



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



Recibo de pago N° 817600

Visto el Informe N° 051-2025-PIEO-UI-FIMEE-UNSLG, emitido la operaria del sistema de antiplagio se emite la siguiente constancia:

N° 048-2025

CONSTANCIA

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, hace constar que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de la Tesis cuyo título es:

**“DISEÑO DE UNA RED FIBER TO THE HOME CON ESTÁNDAR GIGABIT
PASSIVE OPTICAL NETWORK PARA OPTIMIZAR LAS COMUNICACIONES
EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD SAN LUIS GONZAGA
- 2022”**

Presentado por:

HERNANDEZ CARRASCO, CARLOS ENRIQUE

BACHILLER de la Facultad INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA – Escuela Profesional de INGENIERÍA ELECTRÓNICA. El resultado obtenido es un porcentaje de UNO POR CIENTO (1%), por el cual se le otorga el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presente, el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 17 de Febrero del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dr. José Luis Donayre Pasache
DIRECTOR DE UNIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica



TESIS

Diseño de una red *Fiber to the Home* con estándar *Gigabit Passive Optical Network* para optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad San Luis Gonzaga - 2022

Línea de Investigación

Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

Presentado por:

CARLOS ENRIQUE HERNANDEZ CARRASCO

Ica – Perú

2025

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia por siempre respaldar mi desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los profesores de la facultad por transmitir sus conocimientos y ayudar en mi desarrollo profesional.

A mi asesor, el Ing. José Luis Uculmana Matías deseo expresar mi agradecimiento por su paciencia y compromiso con el apoyo en mi carrera de Ingeniería Electrónica.

Estoy muy agradecido a mis padres por su apoyo incondicional y constante en mis objetivos.

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE	IV
INDICE DE TABLAS	VI
INDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	12
1.1.1. Topología de la Red y Nodo Central.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.2. Planta Interna de la Red de la Ciudad Universitaria	14
1.1.3. Planta Externa de la Red de la Ciudad Universitaria.	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.1. Problema General.....	19
1.2.2. Problemas Específicos	19
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. Justificación.....	20
1.3.2. Importancia	20
1.4. MARCO TEÓRICO.....	21
1.4.1. Antecedentes de la investigación	21
1.5. BASES TEÓRICAS	24
1.5.1. Red de acceso.....	¡Error! Marcador no definido.
1.5.2. Atenuación	24
1.5.3. Fibra Óptica.....	25
1.5.4. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica con respecto a los Cables Metálicos	27
1.6. MARCO CONCEPTUAL	28
1.6.1. Topologías FTTx.....	28
1.6.2. Componentes y materiales principales para estructurar una Red FTTx.....	29
1.6.3. Equipos y Herramientas para trabajar con Fibra Óptica	¡Error! Marcador no definido.
1.6.4. Certificación de redes de fibra óptica.....	36
1.6.5. GPON	36

1.6.6.	Normativas Técnicas para redes GPON.....	¡Error! Marcador no definido.
1.7.	OBJETIVOS.....	39
1.7.1.	Objetivo General	39
1.7.2.	Objetivos Específicos.....	39
1.8.	HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
1.8.1.	Hipótesis:	40
1.9.	VARIABLES.....	40
1.9.1.	Variable Independiente	40
1.9.2.	Variable Dependiente.....	40
1.9.3.	Matriz de Operacionalización de variables.	40
II.	ESTRATEGIA METODOLÓGICA	42
2.1.	TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	42
2.1.1.	Tipo de Investigación.....	42
2.1.2.	Nivel de Investigación.....	42
2.1.3.	Diseño de Investigación	42
2.2.	UBICACIÓN Y TIEMPO:	42
2.2.1.	Ubicación	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2.	Tiempo	42
2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	42
2.3.1.	Muestra.....	42
2.4.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	43
2.5.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	43
2.6.	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	44
III.	RESULTADOS.....	45
3.1.	DISEÑO DE LA RED GPON	45
3.1.1.	Estructura y Topología del diseño.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.2.	Diagrama de Hilos y Empalmes de la Red GPON de la Ciudad Universitaria...	53
3.1.3.	Cálculo de Atenuación y Nivel Óptico	55
3.1.4.	Equipos y Materiales necesarios para la Red GPON	¡Error! Marcador no definido.
3.1.5.	Costos Referenciales para la red GPON	¡Error! Marcador no definido.
IV.	DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	71
V.	CONCLUSIONES.....	73
VI.	RECOMENDACIONES.....	74

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
VIII. ANEXOS.....	77

INDICE DE TABLAS

TABLA I. Parámetros Para Certificar Una Red Ftx Gpon.....	38
TABLA II. Valores Referenciales De Medios Físicos Dependientes Itu-T G.984.X	39
TABLA III. Matr TABLA I. Parámetros Para Certificar Una Red Ftx Gpon.....	38
TABLA II. Valores Referenciales De Medios Físicos Dependientes Itu-T G.984.X	40
TABLA III. Matriz De Operacionalización De Variables	41
TABLA IV. Tipos De Transceivers Gpon	55
TABLA V. Valores de atenuación max. Y min.....	56
TABLA VI. Valores Ópticos De La Red	57
TABLA VII. Atenuación De La Onda De Luz Por La Distancia	57
TABLA VIII. Valores Ópticos Finales	58
TABLA IX. Tabla De Niveles Ópticos Para Cada Ont En La Red Gpon.....	61
TABLA X. Características Del Transceiver Ubiquiti B+	65
TABLA XI. Características De La Fibra Óptica Marca Fiberhome.....	66
TABLA XII. Equipos Y Materiales Para La Red Gpon.....	71
iz De Operacionalización De Variables	41
TABLA IV. Tipos De Transceivers Gpon	55
TABLA V. Valores de atenuación max. Y min.....	56
TABLA VI. Valores Ópticos De La Red	57
TABLA VII. Atenuación De La Onda De Luz Por La Distancia	57
TABLA VIII. Valores Ópticos Finales	58
TABLA IX. Tabla De Niveles Ópticos Para Cada Ont En La Red Gpon.....	60
TABLA X. Características Del Transceiver Ubiquiti B+	65
TABLA XI. Características De La Fibra Óptica Marca Fiberhome.....	66
TABLA XII. Equipos Y Materiales Para La Red Gpon.....	70

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Gabinete del nodo central	13
Fig. 2. Gabinete de facultades y oficinas	14
Fig. 3. Gabinete de la facultad de farmacia.....	15
Fig. 4. Pozo subterráneo de fibra óptica del campus universitario	16
Fig. 5. Zanja para los ductos de fibra óptica	16
Fig. 6. Pozo subterráneo destapado.....	17
Fig. 7. Pozo subterráneo con reservas y mufas mal implementadas	18
Fig. 8. Pozo subterráneo destapado sin mantenimiento	18
Fig. 9. Ejemplo de red de acceso- red óptica pasiva	24
Fig. 10. Características de un filamento de fibra óptica.....	25
Fig. 11. Modos de transmisión en las fibras ópticas	26
Fig. 12. Esquema de redes y topologías ftx	28
Fig. 13. Estructura de la fibra óptica.....	29
Fig. 14. Radios de curvatura de la fibra óptica	30
Fig. 15. Tipos de cables de fibra óptica	31
Fig. 16. Conectores de fibra óptica	32
Fig. 17. Empalme por fusión en campo	33
Fig. 18. Empalme mecánico y empalme por fusión.....	33
Fig. 19. Peladora de fibra óptica de 3 orificios	34
Fig. 20. Tijera para kevlar.....	34
Fig. 21. Botella de alcohol isopropílico	35
Fig. 22. Cortadora de fibra óptica	35
Fig. 23. Fusionadora de fibra óptica	36
Fig. 24. Prueba de fibra óptica tipo nivel 1	36
Fig. 25. Zona 01 - ciudad universitaria slg	45
Fig. 26. Zona 02 - ciudad universitaria slg	46

Fig. 27. Zona 03 - ciudad universitaria slg	47
Fig. 28. Zona 04 - ciudad universitaria slg	48
Fig. 29. Zona 01 - mapa de hilos – ciudad universitaria slg	49
Fig. 30. Zona 02 - mapa de hilos - ciudad universitaria slg	50
Fig. 31. Zona 03 - mapa de hilos – ciudad universitaria slg	51
Fig. 32. Zona 04 - mapa de hilos – ciudad universitaria slg	52
Fig. 33. Diagrama de hilos y empalmes de la red gpon de la ciudad universitaria.....	54
Fig. 34. Nivel de atenuación de la red gpon	56
Fig. 35. Ufiber 4 olt	61
Fig. 36. Características técnicas de la olt ufiber 4	62
Fig. 37. Ont ufiber wifi 6	62
Fig. 38. Características técnicas de hardware de la ont ufiber wifi 6.....	63
Fig. 39. Características técnicas de software de la ont ufiber wifi 6.....	63
Fig. 40. Odf superfiber de 04 puertos	64
Fig. 41. Transceiver gpon marca ubiquiti	64
Fig. 42. Fibra óptica para despliegue subterráneo marca fiberhome	65
Fig. 43. Carrete de fibra drop monomodo g.657.a2 marca fiberhome.....	66
Fig. 44. Mufa horizontal superfiber	67
Fig. 45. Splitter balanceado 1:16 sin conectores.....	67
Fig. 46. Patchcord sc/apc - sc/upc simplex	68
Fig. 47. Patchcord sc/apc - sc/apc simplex	68
Fig. 48. Pigtail sc/apc simplex – monomodo.....	68
Fig. 49. Enfrentador sc/apc simplex monomodo	69
Fig. 50. Conectores rápidos sc/apc tipo cocodrilo	69
Fig. 51. Divisor óptico modular 1x4 g-657a/b sc/apc.....	69

RESUMEN

En este trabajo de investigación se elabora una red de transmisión de información que utiliza la tecnología Gigabit Passive Optical Network (GPON) con el fin de mejorar la red de datos de la Universidad de San Luis Gonzaga. Este sistema de datos ofrecerá acceso a servicios de telecomunicaciones en el campus universitario con velocidades de carga y descarga rápidas. Con estos datos, analizamos la situación actual de la infraestructura de red en el campus universitario, y con esta información se diseñará la red GPON utilizando Google Earth. Igualmente, se consideran los parámetros de la normativa vigente ITU G.984.x para lograr un diseño estandarizado. Asimismo, se discute el concepto teórico de la fibra óptica destinada a redes que utilizan el estándar GPON. Después, se determinaron los niveles óptimos adecuados para asegurar la estabilidad y viabilidad de la red. Finalmente, se llegó a la conclusión de que la ejecución de este proyecto podría cubrir la necesidad de nuevas tecnologías de comunicación requeridas por estudiantes, trabajadores y docentes.

Palabras clave: Fibra Óptica, Simultaneidad, Ancho de Banda, ITU G.984.

ABSTRACT

In this research work, an information transmission network using Gigabit Passive Optical Network (GPON) technology is developed in order to improve the data network of Saint Louis Gonzaga University. This data system will provide access to telecommunications services on the university campus with fast upload and download speeds. With this data, we analyze the current situation of the network infrastructure on the university campus, and with this information, the GPON network will be designed using Google Earth. Likewise, the parameters of the current ITU G.984.x standard are considered to achieve a standardized design. Likewise, the theoretical concept of optical fiber for networks using the GPON standard is discussed. Then, the optimal levels suitable to ensure the stability and viability of the network were determined. Finally, it was concluded that the execution of this project could cover the need for new communication technologies required by students, workers and teachers.

Keywords: Fiber Optic, Simultaneity, Bandwidth, ITU G.984.

I. INTRODUCCIÓN

La Red Óptica Pasiva de Gigabit (GPON o Gigabit - Capable Passive Optical Network) es una tecnología de acceso en telecomunicaciones que emplea la fibra óptica para conectar al usuario final, estandarizada según las normativas ITU G.984.x, que aseguran la interoperabilidad entre diferentes fabricantes. Debido a que esta tecnología emplea la fibra óptica como su medio físico, presenta importantes beneficios en comparación con el cable de cobre, como un mayor ancho de banda y una reducción de interferencias por ruido. Su característica de punto a multipunto genera ahorros notables en la instalación de fibra óptica y en interfaces ópticas. Otra ventaja es que estas redes no necesitan elementos activos entre el operador y el abonado, lo que representa un beneficio para el operador en costos de operación e implementación.

Las redes de datos son actualmente esenciales en cualquier institución educativa, ya sea pública o privada. En la universidad San Luis Gonzaga, se necesita una red capaz de atender a toda su comunidad universitaria (alumnos, estudiantes, empleados, visitantes). Sin embargo, la red vigente de la ciudad universitaria no satisface la demanda actual de usuarios que existen en su población. Esta se compone de una red HFC y otra de fibra óptica que no funcionan de forma unificada. Asimismo, no cuenta con un diseño organizado o con un esquema topológico, lo que complica llevar a cabo un mantenimiento o ampliación de la misma. Finalmente, la infraestructura de esta red está en pésimas condiciones y no es de fácil acceso.

Así, al surgir esta problemática, se fundamenta la investigación de un diseño de red que sea escalable, que ofrezca estabilidad, mayor capacidad de ancho de banda, mayor rapidez, adaptabilidad a nuevas tecnologías y de fácil acceso. De este modo, las arquitecturas FTTX y la tecnología GPON ofrecen los estándares más adecuados para diseñar una red con tecnología avanzada y de gran fiabilidad.

La meta es satisfacer la demanda de los usuarios en la comunidad universitaria al optimizar y fortalecer sus redes de transmisión de datos, con el fin de ofrecer un servicio de calidad, innovador y estandarizado en sus instalaciones.

La investigación actual se organiza en seis capítulos:

- Capítulo I: en esta sección se expone la problemática, la formulación del problema, la justificación y relevancia de la investigación, el marco teórico, las bases conceptuales, el marco conceptual, los objetivos generales y específicos, la hipótesis y las variables de estudio.
- Capítulo II: en este segmento se define la estrategia metodológica; el tipo, el nivel y el diseño de la investigación; la población y la muestra; los métodos para la recolección de datos; los instrumentos para la obtención de información y las técnicas para el procesamiento, análisis e interpretación de datos.

- Capítulo III: se explican los hallazgos de la investigación, se presenta el diseño de la red GPON, el esquema de cables de la red GPON, el cálculo del ancho de banda, el cálculo de sobresuscripción, los niveles de atenuación en la red GPON, los parámetros ópticos de la red GPON, se enumeran los equipos y materiales requeridos para la red GPON y finalmente, los costos de estos.
- Capítulo IV: en esta parte se examinan y comparan los hallazgos obtenidos con otros estudios semejantes.
- Capítulo V: se exponen las conclusiones de la investigación proporcionando información técnica y detallada sobre el diseño definitivo de la red GPON para la ciudad universitaria.
- Capítulo VI: se presentan las sugerencias de la investigación para el correcto cuidado y mejora de la red.

1.1. Situación Problemática

La red presente en el campus está formada por dos estructuras básicas: la primera y más antigua es de cable coaxial, mientras que la segunda, más actual, es de fibra óptica, que únicamente proporciona servicio a ciertas oficinas del personal administrativo. Esto convierte el uso de ambas redes en un requisito para toda la comunidad de la ciudad universitaria, asegurando la estabilidad. Cada red proporciona velocidades de hasta 200 Mbps, sumando un total de 400 Mbps para toda la comunidad universitaria. Esto lleva a que la red se congestione en ciertos momentos del día, lo que genera demoras en la conexión. Esto genera problemas para los universitarios por la inestabilidad y la ineficiencia de la red en las horas más concurridas del día. Esta circunstancia obliga a los técnicos de la Oficina de Tecnología de la Información (OTI) a remediar los inconvenientes de conectividad con la red coaxial, pero no se puede tener el mismo éxito con la red de fibra óptica debido a que no disponen de los materiales y herramientas necesarias para intervenir en ella. A pesar de los problemas, la red de fibra óptica continúa operando actualmente con deficiencias en su instalación y también con la falta de mantenimiento. La empresa proveedora estableció una red de fibra óptica con una infraestructura externa subterránea en toda la ciudad universitaria, conectando todas las facultades y oficinas mediante ductos y pozos subterráneos. La desventaja de los ductos subterráneos radica en que se congestionan con facilidad y la mayor parte de los canales se bloquean con residuos y desechos, lo que dificulta la inserción de nuevos cables e impide la expansión de la red. Numerosos pozos subterráneos se encuentran en mal estado, se llenan de agua con facilidad y en ciertos casos presentan tapas dañadas o mal colocadas. La repartición de fibra comienza desde la oficina de la OTI. El destino último de cada cable de fibra óptica son los gabinetes de cada facultad y oficinas del campus, que albergan routers, switches, paneles de conexión, conversores de medios, entre otros.

1.1.1. Estructura de la Red y Nodo Principal

La estructura general de la red de fibra óptica en la ciudad universitaria es del tipo “Estrella”, dado que los diversos destinos o puntos (oficinas y facultades) están enlazados a un nodo central, situado en las instalaciones de la OTI.

En el nodo principal podemos hallar el siguiente gabinete:

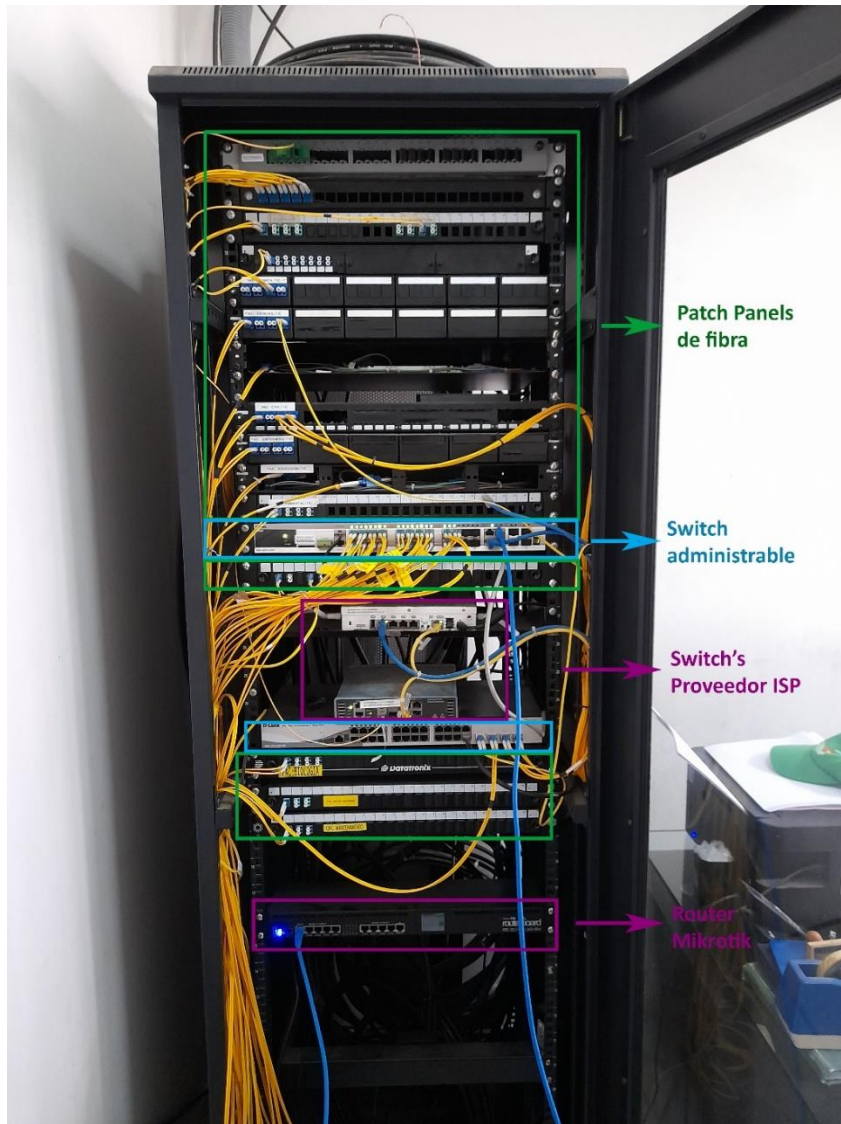


Fig. 1. Gabinete del nodo central. [Fuente propia]

- Switch administrable D-link Dgs-1210 de 28 puertos L3
- Switch administrable L3 DGS-3620-28SC con 28 conectores
- Switch Administrable series Datacom 2104G2 2100 EDD
- Router Mikrotik RB3011
- Panel de Conexiones de Fibra

1.1.2. Planta Interna de la Red de la Ciudad Universitaria

Desde este punto se extiende la red de fibra óptica que se distribuirá por los conductos subterráneos en el campus universitario para alcanzar todas las oficinas y facultades que requieran este servicio. El destino son los armarios colocados en cada edificio. El gabinete alberga dispositivos (enrutadores, conmutadores, convertidores de medios, etc.) que gestionan la red dentro de la infraestructura y se enlazan a cada extremo mediante un cableado estructurado, proporcionando acceso a Internet.

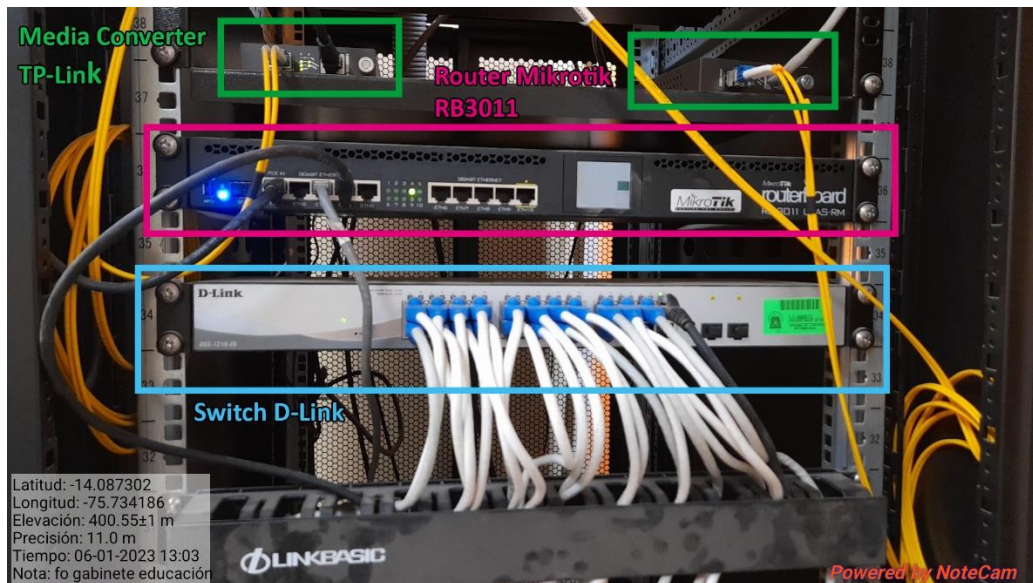


Fig. 2. Gabinete de Facultades y Oficinas. [Fuente Propia]

- Convertidor de medios WDM TP-Link 10/100Mbps - MC112CS
- Mikrotik RB 3011 Router
- D-Link DGS-3620-28SC Switch
- Computadora de cableado
- Patchord y otros componentes.

En ciertos gabinetes se pueden hallar más dispositivos conectados, mientras que en otros armarios se puede encontrar un router de Movistar que funciona como el terminal de la red de cable coaxial instalada a vía aérea en el campus. También se pueden visualizar conexiones

para alimentar antenas de radioenlace y repetidores que ofrecen conexión inalámbrica Wifi a la red.



Fig. 3. Oficina de la facultad de Farmacia. [Fuente Propia]

Esta es toda la infraestructura interior que se localiza en la Ciudad Universitaria San Luis Gonzaga.

1.1.3. Planta Externa de la Red de la Ciudad Universitaria.

Se pueden observar los pozos y las tuberías subterráneas distribuidas a lo largo de todo el campus.



Fig. 4. Cámara subterránea de fibra óptica del recinto universitario. [Fuente Propia]

Ciertas canalizaciones están abiertas, como en la facultad de Obstetricia, donde se pueden observar las zanjas que se usarán para la instalación de los ductos de fibra óptica.



Fig. 5. Zanja para los ductos de fibra óptica. [Fuente Propia]

Uno de los inconvenientes que muestra la planta externa es la mala construcción de los pozos subterráneos, ya que se puede notar que muchos de ellos están siempre inundados de agua, por lo que es necesario establecer un adecuado aislamiento para resguardar la fibra óptica. Asimismo, se observan las reservas de fibra óptica y mufas guardadas en los pozos subterráneos de manera incorrecta, lo que podría provocar atenuaciones o pérdidas de señal. La ausencia de mantenimiento en esta infraestructura es un elemento crucial que puede influir en el rendimiento óptimo de la red. En el campus se han observado pozos sin tapas o con tapas dañadas, canalizaciones obstruidas y repletas de basura. Esta situación puede causar el rápido deterioro de la fibra, ya que, aunque es bastante resistente a los ambientes externos, está más vulnerable a la humedad, a animales como los roedores y también a las manipulaciones de personas que no pertenecen al personal técnico. Esto imposibilita la expansión de la red, dado que las condiciones actuales complican considerablemente el manejo de la fibra óptica.



Fig. 6. Pozo subterráneo descubierto. [Fuente Propia]



Fig. 7. Pozo subterráneo con reservas y mufas inadecuadamente implementadas. [Fuente Propia]



Fig. 8. Pozo subterráneo descubierto sin cuidado. [Fuente Propia]

Finalmente, la red de la ciudad universitaria no tiene un diagrama, lo que complica considerablemente localizar la posición adecuada de los pozos y de los cables de fibra óptica. Por lo tanto, se sugiere llevar a cabo el diseño de una red de fibra óptica utilizando tecnología GPON, basándose en la información proporcionada por el equipo de OTI y considerando las rutas y estructuras que ya están instaladas en la planta externa.

1.2. Formulación del Problema

Las redes de fibra existentes en la ciudad universitaria son ineficientes y limitadas, ya que la demanda de usuarios y de ancho de banda supera con creces lo previsto.

El personal administrativo del campus son los únicos usuarios finales de esta red de fibra óptica. Esto se debe a que la banda ancha no es suficiente para atender al resto de la comunidad universitaria. Por lo tanto, para evitar sobrecargar la red de fibra se decide conservar la conexión con la red con cable coaxial para ofrecer servicio de Internet a todo el campus. En conclusión, las dos redes se emplean al mismo tiempo para soportar la necesidad de banda ancha del campus. Igualmente, la infraestructura exterior de la red de fibra óptica no se llevó a cabo según normativas, presenta deficiencias y los pozos subterráneos están en mal estado. La mayoría de los ductos subterráneos se encuentran obstruidos o tapados, lo que complica la instalación de nuevos cables de fibra óptica y la expansión de la red. La ausencia de planos o esquemas en la planta externa complica la localización de los pozos y la ejecución de nuevos empalmes de fibra.

Por último, los técnicos de OTI a cargo del mantenimiento de esta red no han recibido formación para llevar a cabo tareas en la red de fibra óptica, así que deben contratar a un proveedor para ejecutar trabajos en la red de fibra.

Teniendo en cuenta esta situación, se optó por crear una infraestructura de red de fibra óptica con tecnología GPON que responda a la creciente demanda de banda ancha y ofrezca calidad e innovación tecnológica a los estudiantes de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga.

1.2.1. Problema General

- **PG.-** ¿Como se diseña una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network para optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga- 2022??

1.2.2. Problemas Específicos

- **PE1.-** ¿Cuál es el proceso para diseñar una red Fiber to the home bajo el estándar Gigabit Passive Optical Network, teniendo en cuenta las normativas actuales ITU G.984, para mejorar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022?
- **PE2.-** ¿Cuál es la forma de planificar el diseño de una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network que asegure viabilidad y sostenibilidad en el servicio de datos y mejore las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022?

- **PE3.-** ¿Cómo dimensionar el diseño de la red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network teniendo en cuenta el nivel óptico adecuado para optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad San Luis Gonzaga - 2022?

1.3. Justificación E Importancia De La Investigación

1.3.1. Justificación

Desde un enfoque social, la implementación de redes que utilicen tecnología GPON facilitará a los estudiantes acceder a un servicio de banda ancha superior y contar con una infraestructura de red avanzada. Esto genera un entorno de bienestar y progreso en la comunidad universitaria.

Desde una perspectiva tecnológica, la planificación de redes de datos que emplean tecnología GPON puede impulsar el progreso para construir redes con gran capacidad, sostenibilidad y fiabilidad. Es una tecnología que puede ajustarse con facilidad a nuevas tendencias como las redes 5G y las tecnologías del Internet de las Cosas.

Desde un enfoque técnico, las redes que emplean tecnología GPON poseen una gran capacidad para usos en telecomunicaciones. Incorpora mayor ancho de banda, velocidades de carga y descarga de datos más rápidas y logra distancias superiores a las redes convencionales. No es susceptible a las interferencias electromagnéticas, por lo que la señal no será alterada por señales externas. Una característica técnica adicional es que la fibra óptica no genera emisiones electrónicas. Esto posibilita el uso de cables UTP y soluciona los inconvenientes de conexión a tierra.

Desde una perspectiva económica, las redes de fibra óptica demandan menos mantenimiento que otras tecnologías, proporcionan un rendimiento superior a largo plazo que el cobre y son una tecnología que impulsa el avance económico, social y tecnológico de la comunidad universitaria.

1.3.2. Importancia

La relevancia de este estudio se enfoca en que las redes de telecomunicaciones actualmente instaladas en el campus universitario no logran satisfacer adecuadamente la demanda de ancho de banda y calidad de servicio para la comunidad universitaria; además, carecen de un diseño, esquema o plano topológico que funcione como referencia para llevar a cabo labores de mantenimiento o expansiones de la red.

Debido a esto, es fundamental explorar, innovar y registrar nuevas opciones de diseño e implementación de redes de comunicación que cumplan con las necesidades de la comunidad universitaria.

Igualmente, esta investigación sienta un precedente para que otros académicos y profesionales del sector contribuyan con conocimientos y técnicas a la educación pública en la región. Finalmente, este estudio busca elevar la calidad de la educación universitaria al optimizar los servicios de telecomunicaciones en la Universidad Nacional San Luis Gonzaga.

1.4. Marco Teórico

1.4.1. Antecedentes de la investigación

1.4.1.1. Antecedentes Internacionales

Reyes [1] en su artículo titulado “Investigación y Diseño de una Red GPON para el Sector Banco de la Vivienda Etapa 1 y 2 de la Parroquia Borrero Charasol” sugiere llevar a cabo el análisis y diseño de una red con tecnología GPON. Mejorando la velocidad, la confiabilidad y el ancho de banda para los usuarios en las áreas afectadas y potenciales suscriptores. Este análisis evidencia los beneficios de las redes de fibra óptica con tecnología GPON en comparación con las redes ADSL que están en funcionamiento en el sector. La investigación aplicó un enfoque analítico de tipo cuantitativo, y el estudio fue de carácter descriptivo. La red y sus características fueron creadas a partir de información obtenida de una encuesta a habitantes. Finalmente, se analiza la rentabilidad económica y la viabilidad técnica para validar la implementación de la tecnología GPON y sus significativas ventajas. Este documento confirma que su red de comunicaciones con tecnología GPON representa la opción más adecuada para permanecer a la vanguardia de la tecnología actual y ofrecer los mayores beneficios a los usuarios.

Baque [2] en su trabajo titulado "Análisis de una red FTTB GPON de fibra óptica para la prestación de servicios de voz, vídeo y datos para el edificio de la carrera de Sistemas Computacionales de la Universidad Estatal del Sur de Manabí". Propone elevar la velocidad, la calidad y la capacidad de la red de datos para alumnos, docentes y empleados en el edificio de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. En el enfoque metodológico se emplearon métodos de investigación como la administración de encuestas a estudiantes, profesores y personal administrativo. La evaluación e interpretación de dicha información se llevó a cabo utilizando los datos recolectados, que evidenciaron que la calidad del servicio de Internet en el edificio era deficiente. Así, la investigación y el diseño de redes FTTB GPON están justificados. Esto culmina con la creación de un diseño de red FTTB GPON para mejorar los servicios de voz, video y datos en la instalación. El estudio del diseño de redes FTTB con tecnología GPON resultará muy beneficioso para los estudiantes, los profesores universitarios y el personal administrativo, pues facilitará la

modernización o transición de las redes de comunicación actuales hacia una tecnología avanzada.

Águila [3] en su trabajo de maestría titulado “Diseño una red GPON para el Distrito El Paraíso de Jipiro, Provincia de Loja, Cantón Loja, empleando gabinetes f01s300”; El problema principal es la falta de un sistema de comunicación por fibra óptica y el objetivo general es crear una arquitectura de red basada en tecnología GPON. La estrategia empleada en este proyecto es el método de análisis-síntesis, donde la fase inicial implica analizar los elementos de la red, y la fase final integra todos los elementos para derivar las características de la nueva red. Este estudio es más informativo que experimental. Se obtuvieron las siguientes conclusiones: La red FTTH se implementa con el gabinete de comunicación F01S300, un chasis tipo OLT y ONT de la marca Huawei para los suscriptores. Se entiende que una red pasiva actúa como un divisor óptico de dos niveles. El primer nivel cuenta con un divisor de 1 entrada y 8 salidas en acoplamiento, mientras que el segundo nivel de distribución dispone de un divisor de 1 entrada y 8 salidas. En este estudio se sostiene: Hoy en día, hay varias marcas en el mercado que proporcionan distintas soluciones de migración de red a tecnología GPON para entornos interiores y exteriores en provecho de los usuarios finales.

1.4.1.2. Antecedentes Nacionales

Francisco y Rojas [4] en su artículo “Arquitectura de red FTTH con tecnología GPON para ofrecer Internet en el Centro Poblado de Comatrana, Ica 2022”; se llevan a cabo estudios en esta área para resolver la carencia de servicios adecuados de Internet de banda ancha que puedan manejar un elevado flujo de datos. Por esta razón, optamos por crear e instalar una red de fibra óptica por las numerosas ventajas que brinda el estándar GPON. La iniciativa se separa en cuatro etapas. El primer paso consiste en "Formación del gabinete, elaboración del presupuesto y planificación del proyecto", el segundo paso es la "aprobación del gobierno local", el tercer paso implica la "ejecución del proyecto" y el paso final es el "control de calidad y medición de energía". IOLM en redes de FTTH. El diseño de este proyecto fue experimental, dado que la meta era crear e implementar una red con tecnología GPON empleando un enfoque digital. En este estudio, los autores subrayan las principales ventajas de las redes de fibra óptica en comparación con las redes de cobre convencionales como las HFC. Además, puede ofrecer servicios de Internet de alta calidad incluso a grandes distancias, como en localidades próximas a la ciudad de Ica. A diferencia de otras redes convencionales, las redes de fibra óptica requieren poco mantenimiento, son fiables y poseen una larga durabilidad. Esto termina con la autorización y la

implementación de 128 cajas NAP en el área de influencia, así como con la verificación de las pruebas de potencia en el lugar, junto a las pruebas teóricas llevadas a cabo.

Bustamante y Meza [5] abordan la importancia de mejorar la infraestructura de red de los laboratorios en las escuelas de ingeniería electrónica en su trabajo "Red GPON para optimizar la Infraestructura de Red en el Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica". Los universitarios, tanto estudiantes como profesores, requieren un alto tráfico de datos y buen uso de banda ancha para llevar a cabo sus actividades cotidianas. No se dispone de la infraestructura necesaria para llevar a cabo una red de transmisión de datos. Se decidió emplear una red de fibra óptica para la instalación interna, con el fin de simplificar el proceso mediante ductos dentro del edificio. El diseño de red GPON creado por los autores influye notablemente en las rutinas diarias de alumnos y docentes, ya que permite la conexión de hasta 218 estudiantes al mismo tiempo, logrando una simultaneidad del 75%. La red es igualmente escalable con XGPON. En otras palabras, no es preciso instalar un cable de fibra óptica adicional, solo es suficiente modificar el equipo activo en la red. Esta tesis sostiene que el estándar GPON no solo contribuirá a elevar la calidad educativa en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Electrónica, sino que también permitirá a la institución modernizar su red de transmisión de datos y seguir a la vanguardia tecnológica. A la vez, la investigación incentiva el aprendizaje para crear nuevas tecnologías y de este modo optimizar las condiciones actuales de la educación pública.

Pachas [6] en su trabajo de grado titulado "Elaboración de una red FTTH con instalación de fibra óptica a través del sistema de alcantarillado en el sector de El Agustino". El desafío principal es la creación de redes mediante tecnología GPON que ofrezca acceso de alta velocidad desde las redes subterráneas en el sistema de drenaje del área de El Agustino. El objetivo principal es crear una red GPON subterránea empleando canalizaciones troncales para mejorar los servicios de banda ancha para los usuarios finales. Se aplica la metodología Packer, la población beneficiaria es la zona I de El Agustino. La muestra no es probabilística. Se finaliza con el diseño de una red para 580 usuarios, con velocidades cercanas a 77,75 Mbps por usuario, alrededor del 40% de la velocidad mínima asegurada. Se toman en cuenta dos grados de splitteo y se emplea una topología de convergencia local. Este estudio ofrece lo siguiente: la fibra óptica integrada en el sistema de alcantarillado disminuye el tiempo de instalación y los gastos operativos en relación con la instalación aérea.

1.5. Bases teóricas

1.5.1. Red de acceso

Esta red ofrece a los usuarios finales el acceso a múltiples servicios o aplicaciones adquiridos mediante terminales y suministrados por proveedores de datos [7].

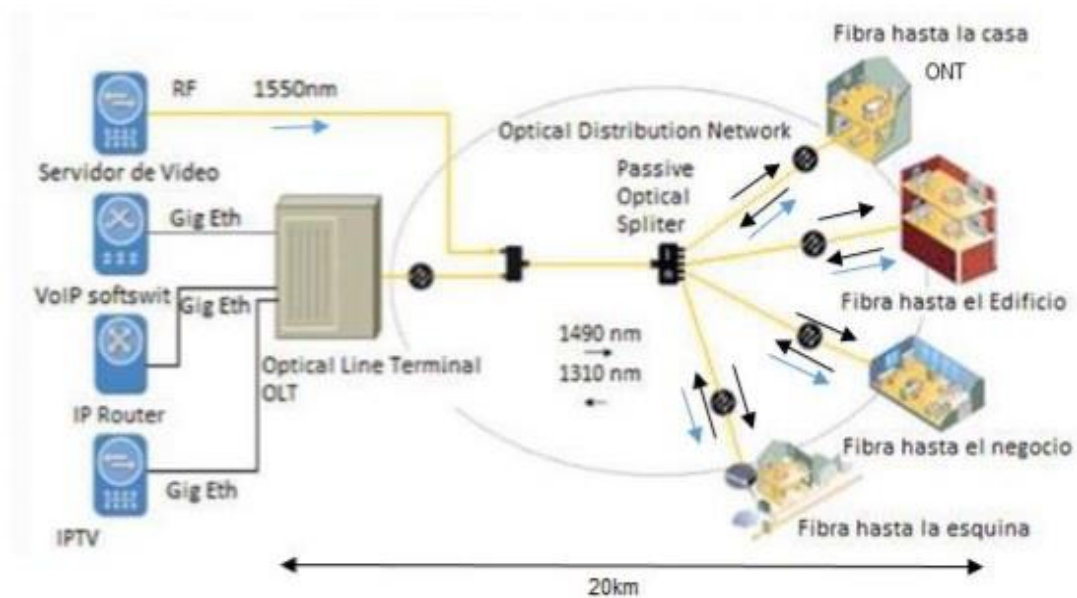


Fig. 9. Ejemplo de red de acceso- red pasiva óptica. [8]

1.5.2. Atenuación

En todos los canales de comunicación, la potencia de la señal se reduce con la distancia. En los medios guiados, esta disminución de energía tiende a ser exponencial y, por lo tanto, a menudo se expresa como una constante en decibelios por unidad de longitud. En los medios no guiados, la atenuación es una función más complicada de la distancia y varía según las condiciones atmosféricas. Se pueden realizar tres observaciones en relación con la atenuación [9].

Primero, la señal que se recibe debe poseer la energía adecuada para que la electrónica del receptor pueda detectar la señal correctamente [9].

En segundo lugar, la señal tiene que mantenerse lo suficientemente alta sobre el ruido para que pueda recibirse sin fallos [9].

En tercer lugar, la atenuación suele ser una función creciente respecto a la frecuencia. Los dos primeros inconvenientes se solucionan ajustando la energía de la señal, por lo que se emplea un amplificador o repetidor. En una conexión de tipo punto a punto, la fuerza de la señal del transmisor tiene que ser suficientemente elevada para ser recibida de manera clara, pero no tan elevada como para sobrecargar los circuitos del transmisor o del receptor y distorsionar la señal. A determinadas distancias, la atenuación no es tolerable, por lo que es necesario emplear un repetidor o amplificador para fortalecer la señal de manera recurrente. Este tipo de problema es considerablemente más complicado en líneas

multipunto donde la distancia entre el transmisor y el receptor varía. El tercer inconveniente es especialmente significativo para las señales analógicas. Debido a que la ganancia cambia con la frecuencia, la señal recibida se altera y se disminuye la claridad. Para solucionar este inconveniente, hay un método para igualar la atenuación en un intervalo de frecuencia determinado. En las líneas telefónicas, esto se logra usualmente alterando las características eléctricas de la línea a través de bobinas cargadas que minimizan los efectos de la atenuación. Una opción adicional es emplear un amplificador que incremente más las frecuencias altas en comparación con las bajas [9].

1.5.3. Fibra Óptica

Las fibras ópticas son conductos delgados y flexibles que miden entre 2 y 125 μm y son capaces de atrapar un rayo de luz. Los cables de fibra óptica tienen forma cilíndrica y se componen de tres secciones concéntricas: núcleo, revestimiento y cubierta. Cada fibra óptica está envuelta por un revestimiento individual, ya sea de vidrio o plástico, que posee propiedades ópticas distintas a las del núcleo. El área entre el núcleo y el recubrimiento funciona como un reflector que restringe los rayos de luz al salir del núcleo [9].



Fig. 10. Características de un filamento de fibra óptica. [12]

1.5.3.1. Características principales de la Fibra Óptica

De acuerdo con Stallings [9], señala cinco características fundamentales de la fibra óptica:

- **Mayor capacidad:** Al proporcionar un mayor ancho de banda, las redes de fibra óptica logran velocidades de transmisión muy elevadas.
- **Dimensiones y peso reducidos:** La fibra óptica es considerablemente más delgada que el cable coaxial o el cable de par trenzado. Disminuir el volumen implica disminuir el peso, lo que a su vez necesita menos infraestructura.
- **Baja Atenuación:** La pérdida de señal en la fibra óptica es considerablemente inferior a la del cable coaxial y el cable de par trenzado.
- **Aislamiento electromagnético:** Los sistemas de fibra óptica son inmunes a los campos electromagnéticos externos. Estos sistemas no son vulnerables a interferencias, ruido impulsivo o diafonía.

- **Mayor distancia entre repetidores:** Un menor número de repetidores implica costos reducidos y menos posibilidades de error. Desde este punto de vista, el desempeño de los sistemas de fibra óptica continúa mejorando de forma gradual.

1.5.3.2 Características de la comunicación en la fibra óptica

Las fibras ópticas transmiten de manera interna los rayos de luz, llevando señales codificadas bajo el principio de reflexión total. Este fenómeno se presenta en medios transparentes donde el índice de refracción supera al de los medios que lo rodean [9].

Hay tres clases de propagación de la luz de acuerdo con el tipo de núcleo de la fibra.

- o **Multimodo de índice discreto:** los rayos que impactan en el ángulo de la superficie se reflejan y se dirigen hacia el núcleo de la fibra, mientras que los rayos de ángulos de incidencia distintos son absorbidos por el material de recubrimiento [9].

- o **Índice gradual multimodal:** estas fibras presentan un elevado índice de refracción en el centro, lo que hace que los rayos de luz se desplacen más rápido a medida que se alejan del eje axial de la fibra. En vez de mostrar un patrón en zigzag, la luz en el núcleo sigue una trayectoria en espiral debido a variaciones suaves en el índice de refracción, lo que acorta la distancia que viaja [9].

- o **Monomodo:** a medida que el radio del núcleo se reduce, la reflexión total ocurre en ángulos menores. Al disminuir el radio del núcleo a la medida de la longitud de onda, únicamente un ángulo o modo puede atravesar el haz axial. Este tipo de transmisión, llamado monomodo, previene la distorsión multimodo y ofrece un alto rendimiento ya que existe una única vía posible [9].

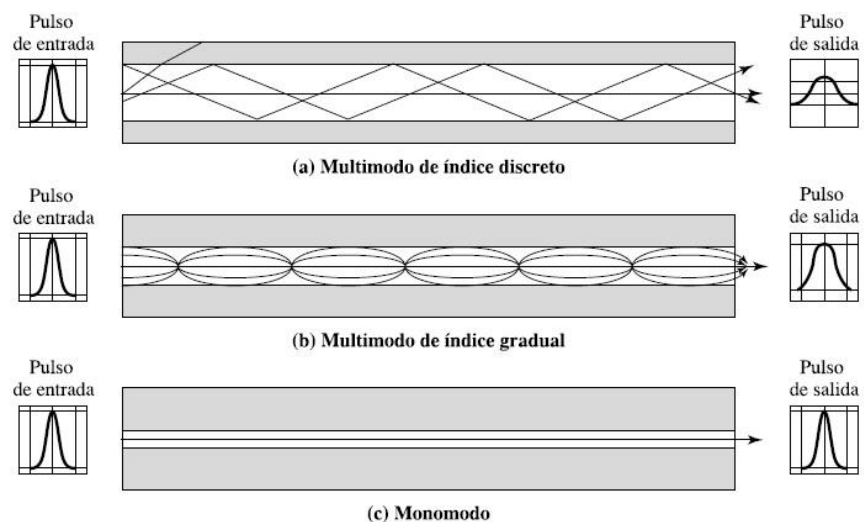


Fig. 11. Modos de transmisión en las fibras ópticas. [9]

1.5.4. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica con respecto a los Cables Metálicos

1.5.4.1. Beneficios de la Fibra Óptica en comparación con los Cables Metálicos.

- **Elevada capacidad de datos:**

Los sistemas de comunicación de fibra óptica poseen una capacidad informativa superior a la de los cables metálicos debido a que el ancho de banda de las frecuencias ópticas es considerablemente mayor. La fibra óptica es capaz de emplear anchos de banda de hasta 10 GHz. Los conductores metálicos presentan capacitancia e inductancia a lo largo de ellos, funcionando como filtros de paso bajo que restringen la frecuencia de transmisión, el ancho de banda y la calidad de la información [10].

- **Resistencia a la diafonía:**

Los cables de fibra óptica son resistentes a la diafonía entre cables adyacentes debido a la inducción magnética. Las fibras de vidrio o de plástico no son conductoras de electricidad, por lo tanto, no poseen un campo magnético relacionado. La fuente principal de diafonía en cables metálicos es la inducción magnética entre conductores que están físicamente próximos [10].

- **Resistencia a interferencias electrostáticas:**

Los cables de fibra óptica son resistentes al ruido estático generado por interferencias electromagnéticas de motores eléctricos, luces fluorescentes y otras fuentes de ruido eléctrico. Esta protección se origina en el hecho de que las fibras ópticas no transmiten electricidad y el ruido eléctrico no influye en la energía de las frecuencias ópticas. Asimismo, los cables de fibra óptica no conducen energía de RF y, por consiguiente, no pueden causar interferencias en otros sistemas de comunicación [10].

- **Tolerancia ecológica:**

Los cables de fibra óptica tienen una mayor resistencia en ambientes adversos que los cables de metal. Asimismo, las fibras funcionan con amplias variaciones de temperatura y son menos influenciadas por líquidos y gases corrosivos [10].

- **Protección:**

Los cables de fibra óptica son más seguros, además de ser más fáciles de instalar y mantener en comparación con los cables metálicos. Esta característica se debe a que las fibras de vidrio y plástico no conducen electricidad. La fibra óptica puede ser utilizada en proximidad a líquidos y gases inflamables sin peligro de generar una explosión o un incendio. Las fibras ópticas son más delgadas y considerablemente más livianas que los cables de metal. En consecuencia, resulta más sencillo colaborar con ellos y son considerablemente más aptos para usos aéreos. Asimismo, los cables de fibra óptica necesitan menos espacio de almacenaje y resultan más sencillos de trasladar [10].

- **Economía:**

Los cables de fibra óptica tienen un costo similar al de los cables de metal. No obstante, los cables de fibra óptica presentan menores pérdidas y por ello necesitan menos repetidores. Esto se traduce en reducciones en los costos de instalación del sistema y una mayor fiabilidad [10].

1.5.4.2. Desventajas de la Fibra Óptica en comparación con los Cables Metálicos

- **Gastos de conexión:**

El sistema de fibra óptica por sí mismo es inútil. Para ser funcional, debe estar conectado a aparatos electrónicos que necesitan interconexiones costosas [10].

- **Equipo técnico y herramientas específicas:**

La fibra óptica necesita herramientas específicas para unir cables y corregir fallos. Asimismo, se necesitan dispositivos de prueba específicos para llevar a cabo mediciones de rutina. Los cables de fibra óptica son difíciles y costosos de arreglar. Los profesionales que manejan cables de fibra óptica necesitan además habilidades y capacitación técnica específicas [10].

1.6. Marco Conceptual

1.6.1. Topologías FTTx

La sigla FTTx se reconoce frecuentemente como Fiber-To-The-x, donde "x" puede aludir a distintos acrónimos. Los más relevantes son FTTH (residencial), FTTB (comerciales) y FTTN (nudos). FTTH o Fibra hasta el Hogar es una conexión de fibra óptica que se extiende hasta el domicilio o la oficina del usuario. En cambio, en el FTTB, la fibra generalmente concluye antes, en las instalaciones del cliente o en sus cercanías [11].

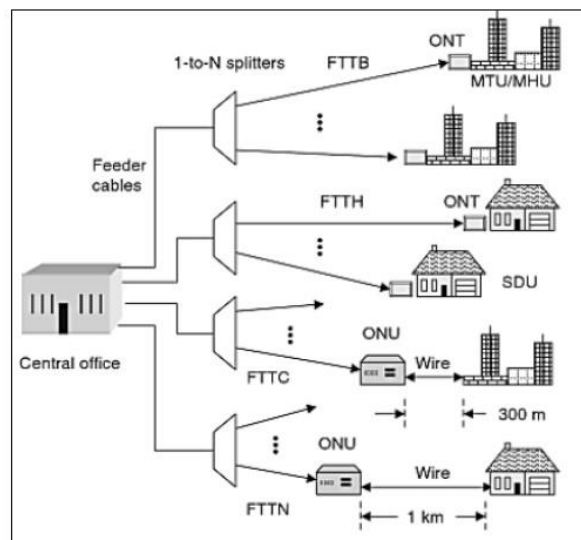


Fig. 12. Esquema de redes y topologías FTTX. [4]

1.6.2. Elementos y materiales clave para organizar una Red FTTx

Las redes FTTx se componen principalmente de conectores y cables de fibra óptica que permiten unir diversas secciones de la red [12].

1.6.2.1. Cables de Fibra Óptica

Un cable de fibra óptica es una construcción que resguarda las fibras de factores externos y lesiones mecánicas y permite su maniobra [12].

Se integran por:

- **Núcleo óptico:** La sección interna de una fibra óptica por la cual viajan las señales ópticas [12].
- **Cubierta:** Se trata de una capa intermedia que restringe las señales de luz en el núcleo [12].
- **Base protectora:** generalmente es una capa de plástico. Esto ayuda a separar las fibras, prevenir interferencias y ofrecer resguardo mecánico. Los recubrimientos de las fibras se colorean para ayudar en la identificación de estas. Las fibras se empalman para crear un cable de fibra óptica resguardado por un recubrimiento protector, con fibras de aramida amarilla (Kevlar) organizadas para salvaguardar el núcleo de la fibra óptica. Por ende, el cable de fibra óptica se encuentra resguardado de tensiones mecánicas[12].

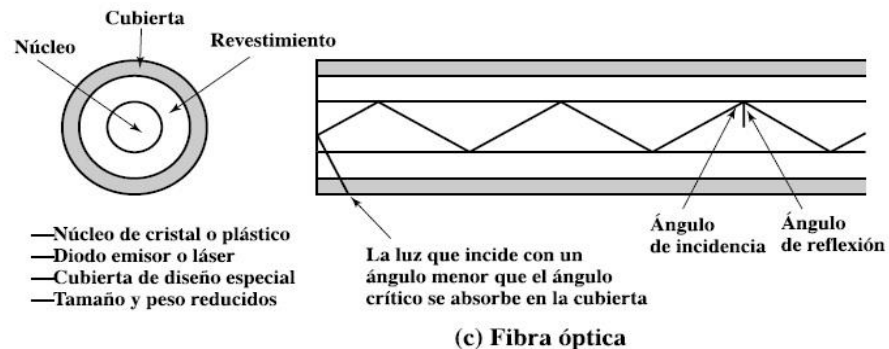


Fig. 13. Estructura de la fibra óptica. [13]

1.6.2.2. Características de la Fibra Óptica

Se producen diversos tipos de cables de fibra óptica de acuerdo al entorno en el que se emplean. La configuración del cable influye en su capacidad de flexión y durabilidad mecánica [12].

- **ITU-T G.652** detalla las propiedades de los cables de fibra óptica monomodo (fibra óptica estándar), los cuales son utilizados principalmente por operadores para el acceso en redes de transporte e infraestructuras exteriores (G.652.D) [12].
- **ITU-T G.657** sugiere el uso de fibra monomodo en instalaciones FTTH en edificios, debido a su baja sensibilidad a la curvatura y a las pérdidas por flexión [12].

Las fibras ópticas según la recomendación UIT-T G.657 se agrupan de la siguiente forma:

- **Categoría A:** Cable de fibra óptica para redes de acceso. Estas fibras (A1 y A2) poseen los mismos parámetros de transmisión que las fibras monomodo estándar (G.652.D), por lo que se sugieren para todas las aplicaciones de acceso [12].
- **Categoría B:** Fibra óptica para distancias cortas (al final de la línea de acceso). Debido al pequeño radio de curvatura y las bajas pérdidas, este tipo de fibra (B2 y B3) se recomienda para aplicaciones de corta distancia, especialmente para instalaciones interiores cerradas [12].

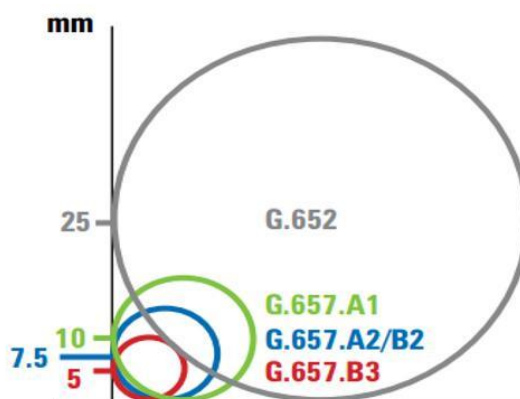


Fig. 14. Radios de curvatura en la fibra óptica. [12]

1.6.2.3. Cables de Conexión Individual

El cable de transmisión se compone de dos fibras ópticas para usos en interiores y exteriores. Los hilos se pueden reconocer por el color de su cobertura. Los cables de suspensión necesitan refuerzos, como hilos de fibra de aramida (Kevlar), que mejoran la

protección de la fibra contra la tracción, evitan elongaciones permanentes de las fibras y previenen el incremento de atenuación [12].

1.6.2.4. Cables de Micromódulos Multifibra

Se trata de un cable compuesto por varios tubos multifibras de diámetro pequeño (micromódulos), en los que cada tubo alberga un número variable de fibras ópticas, que puede ir de 1, 2, 4, 6 a 8 fibras. La protección primaria de las fibras ópticas debe ser de colores vivos, opaca y fácil de distinguir e identificar. Los micromódulos están fabricados con elastómero de poliéster termoplástico u otro material análogo, tratados con un compuesto que actúa como barrera contra la humedad y se pueden quitar con facilidad sin necesidad de herramientas especiales. Se encuentran organizados por colores como se muestra en la Figura 15. El cable debe ser totalmente dieléctrico y carecer de componentes metálicos. El material de la chaqueta tiene que ser termoplástico, sin halógenos, con retardantes de llama y de baja inflamabilidad (LSHF) [12].

1.6.2.5. Cables de Fibras Ópticas Múltiples con Fibras Individuales

La unidad fundamental de este tipo de cable está compuesta por 12 fibras ópticas. Si el cable cuenta con más de 12 fibras, tendrá que poseer un anillo negro de 50 mm para reproducir el color [12].

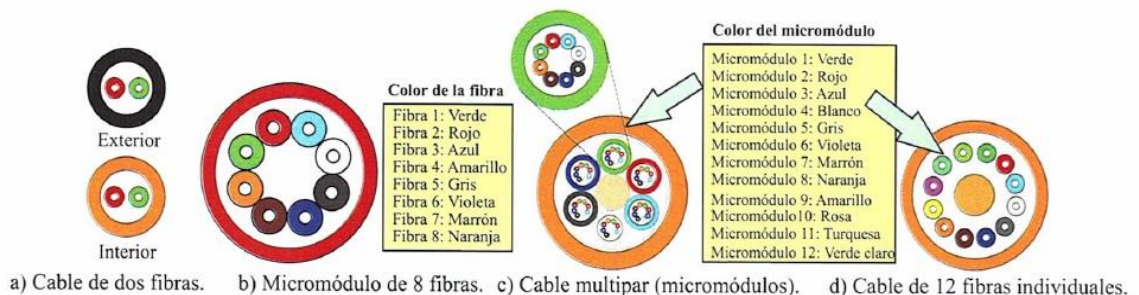


Fig. 15. Tipos de cables de fibra óptica. [13]

1.6.2.6. Conectores de Fibra Óptica

La función de un conector de fibra óptica es crear una conexión óptica y vincular temporalmente dos fibras o los dispositivos activos, asegurando al mismo tiempo los niveles ópticos [13].

Los conectores más comunes en las fibras ópticas se pueden agrupar de la siguiente forma:

– Por su estructura Física: Conectores Straight Tip (ST), Straight Connection (SC), Fiber conector (FC), Lucent Technologies Connector (LC).

– Por el tipo pulido del conector: pulido suave, pulido por ordenador, pulido de ultra contacto físico, pulido APC (Angled Physical Contact).

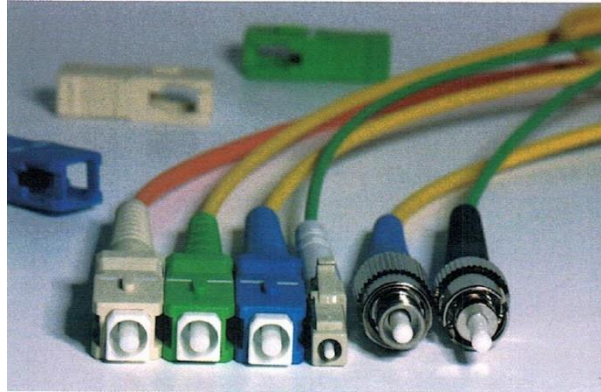


Fig. 16. Conectores de Fibra Óptica [13].

1.6.2.7. Conexiones de Fibra Óptica

El empalme de fibra óptica consiste en la unión permanente de dos fibras ópticas a través de una fusión con mínimas pérdidas. Dado que la longitud del cable es menor que la longitud total de la infraestructura de la red, los empalmes son esenciales en la instalación de la fibra óptica. Estas distribuciones en la red emplean distintos tipos de cables con variado número de fibras. Los dos métodos empleados para unir fibras ópticas son el empalme por fusión y el empalme mecánico [12].

- **Conexión por fusión:**

Implica la fusión de dos fibras ópticas al calentar los materiales con una fuente de calor. La fusión se consigue al aplicar una corriente eléctrica controlada entre dos electrodos, generando así un arco eléctrico. La fusión para el empalme se lleva a cabo con una máquina conocida como empalmadora por fusión. Esta máquina coloca con exactitud los dos extremos de la fibra y posteriormente los une. Igualmente cuenta con una función de calentamiento incorporada que pone una cubierta protectora sobre la fusión. Esta unión produce una disminución menor a 0,1 dB [12].

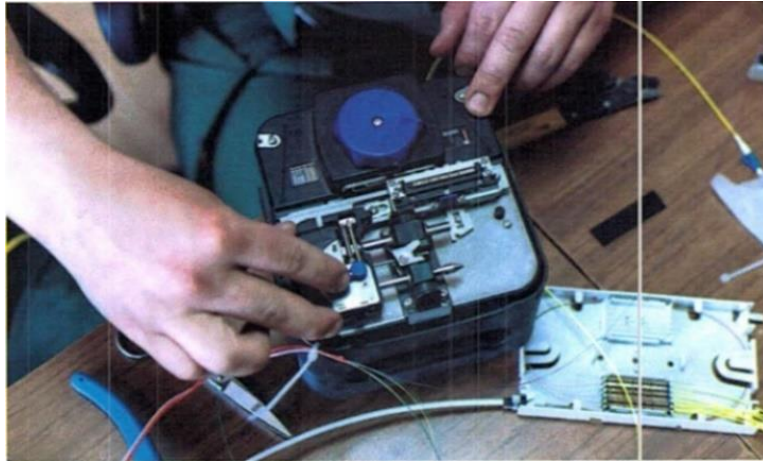
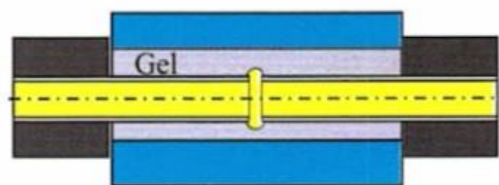


Fig. 17. Empalme por fusión en campo. [13]

- **Conexión mecánica:**

Se emplea un conector diminuto para alinear y asegurar mecánicamente las dos fibras ópticas expuestas. Para minimizar pérdidas, el interior del conector se satura con un gel que equilibra el índice de refracción. Las pérdidas habituales por este tipo de aislamiento varían entre 0,1 y 0,8 dB [12].

Los empalmes mecánicos son más económicos que los empalmes por fusión, pero estos últimos presentan menor pérdida de inserción y una mayor pérdida de retorno (menos reflexión). Pese a que la inversión inicial para adquirir una máquina de fusión es bastante elevada, es importante tener en cuenta que los empalmes o conexiones posteriores resultarán más asequibles y garantizan conexiones de excelente calidad [13].



a) Empalme mecánico.



b) Empalme por fusión.

Fig. 18. Conexión mecánica y conexión por fusión. [13]

1.6.3. Instrumentos y Dispositivos para laborar con Fibra Óptica

1.6.3.1. Peladora de Fibra Óptica

Un pelador de fibra óptica es un dispositivo que se usa para separar los cables de fibra óptica antes de realizar empalmes mecánicos o por fusión [12].

Esta herramienta facilita la eliminación del recubrimiento externo (3 mm, 2 mm y 900 μm) y la capa de cobertura de 250 μm para revelar por completo una fibra de 125 μm de diámetro. En el mercado se pueden hallar diferentes marcas y modelos, siendo la mayoría de ellos equipados con tres guías de pelado de alta precisión [12].

- Para la cubierta exterior: 2/3mm.
- 900 μm para el segundo estrato.
- 250 μm para la capa inicial.



Fig. 19. Desgarradora de fibra óptica de 3 orificios. [14]

1.6.3.2. Tijeras para cortar Kevlar

Los cables de fibra cuentan con una protección de hilos de Kevlar (fibras de aramida) que los resguardan de tensiones mecánicas. Requerirá estas tijeras para cortar con facilidad el alambre de Kevlar [12].



Fig. 20. Tijera para cortar Kevlar. [14]

1.6.3.3. Alcohol Isopropílico

Una vez que se ha pelado la fibra óptica, resulta esencial limpiar la punta con alcohol isopropílico para quitar fibras, manchas y otros residuos indeseables [12].



Fig. 21. Botella de alcohol isopropílico. [14]

1.6.3.4. Cortadora de fibra óptica

Esta herramienta fue creada para llevar a cabo cortes precisos en ángulos menores de $0,5^\circ$. Esta herramienta se emplea para disminuir pérdidas al cortar las fibras ópticas una vez que se han despojados para el siguiente proceso de fusión y empalme [12].



Fig. 22. Cortadora de fibra óptica. [14]

1.6.3.5. Fusionadora

Se necesita un equipo de fusión para combinar la fibra óptica. Las funciones principales de esta máquina incluyen la aproximación y alineación de fibras, así como su fusión y el cálculo de pérdidas. Asimismo, incluyen calefactores que posibilitan la instalación de fundas termo contraíbles como resguardo en las fusiones [12].



Fig. 23. Fusionadora de fibra óptica. [14]

1.6.4. Certificación de redes de fibra óptica

Hay dos exámenes de certificación para redes de fibra óptica: Nivel 1 y Nivel 2. El procedimiento de certificación para la red de fibra óptica de Nivel 1 es el siguiente:

- Cuantificación y valoración de la pérdida de conexión a través de dispositivos de medición de pérdidas ópticas (medidor de potencia óptica). El equipo incluye una fuente luminosa y un medidor de potencia óptica.
- Evaluación de la longitud del enlace. Esto debe ser reconocido para poder calcular el límite de prueba de pérdida de las normas de instalación.
- Verificar la polaridad del enlace.

Si la prueba de nivel 1 no tiene éxito (por ejemplo, si la pérdida del enlace óptico es demasiado alta), lleve a cabo la prueba de nivel 2 con un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR).

Las evaluaciones de nivel 2 son una alternativa complementaria que se emplea para analizar los elementos de la red. Este examen identifica la ubicación de los hilos de fibra óptica dañados en el cable, lo que facilita la localización y reparación de los puntos de fallo [13].

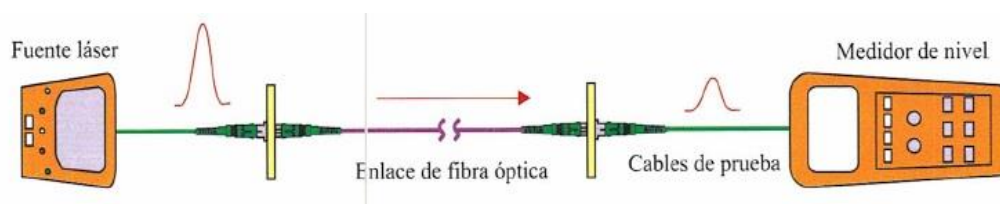


Fig. 24. Prueba de fibra óptica tipo nivel 1. [13]

1.6.5. GPON

GPON representa la estandarización de redes PON (redes ópticas pasivas) con velocidades que superan 1 Gbps. El UIT-T añadió GPON (Gigabit PON) en el año 2002. La meta principal de GPON fue ofrecer un amplio ancho de banda y una alta eficacia en la transmisión de los servicios IP. GPON facilita la provisión de servicios de elevado ancho de banda y calidad de servicio (televisión en alta definición, video a pedido, videoconferencias, etc.) junto con VoIP e Internet a partir de una sola infraestructura [11].

La configuración punto a multipunto genera ahorros considerables en la instalación de fibra y en la interfaz óptica. Asimismo, PON no necesita dispositivos electrónicos u optoelectrónicos activos para la comunicación entre usuarios y operadores, lo que disminuye notablemente los costos de inversión y mantenimiento [11].

GPON está regulado por las normativas ITU-T G.984.x ($x=1,2,3,4$). Los primeros se publicaron en 2003 y 2004, y las actualizaciones siguieron durante los años posteriores. En la actualidad, las velocidades frecuentemente ofrecidas por los proveedores de equipos GPON son 2,488 Gbps para descarga y 1,244 Gbps para subida. Ciertas configuraciones pueden ofrecer hasta 500 Mbps por usuario [11].

Una red GPON incluye un terminal de línea óptica (OLT) situado en las instalaciones del proveedor y un terminal de red óptica (ONT) ubicado en las instalaciones del usuario para FTTH. La OLT está compuesta por varios puertos de red GPON, cada uno de los cuales permite conectar hasta 128 ONT (normalmente hasta 64). En las arquitecturas FTTN, las ONT suelen ser sustituidas por unidades de viviendas múltiples (MDU) que proporcionan VDSL2 al domicilio del suscriptor y reutilizan los pares de cobre existentes [11].

Se pueden instalar múltiples divisores pasivos 1 x n (donde $n = 2, 4, 8, 16, 32$ o 64) en diversas ubicaciones para llegar a los clientes. Es una arquitectura de tipo punto a multipunto, que en ocasiones se describe como topología en forma de árbol. Los datos que viajan hacia la OLT desde la ONT (en distintas longitudes de onda para prevenir colisiones en la transmisión de bajada) se fusionan con el mismo divisor pasivo, que funciona como combinador en la dirección opuesta del tráfico [11].

Normativas técnicas para redes GPON

1.6.5.1. Normativas ITU-T G.984.x

La norma ITU-T G.984.x ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) (ITU-T, 2011) es una iniciativa completa y altamente elaborada que facilita el diseño y la certificación de GPON. La regulación también ofrece un criterio más extenso que busca maximizar los recursos tanto pasivos como activos en una red, además de crear un diseño óptimo para prevenir pérdidas tras la implementación. La Tabla I que se presenta a continuación detalla los parámetros requeridos para la certificación de una red GPON FTTx [15].

TABLA I.
Parámetros para certificar una red FTTX GPON

NORMATIVAS ITU-T G.984.X			
		Arquitectura del sistema	Tipos de servicio.
ITU-T G.984.1 (ITU-T, 2011)	Características generales.	OAM. Tipos de interfaz: servicio, usuario. Alcance lógico.	Tasa física de transmisión de recepción. Rendimiento del sistema
		Parámetros Class B+	
		Potencia óptica máxima.	ONT + 5 dBm
ITU-T G.984.2 (ITU-T, 2012)	Medios físicos dependientes.	Potencia óptica mínima. Sensibilidad mínima.	OLT + 5 dBm
		Potencia óptica mínima de sobrecarga.	+ 0,5 dBm + 1,5 dBm - 27 dBm - 28 dBm - 8 dBm - 8 dBm
			Formato de trama. Seguridad.
ITU-T G.984.3 (ITU-T, 2014)	Convergencia de transmisión.	Sub capas GPON TC Rango.	Ancho de banda dinámico. Operaciones, administración y mantenimiento.
	Gestión ONT, especificación de la interfaz de control.		Interoperabilidad entre OLT's y ONT's de diferentes proveedores.
ITU-T G.984.5 (ITU-T, 2014)	Mejoramiento de banda.	Define longitudes de onda reservados para las señales de servicio adicionales utilizando WDM en la futura red GPON. Especifica los requisitos técnicos para aplicación del filtro de longitud de onda en la ONT.	
ITU-T G.984.6 (ITU-T, 2012)	Mayor alcance.	Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance	

Nota: En la tabla I se especifican las regulaciones actuales ITU-T G.984.X para certificar las redes GPON. [15]

1.6.5.2. Dependientes de medios físicos

La certificación de la ODN consiste en demostrar la continuidad y los niveles de atenuación adecuados de distintos elementos de la red. La tabla siguiente presenta los valores de referencia para los componentes de la red GPON.

TABLA II.
Valores de referencia de medios físicos basados en ITU-T G.984.X

MEDIOS FÍSICOS DEPENDIENTES	
Máxima velocidad Downstream	2,488 Gbit/s
Máxima velocidad Upstream	1,244 Gbit/s
Máximo alcance físico	20 km
Máximo alcance lógico	60 km
Atenuación en puntos de fusión	≤ 0,30 dB
Atenuación en conectores mecánicos	≤ 0,50 dB
Atenuación en conectores	≤ 0,75 dB
Atenuación en mangas	≤ 0,15 dB
Margen de seguridad	+ 3 dB
Atenuación $\lambda = 1310$ nm	0,35 dB/km
Atenuación $\lambda = 1550 / 1490$ nm	0,22 dB/km
Divisor óptico (splitter)	
1:64	≤ 20,5 dB
1:32	≤ 17,5 dB
1:16	≤ 13,8 dB
1:8	≤ 10,6 dB
1:4	≤ 7,5 dB
1:2	≤ 3,8 dB

Nota: En la tabla II se especifican los valores de referencia de los elementos físicos de una red GPON. [15]

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

OG. - Diseñar una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network para optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022.

1.7.2. Objetivos Específicos

- **OE1.-** Diseñar una red FTTH con estándar GPON considerando las normativas vigentes ITU G.984.x para optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022.
- **OE2.-** Trazar el diseño de una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network que brinde viabilidad y sostenibilidad al servicio de data y pueda

optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022.

- **OE3.-** Dimensionar la red Fiber to the home con el estándar Gigabit Passive Optical Network considerando el nivel óptico apropiado para mejorar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022.

1.8. Hipótesis Y Variables De La Investigación

1.8.1. Hipótesis:

1.8.1.1. Hipótesis General:

Si se diseña de una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network entonces se podrá optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga -2022.

1.8.1.2. Hipótesis Específicas:

- **HE1.-** Si se elabora una red Fiber to the home bajo el estándar Gigabit Passive Optical Network y se cumplen las normas actuales ITU G.984.x, se podrá mejorar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga – 2022.
- **HE2.-** Si se elabora el diseño para una red Fiber to the home con el estándar Gigabit Passive Optical Network que asegure viabilidad y sostenibilidad en el servicio de datos, se logrará optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022.
- **HE3.-** Si se dimensiona la red Fiber to the home según el estándar Gigabit Passive Optical Network y considerando el nivel óptico correcto, se podrá mejorar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022.

1.9. Variables

1.9.1. Variable Independiente

- Diseño de una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network.

1.9.2. Variable Dependiente

- Optimización de las comunicaciones.

1.9.3. Matriz de Operacionalización de variables.

TABLA III.
Matriz de operacionalización de variables

Problema	Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores
Diseño de una red Fiber to the home con tecnología Gigabit Passive Optical Network para optimizar las comunicaciones en la ciudad universitaria de la Universidad San Luis Gonzaga.	Diseño de una red Fiber to the home con tecnología Gigabit Passive Optical Network	Las redes de arquitectura FTTH que emplean tecnología GPON se utilizan para la transmisión de datos, ofreciendo un alto ancho de banda, así como servicios de Internet, voz y TV IP, entre otros. Proporciona una solución eficaz [8].	Tecnología GPON	Clasificaciones de redes Esquemas de Topología Examen del terreno Entrevista con el equipo de OTI
	Optimización de las comunicaciones	La transferencia de datos entre el emisor y el receptor siempre ocurre mediante un medio. En entornos controlados se emplean cables de par trenzado, coaxiales y de fibra óptica. [9]	Regulaciones actuales Viabilidad y sostenibilidad en beneficio de los datos. Nivel de luz y ancho de banda	Mbps requeridos para la red Actualización de dispositivos activos Es capaz de ofrecer transmisiones que superan los 10Gbps.

Nota: La tabla III muestra los elementos de la matriz de operacionalización de variables correspondiente a esta investigación.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de Investigación

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista [16], la investigación es de tipo aplicada ya que busca proponer soluciones a los problemas y pretende aportar al grupo. De acuerdo con el enfoque, el análisis es cuantitativo por la naturaleza de las variables y su capacidad de medición según las fuentes de datos. Exploramos el terreno, analizamos los inconvenientes de manera directa y documentamos sucesos relevantes mediante la interacción con el entorno.

2.1.2. Nivel de Investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista [16], hay un nivel de explicación en la investigación, ya que pretende esclarecer las causas de los fenómenos físicos y las circunstancias en las que suceden.

2.1.3. Diseño de Investigación

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista [16], el estudio presenta un diseño descriptivo, transversal y no experimental, examina el estado de una o varias variables en un instante específico y propone mejoras para los problemas identificados.

2.2. Ubicación y Tiempo:

2.2.1. Ubicación

La investigación se enfoca en los locales de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, situada en Av. Los Maestros 11004, Ica, región Ica.

2.2.2. Tiempo

El periodo en el que se lleva a cabo la investigación es el año 2022 - 2023.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Muestra

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista [16], el muestreo es aleatorio simple y probabilístico, dado que cualquier individuo de la población puede formar parte de este estudio.

Utilizamos la siguiente ecuación para el muestreo con los datos siguientes:

N = Número de la población: 8979.

Z= Grado de confianza: 90% = 1.645.

e = Error de estimación máximo permitido: 5% = 0.05.

P= Proporción de la muestra que presenta la característica buscada (éxito): 85% = 0.85.

Q= Proporción de la población que no tiene la característica deseada (fracaso): 1-P=1-0.85= 0.15

$$N \times Z^2 \times P \times Q$$

$$n = \frac{N \times Z^2 \times P \times Q}{e^2 \times (N-1) + (Z^2 \times P \times Q)}$$

$$8979 \times 2.70 \times 0.85 \times 0.15$$

$$n = \frac{8979 \times 2.70 \times 0.85 \times 0.15}{(0.05^2 \times 8978) + (2.70 \times 0.85 \times 0.15)}$$

$$n = 136$$

2.4. Técnicas de recolección de datos.

- Las técnicas de recopilación de datos que se emplearon fueron la entrevista, la encuesta, la observación y la documentación.
- Se realizó una entrevista al personal de OTI (Oficina de Tecnologías de la Información) de la universidad San Luis Gonzaga para recopilar la información necesaria sobre la red que se ha implementado en la ciudad universitaria.
- La inspección se llevó a cabo en un recorrido por toda la ciudad universitaria para examinar visualmente la red de fibra y la de HFC, tanto en la planta interna como en la externa.
- Igualmente, se pidió la documentación vinculada a la infraestructura de la ciudad universitaria.
- Para obtener información más relevante acerca de la investigación, se revisaron publicaciones pedagógicas, bibliografías, libros, revistas, tesis, manuales y otros documentos académicos disponibles en internet.

2.5. Instrumentos de Recolección de Datos

- La herramienta empleada para la entrevista consistió en un conjunto de preguntas que se hicieron al personal de OTI, con el fin de obtener datos importantes sobre el estado actual de la red en la ciudad universitaria.

- La observación se llevó a cabo con el apoyo del personal de OTI para recorrer toda la trayectoria de la red universitaria. Iniciando desde el nodo central en la oficina de OTI y recorriendo cada facultad y/o lugares donde finaliza la red. Durante este trayecto se tomó algunas fotografías con el celular.
- Los planos en formato PDF de la infraestructura de la ciudad universitaria sirvieron como instrumento de documentación.
- Asimismo, se empleó el software Google Earth, y además se utilizó el programa Adobe Photoshop.

2.6. Técnica de Procesamiento, análisis e interpretación de datos

- Los datos recolectados durante la entrevista fueron anotados en el celular y luego transcritos a un documento Word. Esta recopilación facilitó el diseño de la red según las necesidades actuales de la ciudad universitaria.
- Para examinar y revisar la red de la ciudad universitaria se empleó la cámara del celular para capturar imágenes y luego almacenarlas en la computadora. De este modo, se pudieron examinar las imágenes con mayor profundidad y algunas se incluyen en este informe.
- Los diseños de la infraestructura de la ciudad universitaria en formato PDF ayudaron a localizar con mayor precisión la red GPON en las zonas de influencia (facultades, oficinas, departamentos, etc).
- En el programa Google Earth se creó la red GPON con una perspectiva satelital de la ciudad universitaria. El software Adobe Photoshop se empleó para crear ciertos esquemas de la red GPON.
- Asimismo, se emplearon los programas de Office Word y Excel para la creación de tablas, gráficos, cálculos y redacción de textos.

III. RESULTADOS

3.1. Diseño de la Red GPON

En el diseño de la red GPON se evaluó la topología más conveniente, considerando la infraestructura de red ya existente en la ciudad universitaria y la disposición de los diferentes equipos pasivos en la planta externa. Asimismo, se llevó a cabo un cálculo de la atenuación total de la red desde la OLT hasta cada ONT, lo que brinda niveles ópticos adecuados para un funcionamiento correcto. Asimismo, evaluamos los gastos y el presupuesto de los dispositivos, utensilios y recursos que se requerirán.

3.1.1. Estructura y Topología del diseño

La configuración de la red se fundamenta en la planta exterior subterránea que ha sido construida y situada en el campus universitario. El primer paso consiste en establecer una topología centralizada en forma de árbol.

3.1.1.1. Diseño del área 01 de la red GPON en la Ciudad Universitaria.

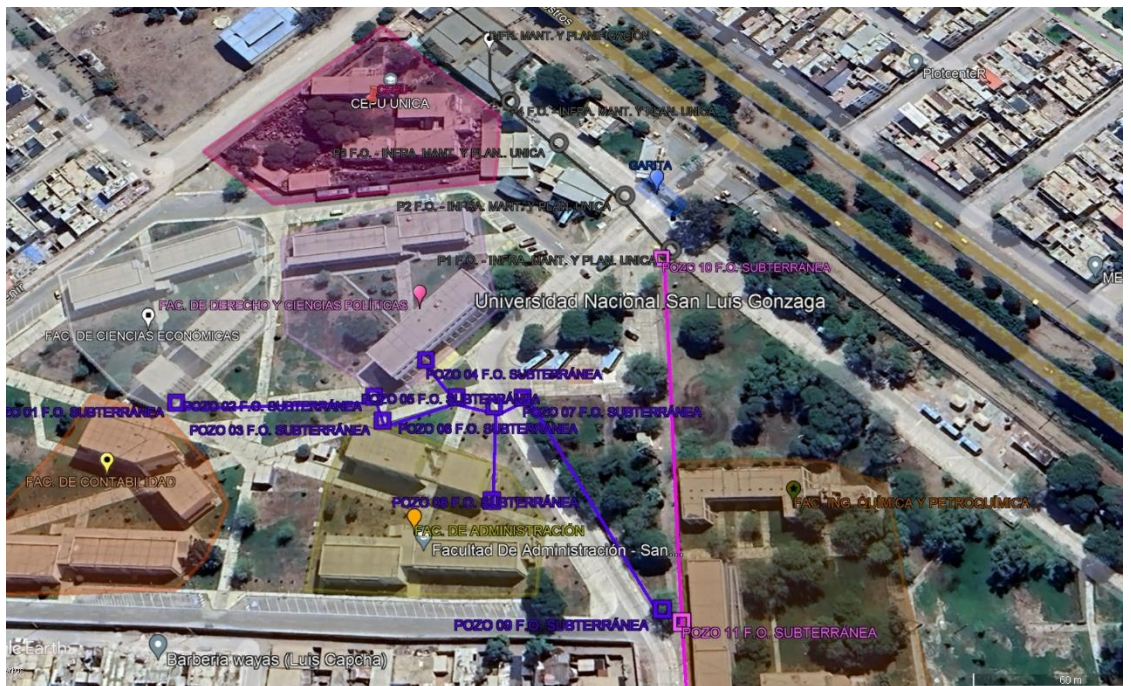


Fig. 25. Área 01 - Universidad Ciudad SLG. [17][Google Earth] [Edición Propia].

La imagen 25 presenta la Zona 01 de la Universidad San Luis Gonzaga. Se observan las facultades de Contabilidad; de Administración; de Derecho y Ciencias Políticas; de Ciencias Económicas y de Negocios Internacionales; el CEPU; la oficina de Infraestructura, Mantenimiento y Planificación; la facultad de Ingeniería. Química, Petroquímica y la Garita.

Asimismo, se puede observar la posición de los pozos subterráneos, los cuales se marcan con cuadrados en la imagen. Se listan de acuerdo al número de las áreas. Las tuberías subterráneas se ilustran también con líneas de colores que conectan los pozos subterráneos. Cabe mencionar que en el pozo 10, la fibra óptica emerge por un ducto y se ancla al poste señalado con un círculo gris. Desde este punto, la fibra óptica se extiende hasta la oficina de Infraestructura-Mantenimiento y Planificación por medio de un tendido aéreo que se encuentra en los postes que se observan en la imagen.

3.1.1.2. Diseño del área 02 de la red GPON en la Ciudad Universitaria.

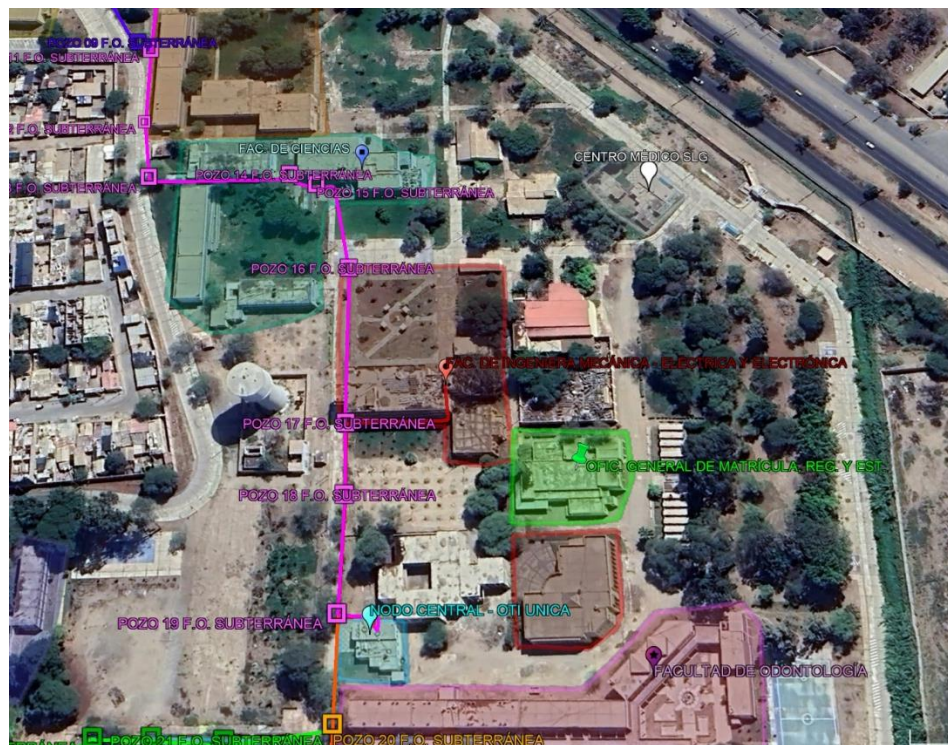


Fig. 26. Zona 02 - Ciudad Universitaria SLG [17][Google Earth] [Edición Propia].

En la figura 26 se puede ver la Facultad de Ciencias; la Facultad de Ingeniería Mecánica - Eléctrica y Electrónica; el Centro Médico; la oficina General de Matrícula - Registro y Estadística; una parte de la Facultad de Odontología y la Oficina de Tecnologías de la Información (OTI); representados con polígonos de colores. En la figura anterior se puede observar la localización de los pozos subterráneos que están marcados por un cuadrado de color. Asimismo, se observan las tuberías subterráneas que conectan los pozos subterráneos. Es importante destacar que desde OTI es el punto de partida de donde toda la fibra empieza a llegar a las facultades, oficinas y otros lugares.

3.1.1.3. Diseño de la zona 03 de la red GPON en la Ciudad Universitaria



Fig. 27. Diseño del área 03 de la red GPON en la Ciudad Universitaria. [Google Earth] [Edición Propia].

En la figura 27 se presentan las facultades de Educación y Humanidades; de Enfermería; de Ingeniería. Ambiental y Salud; de Obstetricia; de Ingeniería. Sistemas; el edificio multifacultades (administrativos y aulas); la Biblioteca Central y el Comedor Universitario; todos estos espacios están destacados con polígonos de colores.

Asimismo, en este lugar la posición de los pozos subterráneos está señalizada con un cuadrado. De forma análoga, las tuberías subterráneas aparecen como líneas que conectan los pozos subterráneos.

3.1.1.4. Elaboración de la área 04 de la red GPON en la Ciudad Universitaria



Fig. 28. Zona 04 - Ciudad Universitaria SLG [17][Google Earth] [Edición Propia]

En la figura 28 se presentan las facultades de Odontología, Farmacia y Bioquímica, e Ingeniería. Civil; de Ciencias Biológicas. Estas son cubiertas por polígonos coloridos. De manera similar a las figuras anteriores, se pueden observar los pozos subterráneos y las tuberías por las que transita la fibra óptica. Se ha desarrollado el diseño de la red GPON sobre esta estructura subterránea. Igualmente, se ha creado un mapa de hilos de fibra que detalla mejor las conexiones, empalmes, divisores y componentes pasivos de la red GPON. Mapa de Hilos de Fibra de la Red GPON.

3.1.1.5. Mapa de Cables de Fibra de la Red GPON – Área 01.

En la próxima imagen se presenta el mapa de hilos de la área 01 de la ciudad universitaria.

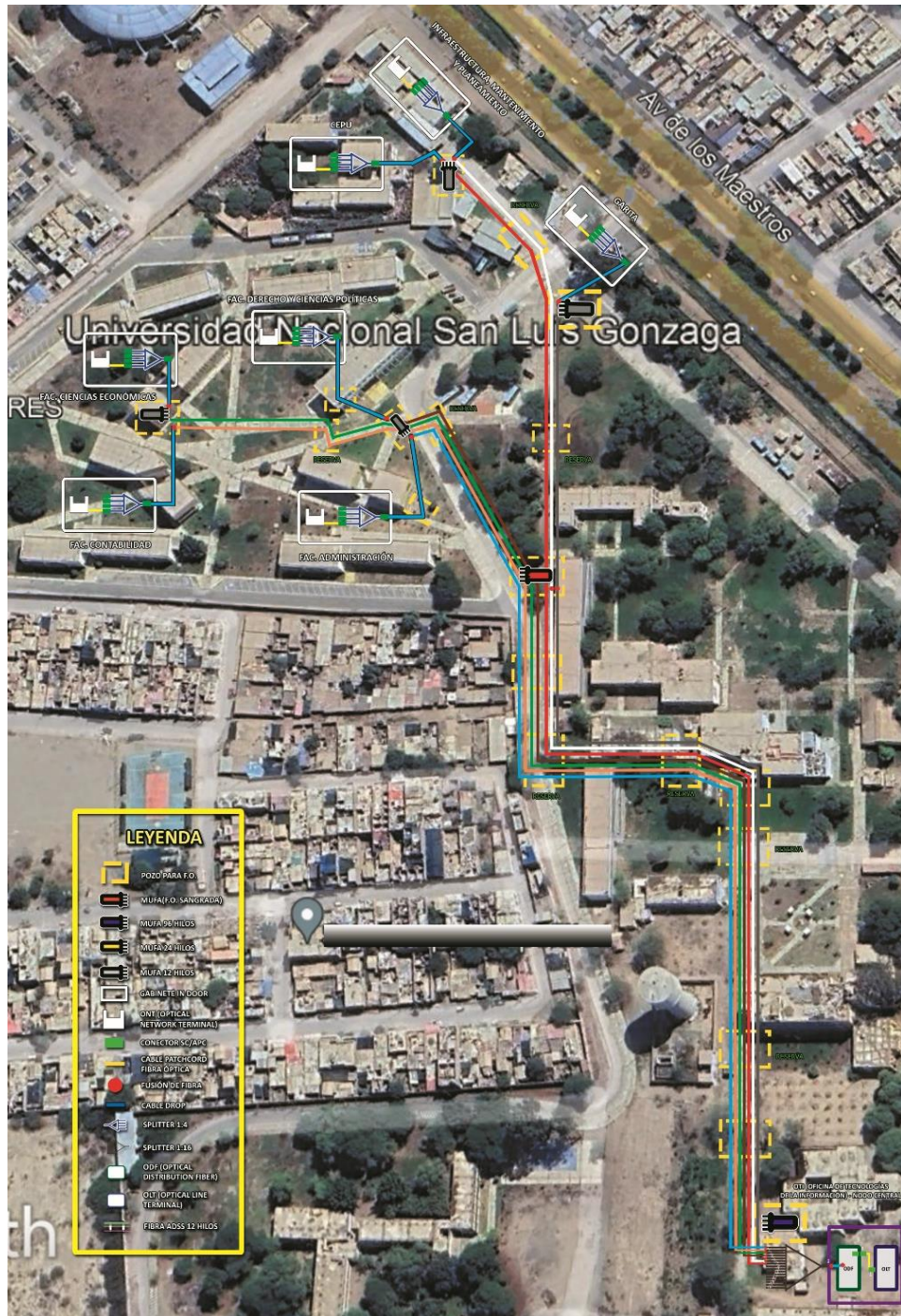


Fig. 29. Zona 01 - Mapa de hilos – Ciudad Universitaria SLG [17][Google Earth] [Edición Propia].

En la figura 29, se observa la trayectoria de la fibra que inicia en la OTI y concluye en cada facultad, oficina o dependencia pertinente. En el caso de la oficina de Infraestructura, Mantenimiento y Planificación, así como del CEPU, se han incorporado dos pozos subterráneos adicionales en el diseño, dado que no están edificadas en el

campus. Se pueden identificar componentes de la red GPON como la OLT, el ODF, las mufas, los splitter, los hilos de fibra según el código de colores y, finalmente, los terminales ONT que se colocan en cada edificio.

3.1.1.6. Mapa de Hilos de Fibra de la Red GPON – Área 02.

De modo similar, en la figura siguiente se presenta el mapa de hilos de la zona 02 de la ciudad universitaria.

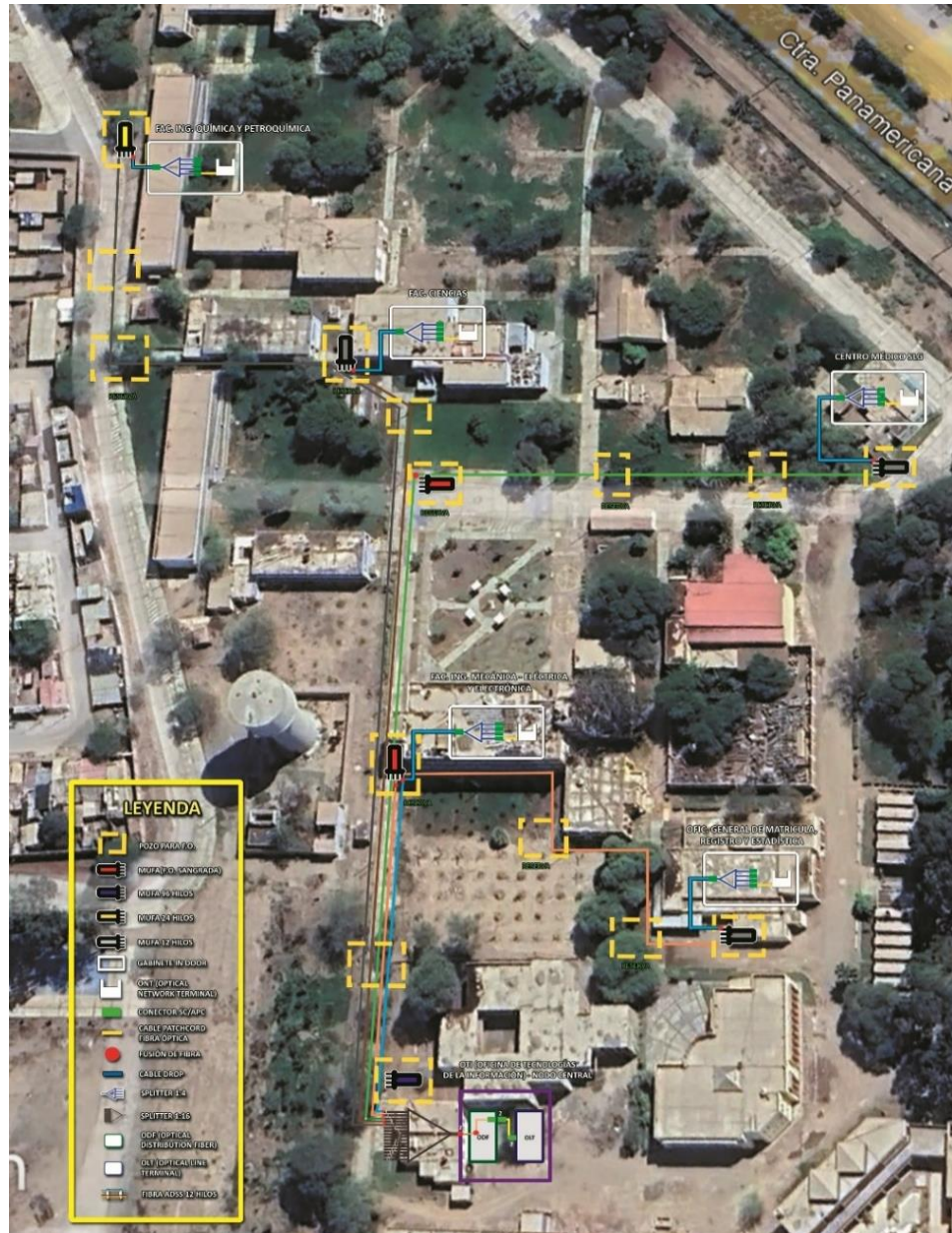


Fig. 30. Zona 02 - Mapa de conexiones - Ciudad Universitaria SLG [17][Google Earth] [Edición Propia]. De forma similar, en la figura 30, se observa el trayecto de la fibra que inicia en OTI y concluye en cada facultad, oficina o entidad correspondiente. En el caso del centro de salud y la oficina central de Matrícula, Registro y Estadística se han incluido más pozos

subterráneos en el plano, dado que estos no están edificados en el campus. Se pueden identificar componentes de la red GPON tales como la OLT, el ODF, las mufas, los splitters, los hilos de fibra según el código de colores y, finalmente, los terminales ONT que se colocan en cada edificio.

3.1.1.7. Mapa de Cables de Fibra de la Red GPON – Área 03.

En la próxima figura se exhibirá el mapa de hilos de la zona 03 de la ciudad universitaria.



Fig. 31. Zona 03 - Mapa de hilos – Ciudad Universitaria SLG [17][Google Earth] [Edición Propia].

De forma análoga, la figura 31 muestra el trayecto de la fibra, iniciando en la OTI y concluyendo en cada facultad, oficina o entidad correspondiente. En el diseño del

comedor universitario y de la facultad de Obstetricia se han incorporado más pozos subterráneos, dado que aún no están edificados en el campus. Se pueden identificar componentes de la red GPON, tales como la OLT, el ODF, las mufas, los splits, los hilos de fibra según el código de colores y, finalmente, los terminales ONT que se colocan en cada edificio.

3.1.1.8. Mapa de Hilos de Fibra de la Red GPON – Área 04.

En la próxima figura se presentará el mapa de hilos del área 04 de la ciudad universitaria.

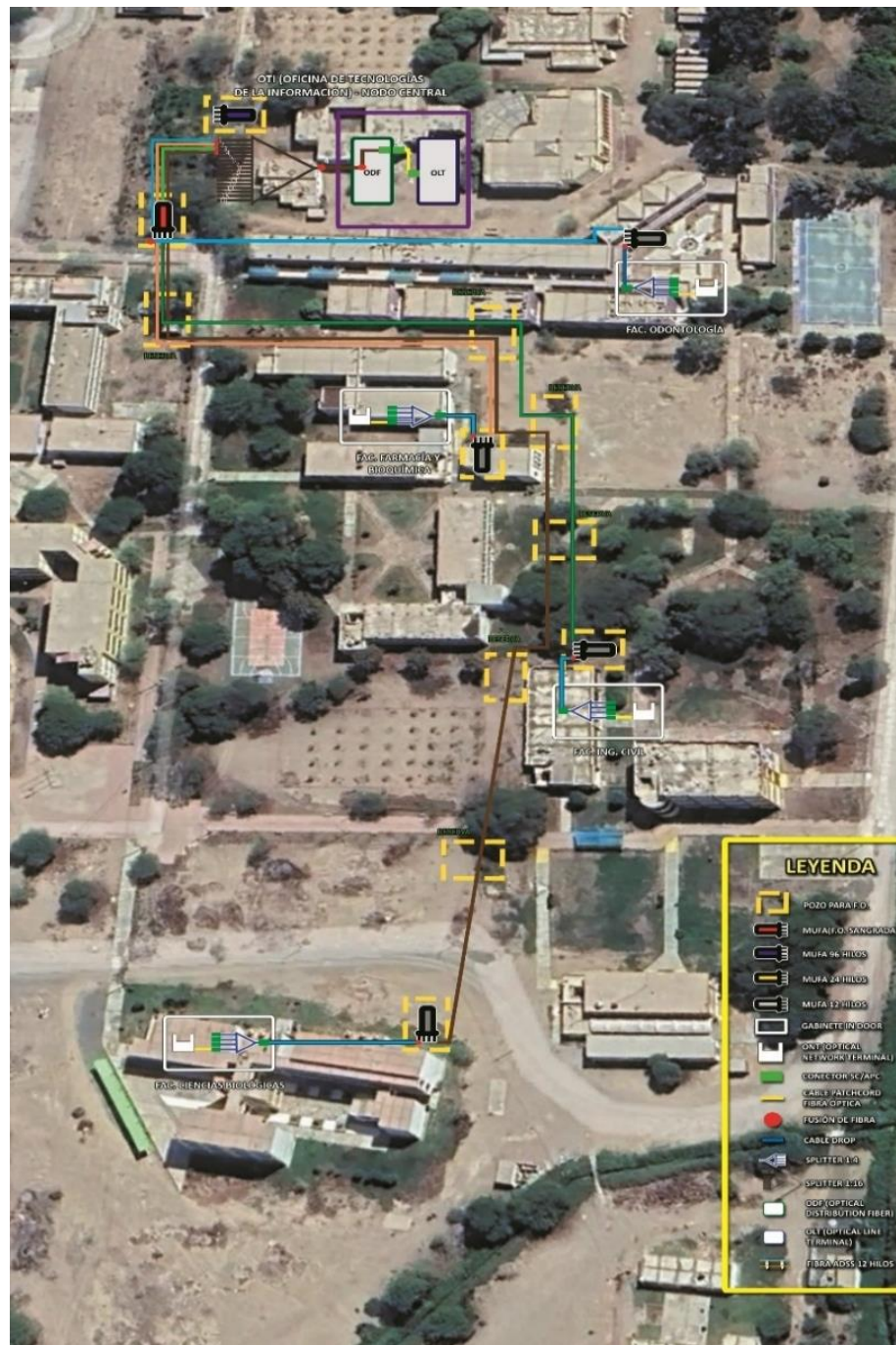


Fig. 32. Zona 04 - Mapa de hilos – Ciudad Universitaria SLG [17][Google Earth] [Edición Propia].

Finalmente, en la figura 32, podemos observar la distribución de las fibras que inicia en OTI y culmina en cada facultad, oficina o entidad pertinente. En lo que respecta a la facultad de Ciencias Biológicas y Odontología, se han incorporado más pozos subterráneos en el diseño, dado que no están edificados en el campus.

En conclusión, la configuración de la infraestructura de la planta externa subterránea cuenta con 48 pozos subterráneos y alrededor de 2400 metros de zanjas subterráneas.

3.1.2. Esquema de Hilos y Conexiones de la Red GPON de la Ciudad Universitaria.

El esquema de hilos y conexiones de la red GPON en la ciudad universitaria facilita la visualización y posición de cada hilo de fibra óptica. Asimismo, es posible determinar la cantidad de conectores, puntos de unión, divisores, acopladores, terminales y fibras empleadas, entre otros componentes.

La red arranca desde el nodo central en OTI, donde la fibra óptica se extiende a través de conductos subterráneos hasta el pozo 19 hacia una mufa de 48 hilos. En esta mufa hay cuatro splitters de 1:16, en cada splitter se harán empalmes de las fibras de 12 hilos que atraviesan el campus. Posteriormente, estas fibras alcanzan una mufa final donde se conectará a un cable DROP para entrar a las instalaciones internas de cada edificio. Finalmente, el cable DROP se introduce en un gabinete donde hay un divisor óptico 1:4. Posteriormente, se le instala un conector de fibra al cable DROP, que se conecta al divisor óptico. Luego, un patchcord de fibra se utiliza para vincular el divisor óptico con el equipo ONT. Desde este punto, se empleará un cable Ethernet para enlazar la ONT a un switch gestionable y poder así conectar los dispositivos finales a la red. En la figura 33 se puede observar con mayor claridad el trayecto de los hilos.

DIAGRAMA DE HILOS Y EMPALMES DE LA RED GPON DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA

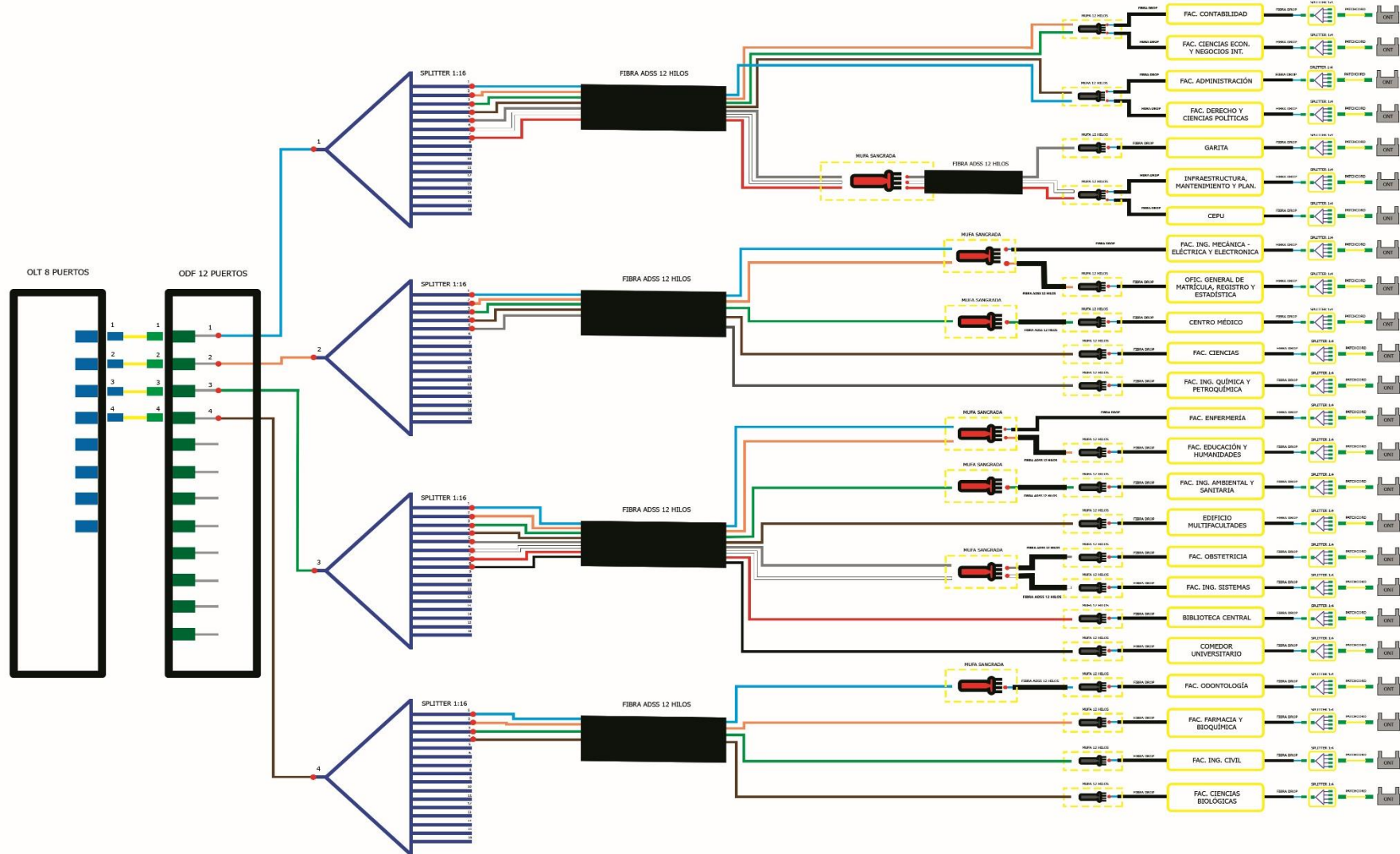


Fig. 33. Esquema de Hilos y Conexiones de la Red GPON de la Ciudad Universitaria. [Edicipon Propia]

3.1.3. Cálculo de Atenuación y Nivel Lumínico

3.1.3.1. Parámetros y Niveles Ideales

Para llevar a cabo el cálculo de la atenuación y los niveles ópticos correctos para la red, es necesario considerar los siguientes parámetros:

TABLA IV.
Clasificación de Transceivers GPON

TRANSCEIVERS GPON				
OLT				
Clase Óptica	Potencia Tx		Sensibilidad Rx	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Tipo B+	1.50	5.00	-28.00	-8.00
Tipo C+	3.00	7.00	-33.00	-8.00

ONT				
Clase Óptica	Potencia Tx		Sensibilidad Rx	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Tipo B+	0.55	5.00	-28.00	-8.00
Tipo C+	0.95	7.00	-30.00	-8.00

Nota: La tabla IV presenta los valores ópticos de los transceivers GPON. [5]

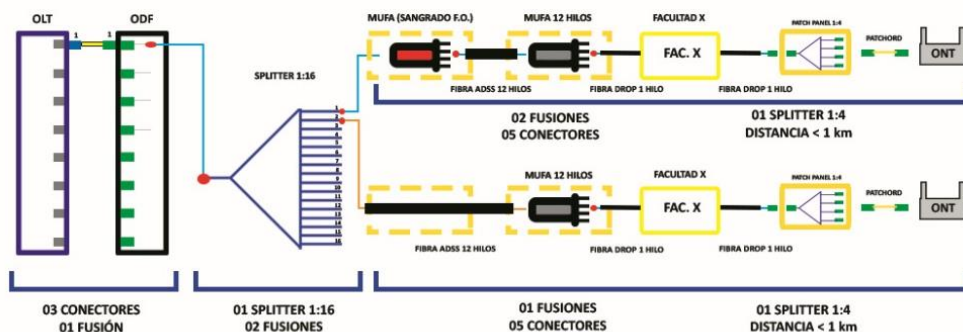
Para la red GPON, el transceptor más idóneo es el tipo B+, que proporciona una potencia de salida máxima de +5 dB y mínima de +1.5 dB en la OLT.

Para la ONT, el receptor óptico más adecuado sería el tipo B+ que proporciona una recepción desde -8 dB hasta -28 dB, por lo que la señal proveniente de la OLT debe llegar dentro de estos valores para que la red opere de manera funcional y estable.

3.1.3.2. Niveles de Atenuación en la Red GPON

La imagen 34 ilustra los componentes pasivos y activos presentes en cada fibra de la red GPON. Asimismo, se observan las fusiones, conectores, divisores y otros componentes que causan atenuación en la red. Es necesario equilibrar estos valores de atenuación para lograr el nivel óptico correcto y asegurar un adecuado funcionamiento y estabilidad de la red; de lo contrario, se pueden presentar pérdidas de datos, desconexiones, latencias, entre otros inconvenientes.

NIVEL DE ATENUACIÓN EN LA RED GPON



- TOTAL:**
- i) 08 CONECTORES + 06 FUSIONES + 01 SPLITTER 1:16 + 01 SPLITTER 1:4 + DISTANCIA < 1 km + Margen de Seg.
 - ii) 08 CONECTORES + 05 FUSIONES + 01 SPLITTER 1:16 + 01 SPLITTER 1:4 + DISTANCIA < 1 km + Margen de Seg.

Fig. 34. Grado de Atenuación en la Red GPON. [Edición Propia]

Los valores de atenuación según la normativa ITU-T G.984.x se tomarán de la tabla II, los cuales facilitarán el cálculo de la atenuación total de la red. En este rango de valores hemos separado los valores máximos permitidos de los valores mínimos permitidos.

TABLA V.

Valores de atenuación Max. y Min

VALORES DE ATENUACIÓN		
DEFINICIÓN	MAX (dB)	MIN (dB)
Splitter 1:2	3.80	3.50
Splitter 1:4	7.50	7.30
Splitter 1:8	10.60	10.40
Splitter 1:16	13.80	13.60
Splitter 1:32	17.50	17.10
Splitter 1:64	20.50	20.30
Margen de Seguridad	2.00	1.00
Conectores	0.75	0.25
Conectores Mecánicos	0.50	0.20
Fusión	0.30	0.10

Nota: La tabla V presenta los valores de atenuación mínima y máxima conforme a las regulaciones ITU G.984.X. [15]

Utilizando los valores de la tabla V, podemos determinar el total de atenuación que producen los elementos pasivos y activos en la red.

Utilizando la figura 34 como guía, se enumeran los elementos que participan en la disposición de los resultados en la tabla siguiente.

TABLA VI.
Valores ópticos de la red

DEFINICIÓN	CANTIDAD	ATENUACIÓN EN DB	
		Total, min.	Total máx.
Splitter 1:4	1	7.30	7.50
Splitter 1:16	1	13.60	13.80
Conectores	8	1.50	4.50
Fusión	5	0.50	1.50
Margen de Seguridad		1.00	2.00
TOTAL (Db)		24.40	30.80

Nota: En la tabla VI se muestran los valores de atenuación que generan los elementos que utilizaremos en la red GPON.

La Tabla VI presenta los valores de atenuación más altos y más bajos de la red. El resultado mínimo es el más adecuado para asegurar un funcionamiento continuo y la estabilidad de la red. Esto es lo menos ideal para las redes ya que la salida máxima se encuentra muy próxima al límite de nivel óptico permitido por la ONT, por lo que es susceptible a la pérdida de datos o a la inestabilidad de la red.

3.1.3.3. Atenuación por la Distancia de Trayecto de la Fibra

Por último, es necesario determinar la atenuación según la distancia de la fibra óptica. La red presenta un trayecto menor a 1 km en los cables de fibra óptica. Por lo tanto, la suma total de atenuación es:

TABLA VII.

Atenuación de la onda de luz por la distancia				
Atenuación de Onda por km			Total	
Tipo de Onda	Kilómetros	Atenuación	Min.	Max.
$\lambda = 1310$ nm	< 1 km	0.35	24.75	31.15
$\lambda = 1490$ nm	< 1 km	0.22	24.62	31.02

Nota: La tabla VII muestra la atenuación que se genera por km de distancia en las ventanas de 1310 nm y 1490 nm. [5]

La tabla VII presenta las dos clases de onda más empleadas para la transmisión de datos. Su atenuación por kilómetro es bastante baja, alcanzando valores de 0.35 dB a $\lambda = 1310$ nm y 0.22 dB a $\lambda = 1490$ nm. En lo que respecta a la red que se va a diseñar, se ha determinado que la distancia máxima que atraviesa un cable de fibra óptica es inferior a 1 kilómetro.

Por ende, la atenuación debida a la distancia no influye significativamente en esta situación. No obstante, se consideran sus valores inferiores a 1 km y se añaden a la

atenuación total, resultando en $\lambda = 1310$, 24.75 dB nm como mínimo y 31.15 dB como máximo. En $\lambda = 1490$ nm se obtiene un valor mínimo de 24.62 dB y un valor máximo de 31.02 dB.

Consideramos como valor de atenuación total los mínimos aceptados, dado que son los más adecuados para asegurar sostenibilidad y conectividad a la red, que son 24.75 dB en $\lambda = 1310$ nm y 24.62 dB en $\lambda = 1490$ nm.

3.1.3.4. Valores Ópticos Finales

Por último, obtenemos el valor total de atenuación; a este le agregamos el nivel óptico de salida del SFP. En este caso se ha seleccionado el SFP tipo B+, el cual posee una potencia máxima de salida de +5 dB y una potencia mínima de +1,5 dB.

Llevamos a cabo estas operaciones en la tabla que sigue.

TABLA VIII.
Valores ópticos finales

OLT (nodo central) -> ONT/ONU (usuario final) $\lambda = 1490$		
Tipo SFP	Potencia Min. = +1.5 dB	Potencia Max. = +5 dB
B+	-23.12	-19.62
ONT/ONU (usuario final) -> OLT (nodo central) $\lambda = 1310$ nm		
Tipo SFP	Potencia Min. = +1.5 dB	Potencia Max. = +5 dB
B+	-24.20	-19.72

Nota: En la tabla VIII se muestran los valores ópticos finales que tendrá la red GPON en las ventanas de 1490 nm y de 1310 nm. [Elaboración Propia]

El valor óptico ideal que la ONT debería registrar ($\lambda = 1490$) debería ser de -19.62 dB según los cálculos de la tabla VIII. Sin embargo, existe un límite máximo permitido de hasta -23.12 dB que puede ser causado por diversas atenuaciones.

En la segunda longitud de onda ($\lambda = 1310$ nm), el valor de potencia máxima es el más idóneo para la red. Esta longitud de onda se desplaza desde la ONT y transmite la información a la OLT en el nodo central. El valor óptico que la OLT debe registrar debería ser de -19.72 dB, aunque hay un límite máximo permitido que alcanza hasta -24.20 dB, debido a algunas atenuaciones que pueden surgir durante la transmisión.

Estos son los niveles ideales que tendría la red en cuestión. Los valores se encuentran en el rango de recepción de -8 dB a -28 dB, por lo que el nivel óptico es ideal para la viabilidad de la red.

3.1.3.5. Tabla de Niveles Ópticos para cada ONT en la Red GPON

La Tabla IX presenta los niveles ópticos obtenidos por cada una de las 24 ONT de cada facultad de acuerdo a nuestro diseño. Estos niveles ópticos son ideales para el funcionamiento y la estabilidad de la red GPON.

TABLA IX.

Tabla de niveles ópticos para cada ONT en la red GPON

ZONAS DE LA RED GPON	Nº HILO	FACULTADES/DEPENDENCIA	Distancia OLT – ONT (km)	Pérdida por distancia (<1 km) (dB)	Pérdida por Splitter's (dB)	Pérdida por fusiones (dB)	Pérdida por conectores (dB)	Margen de Seguridad (dB)	Atenuación Total (dB)	A.T. + Pot. Máx. SFP B+ (+5dB)
ZONA 01	1	Administración	0.560	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
	2	Contabilidad	0.610	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
	3	Ciencias Económicas y Negocios Internacionales	0.620	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
	4	Derecho y Ciencias Políticas	0.530	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
	5	Garita	0.550	0.22	20.9	0.60	2	1	-24.72	-19.72
	6	Inf. Mant y Planeamiento	0.660	0.22	20.9	0.60	2	1	-24.72	-19.72
	7	CEPU	0.660	0.22	20.9	0.60	2	1	-24.72	-19.72
ZONA 02	1	Ing. Mecánica Eléctrica y Electrónica	0.180	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
	2	Ofic. General de Matrícula, Registro y Estadística	0.290	0.22	20.9	0.60	2	1	-24.72	-19.72
	3	Centro Médico SLG	0.360	0.22	20.9	0.60	2	1	-24.72	-19.72
	4	Ciencias	0.300	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
	5	Ing. Química y Petroquímica	0.410	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
ZONA 03	1	Enfermería	0.240	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
	2	Educación y Humanidades	0.250	0.22	20.9	0.60	2	1	-24.72	-19.72
	3	Ing. Ambiental y Sanitaria	0.330	0.22	20.9	0.60	2	1	-24.72	-19.72
	4	Edificio Multifacultades (Fac. Comunicación, Turismo y Arqueología, Fac. Psicología, Fac. Arq.	0.390	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
	5	Obstetricia	0.590	0.22	20.9	0.60	2	1	-24.72	-19.72
	6	Ing. Sistemas	0.510	0.22	20.9	0.60	2	1	-24.72	-19.72
	7	Biblioteca Central	0.530	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
	8	Comedor universitario - Bienestar Universitario	0.560	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
ZONA 04	1	Odontología	0.260	0.22	20.9	0.60	2	1	-24.72	-19.72
	2	Farmacia y Bioquímica	0.350	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
	3	Ing. Civil	0.430	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62
	4	Ciencias Biológicas	0.640	0.22	20.9	0.50	2	1	-24.62	-19.62

Nota: En la tabla IX se muestran los valores ópticos que deben registrar las ONT de cada facultad, oficinas y dependencias en la ciudad universitaria. [18] [Edición Propia]

3.1.4. Elementos y herramientas requeridos para la Red GPON

3.1.4.1. Optical Line Terminal (OLT).

En nuestro diseño de red, emplearemos productos de Ubiquiti Networks. Esta empresa proporciona una OLT con 4 puertos GPON, capaz de enlazar hasta 512 ONT. Los puertos SFP ofrecen conectividad de hasta 10 Gbps, lo que permite que el producto sea escalable y versátil para la red GPON.

El dispositivo es Ufiber OLT 4, se puede observar en la figura siguiente.

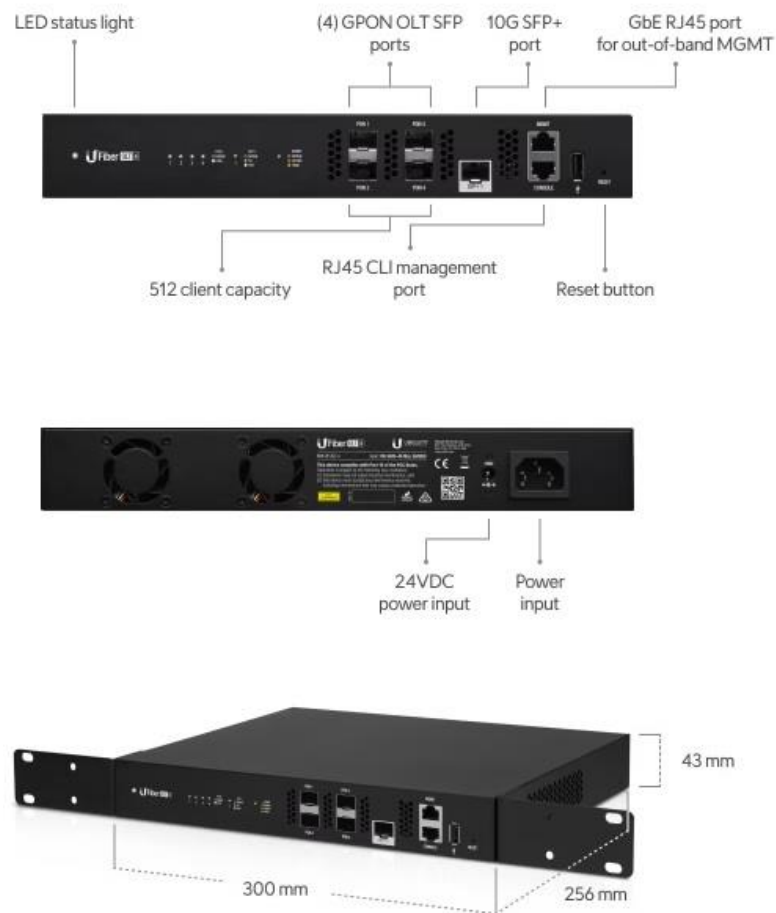


Fig. 35. Ufiber 4 OLT. [19]

Se pueden observar las especificaciones técnicas de esta OLT en la figura que sigue.

Dimensions	299.80 x 258.95 x 42.55 mm (11.80 x 10.19 x 1.68")
Weight (with Mount Brackets)	1.93 kg (4.25 lb) 2.13 kg (4.70 lb)
Networking Interfaces	(4) GPON OLT SFP (1) 1G/10G SFP+
Concurrent Clients	512 Registered ONUs/ONTs (128 per GPON Port)
Management Interfaces	(1) Ethernet for Out-of-Band Management (1) RJ45 Serial Console Port (1) Uplink for In-Band Management
GPON Speeds	2.488 Gbps Downstream 1.244 Gbps Upstream
Operating Wavelengths	1490 nm TX 1310 nm RX
Normal Optical Power Range	TX (Class B+): 1.5 to 5 dBm RX: -28 to -8 dBm
Max. Fiber Distance	20 km*
Power Method	100-240VAC, 50/60 Hz, Universal Input 24VDC
Power Supply	AC/DC Internal 56W DC
Max. Power Consumption	35W (Excluding SFP Modules)
Operating Mode	OLT GPON Core and Layer 2 Ethernet Switch
Advanced QoS	Supports 8 Priority Queues per User Port and Traffic Classification
Processor Specs	MIPS 1004kc, 880 MHz Dual Core
Memory Information	512 MB DDR3, 512 MB NAND
Operating Temperature	-10 to 45° C (14 to 113° F)
Operating Humidity	10 to 90% Noncondensing

Fig. 36. Características Técnicas de la OLT UFiber 4. [19]

3.1.4.2. Optical Network Termination (ONT)

La ONT más adecuada para nuestra red GPON es el UFiber 6 GPON CPE de Ubiquiti Networks. Estas ONT poseen características técnicas tanto en hardware como en software que complementan a la OLT en su rol como terminales de red. El equipo se puede observar en la figura siguiente.



Fig. 37. ONT UFiber Wifi 6. [19]

Las especificaciones técnicas del UFiber 6 se pueden observar en las próximas imágenes.

Hardware	
Processor	Dual-core MIPS 1004 Kc at 900 MHz
Memory	256 MB RAM
Total non-blocking line rate	2.488 Gbps downstream 1.244 Gbps upstream
Networking interfaces	(1) SC/APC, ITU-G.984 GPON WAN port (4) GbE RJ45 LAN ports WiFi 802.11ax 5/2.4GHz channels
PoE interface	(1) PoE in, 24V passive PoE
Management interface	Ethernet in-band PON
Button	Factory-reset
Max. power consumption	11W
Power method	USB-C 5VDC, 3A 24V passive PoE, 0.5A
Power supply	5VDC, 3A power adapter, 1.5 m cord (included) Passive PoE 2-pair (4, 5+, 7, 8-)
Supported voltage range	10-30VDC passive PoE 5VDC adapter
Normal TX range of optical module	0.5 to 5 dBm
Normal RX range of optical module	-8 to -28 dBm
Max. WiFi TX power	2.4 GHz 5 GHz
MIMO	2.4 GHz 5 GHz
Max. WiFi radio rate	2.4 GHz 5 GHz
Antenna gain	2.4 GHz 5 GHz
Operating temperature	-15 to 45° C (5 to 113° F)

Fig. 38. Especificaciones Técnicas de Hardware de la ONT UFiber Wifi 6. [19]

Software	
Mode	ONU/ONT Layer 2/3 Ethernet switch
Services	Web server, telnet, NAT, bridging and routing, firewall features, and application passthrough features
Utilities	Dashboard, monitoring, alarms, and logs
Other	Remote reset, remote reboot, remote firmware upgrade, VLAN support
Security	GEM Port Encryption
Ubiquiti specific features	UBNT Discovery and UISP Mobile app
WiFi standards	802.11 b/g WiFi 4/WIFI 5/WIFI 6
Wireless security	WEP, WPA-PSK, WPA-Enterprise (WPA/WPA2/WPA3, TKIP/AES)
Minimum software requirements	Any modern web browser (Google Chrome™ recommended)
Fiber	
Operating wavelength	1310 nm TX/1490 nm RX

Fig. 39. Especificaciones Técnicas de Software de la ONT UFiber Wifi 6. [19]

3.1.4.3. ODF (Optical Distribution Frame)

El ODF correcto para nuestro diseño tiene que ser de 12 puertos para permitir la fusión de los hilos de fibra que suministrarán la red a lo largo del campus.



Fig. 40. ODF SuperFiber de 04 puertos. [14]

- De acuerdo con [14], las propiedades del ODF son:
- Puertos: 12 conectores SC/APC Simplex.
- Capacidad: 24 empalmes (1 bandeja con 24 hilos).
- Admite hasta 04 entradas de cables de FO en la parte posterior.
- Material: Metal (con riel extensible)

3.1.4.4. Transceiver GPON

El transceiver o SFP más adecuado para nuestra red GPON es el módulo GPON tipo B+ de Ubiquiti Networks, que proporciona las mejores especificaciones para un óptimo rendimiento de la red. Además, es el accesorio perfecto para OLT Ufiber 4. En la figura a continuación se muestra el Módulo Ubiquiti.



Fig. 41. Transceiver GPON marca Ubiquiti. [19]

En la tabla siguiente se presentan las especificaciones técnicas del Transceiver Ubiquiti tipo B+.

TABLA X.
Características del Transceiver Ubiquiti B+

Supported media	Single-mode fiber
Connector type	(1) SC/UPC
TX Wavelength	1490 nm
RX Wavelength	1310 nm
TX power range	1.5 to 5 dBm
RX power range	-28 to -8 dBm
Downstream data rate	2.5 Gbps
Upstream data rate	1.25 Gbps
Cable distance	20 km

Nota: Características del SFP Ubiquiti tipo B+. [19]

3.1.4.5. Fibra Óptica para infraestructura exterior subterránea

La fibra óptica óptima para nuestra red GPON debe ser dieléctrica y apropiada para instalaciones subterráneas, con recubrimientos que protejan contra roedores y humedad. La fibra debe contar con 12 hilos interiores, con los que se ha diseñado la red GPON. Asimismo, tiene que ser monomodo porque se instalará a largas distancias y con la normativa G.652D que permite un específico índice de curvatura. En esta ocasión se ha seleccionado la fibra óptica de la marca Fiberhome, que presenta magníficas características técnicas.

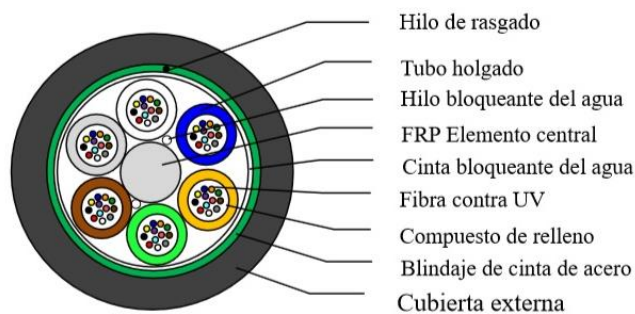


Fig. 42. Fibra Óptica para instalación subterránea de la marca FiberHome. [20]

La tabla siguiente presenta ciertas especificaciones de las marcas de fibra óptica Fiberhome.

TABLA XI.
Características de la fibra óptica de la marca Fiberhome

Item	Material	Descripción
Cubierta externa	HDPE	HDPE
Blindaje de cinta de acero	Cinta de acero recubierta por dos lados	Cinta de acero recubierta por dos lados
Envoltura	Hilo de Polyester	Envoltura sobre el núcleo
Cinta bolqueante del agua	Cinta bolqueante del agua	Bloqueo de agua y humedad
Hilo de rasgado	Hilados de aramida	2 Hilos de rasgado
Tubo holgado	PBT	Color del tubo: Azul, Naranja, Verde, Marrón, Gris, Blanco, Rojo, Negro
Compuesto de relleno del tubo	Gel tixotrópico	Bloqueo de agua y humedad
Fibra	G.652D	Fibra óptica, con color : Azul, Naranja, Verde, Marrón, Gris, Blanco, Rojo, Negro, Amarillo, Violeta, Rosado, Turquesa

Nota: Características principales de la fibra óptica tipo G.652D marca FiberHome. [20]

3.1.4.6. Fibra Óptica para uso interno (Fibra Drop 1 Hilo).

El acceso a los armarios en las facultades del campus universitario necesita fibra de un hilo (monomodo), acorde al diseño. Estas fibras ópticas deben ser las más apropiadas para su instalación en interiores y, por ende, deben adherirse al estándar G.657.A; el cual especifica que la fibra debe proporcionar alta flexibilidad y resistencia a las curvaturas. La fibra Drop que satisface estos criterios pertenece a la marca FiberHome.



Fig. 43. Carrete de Fibra Monomodo G.657.A2 de la marca FiberHome. [20]

De acuerdo con [20], las características de esta fibra tipo drop de FiberHome son las siguientes:

- Fibra BIF plana G.657A2 (no sensible a curvaturas).
- Recubrimiento: LSZH (bajo nivel de humos, sin halógenos)
- Fuerza de tensión máxima: 80N
- Uso: Interior/Exterior (no aéreo)
- Intervalo de temperatura: -20°C a 60°C
- Peso (kg/km): 12 ± 3 kg/km
- 1 hebra (1 fibra)

- Diámetro: $2 \pm 0,3$ mm (Altura) x $3 \pm 0,3$ mm
- Radio de curvatura mínimo: 30H al instalar, 15H durante el funcionamiento.
- Resistencia a la compresión: 1000N/10 cm

3.1.4.7. Mufas para la red subterránea.

Las mufas más idóneas para pozos subterráneos son las mufas horizontales, que ofrecen un grado de protección IP65. Según el diseño de nuestra red, se requerirán mufas de 12, 24 y 48 hilos. Existen numerosos proveedores variados en el mercado. En esta ocasión, seleccionamos SuperFiber, que proporciona mufas de 12, 24 y 48 hilos idóneas para el diseño de la red GPON. Cada mufa cuenta con una bandeja interna capaz de alojar entre 12 y 24 hilos. Asimismo, cuenta con 04 puertos de entrada y salida de fibra.



Fig. 44. Mufa Horizontal SuperFiber. [14]

3.1.4.8. Splitter's

El diseño de la red GPON necesita 04 splitter's de 1:16 para combinar en la mufa de 96 hilos con los 04 cables troncales de la red.

En la figura 45 se puede observar el splitter 1:16 apropiado para la red GPON



Fig. 45. Splitter Balanceado 1:16 sin conectores. [14]

3.1.4.9. PatchCord's

De acuerdo con el diseño de la red GPON, se requieren 04 cables patchcord's de tipo SC/APC – SC/UPC con conectores simplex para enlazar la OLT y el ODF. Para enlazar los ONT al splitter 1:4 se requiere el cable patchcord SC/APC – SC/APC con conectores simplex.



Fig. 46. Patchcord SC/APC - SC/UPC Simplex. [14]

El cable patchcord SC/APC – SC/APC se muestra en la figura 47.

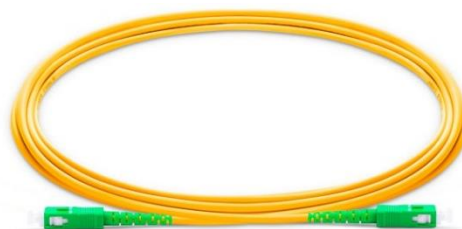


Fig. 47. Patchcord SC/APC - SC/APC Simplex. [14]

3.1.4.10. Pigtails

Los pigtails requeridos para las redes GPON son del tipo SC/APC monomodo y simplex.

La Figura 48 ilustra el pigtail que se empleará.

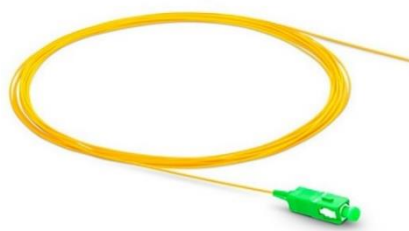


Fig. 48. Pigtail SC/APC Simplex – Monomodo. [14]

3.1.4.11. Enfrentador

Es un componente que se emplea para enlazar conectores de fibra óptica. Al unir adecuadamente los dos conectores, el adaptador de fibra asegura que la fuente de luz transmita el máximo de energía y que las pérdidas se reduzcan al mínimo. Los conectores más apropiados para la red son los tipos SC/APC simplex y monomodo [14].



Fig. 49. Enfrentador SC/APC Simplex Monomodo [20].

3.1.4.12. Conectores Rápidos

Los conectores rápidos más idóneos son los conectores de cocodrilo SC/APC SuperFiber. Se emplea para enlazar el cable DROP a un divisor de fibra óptica. La imagen 50 ilustra el conector.



Fig. 50. Conectores Rápidos SC/APC Tipo Cocodrilo. [20]

3.1.4.13. Divisor Óptico Modular 1:4 SC/APC.

El divisor de potencia óptica modular cuenta con 1 entrada y 4 salidas que distribuyen la potencia de manera 50/50. Conectado y finalizado con adaptadores SC – APC de entrada y salida. Se pueden enlazar fibras monomodo según la norma G.657A. La señal óptica que ingresa se dividirá proporcionalmente entre las salidas debido a la presencia de un splitter balanceado.



Fig. 51. Divisor óptico modular 1x4 G-657A/B SC/APC. [20]

3.1.5. Gastos de referencia para la red GPON.

La tabla siguiente presenta el precio de todos los dispositivos requeridos para una red GPON en un posible despliegue.

TABLA XII.
Dispositivos y suministros para la red GPON

EQUIPO/MATERIAL	MARCA/PROVEEDOR	UNIDADES	PRECIO (\$ c/u)	TOTAL
UFiber OLT 4 (Optical Line Terminal)	Ubiquiti	1	\$1,189.00	\$1,189.00
UFiber Wifi 6 (Optical Network Termination)	Ubiquiti	24	\$99.00	\$2,376.00
SFP Módulo B+ UFiber	Ubiquiti	4	\$79.00	\$316.00
F.O. G.652.D Armada Monomodo 12H Carrete 4km	FiberHome	1	\$3,799.00	\$3,799.00
ODF 12 PUERTOS	SuperFiber	1	\$39.00	\$39.00
Fibra Drop G.657.A2 Carrete 1 km	FiberHome	1	\$109.90	\$109.90
Mufas Horizontales 12 hilos	SuperFiber	19	\$24.99	\$474.81
Mufas Horizontales 24 hilos	SuperFiber	2	\$29.99	\$59.98
Mufas Horizontales 48 hilos	Phyhome	1	\$39.99	\$39.99
Splitter 1x4 SC/APC	SuperFiber	24	\$6.50	\$156.00
Splitter 1x16	SuperFiber	4	\$6.90	\$27.60
Patchord SC/APC - SC/UPC 3m	SuperFiber	4	\$1.29	\$5.16
Patchord SC/APC - SC/APC 3m	SuperFiber	24	\$1.19	\$28.56
Pigtails	SuperFiber	4	\$0.90	\$3.60
Enfrentadores	SuperFiber	12	\$0.50	\$6.00
Conectores Rápidos SC/APC cocodrilo pack 10u	SuperFiber	3	\$5.50	\$16.50
Divisor Óptico Modular 1:4 SC/APC G.657.A	Furukawa	24	\$14.59	\$350.16
			TOTAL	\$8997.26

Nota: La tabla XII presenta el costo en dólares de los equipos y materiales para una posible aplicación de estos en la ciudad universitaria. [14], [20], [19]. [Edición Propia].

IV. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

En esta investigación hemos logrado diseñar una red FTTH con el estándar GPON conforme a la normativa actual, además de elaborar un diseño que brinde capacidad y confianza en los servicios de datos para mejorar las comunicaciones en un campus universitario.

Asimismo, se pudo dimensionar la red considerando los niveles óptimos requeridos para su viabilidad y fiabilidad.

Los resultados muestran la relevancia de crear proyectos de red para la ciudad universitaria, puesto que los diagramas y mapas de hilos permiten localizar e identificar de manera rápida los componentes de una red GPON.

La red de fibra óptica se segmenta en cuatro zonas de cobertura para alcanzar todas las dependencias y facultades de la ciudad universitaria.

Utilizando un receptor de clase B+ en la OLT, se alcanzó un nivel óptico de -19,12 dB, el cual está dentro del rango óptimo para la sensibilidad de recepción de la ONT.

Los resultados presentan similitud con los de Baque [2]. Por ejemplo, los usuarios finales de la red consisten en estudiantes, docentes y empleados que pertenecen a una institución educativa universitaria. Una similitud adicional es el estudio y mapeo de la instalación de la fibra óptica en el campus universitario. Hay una similitud en la instalación de la fibra óptica, ya que esta inicia en un armario central y se dirige hasta el armario de la Escuela de Ingeniería de Sistemas Computacionales, donde la fibra se conecta en última instancia a un armario ya instalado con cableado estructurado, que se extiende hasta los diversos puntos de red en el lugar. Una de las diferencias es la instalación de fibra óptica en la planta externa, ya que en este diseño es aérea.

Los resultados de la investigación de Reyes [1] presentan similitudes en ciertos aspectos con el estudio actual. Por ejemplo, para la planificación de la red han sido necesarios los esquemas de las áreas de influencia para poder delinear las líneas principales y las secundarias, además de la disposición de los componentes de la red GPON. El diseño de la red se llevó a cabo a través de un software. Se emplearon ArcMap y AutoCAD para desarrollar este diseño. Para establecer el nivel óptimo de la red se ha creado un diagrama que muestra cada componente y conexión que provoca atenuación en la red. A continuación, se llevó a cabo un cálculo del nivel óptico total, resultando en una atenuación de 24,19 dB. A cada ONT se le asigna un ancho de banda correspondiente, en este caso 38,88 Mbps. Este diseño presenta dos niveles de división: 02 de 1:8 respectivamente. Una de las distinciones de este estudio es el enfoque del diseño creado para ofrecer planes de banda ancha a los habitantes de la parroquia Borrero Charasol mediante planes.

De igual forma, existe elementos de comparación en los resultados alcanzados por Agila [3]. Se trata del despliegue de la fibra óptica, para lo cual se ha necesitado un mapa geográfico del área por donde comienza el recorrido desde un gabinete central, en este caso un armario Huawei

F01S300 hacia las distintas calles y avenidas de la región. El tesista elabora la red con 02 niveles de división, que son 1:8 respectivamente, permitiendo conectar hasta un máximo de 64 usuarios por puerto PON. A continuación, se efectúa el cálculo del ancho de banda asignado a cada usuario, con la intención de proporcionar hasta 40 Mbps por cada abonado. Igualmente se efectúa el cálculo del nivel óptico y la atenuación total de la red, los cuales presentan un resultado final de -22.71 dB como máximo, valor que está incluido en el rango de sensibilidad de recepción de la ONT de clase B+. Una característica distinta es el enfoque de este diseño, que está orientado a la comercialización de planes de Internet para el barrio “El Paraíso de Jipiro” en el Cantón de Loja. Por esta razón, el diseño incluye más cajas de distribución (NAP) y más splitter’s, lo que facilita el suministro de este servicio a un mayor número de áreas de influencia. Otra particularidad es que emplea un eje central fabricado, preinstalado y situado fuera de un edificio en una avenida principal de la localidad. Otra particularidad notable es la utilización de un nodo central ya desarrollado y preinstalado de fábrica que se situará en el exterior de un edificio en una calle principal de la zona. Es igualmente relevante señalar que la instalación de la fibra óptica se lleva a cabo mediante postes, dado que este método es más eficaz y rentable en este tipo de configuración.

Finalmente, las conclusiones de esta investigación varían en ciertos aspectos respecto a los resultados de Francisco y Rojas [4]; en su modelo de red se sugiere llevar a cabo 03 niveles de splitteo, siendo el primero de 1:2, el segundo de 1:4 y el último de 1:8, resultando en el suministro de 64 usuarios por cada puerto PON en la OLT. La instalación de la fibra óptica se realiza por aire, alquilando postes de Electro Dunas, ya que este método es más viable y menos caro que el subterráneo. En este estudio se consigue llevar a cabo el diseño en campo, proporcionando resultados reales del nivel óptico total, que son de -15.87 dB para la longitud de onda de 1310 nm y -16.78 dB para la longitud de onda de 1550 nm. Este proyecto busca comercializar planes de internet de banda ancha a los habitantes de Comatrana en la ciudad de Ica, bajo la cobertura de la empresa WOW TEL SAC. Asimismo, las opciones de ancho de banda que ofrecen varían entre 50 Mbps y 500 Mbps por usuario. Debido a la extensión de la red, la instalación de la fibra óptica necesita más materiales y elementos, lo que eleva considerablemente el costo de puesta en marcha en comparación con la red de una universidad.

V. CONCLUSIONES

El diseño de la red en la ciudad universitaria se llevó a cabo con una infraestructura de planta externa de tipo subterránea que se encuentra actualmente en uso en el campus. La estructura sirvió como base para el diseño, culminando en la distribución de 48 pozos subterráneos y cerca de 2.400 metros de zanjas subterráneas.

El diagrama de hilos y empalmes se organiza en 04 amplias áreas de influencia según la localización geográfica de las facultades y oficinas del campus. Esta clasificación permite la distribución de la fibra en cada área. El esquema de hilos y empalmes muestra todos los componentes pasivos requeridos para ofrecer funcionamiento a la red GPON. Asimismo, contribuye a determinar la atenuación total de la red y los niveles ópticos más adecuados para ella.

Se llevó a cabo el cálculo del nivel óptico de la red, obteniendo -19.12 dB en la ventana de 1490 nm y -19.22 dB en la ventana de 1310 nm. En el diseño se emplea un SFP de categoría B+ y, de igual manera, una ONT de categoría B+, ambos de la marca Ubiquiti Networks. Estos valores están dentro del rango de sensibilidad de recepción de la OLT y de la ONT, que varían entre -8 dB y -28 dB respectivamente. Se determina que la red es factible, sostenible y escalable para grandes requerimientos de ancho de banda.

VI. RECOMENDACIONES

Para la infraestructura de la planta externa, es recomendable proporcionarle el mejor mantenimiento posible. De todas formas, se sugiere mantener los pozos y conductos sin residuos y asegurarse de que estén bien tapados.

Los esquemas de hilos y empalmes facilitan la identificación y el conteo de los componentes pasivos de la red de fibra. Esto permite expandir la red si se requiere en un futuro cercano. Se sugiere emplearla como guía para incorporar elementos adicionales.

Asimismo, se sugiere analizar la asignación de Mbps para cada puerto PON. Esto se debe a que en un futuro cercano podría haber una sobredemanda de ancho de banda por el crecimiento de la población universitaria.

Si se puede llevar a cabo la implementación o migración a una red GPON, es aconsejable emplear los niveles ópticos determinados en este estudio, ya que se hallan dentro de los parámetros más óptimos para los transceivers tipo B+.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. S. Reyes Moncayo, "Investigación y Diseño de una Red GPON para el Sector Banco de la Vivienda Etapa 1 y 2 de la Parroquia Borrero Charasol", Tesis de Pregrado, Univ. Católica de Cuenca, Azogues, Ecuador, 2020. [En línea]. Accesible: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/10369..>
- [2] J. E. Baque Pin, "Análisis de una Red FTTB Gpon de Fibra Óptica para la prestación de servicios de voz, video y datos, destinada al Edificio de la carrera de Sistemas Computacionales de la Universidad Estatal del Sur de Manabí", Tesis de Pregrado, Fac. Ciencias Técnicas, Universidad. Sur de Manabí, Ecuador, 2019. [En red]. Accesible: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1540>.
- [3] R. D. Aguila García, "Creación de una Red Gpon para el Distrito el Paraíso de Jipiro en el Cantón Loja, Provincia de Loja, Empleando un Armario F01s300", Tesis de Maestría, Esc. Posgrado en Telecomunicaciones., Univ. Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, 2019. [En la red]. Accesible: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13206>.
- [4] E. R. Francisco Finquin y A. A. Rojas Daviran, "Diseño de una Red FTTH utilizando Tecnología Gpon para Proveer el Servicio de Internet en el Centro Poblado de Comatrana, Ica 2022", Tesis de pregrado, Esc. Prof. Eng. Univ., Elec. Nac. del Callao, Callao, Perú, 2023. [En la red]. Accesible: <http://hdl.handle.net/20.500.12952/7791>.
- [5] M. J. Bustamente Espinoza y W. A. Meza Guerrero, "Sistema GPON para optimizar la Infraestructura de Red en el Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica", Tesis de pregrado, Esc. Prof. Ing. Electrónica, Universidad. Nac. Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2021. [En línea]. Acceso: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9502>.
- [6] M. J. Pachas Matias, "Elaboración de una Red FTTH utilizando el Sistema de Alcantarillado para el Despliegue de Fibra Óptica en el Distrito de El Agustino", Tesis de Pregrado, Fac. Cs. e Ing., Univ. Católica del Perú, Lima, 2018. [En línea]. Accesible: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13945>.
- [7] M. C. España Boquera, Advanced Telecommunications Services, Madrid: Díaz de Santos S.A., 2003.
- [8] R. Mena Angel, "Manual de Instalación de Fibra Óptica Subterránea y Aérea", Tesis de licenciatura, Esc. Hey. Ing. Mecánica y Electricidad, Inst. Politécnico Nacional, Ciudad de México, 2014. [En red]. Accesible: <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/18508..>

- [9] W. Stallings, *Redes y Comunicaciones de Computadoras*, 7ª ed., Madrid: Pearson Educación, S.A., 2004.
- [10] W. Tomasi, *Electrónica de Sistemas de Comunicación*, 4a ed., México: Pearson Education Inc., 2003.
- [11] J. M. Huidobro, *Telecomunicaciones, Tecnologías, Redes y Servicios*, 2ª ed., RA-MA, 2017.
- [12] J. M. Millán Esteller, *Métodos y Procedimientos en Infraestructuras de Telecomunicaciones*, Madrid: Ediciones Paraninfo SA, 2018.
- [13] J. M. Millán Esteller, *Diseño de Infraestructuras de Sistemas de Telecomunicaciones*, 1ª ed., Madrid: Ediciones Paraninfo SA, 2014..
- [14] SuperFiber, «SuperFiber,» [En línea]. Accessible: <https://superfiber.pe/>.
- [15] E. Quisnancela y N. Espinosa, «Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x,» *Enfoque UTE*, vol. 7, nº 4, pp. 16-30, 2016. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.111>.
- [16] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. D. P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, 6ª ed., México D.F.: McGraw Hill, 2014.
- [17] G. Earth, «Google Earth,» 2023. [En la red]. Accessible at: <https://earth.google.com/web..>
- [18] R. y. E. Oficina General de Matrícula, "Sitio de Transparencia, Univ. Nac. San Luis Gonzaga,» [Disponible en línea]. Accesible: <https://www.unica.edu.pe/transparencia>.
- [19] U. Networks, «Tienda de Ubiquiti Networks,» [En línea]. Accessible: [https://store.ui.com/..](https://store.ui.com/)
- [20] S. Telecom, «Silver Telecom,» [En línea]. Accessible: <https://www.silvertelecom.com/>.

VIII. ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿Como se diseña una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network para optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga- 2022??</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS: PE1.- ¿Cuál es el proceso para diseñar una red Fiber to the home bajo el estándar Gigabit Passive Optical Network, teniendo en cuenta las normativas actuales ITU G.984, para mejorar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022?</p> <p>PE2.- ¿¿Cómo trazar el diseño de una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network que brinde viabilidad y sostenibilidad al servicio de data y pueda optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022?</p> <p>PE3.- ¿Cómo dimensionar el diseño de la red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network teniendo en cuenta el nivel óptico adecuado para optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad San Luis Gonzaga - 2022?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Diseñar una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network para optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS OE1.- Diseñar una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network considerando las normativas vigentes ITU G.984.x para optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022.</p> <p>OE2.- Trazar el diseño de una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network que brinde viabilidad y sostenibilidad al servicio de data y pueda optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022.</p> <p>OE3.- Dimensionar la red Fiber to the home con el estándar Gigabit Passive Optical Network considerando el nivel óptico apropiado para mejorar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL: Si se diseña de una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network entonces se podrá optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga -2022.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: HE1.- Si se diseña una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network considerando las normativas vigentes ITU G.984.x entonces se podrá optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga – 2022.</p> <p>HE2.- Si se traza el diseño para una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network que brinde viabilidad y sostenibilidad al servicio de data entonces se podrá optimizar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga – 2022.</p> <p>HE3.- Si se dimensiona la red Fiber to the home según el estándar Gigabit Passive Optical Network y considerando el nivel óptico correcto, se podrá mejorar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga - 2022.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Diseño de una red Fiber to the home con estándar Gigabit Passive Optical Network</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE Optimización de las comunicaciones</p>	<p>- Clasificaciones de redes</p> <p>- Diagramas</p> <p>Topológicos</p> <p>- Estudio de campo</p> <p>- Entrevista con el equipo de OTI</p> <p>- Mbps requeridos para la red</p> <p>- Actualización de dispositivos activos</p>	<p>TIPO DE ESTUDIO Es tipo aplicada</p> <p>NIVEL DE ESTUDIO Es de nivel explicativo</p> <p>DISEÑO Es no experimental, transversal, descriptivo</p>	<p>Experimental</p> <p>Observativa</p> <p>Demostrativa</p> <p>INSTRUMENTOS</p> <p>Bibliografía</p> <p>Resumen</p> <p>Investigaciones</p> <p>Libros</p> <p>Revistas Académicas</p>

ANEXO 02: ENTREVISTA A PERSONAL DE OTI

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica

Tesista: Carlos Enrique Hernández Carrasco

El objetivo de esta entrevista es recoger información importante sobre la situación actual de la red de transmisión de datos con el fin de avanzar en la investigación titulada: “Diseño de una red FTTH con estándar GPON para mejorar las comunicaciones en la Ciudad Universitaria de la Universidad San Luis Gonzaga”. El equipo de OTI (Oficinas de Tecnologías de la Información) nos asistirá en esta oportunidad a aclarar inquietudes. El tesista plantea las preguntas y los técnicos de OTI proporcionan las respuestas.

1.- ¿De qué manera funciona actualmente la red de la ciudad universitaria?

Rpta: La red universitaria está compuesta por dos subredes: una que utiliza cable coaxial, instalada hace años por el proveedor Movistar, y otra más reciente que emplea fibra óptica. Las dos funcionan simultáneamente en el campus para poder mantener la demanda de datos y conexión.

2.- ¿Ambas redes suministran a la totalidad del campus?

Rpta: En la actualidad, la red está accediendo a la gran mayoría de los edificios y oficinas del campus, no al 100%, pero casi lo alcanza.

3.- ¿No podría una única red servir a todo el campus?

Rpta: En efecto, una única red de este tipo no podría servir a todo el campus, dado que la demanda es considerable y puede congestionar rápidamente en las horas punta de los días hábiles.

4.- ¿Qué oficinas o facultades son suministradas por cada una de las redes?

Rpta: La red de cable coaxial proporciona servicio a todas las facultades, dirigida a estudiantes y profesores; igualmente a CEPU, laboratorios, talleres y aulas. A esta red se le han incorporado repetidores, puntos de acceso y antenas direccionales para ofrecer Wifi gratuito en el campus. La red de fibra óptica pura se enfoca más en el personal administrativo, proporciona servicio a oficinas y al sistema de CCTV.

5.- ¿Cómo se lleva a cabo la expansión de la red para nuevas oficinas, salones o departamentos?

Rpta: Nos conectamos a la red mediante cable coaxial porque poseemos las herramientas y la experiencia necesaria para realizar una ampliación con cable de cobre; no podemos trabajar con la red de fibra, ya que no disponemos de las herramientas ni de la formación adecuada.

6.- ¿Existen diseños o diagramas topológicos para la red del campus?

Rpta: No disponemos de ningún plano de red o esquema porque la compañía proveedora no nos ha proporcionado ninguno hasta ahora. Por esa razón, también es difícil expandir la red de fibra.

7.- ¿A cuántos Mbps opera la red del campus?

Rpta: La red de cable coaxial opera a 200 Mbps y la de fibra óptica también opera a 200 Mbps.

8.- ¿Se requiere un mayor ancho de banda para la red?

Rpta: Sería lo ideal, sin embargo, a pesar de las circunstancias, nos mantenemos firmes. Principalmente se utiliza la red para tareas de oficina o estudios, las cuales no requieren mucha banda ancha; además, la conexión no está disponible todo el día, generalmente es de lunes a viernes en las mañanas cuando hay mayor actividad.

9.- ¿De qué manera están establecidas las redes en el campus?

Rpta: La red de cable coaxial se ha instalado de forma aérea y emplea los postes ubicados en la ciudad universitaria. La red de fibra se ha instalado de forma subterránea y en algunas secciones de manera aérea.

10.- ¿Qué trayectoria sigue la planta externa?

Rpta: El trayecto de las redes inicia en la sede principal de OTI y se extiende hacia las facultades y oficinas dentro del campus. Conocemos la ruta porque hemos revisado los trabajos de la empresa proveedora y de esa manera nos hemos orientado. Teníamos un diseño a mano alzada, pero con el tiempo.

11.- ¿Cuál es la implementación de la planta interna?

Rpta: En el interior de la planta, la red proviene del exterior a un armario central, donde se encuentran instalados los switches, routers, convertidores, paneles de parcheo, divisores, entre otros dispositivos. Desde estos armarios se extiende la red hacia los puntos finales en cada edificación y/o facultad a través de un sistema de cableado estructurado.

12.- ¿Se dispone de una estimación sobre cuántos puntos de finalización hay en la red?

Respuesta: No hemos registrado cuántos puntos finales existen en este momento. Para estimar cuántos puntos finales existen en una facultad, revisamos los switches de los gabinetes.

13.- ¿Quién lleva a cabo las labores de expansión o mantenimiento en la red de fibra óptica?

Rpta: Cuando es necesaria una expansión de la red o su mantenimiento, se contrata a una empresa proveedora o a técnicos expertos para que nos asistan cuando surge algún inconveniente.

14.- ¿Se ha realizado alguna vez mantenimiento en los pozos y ductos de la red de fibra?

Rpta: Hasta ahora no se ha logrado llevar a cabo el mantenimiento debido a la carencia de herramientas y equipos indispensables para estas tareas.

15.- ¿Hay algún plan de contingencia o respaldo cuando la red se cae en el campus?

Rpta: Sí, nos ha ocurrido en varias ocasiones que la conexión se ha interrumpido, por diferentes motivos. Existen ciertas fallas que nosotros podemos manejar, mientras que hay otras que no podemos solucionar y debemos esperar a que una empresa proveedora nos asista para resolver el problema, especialmente con la red de fibra óptica. Si la dificultad radica en la red principal, aguardamos a que la compañía proveedora Movistar se presente para solucionar el problema.

16.- ¿De qué manera está conectado el sistema CCTV a la red del campus?

Rpta: La gestión del sistema de cámaras está a cargo de Garita en la entrada de la ciudad universitaria. La realidad es que no operamos con ese sistema y fue una empresa proveedora la que lo instaló.

17.- ¿Opinan que estas dos redes deberían unirse y operar como una sola?

Rpta: Sería lo ideal, dado que la red de cable coaxial está obsoleta y además congestionada. Lo ideal es que toda la red esté creada con fibra óptica, ya que nos proporciona mayor velocidad y más ancho de banda; sin embargo, también tendríamos que obtener nuevas herramientas y equipos para utilizarla, así como formación.

18.- ¿Coinciden en que la red de fibra requiere un diseño o esquema topológico?

Claro, eso nos facilitaría mucho la localización de los empalmes, así como el mapeo de las mufas, pozos y la trayectoria de los hilos de fibra. Facilitaría las labores de mantenimiento y de crecimiento de la red.

19.- ¿De qué manera se establecerá la conexión a la red en la facultad de Obstetricia?

Rpta: Bien, observamos que se han hecho las zanjas para instalar las tuberías, pero hasta ahora no notamos más progreso. Tenemos conocimiento de que una empresa proveedora se encargará de ello y nosotros estaremos listos para ayudar cuando lo necesiten.

20.- ¿Se ha comunicado a las autoridades sobre las necesidades que presenta la OTI?

Rpta: Se ha informado, sin embargo, hasta ahora no hemos recibido respuesta sobre reformas en la red o capacitaciones para nosotros.