones de redes.

SC.- Conector con características de bajas pérdidas, muy usado en instalaciones de monomodo y aplicaciones de redes y CATV.

LC.- Conector con características de ser más pequeño y sofisticado, muy usado con transceivers y equipos de comunicaciones de mucha densidad de datos.

FC.- Conector mayormente usado en equipos de medición como por ejemplo los OTDR y también utilizado en conexiones de CATV.

FTTH.- Fibra óptica que llega hasta el interior de la misma casa del abonado o usuario.

FTTC.- Fibra hasta la acera, la fibra óptica llega hasta una plataforma que sirve para algunos cuantos abonados normalmente a menos de 300 metros.

FTTB.- Fibra hasta la acometida del edificio, la fibra óptica termina en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados o usuarios.

FTTN.- Fibra óptica que termina en una central del operador de telecomunicaciones que presta el servicio, suele estar más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones de un vecindario.

PON.- Sistema de red con cableado de fibra óptica que envía la señal de todo o casi todo el recorrido hasta el usuario final. Se describe de diferentes formas y es según dónde termine la red PON.

GPON.- Tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza fibra óptica para llegar hasta el suscriptor. Posee varios estándares técnicos que fueron aprobados ITU-T1 y las recomendaciones son G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5.

OLT.- Elemento activo que está situado en la cabecera del operador, del que parten las fibras ópticas hacia los usuarios o abonados.

ONU.- Elemento que convierte las señales ópticas transmitidas a través de la fibra en señales eléctricas y son enviadas a los suscriptores individuales.

ONT.- Equipo que convierte la información óptica en eléctrica, utiliza varias longitudes de onda (como por ejemplo 1310, 1490 y 1550 nm) para transmitir y recibir de forma simultánea voz, datos y vídeo por una sola fibra del tipo monomodo.

ODN.- Medio de transmisión óptico que se usa para la conexión física de las ONU hacia las OLT. Su alcance es normalmente de 20 km o más. En su interior existe la colaboración entre sí del cable de fibra óptica, los conectores de fibra óptica, los divisores ópticos pasivos y los componentes auxiliares.

Transceiver.- Transceptor insertable en caliente que se usa para servir de interface entre un equipo de comunicaciones (como por ejemplo puede ser un switch, router, conversor de medios) y un determinado enlace por fibra óptica.

FAT.- Equipo pasivo encargado de la distribución y almacenamiento de las fibras ópticas empalmadas y cada equipo cuenta con hasta 8 puertos de distribución.

Closure.- Equipo pasivo encargado de la distribución mediante empalme las fibras ópticas de los distintos sectores de distribución de los equipos terminales.

FDT.- Equipo pasivo de mayor distribución encargado del dimensionamiento de la red a través de los distintos empalmes las fibras ópticas realizadas en los splitter generalmente de 1x8 que conforman la estructura de un determinado enlace.

xDSL.- Familia de tecnologías que proporcionan el acceso a Internet mediante la transmisión de datos digitales a través del par trenzado de hilos de cobre convencionales de la red telefónica.

RDSI.- Red que facilita conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar una amplia gama de servicios, tanto de voz como de

otros tipos, y a la que los usuarios o abonados acceden a través de un conjunto de interfaces normalizados.

Fibra DROP.- Cable del tipo óptico de acometida, que puede instalarse tanto en ambientes interiores y exteriores, y está conformada por una fibra monomodo de baja sensibilidad a curvaturas. Es utilizado para proporcionar las altas individuales de cliente en tramos de exterior en la red de dispersión FTTH desde cajas terminales ópticas con conectores ópticos del tipo SC/APC.

ITU-T.- Organismo permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) encargada de estudiar los aspectos técnicos de explotación tarifarios y publica normativas sobre los mismos, con vista a la normalización de las telecomunicaciones a nivel mundial.

OSIPTEL.- Organismo técnico especializado del Estado Peruano encargada de la regulación y supervisión del mercado de servicios públicos de telecomunicaciones y vela por los derechos del usuario o abonados.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

El empleo de una red FTTH mediante el estándar GPON posibilitará la mejora en la calidad del servicio de Internet de los usuarios pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos.

3.1.2. Hipótesis específicas

- ✓ El empleo de una red FTTH mediante el estándar GPON mejorará tanto en las velocidades de carga y descarga para los usuarios.
- ✓ Los requerimientos necesarios para una implementación de un proyecto de red FTTH mediante el estándar GPON serán mucho más viables con el apoyo del Estado y las empresas privadas.
- ✓ El empleo de una red FTTH mediante el estándar GPON será una opción más económica para los usuarios.

3.2. Definición conceptual de variables

A. Variable dependiente

Calidad de servicio de Internet en los hogares

B. Variable independiente

Red FTTH (“Fiber to the home”) mediante el estándar GPON (“Gigabit-capable Passive Optical Network”).

3.2.1. Operacionalización de la variable

Tabla 3.1 Operacionalización de variables

Fuente: elaboración propia

Variable	Tipo de variable	Operacionalización	Indicadores
Red FTTH (“Fiber to the home”) mediante el estándar GPON (“Gigabit-capable Passive Optical Network”)	Variable independiente	El diseño de una red FTTH mediante el estándar GPON permitirá mejorar la calidad de servicio de Internet en los hogares, usuarios y abonados.	Área de cobertura (Km) Velocidad de transmisión (Mbps) Pérdidas (dB) Distancia (Km)
Calidad de servicio de Internet en los hogares	Variable dependiente	La mejora de la calidad de servicio de Internet en los hogares se verá reflejado con la mejora de la velocidad y demás parámetros respecto a sus valores anteriores.	Nivel de satisfacción sobre en usuarios beneficiados pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

✓ Temporal

Porque el estudio se desarrolló en un cierto intervalo de tiempo, correspondiente al año 2021.

✓ Espacial

Se realizó la investigación tomando como referencia a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos.

4.1.2. Diseño de la investigación

- ✓ Uso de GPS para la geolocalización del lugar del diseño de la red FTTH.
- ✓ Recolección de información de la demanda de banda ancha en los abonados pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos.
- ✓ Levantamiento de los planos y/o rutas del lugar del diseño de la Red FTTH.
- ✓ Uso de software especializados (Google Maps, Google Earth, AutoCAD) para la ubicación del lugar y diseño de la red FTTH.
- ✓ Despliegue de la red FTTH en el lugar (red de alimentación, red de distribución, despliegue de la fibra óptica, despliegue de la red de dispersión).
- ✓ Cálculos del diseño de la red FTTH.

- ✓ Resultado obtenido de la red FTTH con fibra óptica en un abonado.
- ✓ Conclusiones del trabajo de investigación.
- ✓ Redacción de la tesis.

4.2. Población y muestra

Para la naturaleza del presente trabajo, no se utilizó una población y muestra significativa, sin embargo, se utilizó técnicas descriptivas y demostraciones.

4.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Para la recolección de la información se utilizó técnicas cuantitativas para lo cual se utilizó un recorrido por toda la zona de la muestra para recabar información tales como el número de viviendas unifamiliares, el número de viviendas multifamiliares (edificios), distancia entre postes, etc.

4.4. Análisis y procesamiento de datos

Cabe notar que la teoría de la identificación de sistemas, así como el software usado, utiliza gran cantidad de tratamiento de la información, basada en procedimientos estadísticos que permitieron realizar validaciones con patrones ya establecidos, para este trabajo de investigación se utilizaron los softwares Google Maps, Google Earth, AutoCAD.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Zona de despliegue de la red

La zona de despliegue de la red FTTH se realizó principalmente en las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos. Sin embargo hubieron ciertas Calles y Jirones aledaños en donde se utilizó para la instalación de una red de backup, estas Calles y Jirónes son: Calle Carlos Gil, Calle Toronto, Jirón Nueva York, Jirón Ricardo Treneman, Calle Eduardo Gallo, Calle Armando Cambana, Calle Irigoyen, Calle San José, Jirón Carlos Mellet, Calle Benjamín Franklin, Av. Prolongación Ariosto Matellini, Calle Víctor Humareda, Av. Paseo de la República, Av. Faisanes, Av. Guardia Peruana, Calle Los Gorriones, Calle Perseo, Calle Ícaro, Av. El Sol.

A continuación el siguiente cuadro muestra el nombre de la Calle/Avenida, tipo de vía y concesión.

Tabla 5.1 Área con las calles, avenidas, tipo de vía y concesión del proyecto

Fuente: elaboración propia

N°	Nombre de Calle/Avenida	Tipo de vía	Concesión
1	Defensores del Morro	Avenida	Metropolitana
2	Morro Solar	Avenida	Metropolitana
3	Matellini	Avenida	Metropolitana
4	Guardia Civil Sur	Jirón	Distrital
5	Los Faisanes	Avenida	Distrital
6	Guardia Civil Sur	Jirón	Distrital
7	Carlos Gil	Calle	Distrital

8	Toronto	Calle	Distrital
9	Nueva York	Jirón	Distrital
10	Treneman	Calle	Distrital
11	Eduardo Gallo	Jirón	Distrital
12	Cambana	Calle	Distrital
13	Iriciyen	Calle	Distrital
14	San José	Calle	Distrital
15	Puccio Ulloa	Calle	Distrital
16	Carlos Mellet Vargas	Jirón	Distrital
17	Benjamín Franklin	Calle	Distrital
18	Ariosto Matellini	Avenida	Metropolitana
19	Juan Miro	Calle	Distrital
20	Víctor Humareda	Calle	Distrital
21	Paseo De La Republica	Avenida	Distrital
22	Las Gaviotas	Avenida	Distrital
23	Guardia Peruana	Avenida	Distrital
24	Los Gorriones	Calle	Distrital
25	Perseo	Jirón	Distrital
26	Ícaro	Calle	Distrital
27	El Sol	Avenida	Distrital

En la siguiente figura se puede observar que en color celeste es por donde va la red principal y la rosada es por donde va la red de backup o redundancia.

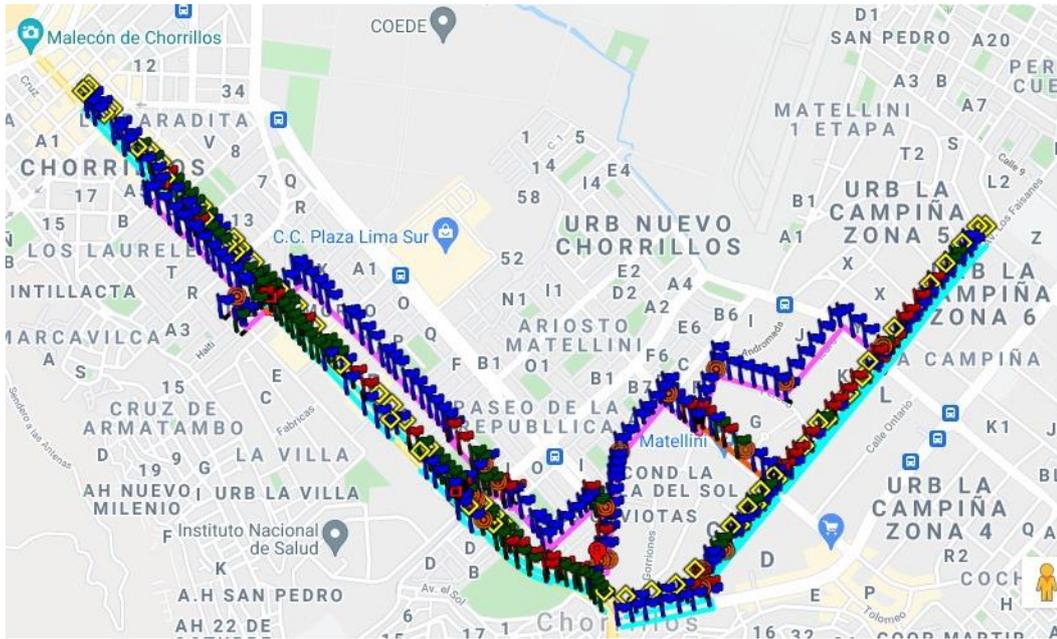


Figura 5.1 Ubicación de las avenidas y calles en el mapa.

Fuente: Google Maps

Se estima que la cantidad de viviendas y edificios en las principales Avenidas donde se implementó la red, hay alrededor de 930 viviendas con una media aproximada de 3 personas por vivienda/edificio.



Figura 5.2 Vivienda en Av. Los Faisanes

Fuente: Google Maps



Figura 5.3 Edificio en Av. Los Faisanes

Fuente: Google Maps

Para este proyecto se necesitarán como mínimo 15 fibras para satisfacer la cantidad de viviendas/edificios para garantizar 960 puntos de conexión, ya que cada fibra está conectada a un puerto GPON y cada puerto tiene capacidad de dar servicio hasta 64 usuarios. Sin embargo para este proyecto se utilizó un cable de 144FO desde el OLT hacia los divisores ópticos, de tal manera que ante futuras ampliaciones y crecimientos GPON se puedan dar uso.

5.1.2. Diseño de la red de la planta externa

Para el diseño de plataforma de red de fibra óptica FTTH se va considerar 4 puntos importantes: Ubicación del OLT, Red de alimentación, Red de distribución, Ruta de la fibra óptica. Respecto a la red de alimentación se usó una topología anillo, ya que esta topología nos permite tener una red de backup o contingencia en caso se produzca caídas de enlaces y nos será útil para la parte de instalación aérea en los postes de las Calles. Respecto a la red de distribución se usó una topología estrella o árbol y nos permitirá llegar a la red de división de menor tamaño que contiene a los hogares que servirán desde un mismo splitter.

Y finalmente para la etapa de arquitectura de red que se desplegó consiste en una red FTTH con tecnología GPON y se considera 2 niveles de división óptica (1x8 y 1x8).

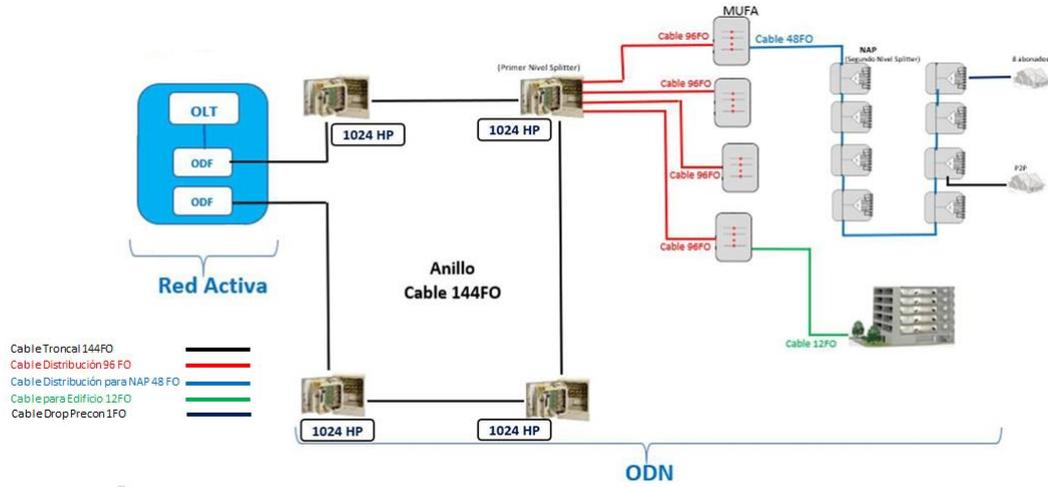


Figura 5.4 Topología anillo

Fuente: entel.pe

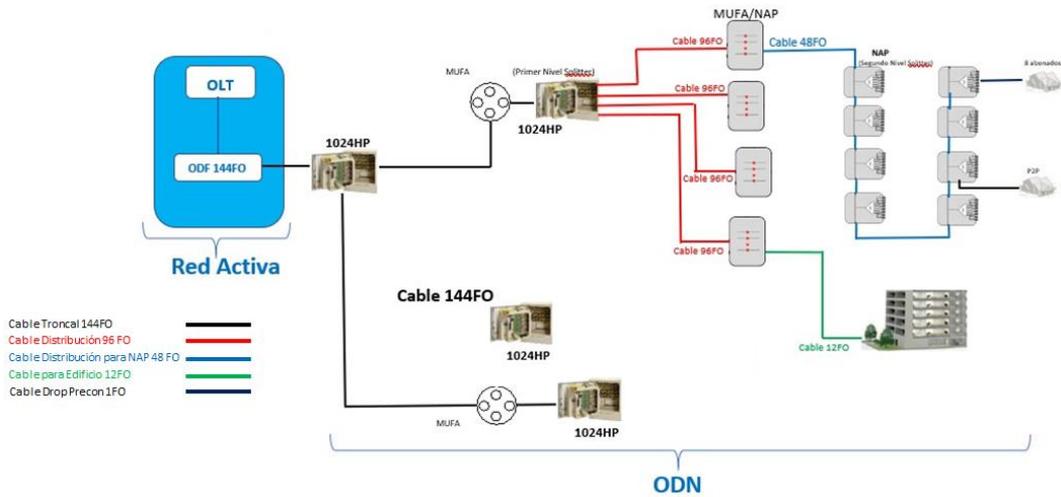


Figura 5.5 Topología estrella

Fuente: entel.pe

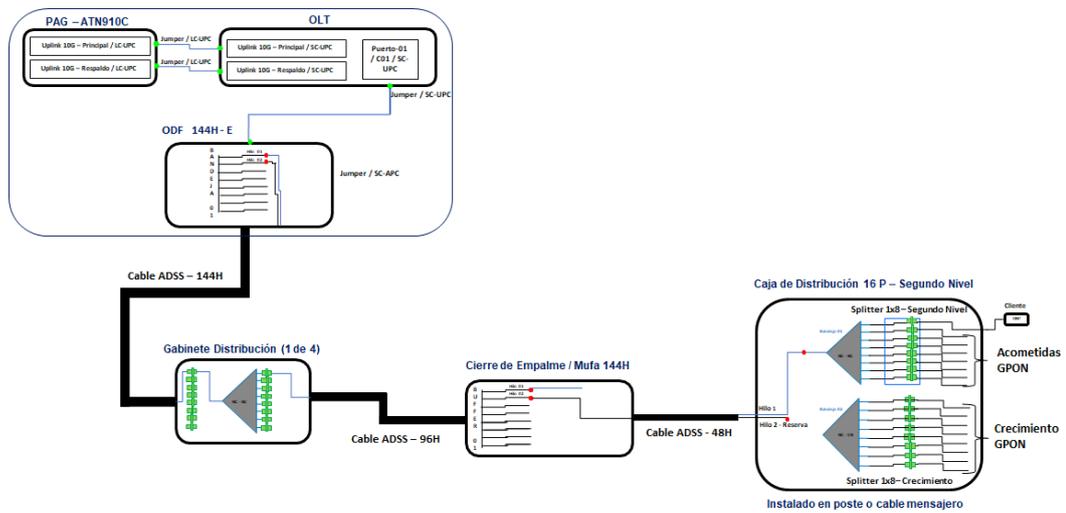


Figura 5.6 Arquitectura de red

Fuente: entel.pe

5.1.3. Ubicación de la OLT (Equipo terminal de línea)

La OLT para este proyecto estará ubicado en el Site LM Gaviotas, la cual se encuentra ubicada en la Av. Las Gaviotas Manzana Z-01, Lote 19, Urb. Santa Leonor – Chorrillos.



Figura 5.7 Ubicación del site Gaviotas

Fuente: Google Earth

5.1.4. Red de alimentación

La red de alimentación para este proyecto está conformado por 16 splitters primarios o también llamados de primer nivel. Los splitters que se utilizan son de 1x8, en donde cada splitter atenderá a cierta cantidad de manzanas. Tienen capacidad de 1 hilo de cable troncal ADSS de 144FO. Cada splitter está albergada en una MUFA del tipo cámara y están ubicadas en las direcciones: cruce de Av. Defensores del Morro con Calle Benjamín Franklin (3), Av. Defensores del Morro 1186 (3), cruce de Av. Defensores del Morro con Calle Carlos Gil (3), cruce de Av. Guardia Peruana con Calle Los Gorriones (3) y cruce de Av. El Sol con Av. Los Faisanes (4).

Las ubicaciones de los splitters primarios se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 5.2 Ubicaciones de los splitters primarios

Fuente: elaboración propia

N°	Tipo de splitter	Ubicación
1	Splitter 1er Nivel	Av. Defensores del Morro / Ca. Benjamín Franklin
2	Splitter 1er Nivel	Av. Defensores del Morro / Ca. Benjamín Franklin
3	Splitter 1er Nivel	Av. Defensores del Morro / Ca. Benjamín Franklin
4	Splitter 1er Nivel	Av. Defensores del Morro 1186
5	Splitter 1er Nivel	Av. Defensores del Morro 1186
6	Splitter 1er Nivel	Av. Defensores del Morro 1186
7	Splitter 1er Nivel	Av. Defensores del Morro / Ca. Carlos Gil
8	Splitter 1er Nivel	Av. Defensores del Morro / Ca. Carlos Gil
9	Splitter 1er Nivel	Av. Defensores del Morro / Ca. Carlos Gil
10	Splitter 1er Nivel	Av. Guardia Peruana / Ca. Los Gorriones
11	Splitter 1er Nivel	Av. Guardia Peruana / Ca. Los Gorriones
12	Splitter 1er Nivel	Av. Guardia Peruana / Ca. Los Gorriones
13	Splitter 1er Nivel	Av. El Sol / Av. Los Faisanes lado impar
14	Splitter 1er Nivel	Av. El Sol / Av. Los Faisanes lado impar
15	Splitter 1er Nivel	Av. El Sol / Av. Los Faisanes lado impar
16	Splitter 1er Nivel	Av. El Sol / Av. Los Faisanes lado impar

5.1.5. Red de distribución

La red de distribución para este proyecto está conformado por 119 splitters secundarios o de segundo nivel. Los splitters que se utilizan son de 1x8, en donde cada splitter atenderá a cierta cantidad de abonados. Tienen capacidad de 1 hilo de cable troncal de 48FO. Cada splitter está albergada en una caja NAP instaladas en postes y están ubicadas y distribuidas a lo largo de las Av. Defensores del Morro, Av. Los Faisanes y algunas cuerdas de la Av. Guardia Civil.

Las ubicaciones de los splitters secundarios se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 5.3 Ubicaciones de los splitters secundarios

Fuente: elaboración propia

N°	Tipo de splitter	Ubicación
1	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro Lte-01
2	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro / Alt. Ca. El Sol
3	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro S/N / Alt. Jr. Percy Futh
4	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro FTE. 2473
5	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2280
6	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2270
7	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro / Prol. Matellini
8	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2080
9	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2070
10	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2218
11	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2689
12	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2685
13	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2611
14	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2487
15	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2453
16	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro S/N
17	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2355
18	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2255
19	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1863
20	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro S/N
21	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1965
22	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2007
23	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2085
24	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 2165

25	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1701
26	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro S/N
27	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro S/N
28	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1475
29	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1412
30	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro / Ca. Costa Azul
31	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1357
32	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro / Pje. Julio Vega Solís
33	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro / Ca. Puccio Ulloa
34	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1009
35	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1061
36	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1099
37	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1840
38	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1714
39	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1630
40	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1470
41	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1402
42	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro S/N
43	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro S/N
44	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1286
45	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1214
46	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1012
47	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1076
48	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 1146
49	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 413
50	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 485
51	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 511
52	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 587
53	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 611

54	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 701
55	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 751
56	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 997
57	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 955
58	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro costado 917
59	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 797
60	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 410
61	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 490
62	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 514
63	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 586
64	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro costado 622
65	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 672
66	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 994
67	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 954
68	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 910
69	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 778
70	Splitter 2do Nivel	Av. Defensores del Morro 714
71	Splitter 2do Nivel	Av. Guardia Civil 102
72	Splitter 2do Nivel	Av. Guardia Civil 199
73	Splitter 2do Nivel	Av. Guardia Civil 234
74	Splitter 2do Nivel	Av. Guardia Civil 290
75	Splitter 2do Nivel	Av. Guardia Civil 308
76	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 112
77	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 136
78	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 148
79	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 170
80	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 180
81	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 198
82	Splitter 2do Nivel	Av. Guardia Civil 131

83	Splitter 2do Nivel	Av. Guardia Civil 215
84	Splitter 2do Nivel	Av. Guardia Civil 257
85	Splitter 2do Nivel	Av. Guardia Civil / Av. Los faisanes
86	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 129
87	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 157
88	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes Fte-166
89	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 181
90	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes / Av. Guardia Peruana
91	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 850
92	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 800
93	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 680
94	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 656
95	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes Costado 540
96	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 420
97	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes S/N
98	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 204
99	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes S/N (LTE-20)
100	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes S/N (LTE-24)
101	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes Fte 343
102	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 364
103	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes S/N
104	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes Fte 854
105	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes Fte 876
106	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes Fte 746
107	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes Costado 657
108	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 613
109	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 585
110	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes / Ca. Tnte. Carlos Jiménez
111	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes Fte-420

112	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes S/N
113	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 207
114	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes S/N
115	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 409
116	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 337
117	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 345
118	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes 379
119	Splitter 2do Nivel	Av. Los Faisanes S/N

5.1.6. Despliegue de la fibra óptica

Para el despliegue de la fibra óptica de este proyecto se tomó en cuenta el uso de la topología anillo en la red de alimentación para que de esta manera se posea una red de respaldo, backup o contingencia en caso se produzca una caída de enlace en el primario.

Como vimos anteriormente, uno de los puntos más importantes para el diseño de la red FTTH es el nodo FTTH, en este caso ubicado en el Site Gaviotas. En dicho Site Gaviotas se posee una antena microondas sectorial y un router de acceso ATN910C del proveedor de Internet en la que la fibra se anclará. La fibra pasará por dentro de la antena hacia el chasis chartered. Luego la fibra pasará por una bandeja previamente instalada. Posteriormente la fibra ingresará hacia la sala de equipos y luego recorrerá por otras bandejas hacia el gabinete en donde se ubica 1 OLT y 2 ODF de 144 puertos.

El router de acceso es conectado mediante 2 jumpers del tipo LC-UPC hacia la OLT. Luego mediante un jumper SC-UPC se conecta con un cable de 144FO hacia el ODF. La fibra saliente del ODF es perteneciente a la red troncal y es del tipo ADSS con capacidad de

144FO y parte desde el Rack / ODF bandeja del Site Gaviotas por una determinada salida del splitter primario hacia las MUFAs o cajas de empalmes correspondientes con un cable ADSS de 96FO, en donde cada MUFA tiene su propio código de identificación. A la salida de la MUFA cada hilo transporta un cable ADSS de 48FO. Cada MUFA los tipos de MUFA instaladas pueden ser del tipo cámara (primaria) o instalada en poste (secundaria). La fibra saliente de la MUFA llega hasta el NAP de 2do nivel (caja de distribución) que alberga al splitter secundario de 1x8. Luego se utilizarán algunos splitters secundarios para la red FTTH y otros para futuras instalaciones como parte de un futuro crecimiento GPON. Finalmente, de los splitters secundarios utilizados para la red FTTH, se usará 1 salida que irá directamente hacia la ONT del usuario o abonado y las otras 7 salidas irán hacia las acometidas GPON para futuro crecimiento GPON.

Como mencionamos anteriormente, el tipo de tendido de fibra para este proyecto será aéreo en el cual se utilizarán los postes de las Calles para que albergue a las MUFAs (contiene splitter primario) y NAPs (contiene splitter secundario). Para este proyecto se utilizaron un total de 378 postes los cuales son de propiedad de distintas empresas como: Telefónica del Perú (TDP), Luz del Sur (LDS), Entel y los Proyectados.

En el siguiente cuadro se muestra la lista total, ubicaciones y las empresas dueñas de los postes.

Tabla 5.4 Ubicaciones de los postes utilizados

Fuente: elaboración propia

N°	Ubicación	Lote	Empresa
1	Av. Defensores del Morro	408	TDP
2	Av. Defensores del Morro	456	TDP
3	Av. Defensores del Morro	494	TDP
4	Av. Defensores del Morro	514	TDP
5	Av. Defensores del Morro	556	TDP
6	Av. Defensores del Morro	588	TDP
7	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
8	Av. Defensores del Morro	652	TDP
9	Av. Defensores del Morro	680	TDP
10	Av. Defensores del Morro	714	TDP
11	Av. Defensores del Morro	742A	TDP
12	Av. Defensores del Morro	792	TDP
13	Av. Morro Solar	842	LDS
14	Av. Morro Solar	902	LDS
15	Av. Morro Solar	928	LDS
16	Av. Morro Solar	950	LDS
17	Av. Morro Solar	980	LDS
18	Av. Morro Solar	S/N	LDS
19	Av. Morro Solar	1012	LDS
20	Av. Defensores del Morro	1036	TDP
21	Av. Morro Solar	1076	LDS
22	Av. Morro Solar	S/N	LDS
23	Av. Morro Solar	S/N	LDS
24	Av. Morro Solar	S/N	LDS
25	Av. Morro Solar	S/N	LDS

26	Av. Morro Solar	S/N	LDS
27	Av. Morro Solar	S/N	LDS
28	Av. Morro Solar	S/N	LDS
29	Av. Morro Solar	S/N	LDS
30	Av. Morro Solar	S/N	LDS
31	Av. Morro Solar	S/N	LDS
32	Av. Morro Solar	S/N	LDS
33	Av. Morro Solar	LT. 11	LDS
34	Av. Defensores del Morro	LT 13	TDP
35	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
36	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
37	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
38	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
39	Av. Defensores del Morro	1720	TDP
40	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
41	Av. Defensores del Morro	1840	TDP
42	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
43	Av. Defensores del Morro	2066	TDP
44	Av. Defensores del Morro	2065	TDP
45	Av. Defensores del Morro	2218	TDP
46	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
47	Av. Matellini	S/N	TDP
48	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
49	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
50	Av. Defensores del Morro	S/N	ENTEL
51	Av. Morro Solar	S/N	LDS
52	Av. Morro Solar	S/N	LDS
53	Av. Morro Solar	S/N	LDS
54	Av. Morro Solar	S/N	LDS
55	Av. Morro Solar	S/N	LDS

56	Av. Morro Solar	S/N	LDS
57	Av. Morro Solar	S/N	LDS
58	Av. Morro Solar	S/N	LDS
59	Av. Morro Solar	S/N	LDS
60	Av. Morro Solar	S/N	LDS
61	Av. Morro Solar	S/N	LDS
62	Av. Morro Solar	S/N	LDS
63	Av. Morro Solar	LT. 4	LDS
64	Av. Morro Solar	LT. 1	LDS
65	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
66	Av. Defensores del Morro	S/N	ENTEL
67	Av. Defensores del Morro	S/N	ENTEL
68	Av. Defensores del Morro	2661	ENTEL
69	Av. Defensores del Morro	S/N	ENTEL
70	Av. Defensores del Morro	2489	ENTEL
71	Av. Morro Solar	2471	LDS
72	Av. Morro Solar	2453	LDS
73	Av. Morro Solar	LT. 33	LDS
74	Av. Morro Solar	LT. 36	LDS
75	Av. Morro Solar	LT. 38	LDS
76	Av. Morro Solar	S/N	LDS
77	Av. Morro Solar	S/N	LDS
78	Av. Morro Solar	S/N	LDS
79	Av. Morro Solar	2245	LDS
80	Av. Morro Solar	S/N	LDS
81	Av. Morro Solar	S/N	LDS
82	Av. Morro Solar	LT. 10	LDS
83	Av. Morro Solar	LT. 13	LDS
84	Av. Morro Solar	LT. 17	LDS
85	Av. Morro Solar	S/N	LDS

86	Av. Morro Solar	S/N	LDS
87	Av. Morro Solar	1969	LDS
88	Av. Morro Solar	S/N	LDS
89	Av. Morro Solar	S/N	LDS
90	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
91	Av. Defensores del Morro	1863	TDP
92	Av. Defensores del Morro	1818	TDP
93	Av. Morro Solar	1800	LDS
94	Av. Morro Solar	S/N	LDS
95	Av. Morro Solar	1675	LDS
96	Av. Morro Solar	S/N	LDS
97	Av. Morro Solar	S/N	LDS
98	Av. Morro Solar	1475	LDS
99	Av. Morro Solar	S/N	LDS
100	Av. Morro Solar	S/N	LDS
101	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
102	Av. Morro Solar	1391	LDS
103	Av. Morro Solar	1387	LDS
104	Av. Morro Solar	1357	LDS
105	Av. Morro Solar	1329	LDS
106	Av. Morro Solar	S/N	LDS
107	Av. Morro Solar	S/N	LDS
108	Av. Defensores del Morro	S/N	TDP
109	Av. Morro Solar	S/N	LDS
110	Av. Morro Solar	S/N	LDS
111	Av. Morro Solar	S/N	LDS
112	Av. Morro Solar	S/N	LDS
113	Av. Defensores del Morro	1025	TDP
114	Av. Morro Solar	S/N	LDS
115	Av. Morro Solar	S/N	LDS

116	Av. Defensores del Morro	957	TDP
117	Av. Defensores del Morro	947	TDP
118	Av. Morro Solar	917	LDS
119	Av. Morro Solar	S/N	LDS
120	Av. Morro Solar	S/N	LDS
121	Av. Morro Solar	S/N	LDS
122	Av. Morro Solar	S/N	LDS
123	Av. Morro Solar	S/N	LDS
124	Av. Morro Solar	S/N	LDS
125	Av. Morro Solar	749	LDS
126	Av. Morro Solar	719	LDS
127	Av. Morro Solar	701	LDS
128	Av. Morro Solar	689	LDS
129	Av. Defensores del Morro	611	TDP
130	Av. Defensores del Morro	589	TDP
131	Av. Defensores del Morro	551	TDP
132	Av. Defensores del Morro	511	TDP
133	Av. Defensores del Morro	487	TDP
134	Av. Defensores del Morro	441	TDP
135	Av. Morro Solar	413	LDS
136	Jr. Guadia Civil Sur	131	TDP
137	Jr. Guadia Civil Sur	S/N	TDP
138	Jr. Guadia Civil Sur	138	LDS
139	Jr. Guadia Civil Sur	237	TDP
140	Jr. Guadia Civil Sur	257	TDP
141	Av. Los Faisanes	265	TDP
142	Av. Los Faisanes	S/N	PROYECTADO
143	Av. Los Faisanes	125	LDS
144	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
145	Av. Los Faisanes	133	LDS

146	Av. Los Faisanes	137	LDS
147	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
148	Av. Los Faisanes	LT 22	TDP
149	Av. Los Faisanes	157	TDP
150	Av. Los Faisanes	171	LDS
151	Av. Los Faisanes	179	LDS
152	Av. Los Faisanes	181	LDS
153	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
154	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
155	Av. Los Faisanes	203	LDS
156	Av. Los Faisanes	S/N	PROYECTADO
157	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
158	Av. Los Faisanes	S/N	PROYECTADO
159	Av. Los Faisanes	S/N	PROYECTADO
160	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
161	Av. Los Faisanes	415	LDS
162	Av. Los Faisanes	337	LDS
163	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
164	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
165	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
166	Av. Los Faisanes	267	LDS
167	Av. Los Faisanes	379	TDP
168	Av. Los Faisanes	387	LDS
169	Av. Los Faisanes	S/N	PROYECTADO
170	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
171	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
172	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
173	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
174	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
175	Av. Los Faisanes	S/N	LDS

176	Av. Los Faisanes	585	LDS
177	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
178	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
179	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
180	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
181	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
182	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
183	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
184	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
185	Av. Los Faisanes	185	TDP
186	Av. Los Faisanes	LT 18	TDP
187	Av. Los Faisanes	S/N	TDP
188	Av. Los Faisanes	S/N	TDP
189	Av. Los Faisanes	800	TDP
190	Av. Los Faisanes	S/N	TDP
191	Av. Los Faisanes	S/N	TDP
192	Av. Los Faisanes	S/N	TDP
193	Av. Los Faisanes	656	TDP
194	Av. Los Faisanes	LT A15	TDP
195	Av. Los Faisanes	LT A14	TDP
196	Av. Los Faisanes	S/N	TDP
197	Av. Los Faisanes	420	TDP
198	Av. Los Faisanes	S/N	LDS
199	Av. Los Faisanes	1191	LDS
200	Av. Los Faisanes	S/N	TDP
201	Av. Los Faisanes	384	TDP
202	Av. Los Faisanes	364-358	TDP
203	Av. Los Faisanes	S/N	TDP
204	Av. Los Faisanes	326	TDP
205	Av. Los Faisanes	LT 24	TDP

206	Av. Los Faisanes	S/N	TDP
207	Av. Los Faisanes	LT 20	TDP
208	Av. Los Faisanes	226	TDP
209	Av. Los Faisanes	204	TDP
210	Av. Los Faisanes	S/N	TDP
211	Av. Los Faisanes	192	TDP
212	Av. Los Faisanes	190	TDP
213	Av. Los Faisanes	174	TDP
214	Av. Los Faisanes	170	TDP
215	Av. Los Faisanes	166	TDP
216	Av. Los Faisanes	154	TDP
217	Av. Los Faisanes	148	TDP
218	Av. Los Faisanes	144	TDP
219	Av. Los Faisanes	136	TDP
220	Av. Los Faisanes	120	TDP
221	Av. Los Faisanes	S/N	TDP
222	Av. Los Faisanes	114	TDP
223	Av. Los Faisanes	110	LDS
224	Av. Morro Solar / Av. Los Faisanes	S/N	LDS
225	Av. Morro Solar / Av. Los Faisanes	S/N	LDS
226	Jr. Guardia Civil Sur	305	PROYECTADO
227	Jr. Guardia Civil Sur	306	TDP
228	Jr. Guardia Civil Sur	290	TDP
229	Jr. Guardia Civil Sur	250	TDP
230	Jr. Guardia Civil Sur	234	TDP
231	Jr. Guardia Civil Sur	199	TDP
232	Jr. Guardia Civil Sur	156	TDP
233	Jr. Guardia Civil Sur	S/N	TDP

234	Ca. Carlos Gil	125	TDP
235	Ca. Carlos Gil	201	TDP
236	Ca. Toronto	110	TDP
237	Ca. Toronto	214	TDP
238	Ca. Toronto	318	TDP
239	Ca. Toronto	206	TDP
240	Jr. Nueva York	205	TDP
241	Jr. Nueva York	143	TDP
242	Ca. Treneman	S/N	LDS
243	Ca. Treneman	139	TDP
244	Jr. Eduardo Gallo	133	TDP
245	Jr. Eduardo Gallo	205	TDP
246	Jr. Eduardo Gallo	297	TDP
247	Jr. Eduardo Gallo	395	TDP
248	Jr. Eduardo Gallo	S/N	TDP
249	Jr. Eduardo Gallo	505	TDP
250	Jr. Eduardo Gallo	S/N	TDP
251	Ca. Cambana	123	TDP
252	Ca. Cambana	119	TDP
253	Ca. Cambana	S/N	TDP
254	CA. IRICIYEN	146-172	TDP
255	CA. IRICIYEN	S/N	TDP
256	Ca. San José	S/N	LDS
257	Ca. San José	S/N	LDS
258	Ca. San José	S/N	LDS
259	Ca. San José	S/N	LDS
260	Ca. Puccio Ulloa	S/N	TDP
261	Ca. Puccio Ulloa	S/N	TDP
262	Ca. Puccio Ulloa	S/N	TDP
263	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	TDP

264	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	TDP
265	Jr. Carlos Mellet Vargas	261	TDP
266	Jr. Carlos Mellet Vargas	LT 18	TDP
267	Jr. Carlos Mellet Vargas	LT 14	TDP
268	Jr. Carlos Mellet Vargas	LT 10	TDP
269	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	TDP
270	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	TDP
271	Jr. Carlos Mellet Vargas	647-653	TDP
272	Jr. Carlos Mellet Vargas	685	TDP
273	Jr. Carlos Mellet Vargas	703	TDP
274	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	TDP
275	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	TDP
276	Jr. Carlos Mellet Vargas	755	TDP
277	Jr. Carlos Mellet Vargas	LT 11	TDP
278	Jr. Carlos Mellet Vargas	825-833	TDP
279	Jr. Carlos Mellet Vargas	857	TDP
280	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	TDP
281	Jr. Carlos Mellet Vargas	LT 40	TDP
282	Jr. Carlos Mellet Vargas	LT 36	TDP
283	Jr. Carlos Mellet Vargas	LT 32	TDP
284	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	PROYECTADO
285	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	LDS
286	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	LDS
287	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	LDS
288	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	LDS
289	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	LDS
290	Ca. Benjamín Franklin	1145	TDP
291	Ca. Benjamín Franklin	LT 9	TDP
292	Ca. Benjamín Franklin	LT 14	TDP

293	Ca. Benjamín Franklin	S/N	TDP
294	Av. Ariosto Matellini	S/N	LDS
295	Av. Ariosto Matellini	LT. 6	LDS
296	Av. Ariosto Matellini	LT. 3	LDS
297	Av. Ariosto Matellini	S/N	LDS
298	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	ENTEL
299	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	ENTEL
300	Jr. Carlos Mellet Vargas	S/N	ENTEL
301	Ca. Juan Miro	S/N	TDP
302	Ca. Juan Miro	1303	ENTEL
303	Jr. Carlos Mellet Vargas	1303	TDP
304	Jr. Carlos Mellet Vargas	LT 34	TDP
305	Jr. Carlos Mellet Vargas	1371	TDP
306	Jr. Carlos Mellet Vargas	LT 23	TDP
307	Ca. Víctor Humareda	LT 21	TDP
308	Ca. Víctor Humareda	LT 25	TDP
309	Ca. Víctor Humareda	LT 18	TDP
310	Ca. Víctor Humareda	LT 23	TDP
311	Ca. Víctor Humareda	S/N	TDP
312	Ca. Víctor Humareda	113	TDP
313	Av. Paseo de la República	LT. 20	PROYECTADO
314	Av. Paseo de la República	S/N	LDS
315	Av. Paseo de la República	S/N	LDS
316	Av. Las Gaviotas	S/N	LDS
317	Av. Las Gaviotas	S/N	LDS
318	Av. Las Gaviotas	S/N	LDS
319	Av. Las Gaviotas	S/N	LDS
320	Av. Las Gaviotas	S/N	LDS
321	Av. Las Gaviotas	S/N	TDP

322	Av. Las Gaviotas	S/N	ENTEL
323	Av. Las Gaviotas	LT 4B	TDP
324	Av. Las Gaviotas	LT 6	TDP
325	Av. Las Gaviotas	LT 8	TDP
326	Av. Las Gaviotas	LT 8	TDP
327	Av. Las Gaviotas	246	TDP
328	Av. Las Gaviotas	S/N	TDP
329	Av. Las Gaviotas	310	TDP
330	Av. Las Gaviotas	LT 14	TDP
331	Av. Las Gaviotas	LT 14	TDP
332	Av. Las Gaviotas	310	TDP
333	Av. Las Gaviotas	S/N	TDP
334	Av. Las Gaviotas	150	TDP
335	Av. Las Gaviotas	S/N	TDP
336	Av. Las Gaviotas	452	TDP
337	Av. Las Gaviotas	LT 20	TDP
338	Av. Las Gaviotas	LT 21	TDP
339	Av. Las Gaviotas	496	TDP
340	Av. Las Gaviotas	S/N	TDP
341	Av. Guardia Peruana	744	TDP
342	Av. Guardia Peruana	740	TDP
343	Av. Guardia Peruana	752	TDP
344	Av. Guardia Peruana	780	TDP
345	Ca. Los Gorriones / Av. Guardia Peruana	S/N	LDS
346	Ca. Los Gorriones / Av. Guardia Peruana	S/N	LDS
347	Ca. Los Gorriones	S/N	TDP
348	Ca. Los Gorriones	S/N	TDP
349	Ca. Los Gorriones	466	TDP

350	Ca. Los Gorriones	490	TDP
351	Ca. Los Gorriones	S/N	TDP
352	Jr. Perseo	LT 10	TDP
353	Jr. Perseo	LT 11	TDP
354	Jr. Perseo	LT 11	TDP
355	Jr. Perseo	168	TDP
356	Jr. Perseo	185	TDP
357	Jr. Perseo	199	TDP
358	Jr. Perseo	205	TDP
359	Ca. Ícaro	105	TDP
360	Ca. Ícaro	121	TDP
361	Ca. Ícaro	LT 18A	TDP
362	Ca. Ícaro	LT 17A - 165	TDP
363	Ca. Ícaro	193	TDP
364	Ca. Ícaro	988	TDP
365	Av. El Sol	LT 12	TDP
366	Av. El Sol	1033	TDP
367	Av. El Sol	S/N	TDP
368	Av. El Sol	S/N	TDP
369	Av. Guardia Peruana	S/N	LDS
370	Av. Guardia Peruana	S/N	LDS
371	Av. Guardia Peruana	S/N	LDS
372	Av. Guardia Peruana	S/N	LDS
373	Av. Guardia Peruana	S/N	LDS
374	Av. Guardia Peruana	S/N	LDS
375	Av. Guardia Peruana	S/N	TDP
376	Av. Guardia Peruana	LT 21A	TDP
377	Av. Guardia Peruana	939	TDP
378	Av. Guardia Peruana	S/N	LDS

5.1.7. Despliegue de la red de dispersión (acometida)

La red de dispersión (acometida) abarca desde la salida del splitter secundario o de segundo nivel de 1x8, que está contenido en una caja NAP, mediante un cable Drop hasta las rosetas ópticas que están ubicadas en los hogares de los usuarios o abonados. Para este caso se ha considerado que 7 de las 8 salidas van hacia la acometida y la salida restante va directamente hacia la ONT del abonado.

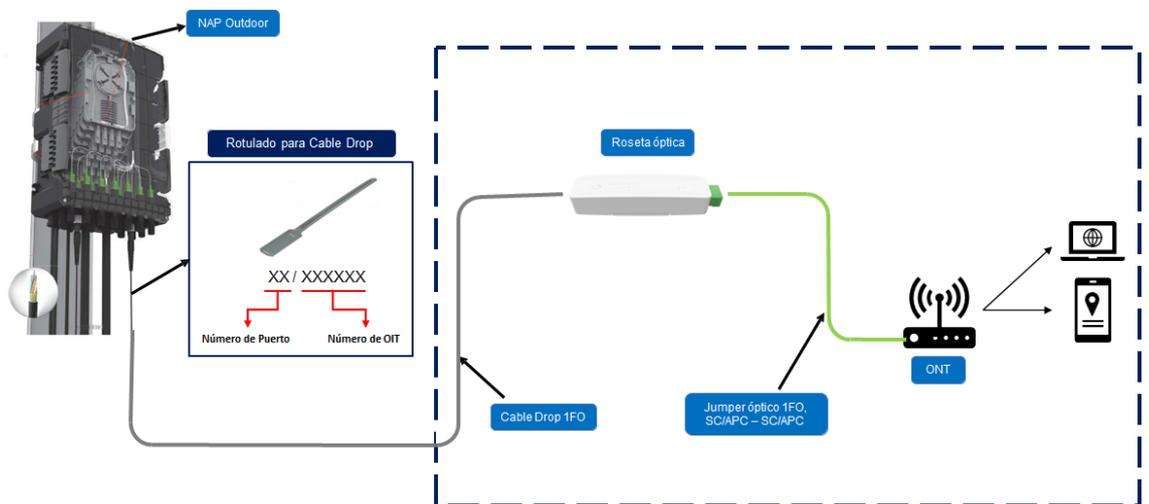


Figura 5.8 Diagrama de la red de dispersión

Fuente: entel.pe

5.2. Resultados inferenciales

5.2.1. Cálculo de la atenuación óptica de la red

Para el cálculo de la atenuación óptica o pérdidas de la red, vamos a necesitar 5 valores los cuales son:

- Atenuación máxima del sistema

- Atenuación de la fibra óptica
- Atenuación del splitter o divisor óptico
- Atenuación de los conectores
- Atenuación del empalme

El valor de la atenuación máxima del sistema está relacionado con la distancia o alcance del equipo y se calcula mediante la diferencia entre de la potencia mínima de la OLT y la potencia mínima de la ONT. Para nuestro caso se considera un OLT Alcatel con un valor de potencia mínima de +1.5 dBm y ONT del usuario con un valor de potencia mínima de -25 dB, dándonos una potencia mínima de recepción de 26.5 dB. En este caso el valor del radio de cobertura de atención de la OLT hasta la ONT es de 3.0 Km.

A continuación la siguiente tabla nos muestra los valores de atenuación de los elementos de la red.

Tabla 5.5 Valores de atenuación de elementos de red

Fuente: Ramírez, 2019

Atenuación	dB
Splitter primario 1x8	9.7
Splitter secundario 1x8	9.7
Conectores	0.3
Empalme	0.03
Cable	0.35

Para el cálculo de la atenuación óptica del sistema emplearemos la siguiente fórmula:

$$At_{sistema} > (\#_{conectores} * At_{conectores}) + (\#_{empalmes} * At_{empalmes}) + (\#_{splitters} * At_{splitters}) + (L_{m\acute{a}x\ de\ fibra} * At_{fibra})$$

Entonces, de acuerdo con los valores del cuadro anterior y considerando que el número de conectores para esta red es de 8 y el número de empalmes es de 4, procedemos a calcular los valores de atenuación total por tramo por cada splitter primario con la fórmula anterior.

Tabla 5.6 Tramos en Km por cada splitter primario

Fuente: elaboración propia

	Tramo (Km)
Splitter primario 1	0.85
Splitter primario 2	1.02
Splitter primario 3	1.2
Splitter primario 4	1.4
Splitter primario 5	1.65
Splitter primario 6	1.8
Splitter primario 7	1.95
Splitter primario 8	2.05
Splitter primario 9	2.1
Splitter primario 10	2.3
Splitter primario 11	2.35
Splitter primario 12	2.45
Splitter primario 13	2.52
Splitter primario 14	2.7
Splitter primario 15	2.75
Splitter primario 16	2.85

Splitter primario 1:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (0.85 * 0.35)$$

$$At_{sistema} = 22.2175$$

Splitter primario 2:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (1.02 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.277$$

Splitter primario 3:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (1.2 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.34$$

Splitter primario 4:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (1.4 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.41$$

Splitter primario 5:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (1.65 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.4975$$

Splitter primario 6:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (1.8 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.55$$

Splitter primario 7:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (1.95 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.6025$$

Splitter primario 8:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (2.05 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.6375$$

Splitter primario 9:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (2.1 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.655$$

Splitter primario 10:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (2.3 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.725$$

Splitter primario 11

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (2.35 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.7425$$

Splitter primario 12:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (2.45 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.7775$$

Splitter primario 13:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (2.52 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.802$$

Splitter primario 14:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (2.7 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.865$$

Splitter primario 15:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (2.75 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.8825$$

Splitter primario 16:

$$At_{sistema} = (8 * 0.3) + (4 * 0.03) + (1 * 9.7) + (1 * 9.7) + (2.85 * 0.35)$$
$$At_{sistema} = 22.9175$$

Como se puede observar, el valor máximo de atenuación es de 22.9175 dB, y este valor es menor al valor de la atenuación máxima del sistema 26.5 dB. Entonces esto significa que todas las señales ópticas enviadas desde el equipo OLT hasta la vivienda del abonado llegarán con una potencia adecuada.

5.2.2. Tasa de ancho de banda de datos

Para el cálculo de la tasa de transmisión de los datos que requiere un abonado se consideró el famoso servicio "Triple-Play", el cual incluye los servicios de Voz sobre IP (VoIP), Televisión por IP (IPTV) y el acceso a Internet.

Para la medición de la tasa de transmisión de VoIP se utiliza el códec G.729, la cual tiene una tasa de velocidad de subida y descarga de 31.3 Kbps y para la medición de la tasa de transmisión de IPTV se

tomará como referencia el formato MPEG4, la cual tiene una tasa de velocidad de subida de 8 Mbps y una velocidad de descarga de 1.5 Mbps.

Y finalmente para el cálculo para la medición de la tasa de acceso a Internet tomaremos en cuenta que cada puerto del equipo OLT utilizado tiene una capacidad de 2.5 Gbps de descarga y 1.5 Gbps de capacidad para subida, y adicionalmente que cada puerto puede atender como máximo hasta 64 usuarios se puede hallar la tasa máxima de acceso a Internet con la red de fibra para este lugar.

El siguiente cuadro indica un resumen de las velocidades de descarga y subida para servicios de Voz sobre IP (VoIP), Televisión por IP (IPTV) y el acceso a Internet.

Tabla 5.7 Velocidades de descarga y subida de servicios

Fuente: elaboración propia

Servicio	Descarga (Mbps)	Subida (Mbps)
VoIP	0.0313	0.0313
IPTV	8	1.5
Acceso a Internet	31.03	19.1001
Total	39.06	19.53

5.3. Otro tipo de resultados

Se puede ver que como resultado, la tasa máxima de transmisión de datos por usuario es de 39.06 Mbps en descarga y 19.53 Mbps en subida por el total de los tres servicios. Para nuestro caso, nos vamos a enfocar en las velocidades de acceso a Internet. Debido a que este proyecto aún lo han adquirido solo algunos usuarios y abonados y teniendo en cuenta la coyuntura actual (pandemia) y la limitación de visitar varias cantidades de hogares, vamos a tomar como referencia un test realizado a un usuario que adquirió el servicio y realizaremos un

test de velocidad de acceso a Internet del antes y después de su acceso a Internet. Cabe resaltar que antes del uso del acceso por fibra utilizaba un servicio con cobre, coaxial HFC.



Figura 5.9 Test de velocidad de acceso a Internet con cobre, coaxial HFC.

Fuente: speedtest.net



Figura 5.10 Test de velocidad de acceso a Internet con fibra óptica.

Fuente: speedtest.net

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

- ✓ Contrastación de la hipótesis general: “El empleo de una red FTTH mediante el estándar GPON posibilitará la mejora en la calidad del servicio de Internet de los usuarios pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos”: Como se pudo apreciar en los resultados mostrados en el test anteriormente se pudo mejorar los valores de subida y bajada con respecto al acceso a Internet, así como el valor ping.
- ✓ Contrastación de la hipótesis específica: “El empleo de una red FTTH mediante el estándar GPON mejorará tanto en las velocidades de carga y descarga para los usuarios”: De igual manera, las velocidades de carga y descarga en el acceso de banda ancha fueron mejores, gracias al cambio de medio de transmisión a fibra óptica como medio de acceso a Internet.
- ✓ Contrastación de la hipótesis específica: “Los requerimientos necesarios para una implementación de un proyecto de red FTTH mediante el estándar GPON serán mucho más viables con el apoyo del Estado y las empresas privadas”. El despliegue de las redes para el acceso a Internet mediante fibra FTTH es una de las tecnologías que más se está implementando en varias ciudades del mundo, por lo que no debemos de ser ajenos a esta nueva realidad y es por eso que las compañías privadas y el Estado, deben invertir más y comprometerse en el despliegue masivo de esta tecnología en las demás ciudades del país que faltan.

- ✓ Contrastación de la hipótesis específica: “El empleo de una red FTTH mediante el estándar GPON será una opción más económica para los usuarios”. Se logró obtener mejores precios en los costos de los servicios, ya que el precio del servicio con la tecnología anteriormente predominante en la zona, que es el HFC, es de 140 soles y con el de fibra es de 80 soles. [48]

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

- ✓ Para este proyecto se realizó el cálculo de la tasa de transmisión de los datos que se requiere para que un abonado sea un posible consumidor del servicio “Triple-Play”, el cual incluye los servicios de Voz sobre IP (VoIP), Televisión por IP (IPTV) y el acceso a Internet. Sin embargo, para nuestro caso, nuestro foco principal fue el último de los tres servicios mencionados.
- ✓ Para este proyecto, al igual que otros estudios similares, se incluyó una red de backup o contingencia mediante la topología anillo para que sea la red funcional en caso de la que red principal sufra problemas de caídas de enlace.
- ✓ Para el presente proyecto, de forma parecida a otros estudios similares, uno de los objetivos logrados fue la reducción de costos por el acceso al servicio al mismo tiempo que aumentar la calidad de acceso de la misma.

6.3. Responsabilidad ética

Para el desarrollo de la presente tesis se tomó en consideración el Código de Ética de Investigación de la Universidad Nacional del Callao (Resolución del Consejo Universitario N° 210-2017-CU 2017).

VII. CONCLUSIONES

- ✓ Se logró diseñar una red de fibra óptica FTTH con tecnología GPON para los abonados y/o usuarios principalmente pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos, ya que la zona en mención solo se contaba con la tecnología de cobre coaxial HFC.
- ✓ Se hizo una estimación del número total de viviendas que se encuentran principalmente pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos, por lo que en el diseño de esta red se tomaron en cuenta un proyecto de futuras ampliaciones y crecimientos GPON y sobraron algunos filamentos o hilos en determinados splitters para realizar dicho cometido.
- ✓ Se calcularon las atenuaciones o pérdidas ópticas que están presentes en los enlaces de la red de alimentación (splitters primarios).
- ✓ Se logró obtener mejores resultados en las tasas de velocidades de acceso a Internet en comparación con los resultados que se tenían anteriormente.
- ✓ Para este proyecto, el radio de cobertura de atención desde el equipo OLT hasta la ONT del abonado es de 3 Km, por lo que esta debe ser la máxima separación.

VIII. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda poder realizar un estudio complementario de otros servicios que puedan aprovecharse con la implementación del diseño de esta red FTTH con la tecnología GPON.
- ✓ Se recomienda que el diseño de esta red FTTH pueda ser también implementada, inicialmente, en otros lugares de la ciudad, previo estudio técnico, para que de esta manera los usuarios puedan tener una mejor experiencia en el acceso a Internet y pueda aprovecharse en distintos contenidos.
- ✓ Se recomienda implementar redes que sean cada vez más escalables y de esta manera pueda satisfacer los cambios frecuentes de los servicios que puedan estar asociados.
- ✓ Se recomienda para futuras actualizaciones relacionadas a esta red, tener en cuenta la cantidad de nuevos usuarios que han adquirido el servicio y de esta manera se pueda realizar un mejor estudio técnico y factibilidad para futuras modificaciones.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ALDAZ CORRALES, C. *Diseño de la infraestructura FTTH GEPON para clientes masivos en la ciudad de Ambato*, 2016 – Ecuador. Ambato-Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

[2] CALVILLO MENDOZA, I. *Diseño de una red FTTH para un operador global de telecomunicaciones en el área de la CAPV*, 2017 – España. País Vasco-España: Universidad del País Vasco.

[3] CASTELLANOS-CASAS, J. *Diseño de una red óptica pasiva bidireccional con particionamiento espectral de una fuente de banda ancha*, 2017 – Colombia. Bogotá-Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

[4] ARIAS DE LA CRUZ, J. *Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar*, 2015. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

[5] ZAPATA HUERTAS, J. – *Mejora del servicio de acceso de banda ancha y televisión con tecnología FTTH para el sector del Cercado de Sechura*. 2020. Piura-Perú: Universidad Nacional de Piura.

[6] LAIME ESTRADA, F. *Diseño de redes con tecnología GPON para el área de TI de la clínica La Familia en San Borja*, 2020. Callao-Perú: Universidad César Vallejo.

[7] TREJO FLORES, W. *Diseño de un sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica para mejorar la red de comunicaciones en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*,

Huaraz 2016, 2018. Huaraz-Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

[8] ALMANZA, C. & CALLOMAMANI, J. *Diseño de una red metropolitana basada en tecnología GPON, para optimizar los servicios tecnológicos de la municipalidad provincial Jorge Basadre, en beneficio de la población del distrito de Locumba*, 2017. Tacna-Perú: Universidad Privada de Tacna.

[9] WIKIPEDIA. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_computadoras, consultado el 21 de mayo del 2021.

[10] CASTRO MANDUJANO, R. *Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres*, 2019. Lima-Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

[11] MIRANO TITO, V. *Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON para la urbanización Las Flores del distrito de San Juan de Lurigancho*, 2019. Lima-Perú: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

[12] REDESTELECOM. Obtenido de <https://www.redestelecom.es/infraestructuras/opinion/1081136001803/revolucion-fibra-optica-ambito-redes-locales.1.html>, consultado el 5 de julio del 2021.

[13] SILEX GLOBAL, SPAIN S.L. Obtenido de <http://silexfiber.com/conectores-fibra-optica>, consultado el 12 de mayo del 2021.

- [14] MARCHUKOV, Y. *Desarrollo de una aplicación grafica para el diseño de infraestructura*, 2011. Valencia-España: Universidad Politécnica de Valencia.
- [15] REDESTELMATICAS. Obtenido de <http://redestelematicas.com/la-ultima-milla/>, consultado el 19 de mayo del 2021.
- [16] GOMEZ BOSSANO, M. S., & MOREJON GAIBOR, A. P. *Estudio y diseño de una red de acceso GPON para los servicios de telecomunicaciones triple play (voz, video y datos) en el sector oriental de la ciudad de Riobamba*, 2012. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- [17] VIAVISOLUTIONS. Obtenido de <https://www.viavisolutions.com/es-es/categorias-de-producto/prueba-de-fibra-optica/soluciones-para-redes-opticas-pasivas-pon>, consultado el 5 de junio del 2021.
- [18] ASENJO, J. *Diseño y construcción de una red fibra óptica (FTTH) para brindar servicios de voz, videos y datos en sector Barrios Bajos de la ciudad de Valdivia*, 2014. Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile.
- [19] WIKIPEDIA. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/EPON>, consultado el 27 de mayo del 2021.
- [20] CHILLO, F. *Implementación de redes FTTH – GPON en la ciudad de La Paz*. La Paz-Bolivia: Universidad Mayor de Andrés, 2017.
- [21] BUSTOS GAIBOR, S. & DEL PEZO BACILIO, J. *Diseño e implementación de un sistema vídeo vigilancia utilizando tecnología IP, entre la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones y sus laboratorios*, 2015. La Libertad-Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

[22] GAESTOPAS. Obtenido de <https://www.gaestopas.com/es/noticias/que-es-gpon-fibra-optica>, consultado el 15 de junio del 2021.

[23] RAMÍREZ ZAPATA, S. *Diseño de una red de FTTH para el acceso de banda ancha en el condominio Galilea – Castilla, utilizando tecnología GPON*, 2019. Piura-Perú: Universidad Nacional de Piura.

[24] UIT-T, U. I. Serie L: *Construcción, Instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior (Empalmes de fibra óptica)*, 2020. Sector de normalización de las telecomunicaciones de la UIT.

[25] DENISTEC. Obtenido de <https://denistec.com/ciencia/conoces-la-diferencia-entre-internet-por-cable-hfc-fibra-optica-y-adsl/>, consultado el 2 de julio del 2021.

[26] XXXAMIN1314. Obtenido de <https://xxxamin1314.medium.com/an%C3%A1lisis-de-pon-qu%C3%A9-es-olt-onu-ont-y-odn-8e78eb25e4bb>, consultado el 14 de junio del 2021.

[27] FIBERMAX. Obtenido de <http://fibermax.pe/cajas-de-empalme-mufas/>, consultado el 8 de julio del 2021.

[28] FIBRESPLITTER. Obtenido de <http://www.fibresplitter.com/info/basic-of-optical-distribution-frame-odf-35917978.html>, consultado el 27 de mayo del 2021.

[29] COMMUNITY.FS. Obtenido de <https://community.fs.com/es/blog/transceiver-vs-transponder-what-are-the-differences.html>, consultado el 18 de junio del 2021.

[30] ROMANÍ OJEDA, J. *Implementación de una red de fibra óptica pasiva como parte del sistema de videovigilancia de la municipalidad provincial de Sullana*, 2019. Lima-Perú: Universidad Tecnológica del Perú.

[31] HACKBARTH, K. *Redes de comunicación*. Cantabria-España: Universidad de Cantabria, 2012.

[32] THEFOA. Obtenido de <https://www.thefoa.org/ESP/Conectores.htm>, consultado el 25 de junio del 2021.

[33] WIKIPEDIA. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/FTTx>, consultado el 8 de julio del 2021.

[34] AÑAZCO AGUILAR, C. *Diseño básico de redes de acceso FTTH utilizando el estándar GPON*, 2013. Guayaquil-Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

[35] LOZANO BLANCO, A. *Estudio de las redes FTTH y despliegue de una red FTTH en el Barrio de los Bermejales*, 2014. Sevilla-España: Universidad de Sevilla.

[36] OJEDA SOTOMAYOR, A. *Estudio y diseño de una red FTTH en un campus universitario y una vivienda residencial*, 2009. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

[37] JIMÉNEZ RAMOS, D. & SEVERINO GARAY, U. *Diseño de un sistema de videovigilancia utilizando redes GPON para demostrar la mejora de la seguridad ciudadana en el distrito Motupe-Lambayeque*, 2019. Lambayeque-Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

[38] CHAYÑA BURGOS, J. P. *Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa AMITEL S.A.C*, 2017. Puno. Puno-Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

[39] TINOCO ALVEAR, J. *Estudio y Diseño de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicios de voz, video y datos para la urbanización Los Olivos ubicada el sector Totesol en la parroquia borrero de la ciudad de Azogues*, 2011. Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

[40] HINOJOSA GÓMEZ, L. *Tópicos selectos de fibra óptica*, 2007. Pachuca-México: Universidad autónoma del estado de Hidalgo.

[41] ANCAJIMA, D. *Diseño de una red de fibra óptica FTTH para el acceso de banda ancha en el distrito de Piura*, 2018. Piura-Perú: Universidad Nacional de Piura.

[42] CARRIÓN, J. & CASTILLO, C. *Estudio y diseño de un sistema de videovigilancia utilizando una red GPON para contribuir con la seguridad de la población de la ciudad de Jaén*, 2019. Lambayeque-Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

[43] CHAMBERGO HUARANCA, F. *Sistema de red FTTH utilizando la tecnología GPON para mejorar la calidad de servicio de internet en los clientes con red EOC de la empresa Cablered Perú 2021*, 2021. Huancayo-Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

[44] DELGADO, J. & FUSTAMANTE, R. *Diseño de Plataforma de Comunicación con Fibra Óptica Para Monitorear Actos de Inseguridad en la Ciudad de Chota*, 2019. Lambayeque-Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

[45] GALEANO, J. *Diseño e Instalación de una red FTTH*, 2009. Madrid-España: Universidad Carlos III de Madrid.

[46] PACHAS MATIAS, M. *Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino*, 2018. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

[47] TANENBAUM, A. S., & WETHERALL, D. J. *Redes de computadoras*, 2012. Naucalpan de Juárez Estado de México: Editorial: Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana.

[48] OSIPTEL. Obtenido de <https://serviciosweb.osiptel.gob.pe/ConsultaSIRT/Buscar/frmConsultaTar.aspx>, consultado el 6 de setiembre del 2021.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

DISEÑO DE UNA RED FTTH MEDIANTE EL ESTÁNDAR GPON PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SERVICIO DE INTERNET EN LOS HOGARES EN EL DISTRITO DE CHORRILLOS, 2021				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>General:</p> <p>¿De qué manera el diseño de una red FTTH mediante el estándar GPON para la mejora de la calidad del servicio de Internet de los usuarios pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos?</p> <p>Específicos:</p> <p>a) ¿De qué manera se puede brindar mejoras tanto en las velocidades de carga y descarga para los usuarios con el diseño de una red FTTH mediante el estándar GPON?</p> <p>b) ¿Cuáles son los requerimientos necesarios para una implementación de un proyecto de red FTTH mediante el estándar GPON?</p> <p>c) ¿De qué manera el diseño de una red FTTH resulta más económica para los usuarios?</p>	<p>General:</p> <p>Diseñar una red FTTH mediante el estándar GPON para la mejora de la calidad del servicio de Internet de los usuarios pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos.</p> <p>Específicos:</p> <p>a) Determinar de qué manera se puede brindar mejoras tanto en las velocidades de carga y descarga para los usuarios con el diseño de una red FTTH mediante el estándar GPON.</p> <p>b) Determinar los requerimientos necesarios para una implementación de un proyecto de red FTTH mediante el estándar GPON.</p> <p>c) Determinar el diseño de una red el cual sea más económica para los usuarios.</p>	<p>General:</p> <p>El empleo de una red FTTH mediante el estándar GPON posibilitará la mejora en la calidad del servicio de Internet de los usuarios pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos.</p> <p>Específicas:</p> <p>a) El empleo de una red FTTH mediante el estándar GPON mejorará tanto en las velocidades de carga y descarga para los usuarios.</p> <p>b) Los requerimientos necesarios para una implementación de un proyecto de red FTTH mediante el estándar GPON serán mucho más viables con el apoyo del Estado y las empresas privadas.</p> <p>c) El empleo de una red FTTH mediante el estándar GPON será una opción más económica para los usuarios.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>X: Red FTTH mediante el estándar GPON</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Y: Calidad de servicio de Internet en los hogares</p>	<p>1. Tipo de Investigación</p> <p>Cuantitativa</p> <p>2. Diseño de investigación</p> <p>Cuasi-experimental.</p> <p>Los pasos de la investigación a llevar a cabo serán los siguientes: Uso de GPS para la geolocalización del lugar del diseño de la red FTTH. Recolección de información de la demanda de banda ancha en los abonados pertenecientes a las Av. Defensores del Morro y Av. Los Faisanes en el distrito de Chorrillos. Levantamiento de los planos y/o rutas del lugar del diseño de la Red FTTH. Uso de softwares especializados (Google Maps, Google Earth, AutoCAD) para la ubicación del lugar y diseño de la red FTTH. Despliegue de la red FTTH en el lugar (red de alimentación, red de distribución, despliegue</p>

				<p>de la fibra óptica, despliegue de la red de dispersión). Cálculos del diseño de la red FTTH Resultado obtenido de la red FTTH con fibra óptica en un abonado. Conclusiones del trabajo de investigación. Redacción de la tesis</p> <p>3. Método de investigación</p> <p>Quasi-experimental, ya que tiene como objetivo definir cómo actúa una variable independiente sobre la dependiente, se trata de establecer y analizar las relaciones causales que se producen.</p>
--	--	--	--	---

Anexo 2. Plano de AutoCAD



Anexo 3. Datasheet de la caja de empalme (MUFA)



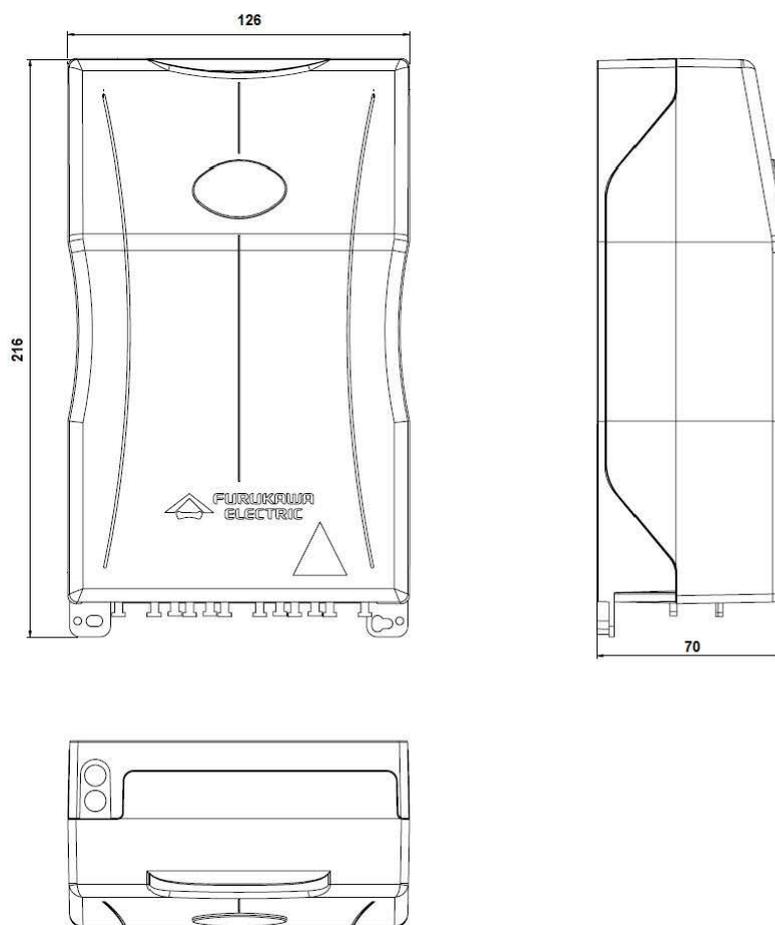
CEIP 12 (CAJA DE EMPALME INTERNA DE PARED 12F)



Descripción	<p>Con capacidad para terminación de los cables ópticos con empalmes, conectores en campo o pre-conectorizados de fábrica.</p> <p>Configuraciones:</p> <ul style="list-style-type: none">• CEIP 12 (empalmes): hasta 12 pigtailes coloridos con conectores SC-APC y sin splitter:<ul style="list-style-type: none">• Para el modelo standard de esta configuración, los protectores de empalme deben ser adquiridos a la parte.• CEIP 12 (splitter): 1 splitter 1x8 pre-conectorizado con conectores SC-APC.
Aplicación	Producto utilizado como un punto de terminación de fibra óptica para ambientes internos
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">• Instalación del cable sin la necesidad de desactivar otros cables;• Posibilidad de pivotar la placa de adaptadores para el mantenimiento sin la necesidad de desactivar otros clientes;• Adaptadores instalados internamente para aislamiento mecánico de los cables ópticos;• Sistema para el anclaje del elemento de resistencia (aramida) de los cables ópticos internos y también de FRP;• Soporte de identificación interna para la gestión de las fibras;• Area específica para el alojamiento de las fibras y reserva;• Separación entre area de activación (conectores ópticos) y el area de instalación (pigtailes, salidas de los divisores y empalmes);• Pigtailes tipo G.657, revestimiento "tight" de 900um colorido en patrón ABNT o Telcordia.
Ambiente de Instalación	Interno.
Ambiente de Operación	Interno.
Temperatura de Operación (°C)	-25 a 75°C
Altura (mm)	216
Ancho (mm)	126
Profundidad (mm)	70

Peso (kg)	0,45 (módulo básico)
Color	Gris.
Tipo de Cable	Tight, loose, micromódulo, low friction.
Diámetro máximo del cable de entrada (mm)	2 cables con 8 mm.
Diámetro do cable de salida (mm)	2x1,6 o 3x2.
Tipo de la Fibra	Monomodo y multimodo.
Tipo de Conector	SC-APC.
Material del Cuerpo del Producto	PC + ABS, termoplástico de alta resistencia.
Grado de Protección	IP30.
Protección de impacto	IK05.
Soporte para empalmes	Mínimo: 3x3x60 Máximo: 3.8x6.5x60
Identificación	Etiquetas internas para identificación y gestión de las fibras.
Cantidad de Adaptadores	12 (cantidad máxima). *** Verificar con Furukawa la cantidad de adaptadores de acuerdo con el modelo elegido.
Cantidad de Bandejas de Empalme	2 (1 para divisor óptico y 1 para extensiones).
Cantidad de Empalmes	12 (para bandeja de empalme dedicada a las extensiones). 2 (para bandeja de empalme dedicada al divisor óptico).
Cantidad por caja (carton)	16
Cantidad por caja (gift)	1
Garantía	12 meses
Nota	De acuerdo a la disponibilidad en su región: 1. De acuerdo con el programa de garantía extendida de FBS.

Dibujo técnico



Codificación