

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



TESIS:

**Red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre fibra óptica
energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de
Huamanga, Ayacucho, 2023.**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO DE SISTEMAS

PRESENTADO POR:
Bach. Rony MISARAYME MEDRANO

ASESOR:
Ing. Hubner JANAMPA PATILLA

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mis padres, por el apoyo y amor incondicional que siempre está presente, A mis hermanos, que día a día me guían a ser mejor y el gran cariño que me brindan, A Dios, por permitirme llegar hasta esta etapa de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a mis padres y hermanos que desde el inicio creyeron en mí y me apoyaron en cada momento, a pesar de las dificultades siempre haciendo lo posible para mi educación.

A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería de Sistemas, en especial a mi asesor el Dr. Ing. Hubner Janampa Patilla, por su guía y orientación para la realización de este trabajo de investigación. Y también a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

A mis compañeros de la universidad que con su apoyo y compañerismo se lograron muchos trabajos grupales, a mis amigos cercanos que siempre se motivan a ser mejores cada día.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal el diseño de una nueva infraestructura de conexión de red óptica pasiva con capacidad de gigabit, dentro de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, para el desarrollo de este proyecto se detalla las tecnologías a usar y la funcionalidad de estas, como son los PON, fibra óptica energizada, equipos periféricos y materiales a usar.

Se ve la mejora de estos, con el control de subida y bajada mediante, la multiplexación por división de longitud de onda, el sentido descendente broadcast y el sentido ascendente del acceso múltiple por división de tiempo, así como los equipos a usar dentro de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Para la configuración de la red óptica pasiva con capacidad de gigabit.

Teniendo en cuenta la cantidad de población estudiantil, docentes y administrativos, en los distintos locales que cuenta la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, que se verá beneficiada, se diseñó una infraestructura en el campus universitario, para una mejor visión de cómo se implementó y donde estará ubicado la OLT que es la terminación de línea óptica dentro de la tecnología GPON

Palabras claves: Multiplexación por división de longitud de onda, Sentido descendente broadcast, Sentido ascendente del acceso múltiple por división de tiempo, Fibra óptica energizada, GPON, Red óptica pasiva, Gigabit.

ABSTRACT

The main objective of this research is to design a new passive optical network connection infrastructure with gigabit capacity at the National University of San Cristóbal de Huamanga. This project will involve the use of various technologies, including PON, energized fiber, and peripheral equipment, as well as the selection of appropriate materials. The emphasis will be on technical precision, with a focus on clear and concise language and logical flow of information. Biased or emotional language will be avoided, ensuring a value-neutral and objective tone throughout the document. Consistent citation, grammar, punctuation, and spelling will be maintained according to the appropriate style guide.

The advancements achieved by controlling upload and download operations via wavelength division multiplexing, as well as utilizing broadcast downstream direction and upstream direction of time division multiple access, alongside the appropriate network equipment, will result in significant improvements. The National University of San Cristóbal de Huamanga is presently configuring a passive optical network that possesses the capacity to support gigabit speeds.

Considering the National University of San Cristóbal de Huamanga's student population, faculty, and administrative staff across its various locations, an infrastructure will be developed on-campus to better visualize the project's scope and determine the OLT's location, the GPON technology's optical line termination point.

Keywords: Wavelength Division Multiplexing, Broadcast Downstream, Time Division Multiple Access Upstream, Powered Fiber Optic, GPON, Passive Optical Network, Gigabit.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
LISTA DE TABLAS.....	8
LISTA DE FIGURAS	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1. DIAGNÓSTICO Y ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2.1. Problema general.....	12
1.2.2. Problemas específicos.....	12
1.3. OBJETIVOS	13
1.3.1. Objetivo general.....	13
1.3.2. Objetivos específicos	13
1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	13
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
2.2. MARCO TEÓRICO	17
2.2.1. Red óptica pasiva (PON)	17
2.2.2. Fibra óptica.....	27
2.2.3. Fibra óptica energizada.....	31
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	33
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	34
3.4.1. Población.....	34
3.4.2. Muestra.....	34
3.5. VARIABLES Y DIMENSIONES	34
3.5.1. Definición conceptual de las variables	34
3.5.2. Definición operacional de las variables	35
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS.....	35
3.6.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
3.6.2. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	36
3.7. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	36
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. REALIDAD ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA	37

4.1.1 Descripción de las tecnologías.....	37
4.1.2. Descripción de las ubicaciones de los nodos	41
4.2. MODELO DE TOPOLOGÍA FÍSICA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO.....	41
4.3. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ENERGIZADA....	42
4.4. DESCRIPCIÓN DE LOS DEMÁS EQUIPOS Y COMPONENTES	45
4.4.1. Fuente de alimentación.....	45
4.4.2. Relleno de ranura	46
4.4.3. OLT GPON DE 8 módulos	47
4.4.4. Módulo PON	51
4.4.5. ONT – GPON.....	52
4.4.6. Extensor de alimentación a través de Ethernet (PoE)	55
4.4.7. Splitters o divisores.....	57
4.5. PÉRDIDA DE POTENCIA EN ENLACES Y NODOS.....	59
4.5.1 Enlaces de fibra óptica.....	60
4.5.2. Nodos	60
4.6. TASA DE TRANSFERENCIA DEL MODELO PROPUESTO	61
4.7. TOPOLOGÍA Y VENTAJAS DEL MODELO PROPUESTO.....	62
4.7.1. Topología lógica	62
4.7.2. Ventajas.....	63
4.8. OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DEL MODELO PROPUESTO FRENTE AL MODELO TRADICIONAL DE DESPLIEGUE DE FIBRA ÓPTICA	64
4.8.1. Precios del modelo propuesto.....	64
4.8.2. Precios del modelo tradicional (actual).....	65
4.8.3. Comparativa	67
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
5.1. CONCLUSIONES	68
5.2. RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS.....	70
LISTA DE ABREVIATURAS	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de fibra óptica	28
Tabla 2: Componentes del cableado y canalizaciones pertenecientes la red actual.....	38
Tabla 3: Componentes del sistema de acceso inalámbrico	39
Tabla 4: Componentes del sistema de conectividad.....	39
Tabla 5: Componentes del resto de la red	40
Tabla 6: Especificaciones técnicas de la fibra energizada.....	43
Tabla 7: Especificaciones técnicas de la fuente de la alimentación	45
Tabla 8: Especificaciones técnicas del relleno de ranura.....	47
Tabla 9: Especificaciones técnicas del OLT GPON	48
Tabla 10: Especificaciones técnicas del módulo PON	51
Tabla 11: Especificaciones técnicas del módulo PON	54
Tabla 12: Especificaciones técnicas del extensor PoE	56
Tabla 13: Especificaciones técnicas de los splitters	58
Tabla 14: Pérdida en enlaces	60
Tabla 15: Precios aproximados del modelo propuesto	64
Tabla 16: Precios de la infraestructura actual	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representación esquemática de un GPON	17
Figura 2: Una red de acceso en GPON	20
Figura 3: Arquitectura basada en compartir longitudes de onda.....	22
Figura 4: Sentido Descendente en GPON.....	23
Figura 5: Trama GPON descendente	24
Figura 6: Arquitectura descendente.....	25
Figura 7: Trama GPON ascendente	26
Figura 8: Arquitectura ascendente.....	27
Figura 9: Categorías de fibras ópticas.....	28
Figura 10: Clasificación de subtipos de SMF	30
Figura 11: Subclases de ITU-T G.657	30
Figura 12: Dispersión cromática por materiales.....	30
Figura 13: Fibra óptica en el campus universitario UNSCH	37
Figura 14: Topología de red del campus universitario	41
Figura 15: Fibra energizada de CommScope	43
Figura 16: Relleno de ranura.....	46
Figura 17: Vista frontal del OLT GPON de 8 módulos de Optronics	47
Figura 18: Vista trasera del OLT GPON de 8 módulos de Optronics	48
Figura 19: Estructura del módulo PON.....	51
Figura 20: Vista frontal del ONT – GPON.....	53
Figura 21: Vista trasera del ONT – GPON.....	53
Figura 22: Extensor PoE Commscope.....	55
Figura 23: Splitter 1x32	58
Figura 24: Backbone de fibra óptica propuesto para el campus universitario	63
Figura 25: Conexión propuesta desde el gabinete secundario hasta el ONT	64

INTRODUCCIÓN

En la era digital actual, la demanda de conectividad de alta velocidad en instituciones educativas se ha vuelto más apremiante que nunca. La Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH) se encuentra en el epicentro de esta necesidad. En este contexto, surge el proyecto de investigación titulado "Red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023". Este proyecto tiene como objetivo central el diseño de una infraestructura de red óptica pasiva avanzada con capacidad de gigabit, aprovechando tecnologías innovadoras como la multiplexación por división de longitud de onda, el sentido descendente broadcast y el sentido ascendente del acceso múltiple por división de tiempo, junto con la implementación de fibra óptica energizada y equipos de GPON.

En este marco, este trabajo de investigación explora de manera profunda y exhaustiva el desarrollo, la implementación y las mejoras de estas tecnologías dentro del entorno universitario. La creación de esta infraestructura no solo tiene el potencial de transformar la experiencia digital de los estudiantes, docentes y personal administrativo, sino que también representa un paso audaz hacia el futuro tecnológico de la universidad. A través de esta investigación, se busca no solo proporcionar una solución técnica, sino también evaluar su viabilidad, eficacia y optimización en términos de costos, comparándola con los métodos tradicionales de despliegue de fibra óptica.

En las siguientes secciones, se analiza detalladamente los componentes, el diseño, los métodos y los resultados de esta investigación, ofreciendo una visión clara y completa de cómo esta nueva infraestructura de red óptica pasiva con capacidad de gigabit beneficiará a la comunidad universitaria y sentará las bases para una conectividad de alta velocidad y confiable en el futuro.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DIAGNÓSTICO Y ENUNCIADO DEL PROBLEMA

En la actualidad, el problema de no tener una nueva tecnología de conexión para el uso dentro del campus universitario, así mejorar la conectividad de datos de los estudiantes, docentes y personal administrativo, ya que con una nueva tecnología se prioriza en esta forma la mejora de calidad y competencia educativa, así mismo generar un nuevo diseño de una nueva red óptica, dentro del campus universitario.

Ya que el campus universitario tiene una cantidad considerable de ambientes de distintas escuelas profesionales, y a la vez se tiene una gran cantidad de población universitaria, la conexión de la actual red sufre caídas tanto en la descarga como en la carga de datos, y esto genera malestar por parte de los estudiantes, docentes y personal administrativo. Al tener una nueva tecnología se verá reflejada la diferencia que existe con la actual, y así mejorar la calidad de la educación en la Universidad Nacional San Cristóbal De Huamanga.

Las empresas invierten en tecnologías como 5G, computación de punta y cables de fibra óptica para satisfacer la creciente demanda de transferencias de datos y conexiones a Internet más rápidas y confiables. Estas soluciones prometen reducir la latencia y aumentar el ancho de banda, brindando una transferencia de datos más segura y eficiente para tener éxito en un mercado cada vez más digital. (White, 2023)

Con respecto a lo anterior mencionado, el aumento en la demanda de servicios digitales ha impulsado la necesidad de aumentar la velocidad de Internet y el ancho de banda. Una de las formas de mejorar esto es a través de la implementación de redes de fibra óptica, como la tecnología GPON. GPON es una tecnología que permite la transmisión de datos a través de fibra óptica y es especialmente útil en áreas donde se necesita una alta capacidad de banda ancha. Esta tecnología permite una mayor velocidad de transferencia de datos y puede soportar velocidades de descarga y carga de hasta 1 Gbps.

Para poder realizar una instalación GPON se debe de cumplir con protocolos y requisitos que aseguren una implementación adecuada y una conexión confiable, así

como el, ITU-T G.984: Este protocolo es esencial para la implementación de la tecnología GPON. Define los requisitos de la capa física y la capa de enlace de datos de una red GPON, incluidos los formatos de tramas y los mecanismos de control de acceso al medio.

Así también se debe de cumplir con el protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol) es un protocolo de gestión de redes que permite supervisar y gestionar dispositivos de red, incluidos los equipos de la red GPON. Es esencial para garantizar un monitoreo y una gestión efectivos de la red y La calidad de servicio (QoS) es un protocolo que permite priorizar el tráfico de red y garantizar una experiencia de usuario adecuada. Es importante implementar QoS en la infraestructura GPON de la universidad para asegurar un rendimiento óptimo y una experiencia de usuario satisfactoria.

Para la protección de amenazas que puedan surgir o presentarse en la infraestructura, y para la protección de la información o datos de la Universidad se establece un Firewall para proteger la red de accesos no autorizados, Es importante implementar un firewall adecuado para la tecnología GPON.

Bajo este contexto, se presenta una alternativa de solución de una red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, para poder mejorar las necesidades de los estudiantes y administrativos que se encuentren en el local de Los Módulos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cómo se utiliza la red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre la fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo se utiliza la multiplexación por división de longitud de onda en una red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre la fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023?

- b. ¿Cómo se utiliza el sentido descendente broadcast en una red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre la fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023?
- c. ¿Cómo se utiliza el sentido ascendente del acceso múltiple por división de tiempo en una red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre la fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar la red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre la fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Diseñar la red óptica pasiva con capacidad de gigabit basada en la multiplexación por división de longitud de onda sobre fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023.
- b. Diseñar la red óptica pasiva con capacidad de gigabit basada en el sentido descendente sobre fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023.
- c. Diseñar la red óptica pasiva con capacidad de gigabit basada en el sentido ascendente del acceso múltiple por división de tiempo sobre fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023.

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

“Las investigaciones de tipo descriptivo no requieren formular hipótesis; es suficiente plantear algunas preguntas de investigación que, como ya se anotó, surgen del planteamiento del problema, de los objetivos y, por supuesto, del marco teórico que soporta el estudio” (Bernal, 2010, p. 136).

La investigación que se desarrollará es descriptiva, por lo que se optó por no plantear hipótesis.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En su proyecto de tesis de pregrado titulado "Diseño de una Red FTTH Aplicando el Estándar GPON en el Distrito de Santiago de Surco", presentado el 2021, Arribasplata se propone lograr una mejora significativa en la conectividad de banda ancha en el distrito de Surco, Provincia de Lima, Perú. Su objetivo principal es implementar una red FTTH (Fibras hasta el Hogar) mediante el estándar GPON, con la finalidad de reducir la brecha en el acceso a Internet en el país. El contexto de esta iniciativa se basa en la necesidad persistente de mejorar tanto las velocidades de descarga como de carga, lo que hace que la transmisión de datos sea esencial. En este sentido, la fibra óptica se presenta como la mejor opción para lograr estas mejoras. Esta investigación concluye que una red FTTH, en comparación con tecnologías como HFC y xDSL, ofrece ventajas técnicas y económicas evidentes. Además, se estima que la inversión en esta tecnología podría recuperarse en un promedio de 5 años, lo que la convierte en una opción viable para su implementación.

En el año 2012, Barroso realizó su proyecto de fin de carrera titulado 'Diseño e Implementación de una Red de Fibra Óptica para Servicios de Banda Ancha en una Zona Residencial Urbana' en el que se propuso diseñar e instalar una red de fibra óptica para brindar servicios de banda ancha en una zona residencial en el municipio de Paracuellos del Jarama, España. Este proyecto tenía como objetivo proporcionar servicios de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) a 83 viviendas y a un centro deportivo, reemplazando así el sistema de comunicación existente basado en cable de cobre. El enfoque principal de la instalación era ofrecer una gama completa de servicios de triple-play, que incluyen voz, video y datos, aprovechando la tecnología de fibra óptica. El resultado del proyecto representó una mejora significativa en los servicios de comunicación para esta parte del municipio, al mismo tiempo que dejaba abierta la posibilidad de ampliar el acceso a más usuarios en el futuro. En el informe, se proporciona una descripción detallada de la infraestructura de red propuesta, los elementos necesarios para su instalación, su ubicación estratégica, así como los procedimientos y métodos utilizados para garantizar una implementación exitosa.

En el proyecto de tesis titulado 'Mejora de los Servicios de Comunicación y Videovigilancia Mediante una Red FTTH-GPON para la Facultad de Ciencias de la

Universidad Nacional de Piura' del año 2019, Berrú concluye que la implementación de una Red de Fibra Óptica GPON (Gigabit Passive Optical Network) es fundamental para mejorar los servicios de comunicación y videovigilancia dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional de Piura. Este proyecto se enfocó en la mejora de las comunicaciones en cuatro laboratorios, con el centro de Informática y Telecomunicaciones como punto central. El diseño detalla la configuración de la Red de Fibra Óptica GPON, especifica qué facultades se beneficiarán de esta implementación y describe los equipos OTN necesarios. Además, se incluyen diseños para elementos pasivos, excluyendo el equipo principal, como las mufas o cierres de empalmes de fibra y las cajas Terminales Ópticas (CTO).

Mansillai, en el artículo del 2021 denominado 'Diseño de una Red GPON para un Sistema de Comunicación BRT', propuso implementar una red de fibra óptica junto con la tecnología GPON (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit) para establecer la conectividad entre el centro de monitoreo y gestión de red con los equipos y terminales de un sistema de buses de transporte de alta velocidad (BRT). El proyecto incluyó equipos de videovigilancia, sistemas de cobro de pasajes y sistemas de control de semáforos, todos diseñados para conectarse a la red propuesta a través de protocolos IP o Ethernet.

Carpio y Suárez, en su proyecto de tesis de pregrado titulado como “Integración de servicios de comunicación y seguridad electrónica a través de una red óptica pasiva en la Universidad Ricardo Palma” realizado en el 2020, diseñaron la integración de servicios para el campus de la Universidad Ricardo Palma, con una nueva red basada en la tecnología GPON, con servicios de video, voz y datos. Concluyen que: El diseño está enfocado para desarrollar la telemetría, telemedicina, video sobre demanda (VOD), TV corporativa, plataformas virtuales y otras aplicaciones o servicios. Finalmente busca la mejora en nivel académico tanto para los docentes como los estudiantes, así la Universidad Ricardo Palma llegaría a mejorar las capacidades y competencias acorde a un nivel internacional, y cumplir con estándares de evaluación.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Red óptica pasiva (PON)

Es parecida a una red Ethernet activa, con una red de punto a multipunto, sin requerir energía eléctrica de planta externa, ya que usa un divisor óptico pasivo, que para el sentido descendente usa para la transmisión las ONU, y para el sentido ascendente conecta las ONU a las OLT, en general, PON cuenta con 4 ventajas importantes como: menor costo, mayor banda ancha y penetración de la fibra, mejora en la transmisión de video y elimina el uso de multiplexores (Ansari & Zhang, 2013, pág. 27).

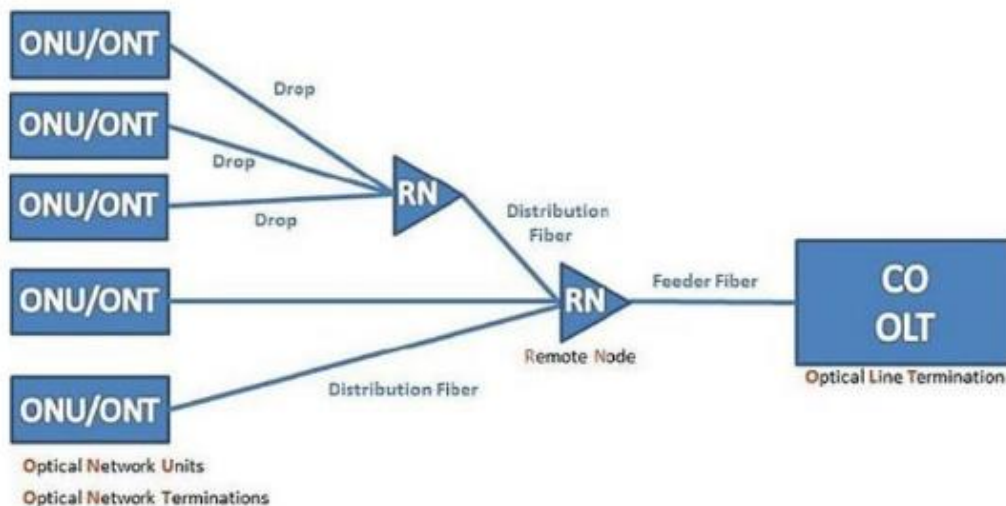
Las redes ópticas pasivas (PON) se han considerado como la tecnología más rentable en el despliegue de las redes de acceso de fibra, ofreciendo grandes ventajas al implementar una arquitectura de fibra hasta la (FTTx) Proporcionando acceso de banda ancha triple play de alta calidad, servicio de voz, video y datos de manera más rentable (Auwalu, Nadiatulhuda, Mohd, Kharina, & Asrul, 2020).

Son la solución más prometedora para las redes de acceso, ya que algunas tecnologías no son suficientes, la primera especificación de PON fue aprobada en 1988, como transferencia asíncrona (APON), para el 2020 y los nuevos clientes es una tecnología adecuada para el propósito principal es gigabit Tecnología PON (GPON) como se muestra en la figura 1 (Tomas, Pert, Vaclav, & Josef, 2018).

Una red óptica pasiva crea una conexión punto a multipunto. Cual idea principal es transmitir la señal sin amplificación adicional, de modo que la red conforme solo elementos básicos como OLT, divisores, ONU y ONT, cuya ventaja son sus costos de operación y adquisición, compuestos por elementos pasivos que no requieren alimentación y permite minimizar y distribuirlo uniformemente entre los usuarios (Martin, Tomas, & Vaclav, 2019).

Figura 1

Representación esquemática de un GPON



Nota. Adaptado de “A review of immigration obstacles to PON-FTTH and its evolution around the world”, por A. Mustafa, A. Hazim & H. Tariq, 2020, *TELKOMNIKA Telecommunication, Computing, Electronics and Control*, 19(2).

2.2.1.1. Beneficios de de la red óptica pasiva

De acuerdo a la publicación de Fiber Optic Solutions. las principales ventajas de PON son:

- Menores costes operativos de la red
- Eliminación de conmutadores en la red
- Eliminación de los costes recurrentes asociados a un tejido de conmutadores Ethernet en la red
- Menores costes de instalación (CapEx) para una red nueva o actualizada (mínimo 200 usuarios)
- Menores costes de energía de red (OpEx)
- Menos infraestructura de red
- Puede recuperar espacio de armario de cableado (IDF)
- Los grandes mazos de cables de cobre se sustituyen por pequeños cables de fibra óptica monomodo.
- PON proporciona una mayor distancia entre el centro de datos y el escritorio (>20 kilómetros)
- El mantenimiento de la red es más fácil y menos costoso
- La fibra es más segura que el cobre.
- No hay ningún puerto sniffer disponible en un divisor óptico pasivo. Los datos se cifran entre la OLT y la ONT.

2.2.1.2. Evolución de las Redes Ópticas Pasivas (PON)

De acuerdo a Murilo (2017), la tecnología de Red Óptica Pasiva (PON) se originó en 1995 con la creación del grupo Full Service Access Network (FSAN), compuesto por importantes proveedores de servicios de telecomunicaciones y vendedores de sistemas. Su objetivo era establecer pautas para la arquitectura PON, incluyendo aspectos específicos de gestión del tiempo ascendente y descendente.

La primera norma PON (G.983) fue publicada en 1995 por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para el modo de transferencia asíncrono PON (APON), la primera red PON comercializada. En 1999, se lanzó la norma PON de banda ancha (BPON), una versión mejorada de APON con funciones avanzadas de seguridad y asignación dinámica de ancho de banda.

Para satisfacer las demandas del mercado, la UIT publicó en 2003 la norma PON de Gigabit (GPON), conocida como G.984. En 2004, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) publicó el estándar 802.3ah, que incluía normativas para las redes ópticas pasivas Ethernet (EPON).

El desarrollo continuo de normas como 10G-EPON y XG-PON permitió sistemas PON de 10 Gbit/s. En 2015, la UIT introdujo el estándar NG-PON2, un sistema multicanal que aumenta significativamente la capacidad de la fibra.

Para abordar el aumento del tráfico ascendente y evitar congestionamientos, la UIT desarrolló XGS-PON simétrico, coexistente con la tecnología GPON existente.

Finalmente, como menciona la ITU (2018), en enero de 2019, el IEEE estableció un calendario para el estándar 802.3ca, la próxima generación de EPON (NG-EPON), con velocidades esperadas de hasta 50 Gbit/s. Además, se espera la adopción de una nueva norma PON de alta velocidad de la UIT en 2020.

2.2.1.3. Red óptica pasiva con capacidad de gigabit (GPON)

En un estándar de las tecnologías GPON, elegido por muchos proveedores de telecomunicaciones a nivel mundial, con sentido descendente de 2,5 Gbit/s y ascendente de 1.25 Gbit/s., teniendo 3 partes principales, la OLT, ODN y ONT, tal como muestra la figura 2, la red óptica de distribución pasiva puede funcionar sin suministro eléctrico, ya que la infraestructura es pasiva, una señal óptica que pasa a través de un divisor óptico puede combinarse y dividirse para servir hasta 64 usuarios, y en una distancia de 20 km (Mustafa, Hazim, & Tariq, 2020).

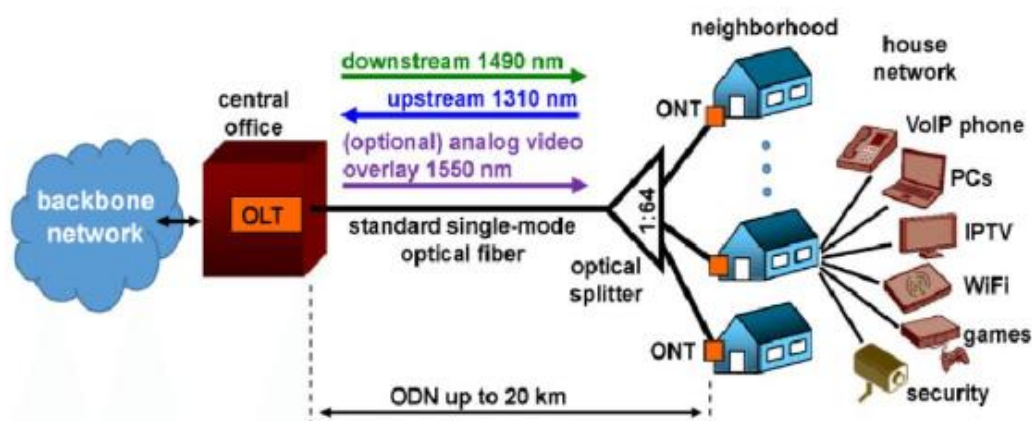
Los GPON tienen una estructura de árbol P2MP usando divisores ópticos pasivos, para dividir las señales y conducir las desde las OLT del proveedor hasta las ONT instalaciones del cliente, obteniendo los servicios de (internet, televisión y teléfono), tanto con el enlace ascendente como descendente utilizan la misma fibra óptica, que se comparte mediante multiplexación por división de onda (WDM) (Sánchez, Guerrero, Gimeno, & Celma, 2019).

GPON adapta a tres redes de capa 2: ATM para voz, Ethernet para datos y encapsulación patentada para video, lo que lo hace con una capacidad de soporte de servicio completo, de voz, TDM, Ethernet, ATM, líneas alquiladas y extensión inalámbrica, ofreciendo una alta interoperabilidad de productos mediante de una interfaz de gestión de servicios de extremo a extremo (Ansari & Zhang, 2013, pág. 32).

Es un estándar basado en APON y BPON, usando un modelo de capaz ligeramente modificado que diferencia de las anteriores, las cuales no están fijadas por bit, GPON define 2 velocidades de transmisión de 1,244 y 2.488 Gb/s, así mismo usa la comunicación bidireccional como full-duplex, ascendente y descendente de forma diferente, transmitiendo en tramas encapsulada de distintos tamaños, ya que usa el método de encapsulación GEM, que acepta una entrada de 5 bytes y datos de (0-4095 bytes) y permite fragmentarse en varios marcos (Martin, Tomas, & Vaclav, 2019).

Figura 2

Una red de acceso en GPON



Nota. Adaptado de “A review of immigration obstacles to PON-FTTH and its

evolution around the world”, por A. Mustafa, A. Hazim & H. Tariq, 2020, *TELKOMNIKA Telecommunication, Computing, Electronics and Control*, 19(2).

Las características de GPON son:

- a) Rendimiento: Admite varias velocidades de línea para las direcciones ascendente y descendente, También es compatible con ATM heredado y transporte basado en paquetes, hasta un transporte de ethernet eficiente ofreciendo un ancho de banda adecuado para los usuarios, pequeñas y grandes empresas (Cale, Salihovic, & Ivekovic, 2007).
- b) Servicios: Está planeado para soportar eficientemente servicios heredados, actuales y futuros. Esto está dado por el método de encapsulación GEM, y permitiendo una escalabilidad, la seguridad se implementa con distintos encriptados la cual AES es la más avanzada (Cale, Salihovic, & Ivekovic, 2007).
- c) Rentabilidad: Es el más complejo de todos los PON trayendo desafíos al mantenimiento remoto, sigue el mismo estándar que utiliza en las redes (Cale, Salihovic, & Ivekovic, 2007).
- d) Convergente: GPON tiene el mejor soporte de todos los PON para redes homogéneas, la ventaja más importante es la capa de adaptación basada en GFP, que es capaz de admitir cualquier servicio, ya sea orientado a paquetes o circuitos (Cale, Salihovic, & Ivekovic, 2007).

2.2.1.4. Multiplexación por división de longitud de onda

Es una tecnología por la cual múltiples canales ópticos pueden transmitirse al mismo tiempo(simultáneamente) en diferentes longitudes de onda, a través de una fibra óptica, ya que su medio es útil y aprovechado al máximo la poca pérdida de las fibras ópticas de una región de longitud de onda amplia (Ishio, Minoya, & Nosu, 1984).

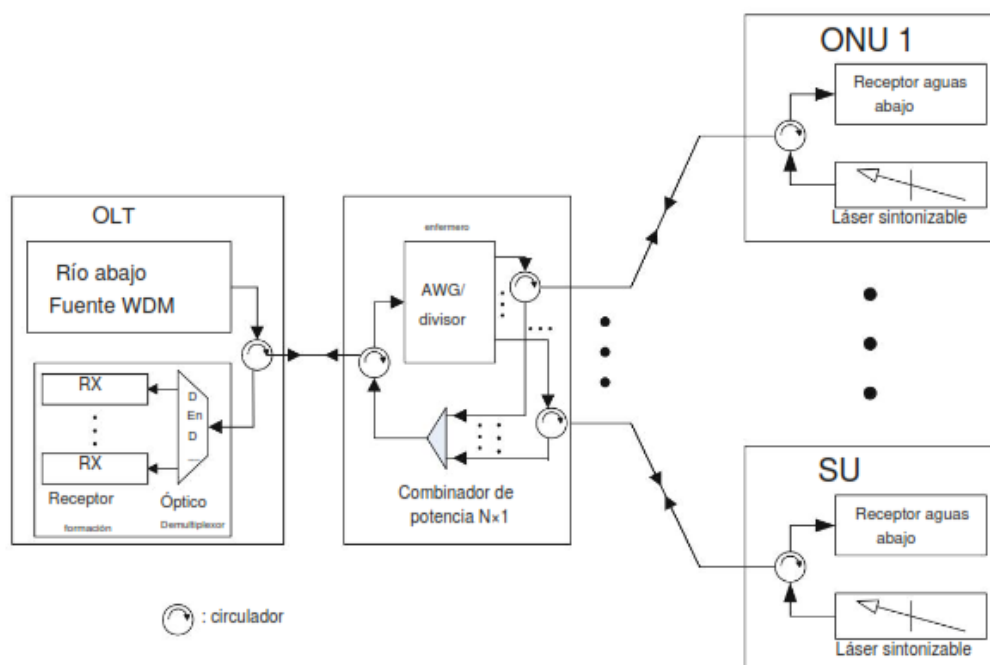
En su momento fue una técnica de experimentos para la gran capacidad de transmisión, que ha logrado avances en la gestión de dispersión, actualización de ganancia y formatos de modulación que han hecho posible la demostración de la gran capacidad de transmisión de datos, gestionado la dispersión cromática de las fibras de transmisión, ecualización de ganancia pasiva para aumentar el ancho de banda (Bergano & Davidson, 1996).

Las redes ópticas multiplexadas por división de longitud de onda, es una tecnología que trae consigo elementos de conmutación y enrutamiento ópticos sensibles a la longitud de onda y elementos ópticos pasivos, que ha permitido considerar el uso de longitud de onda como otra dimensión, además del tiempo y el espacio, siendo esta la elegida por muchos como una aplicación beneficiosa por el uso de medios de transmisión compartidos (Brackett, 1990).

En las redes basadas en el uso compartido de longitud de onda como se muestra en la figura 3, primero se realiza la multiplexación por división de tiempo en una longitud de onda y luego multiplexan por división de longitud de onda en la misma fibra, ya que posee la característica de que las redes ONU, suelen estar equipadas con láseres para generar señales para su transmisión de tráfico (Ansari & Zhang, 2013).

Figura 3

Arquitectura basada en compartir longitudes de onda



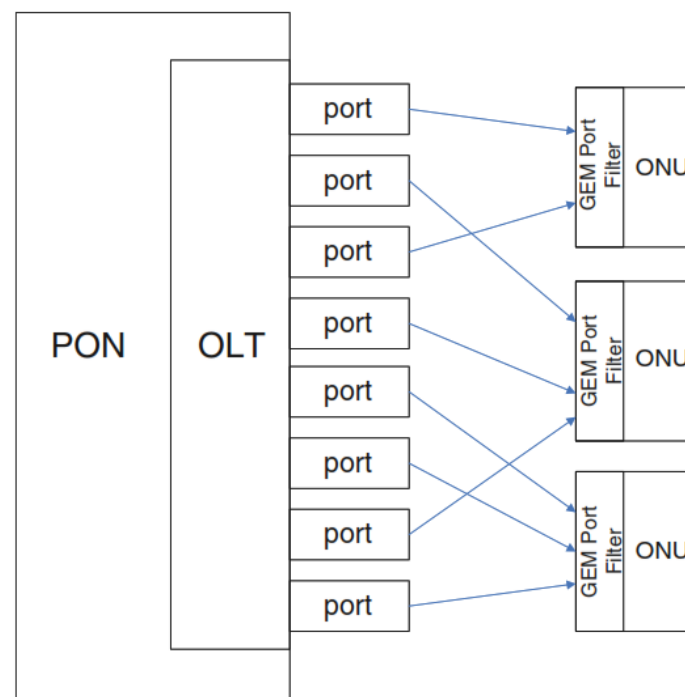
Nota. Adaptado de Media Access Control and Resource Allocation: For Next Generation Passive Optical Networks, por N. Ansari & J. Zhang, 2013, Springer New York.

2.2.1.5. Sentido descendente broadcast

En este sentido la OLT centraliza la funcionalidad de multiplexación de tráfico, la OLT multiplexa las tramas GEM, en el medio de transmisión la ID del puerto GEM como clave para identificar las tramas GEM, que pertenecen a diferentes conexiones lógicas descendentes como se muestra en la figura 4, cada ONU filtra su trama GEM por su ID de puerto GEM y acepta las tramas GEM que pertenecen a esa ONU (Ansari & Zhang, 2013).

Figura 4

Sentido Descendente en GPON



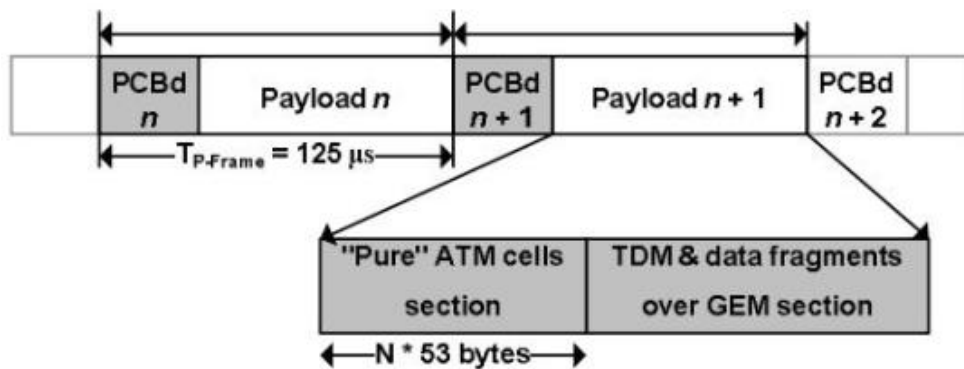
Nota. Adaptado de *Media Access Control and Resource Allocation: For Next Generation Passive Optical Networks*, por N. Ansari & J. Zhang, 2013, Springer New York.

Para Cale, Salihovic & Ivekovic (2007), expresan que el tráfico descendente se transmite desde la OLT a todas las ONU en forma de TDM. Cada ONU cuenta con tramas destinadas a él, lo que está asegurado por el cifrado, y cuenta con un control físico descendente (PCBd) como se muestra en la figura 5.

La dirección descendente es de OLT a ONU que se utilizan para el acceso a internet, voz sobre protocolo de internet (VoIP), televisión digital, teleconferencias juegos colaborativos, y conexiones backhaul para base de celulares puntos de acceso WI-FI y sistemas de antenas distribuidas (Thangappan, Therese, Suvamma, & Swapna, 2020).

Figura 5

Trama GPON descendente

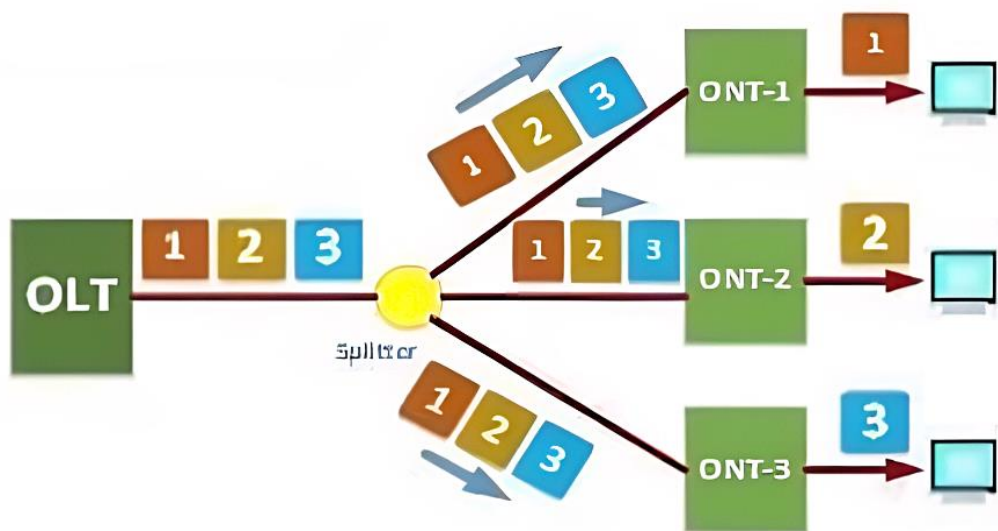


Nota. Adaptado de "Gigabit Passive Optical Network - GPON", por I. Cale, A. Salihovic & M. Ivekovic, 2007, *Information Technology Interface*, 29(1).

La comunicación se realiza desde la unidad de control OLT hacia el usuario, hacia las unidades ONU/ONT, debido a los divisores, los marcos GPON se duplican para que cada unidad final reciba marcos que no están destinados a ella, que pueden ser llevados a interceptación de desea de comunicaciones, por eso están cifradas en bloque del estándar de cifrado avanzado (AES), como se muestra en la figura 6 (Martin, Tomas, & Vaclav, 2019).

Figura 6

Arquitectura descendente



Nota: Adaptado de *Estudio de rendimiento de red*, por B. Benabderrahmane & B. Chelda, 2020.

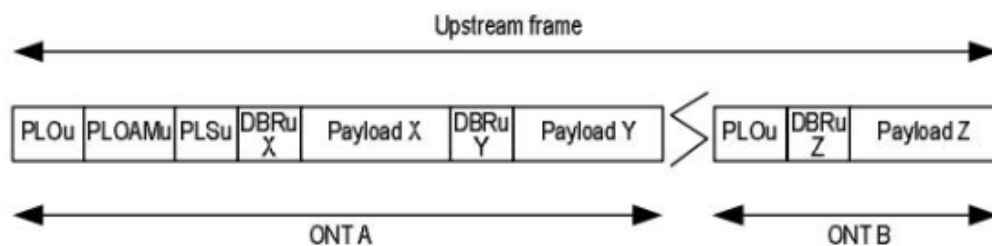
2.2.1.6. Sentido ascendente del acceso múltiple por división de tiempo

En un contexto donde las ONT emiten en la misma longitud de onda y los acopladores son pasivos, si las señales llegan simultáneamente al acoplador desde dos ONT diferentes, se mezclarán y no podrán ser interpretadas por la OLT. Por esta razón, se implementa el método de acceso múltiple por división de tiempo (TDM, por sus siglas en inglés - Time Division Multiplexing), donde la OLT asigna a cada ONT un intervalo de tiempo exclusivo durante el cual puede transmitir. Si una ONT tiene más datos para transmitir, la OLT le asigna un mayor tiempo de transmisión, mientras que reduce el tiempo para las ONT con menor tráfico tal como mencionan Benabderrahmane & Chelda (2020).

El tráfico ascendente se gestiona mediante el acceso múltiple con división de tiempo (TDMA, por sus siglas en inglés - Time Division Multiple Access), bajo el control de la OLT ubicada en la Central de Operaciones (CO). La OLT asigna intervalos de tiempo de duración variable a cada ONU, como se ilustra en la figura 7, para permitir la transmisión sincronizada de sus ráfagas de datos. Estas ráfagas de transmisión contienen al menos la información de sobrecarga de la capa física (PLOu, PLOAMu y DBRu) (Cale, Salihovic, & Ivekovic, 2007).

Figura 7

Trama GPON ascendente

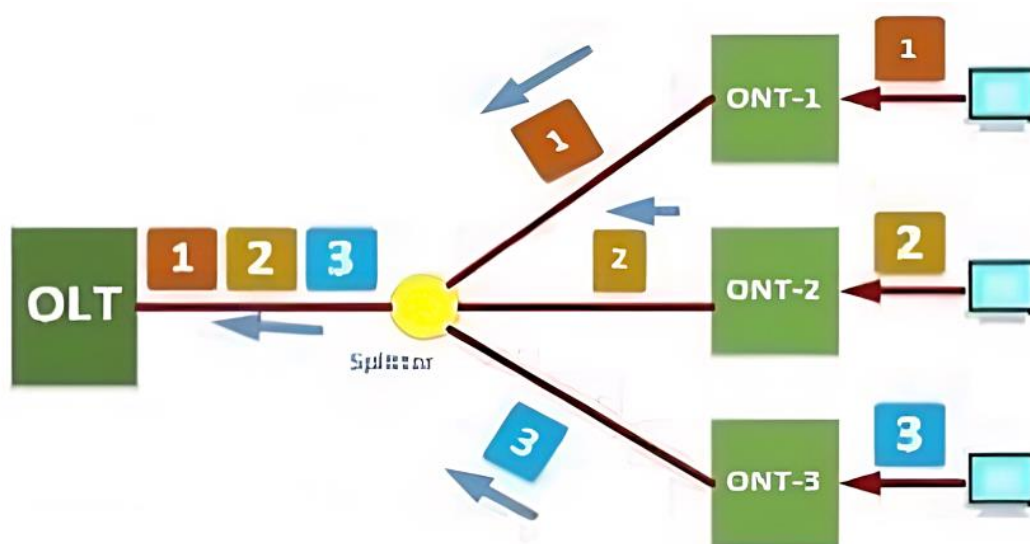


Nota. Adaptado de “Gigabit Passive Optical Network - GPON”, por I. Cale, A. Salihovic & M. Ivekovic, 2007, *Information Technology Interface*, 29(1).

El sentido ascendente, el encapsulado de tramas se realiza de la misma manera, pero con el encabezado GPON se simplifica considerablemente con menos campos, solo contiene 4 campos opcionales en el encabezado y los datos del usuario que se envían a la OLT, como se muestra en la figura 8, la segunda diferencia es que el destinatario en el único que puede detectar otras tramas, el divisor actúa como compresor de flujo de datos individuales en un solo flujo, que pasa por el puerto conectado al OLT (Martin, Tomas, & Vaclav, 2019).

Figura 8

Arquitectura ascendente



Nota: Adaptado de *Estudio de rendimiento de red*, por B. Benabderrahmane & B. Chelda, 2020.

2.2.2. Fibra óptica

Con el pasar del tiempo ha incrementado del consumo de ancho de banda, a distintas aplicaciones, esto se debe a la fibra óptica, que permite a los usuarios que tengan un

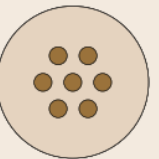
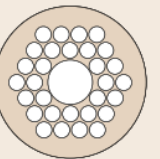
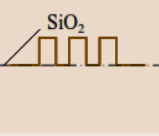
mayor ancho de banda y velocidad. La fibra óptica como se sabe es el medio de transmisión que se compone por un filamento de vidrio de sílice, donde viajan pulsos de luz láser o led (Malacara, 2015).

Para reemplazar las redes tradicionales de transmisión por cable eléctrico, la fibra óptica demostró tener una perdida mucho menor también tenía un ancho de banda más amplio, un pero más ligero, diámetro más pequeño y sin inductancia eléctrica sin experimentar interferencias ópticas entre fibras como se muestra en la figura 9. La cual ayudó a contribuir a la conectividad de red mundial actual (Mukherjee, Tomkos, Tornatore, Winzer, & Zhao, 2020).

Los principios detrás de la propagación de la luz en fibras ópticas de tipo monomodo y multimodo, está relacionado con la propagación de la luz está el tema de degradación de la señal, y la atenuación puede ser tan baja como 0.25dB/km, esto permite la propagación de señales ópticas a largas distancias sin el uso de repetidores o amplificadores (Azadeh, 2009).

Figura 9

Categorías de fibras ópticas

	Conventional fibers		Emerging fibers		
	SMF	MMF	FMF	MCF	PBGF
Structure					
Refractive index profile (typical)					
Usage	General	Short reach	Spatial division multiplexing		Low latency

Nota: Adaptado de *Springer Handbook of Optical Networks*, por B. Mukherjee, I. Tomkos, M. Tornatore, P. Winzer & Y. Zhao, 2020, Springer International Publishing.

A continuación, en la Tabla 1, se menciona los tipos de fibra óptica:

Tabla 1

Tipos de fibra óptica

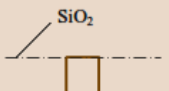
Tipo de fibra	Descripción	Subtipos

Fibra Monomodo (SMF)	Fibra de vidrio cuya sección transversal es normal a la longitud y está compuesta por un núcleo circular y un revestimiento anular que rodea el núcleo. Y la refracción del núcleo es mayor que el de revestimiento, por lo que la onda de luz queda confinada en el núcleo y guiada a lo largo de la longitud de fibra, el diámetro del núcleo varía entre los subtipos de SMF, pero normalmente está en el rango de 5-15 μm, como se muestra en la figura 10 (Mukherjee, Tomkos, Tornatore, Winzer, & Zhao, 2020).	Fibra monomodo estándar (SSMF): Es la fibra más usada, compuesto principalmente de un núcleo de óxido de silicio (SiO ₂) dopado con Dióxido de germanio (GeO ₂) y un revestimiento de óxido de silicio (SiO ₂) puro. A diferencia de las otras SMF tienen un costo menor porque se producen y emplean en mayor volumen en todo el mundo, se usa para un rango de transmisión más amplio con un rango de longitud de onda de 1:3 a 1:6 m.
		Fibra insensible a la flexión (BIF): Es la segunda fibra más usada, a diferencia de la SSMF, tiene menor pérdida por flexión que cumple con las recomendaciones ITU-T G.657, que tiene un rango de pérdidas donde la más baja es la (B3) (ver figura 11).
		Corte de fibra desplazada (CSF): Es la fibra que tiene un límite superior de longitud de onda de corte igual a 1530 nm, desplazada de los 1260 nm de SSMF, aunque la longitud de onda de corte más larga reduce el rango de operación de la longitud de onda, permite un aumento en el área central afectiva.
		Fibra desplazada por dispersión (DSF): Es una SMF cuya longitud de onda de dispersión cero se desplaza a una longitud de onda cerca de 1550 nm, desde cerca de 1310 nm típica (ver figura 12). La dispersión cromática puede lograrse aumentando la diferencia del índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento y disminuyendo el diámetro del núcleo.
		Fibra desplazada por dispersión distinta de cero (NZDSF): Es una SMF cuya dispersión cromática absoluta sobre la banda C es menor de las de SSMF, pero en realidad no es cero, por lo que puede soportar la transmisión WDM, en la banda C, pero también induce a un área central más efectiva y pequeña, además, aunque la pequeña dispersión reduce la necesidad de compensación de dispersión como se muestra en la figura 12, también aumenta la degradación no lineal en la transmisión WDM.
Fibra Multimodo (MMF)	Fibra de vidrio que tiene un núcleo circular y un revestimiento anular que rodea el núcleo, donde el índice	Fibra OM1: Suele tener una cubierta naranja y núcleo de 62,5 μm. Soporta el 10 GbE (10 Gigabit Ethernet) en longitudes de hasta 33 metros.
		Fibra OM2: Similar a OM1 pero con un núcleo de 50 micrones. Admite 10G a una distancia de hasta 82 m gracias a su ancho de banda ligeramente mayor.

de refracción del núcleo es más alto que el revestimiento y tiene un perfil graduado expresado por la potencia del radio. Por lo general el diámetro del núcleo es de 50 μm y la diferencia del de índice relativo entre el núcleo y el revestimiento es del 1% (Mukherjee, Tomkos, Tornatore, Winzer, & Zhao, 2020).	Fibra OM3: Suele tener una cubierta de color aguamarina. Su núcleo mide igual que la OM2 pero el cable está optimizado para equipos basados en láser. Este tipo de fibra soporta el 10 GbE en longitudes de hasta 300 metros. Además, la OM3 es capaz de soportar el 40 GbE y el 100 GbE hasta los 100 metros.
	Fibra OM4: Completamente retrocompatible con la fibra OM3, además de tener la cubierta del mismo color. Se desarrolló para la transmisión láser VSCSEL y permite una distancia máxima 550 m para los enlaces de 10 Gb/s, en comparación con los 300 m de la OM3.
	Fibra OM5: También denominada como “fibra multimodo de banda ancha” o Wideband Multimode Fiber (WBMMF). Admite una técnica que se denomina multiplexación corta por división de longitud de onda (SWDM) que permite el uso de cuatro carriles diferentes (a cuatro longitudes de onda cercanas). Por lo tanto, necesita cuatro veces menos fibras para ofrecer la misma capacidad. OM5 retiene el soporte de aplicaciones heredadas de OM4 y su color de cubierta es el verde limón.

Figura 10

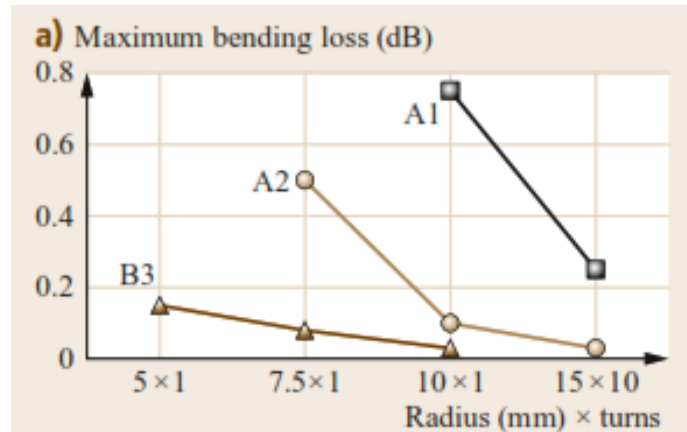
Clasificación de subtipos de SMF

	SSMF	BIF	CSF	DSF	NZDSF
ITU-T	G.652	G.657	G.654	G.653	G.655–656
Refractive index profile (typical)					
Typical attenuation (dB/km)	0.18–0.20	0.18–0.20	0.15–0.16	0.22	0.19–0.22
A_{eff} (μm^2)	80	80	80–153	46	55–72
$n_2 10^{-20}$ (m^2/W)	2.3	2.3	2.2	2.5	2.5
CD (ps/(nm km))	17	17	18.5–20.9	0	4–8
Usage	General	FTTX	Submarine long haul	–	Long haul

Nota: Adaptado de *Springer Handbook of Optical Networks*, por B. Mukherjee, I. Tomkos, M. Tornatore, P. Winzer & Y. Zhao, 2020, Springer International Publishing.

Figura 11

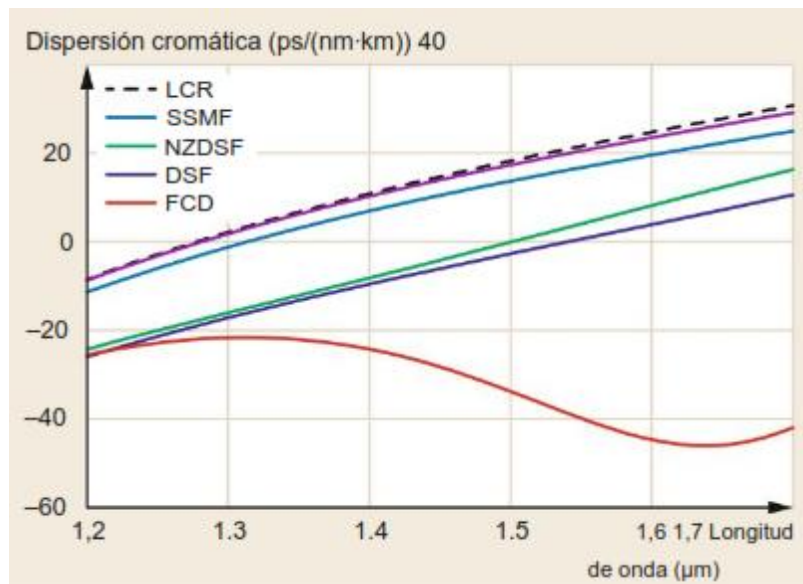
Subclases de ITU-T G.657



Nota: Adaptado de *Springer Handbook of Optical Networks*, por B. Mukherjee, I. Tomkos, M. Tornatore, P. Winzer & Y. Zhao, 2020, Springer International Publishing.

Figura 12

Dispersión cromática por materiales



Nota: Adaptado de *Springer Handbook of Optical Networks*, por B. Mukherjee, I. Tomkos, M. Tornatore, P. Winzer & Y. Zhao, 2020, Springer International Publishing.

2.2.3. Fibra óptica energizada

Este sistema de fibra óptica ayuda a mejorar tanto la velocidad de transmisión y reduce el nivel de instalación, la alimentación y la conexión de dispositivos que se encuentran dentro de la red, a una distancia que supera 30 veces al sistema de cable CAT tradicionales. Ya que alimenta de un mismo cable la comunicación y energía, reduce el costo y elimina dispositivos intermediarios (Eycos, 2016).

El suministro de energía de fibra óptica (consiste en un LED de alta potencia), OF PPC señal de control de fibra óptica sistema de transmisión y sistema de información de medición de fibra óptica, realizada con un módulo remoto y módulos sensoriales con sensores (Turán, Ovsenók, & Turán, 2005).

2.2.3.1. Características de la fibra óptica energizada

- a) Alta Potencia:** Es la capacidad de aumentar potencia al cable para los efectos de mejora en la modulación de la red, puede llevar a provocar negativamente a la detección de la luz retrodispersada e incurrir en un costo elevado. También reducen los productos de intermodulación, ya que son los diodos láser los que se utilizan generalmente como fuentes ópticas.
- b) Alta Conectividad:** Se entiende como la muestra de la velocidad de subida y de bajada, la cual busca mejorar con esta tecnología y que la población está en crecimiento y se necesitan mejores y más rápidas conexiones.
- c) Alta Cobertura:** Se garantiza una transmisión sin errores en la red óptica, de deben obtener valores altos en la WRC y control de dispersión, en cualquier esquema se puede obtener transmisión de unos 80 KM de longitud, una gran solución es un esquema bidireccional, que puede ser más de 100 km.

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para Cívicos y Hernández (2007), la investigación aplicada o práctica se caracteriza por la forma en que analiza la realidad y aplica sus descubrimientos en la mejora de estrategias y actuaciones concretas, en el desarrollo y mejoramiento de éstas. Por lo que, de acuerdo a lo mencionado, este trabajo de investigación es de tipo aplicado.

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Hernández Sampieri et al. (2014) señalan que los estudios descriptivos persiguen la especificación de las propiedades, características y perfiles significativos de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno analizado. Una función primordial de la investigación descriptiva es seleccionar las características esenciales del objeto de estudio y proporcionar una descripción detallada de sus partes, categorías o clases.

Según Carrasco (2019), la investigación descriptiva se apoya principalmente en técnicas como encuestas, entrevistas, observación y revisión documental. Este enfoque de investigación se centra en el estudio, análisis, descripción y especificación de situaciones y características de personas, grupos, comunidades u otros fenómenos u objetos sujetos a análisis. Basándonos en esta consideración, se puede identificar el nivel de investigación como descriptivo.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación no experimental, se caracteriza por no tener una variable independiente, ya que el quien lo investiga solo observa el contexto en el que se viene produciendo dicho fenómeno, analizándolo para obtener cierta información.

Por tal razón se considera que el diseño de la investigación será no experimental.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población

La población está conformada por todos las Redes Ópticas Pasivas con capacidad de gigabit sobre fibra óptica energizada en el mundo.

3.4.2. Muestra

Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit sobre fibra Óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

3.5. VARIABLES Y DIMENSIONES

3.5.1. Definición conceptual de las variables

3.5.1.1. Red óptica pasiva con capacidad de Gigabit

Es una tecnología de red de fibra óptica que se utiliza para proporcionar servicios de comunicaciones de alta velocidad y que carece de componentes electrónicos activos en el camino entre el proveedor de servicios y el usuario, lo que significa que la señal de fibra óptica se distribuye pasivamente a través de la red sin necesidad de dispositivos alimentados por electricidad a lo largo del trayecto.

- **Multiplexación por división de longitud de onda.** Es una técnica que se utiliza para aumentar significativamente la capacidad de la red. Al transmitir múltiples longitudes de onda de forma simultánea a través de una sola fibra óptica, se logra una transmisión de datos de alta velocidad y eficiente, lo que es esencial para satisfacer las crecientes demandas de ancho de banda en entornos como universidades, empresas u organizaciones donde muchas personas acceden a la red al mismo tiempo.
- **Sentido descendente broadcast.** Implica la transmisión de datos desde la OLT hacia todas las ONU's en la red, permitiendo que cada ONU capture los datos específicamente destinados para ella, a pesar de que los datos son enviados a todas las ONU's en modo broadcast.
- **Sentido ascendente del acceso múltiple por división de tiempo.** Es una técnica que permite a las ONU's compartir el mismo canal de comunicación de manera ordenada, asignando intervalos de tiempo específicos para las transmisiones ascendentes individuales, lo que garantiza una transmisión de datos eficiente y sin colisiones en la red PON.

3.5.1.2. Fibra Óptica energizada

Se refiere a una tecnología que permite la transmisión simultánea de datos y energía eléctrica a través de un mismo cable de fibra óptica. En una red de fibra óptica convencional, la fibra se utiliza exclusivamente para la transmisión de datos a través de señales de luz. Sin embargo, en sistemas de fibra óptica energizada, además de las señales de datos, también se transmiten señales eléctricas a lo largo de la fibra.

- **Alta potencia.** Se refiere a la capacidad de transmitir señales ópticas a larga distancia sin pérdida significativa de intensidad.
- **Alta conectividad.** Se refiere a la capacidad de la red para conectar múltiples dispositivos y usuarios de manera eficiente y sin problemas.
- **Alta cobertura.** Se refiere a la extensión geográfica de la red, es decir, el área geográfica que la red puede cubrir de manera efectiva.

3.5.2. Definición operacional de las variables

3.5.2.1. Primera variable

Red óptica pasiva con capacidad de Gigabit.

Dimensiones.

- Multiplexación por división de longitud de onda.
- Sentido descendente broadcast.
- Sentido ascendente del acceso múltiple por división de tiempo.

3.5.2.2. Segunda variable

Fibra Óptica energizada.

Dimensiones.

- Alta potencia.
- Alta conectividad.
- Alta cobertura.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS

3.6.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1.1. Técnicas

- Análisis documental.

3.6.1.2. Instrumentos

- Fichas para el análisis documental.

3.6.2. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se realiza mediante el cálculo de la pérdida de potencia en fibra en óptica energizada (Db). Mediante el uso de 3 técnicas.

- a) Atenuación del cable óptico (DB) = coeficiente máximo de atenuación de la fibra óptica (dB/km) × Longitud (km)

- b) Atenuación del conector (DB) = número de conectores × Pérdida del conector (DB)
- c) Atenuación de fusión (DB) = número de empalmes de fusión × Pérdida de empalme de fusión (DB)

3.7. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Se lleva a cabo un estudio de campo para analizar la infraestructura actual de la Red de Fibra Óptica de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

Posteriormente, se desarrollarán los conceptos básicos para seleccionar la arquitectura adecuada para el diseño de la red, así como la selección de los diferentes equipos que se utilizarán, cumpliendo con los parámetros requeridos para el diseño de dicha red.

Finalmente, una vez seleccionados los equipos, se procederá a desarrollar el diseño de la red que debe ofrecer mejoras en el servicio, además de estimar un presupuesto final para la implementación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

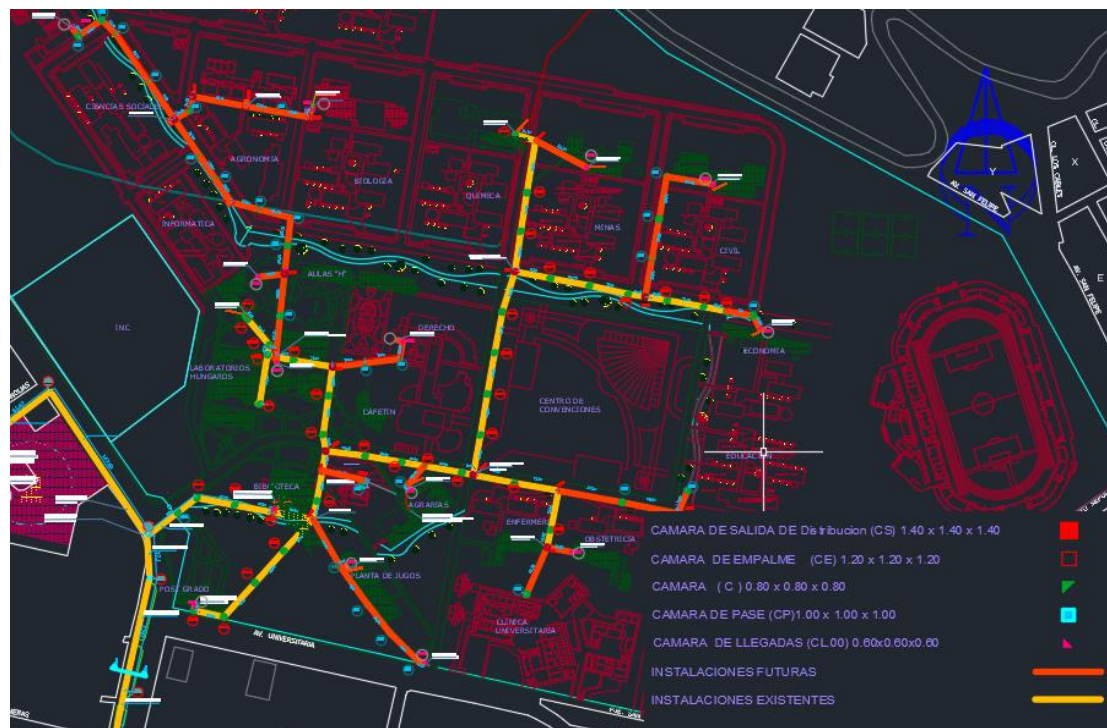
4.1. REALIDAD ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

En la actualidad la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga cuenta con una instalación de cableado estructurado y equipos de comunicación con los que se ofrece los servicios de Fibra Óptica para el acceso a internet, equipos Access point, también equipos de hardware y software al Centro Tecnológico de Información.

Durante el transcurso del proyecto se identificó y analizó las conexiones de la infraestructura, así como los equipos actuales con los que cuenta y el funcionamiento en el campus de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, como se muestra en la Figura 13.

Figura 13

Fibra óptica en el campus universitario UNSCH



Nota. La instalación existente está representada por las líneas amarillas.

4.1.1 Descripción de las tecnologías

La infraestructura actual de la red de la UNSCH cuenta con los siguientes componentes:

Tabla 2*Componentes del cableado y canalizaciones pertenecientes la red actual*

Nombre	Marca	Descripción
Puntos de red	NEXANS	Puntos de red categoría 6A LSZH
Enlaces de fibra óptica	NEXANS	OS2 MONOMODO de 24 hilos para exteriores armada anti roedor LSZH
Puntos eléctricos	INDECO	Puntos eléctricos para gabinetes, incluye canalizaciones

El cableado y canalizaciones de la infraestructura de red se basaron en la solución avanzada de Nexans: un cable monomodo OS2 de 24 hilos y sus accesorios para un canal completo. Esta elección está específicamente dimensionada para los nodos remotos.

Se implementó un sistema de canalización para soportar tanto el cableado CAT6A como la fibra óptica. Para el CAT6A, se optó por canaletas PVC adosadas y tubos PVC SAP, extendiéndose desde los gabinetes de comunicaciones en cada nodo hasta los puntos de acceso del usuario. Las canaletas se utilizaron en áreas internas y oficinas, mientras que los tubos PVC SAP se emplearon en áreas expuestas y techos falsos. La ruta del canalizado se adaptó cuidadosamente a las limitaciones estructurales de paredes y techos.

La instalación de las canaletas, tubos y sus accesorios se llevó a cabo con tornillos, manteniendo una densidad promedio de 6 unidades cada 3 metros lineales. Para el canalizado vertical u horizontal sobre cielos rasos, se utilizó tubos PVC SAP y abrazaderas.

En cuanto al cableado de red CAT6A, se eligió el cable estándar tipo F/UTP CAT6A LSZH de Nexans, diseñado para ofrecer un rendimiento óptimo de hasta 500 Mhz y reducir interferencias. Este cableado completo fué instalado junto con accesorios del mismo fabricante, siguiendo las curvaturas y protegiéndolo contra la exposición al agua, siguiendo la ruta del canalizado prevista. En los gabinetes, el cable culminó en un Jack de alta categoría y un panel conectado al switch de la red LAN de la UNSCH. Para las conexiones del usuario, se utilizaron Jacks ubicados dentro de cajas para interiores o cajas con tapas para exteriores. Todo el cableado está etiquetado según

el estándar ANSI TIA 606-B y certificado con equipos calibrados vigentes, garantizando una conectividad confiable y segura en toda la red.

En lo que respecta al cableado de fibra óptica, fué empleado un cable monomodo tipo OS2 LSZH de 24 hilos del fabricante Nexans, capaz de ofrecer un rendimiento óptimo de hasta 10G. Este cableado completo se instaló siguiendo el canalizado subterráneo y adosado, respetando las curvaturas y protegiéndolo contra la exposición al agua. Cada extremo del cable culminó en una bandeja de empalme dentro de un rack, donde se fusionaron 4 hilos y habilitaron 2 hilos por patch cord. Todo el cableado está etiquetado conforme al estándar ANSI TIA 606-B y certificado con equipos calibrados vigentes, asegurando una conectividad de fibra óptica confiable y de alto rendimiento en toda la red.

Tabla 3

Componentes del sistema de acceso inalámbrico

Nombre	Marca	Descripción
Controlador Inalámbrico	ARUBA	Aruba 7240XM (RW) 4p 10GBase-X (SFP+) 2p (10/100/1000BASE-T or SFP)
Access point		Para exteriores (outdoor), Aruba AP-375 (RW) Outdoor 11ac.
		Para interiores (indoor), Aruba AP-555 (RW).

Tabla 4

Componentes del sistema de conectividad

Nombre	Marca	Descripción
Conmutador de red	CISCO	Tipo SWITCH CORE, de 48 puertos SFP+,
	ARUBA	Tipo SWITCH BORDE, de 48 puertos 1000BaseT

El sistema de networking y wifi implementado se basa en equipos de las marcas Cisco y Aruba, los cuales cuentan con los recursos necesarios para la integración de una red LAN siguiendo estándares y protocolos establecidos. En relación a la topología de red, se destacan los siguientes puntos:

- Cada enlace entre el switch core y los switches de borde se establece mediante un solo enlace de 10G.
- El switch core actúa como el gestor de VLANs y direccionamiento IP para toda la red de la ciudad universitaria, además de ser la interfaz de salida a la WAN.
- Los switches de borde o accesos funcionan como interfaces de acceso para los usuarios finales, conectándolos a la red de servicios que se extiende a través de los switches.

En este contexto, la implementación de la plataforma de networking establece una conexión entre la red LAN y los servicios de internet disponibles en la ciudad universitaria.

La red wifi se compone de un controlador inalámbrico que centraliza el registro de los puntos de acceso, la gestión de la red wifi y supervisa la salud del servicio inalámbrico. Este controlador se conecta al switch core en el datacenter y actúa como la interfaz del servicio para los usuarios inalámbricos.

Para satisfacer las necesidades de los diversos servicios de los usuarios de la UNSCH, es necesario contar con un servidor DHCP que asigne direcciones IP a los distintos equipos conectados a la red inalámbrica. Inicialmente, se considera que el switch core o el controlador inalámbrico funcionarán como servidor DHCP.

Tabla 5

Componentes del resto de la red

Nombre	Marca	Descripción
Gabinete	RITTAL	De 42 RU, para el Data Center (DC)
	DIXON	De 15RU, incluye accesorios
Equipo de seguridad perimetral	CHECK POINT	Generación 6600 Next Generation Threat Prevention & SandBlast (NGTX) Appliance
Servidor de procesamiento y almacenamiento	HPE	HPE ProLiant DL180 Gen10
UPS	SALICRU	UPS de 3KVA Tipo Rackeable. Incluye PDU
Transformador de Aislamiento	A&A	De 15KVA, con tablero bypass
Aire Acondicionado	RITTAL	Equipos de aire acondicionado autocontenido

La instalación de la plataforma de seguridad y el servidor se basa en el appliance de la marca Checkpoint, que opera sobre la plataforma de comunicaciones proporcionada por el proveedor del servicio de instalación de equipos y cableado estructurado.

Para la refrigeración, se utilizó el sistema de la marca Rittal diseñado para soluciones autocontenidas en gabinetes herméticos. En el gabinete de 42 unidades de rack del data center, se aloja toda la infraestructura del cableado de fibra óptica backbone, el switch core, un switch de borde, un servidor firewall y se reserva espacio para el router del proveedor de internet.

Además, se implementó un sistema de energía estabilizada para el gabinete de 42 unidades de rack en el proyecto. Este sistema consta de un transformador de 15KVA y un UPS de 3KVA, garantizando una alimentación eléctrica segura y estable para todos los componentes del gabinete.

4.1.2. Descripción de las ubicaciones de los nodos

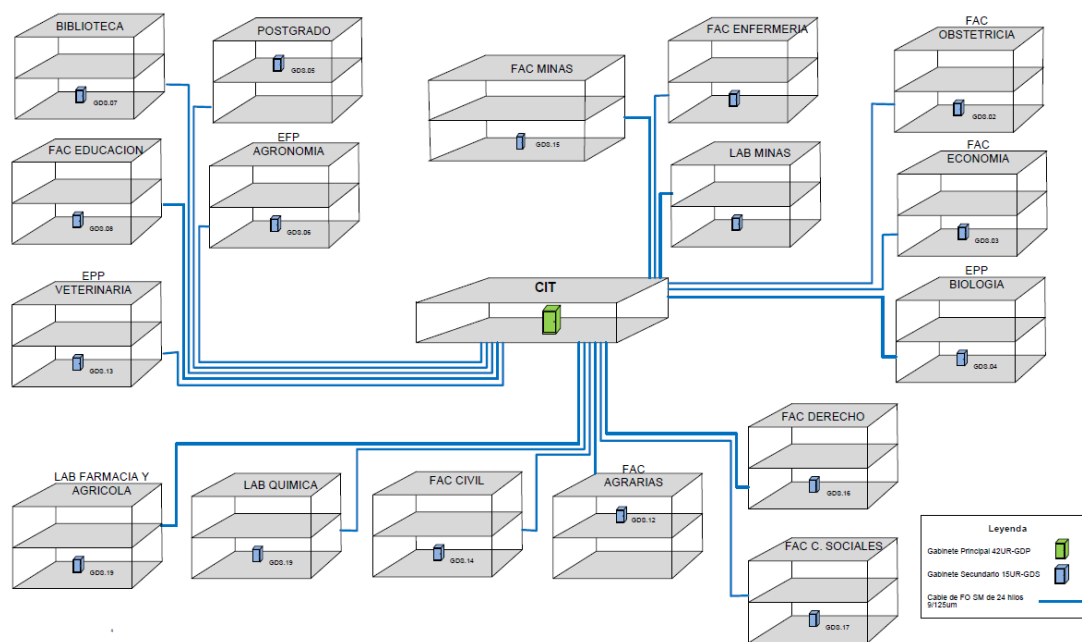
Los nodos están repartidos en las 17 facultades siendo el centro de la red de fibra óptica el CTI-UNSCH y la ubicación de los gabinetes remotos fueron definidos por la supervisión de la UNSCH y la empresa encargada de servicio de instalación de equipos y cableado estructurado.

4.2. MODELO DE TOPOLOGÍA FÍSICA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO

La Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en su campus Universitario cuenta con una topología física de tipo estrella, donde tiene un punto central (Gabinete Central) en los ambientes del Centro Tecnológico de Información y distribuye a las distintas Facultades y Laboratorios dentro del campus universitario a los equipos que están dentro de los (Gabinetes secundarios), 17 en total, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 14

Topología de red del campus universitario



4.3. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ENERGIZADA

La fibra energizada que se toma de referencia en el presente trabajo de investigación es la ofrecida por la empresa CommScope.

El sistema de cable de fibra alimentado de CommScope ofrece a los operadores de red lo mejor de la fibra y el cobre en un único cable resistente.

Al combinar fibras monomodo con conductores trenzados, los cables híbridos proporcionan señales de fibra óptica fiables hacia y desde los dispositivos junto con CC de baja tensión que los alimenta simultáneamente.

Además, es flexible y fácil de tirar. El sistema de cable de fibra alimentado también cuenta con un diseño de cable "fácil de pelar" que permite un despliegue rápido sin necesidad de herramientas especiales para su instalación. A pesar de ser dos cables en uno, el sistema de cable de fibra óptica es un cable compacto y delgado que cabe en un conducto eléctrico estándar.

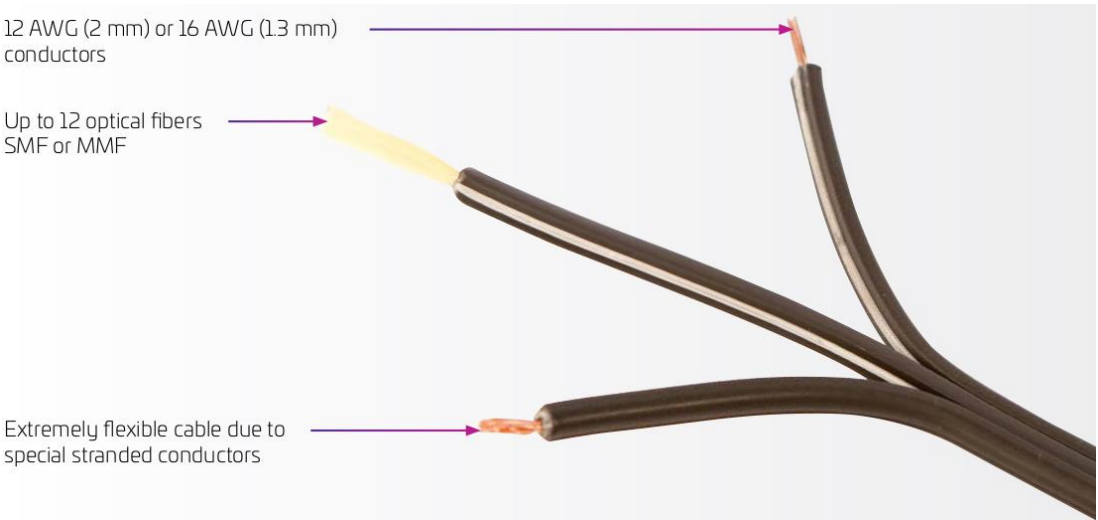
Como parte de un circuito de baja tensión SELV/NEC Clase II, el sistema de cable de fibra alimentado es fácil de instalar. Los instaladores de redes no necesitan complicados diseños eléctricos que requieran el cálculo de la caída de tensión/potencia en distancias variables.

El sistema de cable de fibra alimentado permite a los instaladores de redes ahorrar en costes de material para cables de fibra y eléctricos separados, así como reducir a la mitad los costes de conductos al eliminar la necesidad de conductos dedicados

para cables eléctricos de CA con el fin de cumplir la normativa. Por tanto, el sistema puede instalarse en cualquier lugar donde se instalen cables de categoría.

Figura 15

Fibra energizada de CommScope



Nota. Adaptado de Powered Fiber Cable System (p. 4), por CommScope, 2017.

Las especificaciones técnicas de la fibra energizada escogida es la que se presenta a continuación.

Tabla 6

Especificaciones técnicas de la fibra energizada

Clasificación del producto	Tipo de producto	Cable híbrido, fibra y alimentación
Especificaciones generales	Tipo de cable	Cableado interior/exterior
	Descripción corta de la fibra	PFC-L12
	Color de la cubierta	Negro
	Número total de fibras	12
Dimensiones	Altura sobre la funda	4.318 mm 0.17 in
	Anchura sobre cubierta	11.43 mm 0.45 in
	Calibre del conductor	12 AWG
Especificaciones mecánicas	Radio de curvatura mínimo, con carga	88,9 mm 3,5 in

	Radio de curvatura mínimo, sin carga	45,72 mm 1,8 in
	Carga de tracción, largo plazo, máximo	133.447 N 30 lbf
	Carga de tracción, corto plazo, máximo	440.374 N 99 lbf
	Elevación vertical, máxima	122,011 m 400,3 pies
Especificaciones ópticas	Tipo de fibra	G.657.A2, TeraSPEED® OS2
Especificaciones medioambientales	Temperatura de instalación	-10 °C a +60 °C (+14 °F a +140 °F)
	Temperatura de funcionamiento	-40 °C a +70 °C (-40 °F a +158 °F)
	Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +70 °C (-40 °F a +158 °F)
	Normas de cualificación de cables	Telcordia GR-20-CORE Edición 4
	EN50575 CPR Cable EuroClass Fire Performance	Dca
	EN50575 CPR Cable EuroClass Clasificación de Humo	s1a
	EN50575 CPR Cable EuroClass Clasificación de gotas	d1
	EN50575 CPR Cable EuroClass Clasificación de acidez	a1
	Espacio ambiental	Baja emisión de humos y sin halógenos (LSZH) Riser
	Método de prueba de llama	IEC 60332-1-2 IEC 60754-2 IEC 61034-2 NFPA 130 UL 1666 UL 444
	Resistencia UV de la cubierta	UV estabilizado

Embalaje y pesos	Peso del cable	109,975 kg/km 73,9 lb/kft
Cumplimiento de la normativa/ Certificaciones	Agencia	CENELEC
	Clasificación	Cumple la norma EN 50575
		Declaración de prestaciones (DoP) disponible

4.4. DESCRIPCIÓN DE LOS DEMÁS EQUIPOS Y COMPONENTES

Para implementar una red óptica pasiva con capacidad de gigabit (GPON) sobre fibra óptica energizada, se necesita una serie de equipos y componentes específicos para asegurar un rendimiento óptimo y una conectividad confiable. A continuación, se mencionan algunos dispositivos que se necesitarán:

4.4.1. Fuente de alimentación

Tabla 7

Especificaciones técnicas de la fuente de la alimentación

Clasificación del producto	Tipo de producto	Módulo de alimentación
Dimensiones	Altura	43,688 mm 1,72 pulg.
	Anchura	87.376 mm 3.44 pulg.
	Profundidad	193.675 mm 7.625 pulg.
	Gama de calibres compatibles	24-8 AWG
Especificaciones eléctricas	Rango de corriente de entrada	0-20 A
	Tensión de entrada	-42 a -60 Vcc
	Rango de tensión de salida	-42 a -58 Vcc
	Tensión de salida, nominal	-57 Vcc

	Norma de seguridad eléctrica	CSA C22.2 nº 60950-1-03				
	Compatibilidad electromagnética/interferencias (EMC/EMI)	FCC-CFR, Parte 15, subparte B GR1089 Clase A				
	Potencia de salida total	100 W, por circuito				
Especificaciones medioambientales	Temperatura de funcionamiento	-40 °C a +65 °C (-40 °F a +149 °F)				
	Humedad relativa	5%-95%, sin condensación				
	Cumplimiento de normas	EN 61000-4-2 nivel 4				
Embalaje y pesos	Cantidad de embalaje	1				
	Tipo de embalaje	Cartón				
	Peso neto	0,363 kg 0,8 lb				
Cumplimiento de la normativa/ Certificaciones	Agencia	ISO 9001:2015	ROHS	CHINA-ROHS	REACH-SVHC	UK-ROHS
	Clasificación	Diseñado, fabricado y/o distribuido bajo este sistema de gestión de calidad	Conforme	Por debajo del valor máximo de concentración	Conforme a la revisión SVHC en www.commscope.com/ProductCompliance	Conforme

Este producto es ofrecido por la empresa CommScope.

4.4.2. Relleno de ranura

Se utiliza cuando una ranura del módulo de alimentación está vacía, también de la empresa CommScope.

Figura 16

Relleno de ranura



Nota. Adaptado de PFP-PX-SF, por CommScope (<https://www.commscope.com/product-type/networking-systems/powered-fiber-cable-systems/dc-power-supplies/itempfp-px-sf/>)

Tabla 8

Especificaciones técnicas del relleno de ranura

Clasificación del producto	Tipo de producto	Unidad vacía				
Embalaje y pesos	Cantidad de embalaje	1				
	Tipo de embalaje	Cartón				
Cumplimiento de la normativa/ Certificaciones	Agencia	ISO 9001:2015	ROHS	CHINA-ROHS	REACH-SVHC	UK-ROHS
	Clasificación	Diseñado, fabricado y/o distribuido bajo este sistema de gestión de calidad	Conforme	Por debajo del valor máximo de concentración	Conforme a la revisión SVHC en www.commscope.com/ProductCompliance	Conforme

4.4.3. OLT GPON DE 8 módulos

Este producto, a diferencia de los anteriores, es ofrecido por la empresa Optronics, que es apropiado implementarlo en un entorno de sala compacta. Las OLT se pueden utilizar para aplicaciones “Triple-Play”, VPN, cámaras IP, LAN empresarial y TIC.

Proporciona una interfaz independiente de 4 ranuras Giga Ethernet (cobre) y 4 SFP (4 de 10GE) para enlaces ascendentes y 8 puertos GPON con una división de 1 x 64 para soportar un máximo de 512 equipos o con una división de 1 x 128 para soportar un máximo de 1024 equipos.

Incluye software de administración más licencia OpView.

Las especificaciones técnicas de este producto lo encontramos en la Tabla 10.

Figura 17

Vista frontal del OLT GPON de 8 módulos de Optronics



Nota. Adaptado de OLT GPON DE 8 MÓDULOS (p. 2), por Optronics, s.f.

Figura 18

Vista trasera del OLT GPON de 8 módulos de Optronics



Nota. Adaptado de OLT GPON DE 8 MÓDULOS (p. 2), por Optronics, s.f.

Tabla 9

Especificaciones técnicas del OLT GPON

Especificaciones generales		
Chasis	Rack	1 UR y 19" estándar
Dimensiones	440 mm x 44 mm x 402 mm	
Peso	6.1 kg	
Fuente de poder	AC:100-240V AC 50-60Hz 1.8A MAX	220VAC (Doble fuente de alimentación para Backup)
Consumo de energía	100 W	
Entorno operativo	Temperatura de trabajo Temperatura de almacenamiento Humedad relativa	-10 ~ +55 °C -30 ~ +75 °C 10 ~ 90 %
1000 M Puerto Uplink		
Total de puertos	8	
Puertos cobre 10 / 100 /1000 Mb Auto negociación	4	
Puertos SFP+ SFP+ de 10 GE (Independiente)	4	
Puertos GPON		
Total de puertos	8	
Interfaz física	Espacio SFP	
Tipo de conector	Clase B+ / C+	

Relación de división	1:64 / 1:128	
Puertos de gestión		
10/100BASE-T puerto out-band	1	
Puerto de consola	1	
Especificaciones de puerto GPON		
Distancia de transmisión	20 km	
Velocidad de puerto GPON	Subida 1.244 G Bajada 2.488 G	
Longitud de onda	Tx Rx	1490 nm 1310 nm
Conector	SC / UPC	
Tipo de fibra	9/125 µm Monomodo	
Potencia de transmisión	Tx	1dBm ~ +5dBm
Sensibilidad	Rx	-28 dBm
Potencia óptica de saturación	-8 dBm	
Modo de gestión		
SNMP, Telnet, CLI, WEB		
Función de administración		
Detección de grupo de ventiladores		
Supervisión del estado del puerto y gestión de la configuración		
Configuración del conmutador de capa 2 como VLAN, Trunk, RSTP, IGMP, QOS, etc.		
GPON función de gestión:	DBA, la autorización de la ONU, ACL, QOS, etc.	
ONU	Configuración en línea y la gestión	
Dirección Mac de 16K		
Administración	Usuarios, Alarmas	
Función GPON		
Tráfico Gempport		
En conformidad con el estándar ITUT984.x		
Distancia de transmisión	Hasta 20 km	
Admite	Cifrado de datos, multidifusión, puertos VLAN, separación, RSTP	
Admite	Autodescubrimiento ONU / Detección de enlaces / Actualización remota de software	

Admite	División VLAN y la separación de usuarios para evitar transmisión tormenta
Admite	Función de alarma de apagado fácil, para problemas en detección de enlace
Admite	Función de resistencia a la tormenta de radiodifusión
Soporta	Aislamiento de puertos entre diferentes puertos
Admite	ACL y SNMP para configurar el filtro de paquetes de datos de manera flexible
Soporta	RSTP, Proxy IGMP
Diseño especializado para la prevención de fallas del sistema para mantener el sistema estable	
Estándares	
ITU-T G.984 GPON	
Opview Software	
Requerimientos mínimos de instalación Servidor	
CPU	Frecuencia de 2 Ghz o más
RAM	2 Gb o más
Disco duro	20 Gb de espacio en disco
Sistema Operativo	Windows 2003 o Windows XP Pro + SP2 o +SP3
JDK	J2sdk 1.6.0_01 (arriba)
Base de datos	
CPU	Frecuencia de 2 Ghz o más
RAM	2 Gb o más
Disco duro	20 Gb de espacio en disco
Sistema Operativo	Windows 2003 o Windows XP Pro + SP2 o +SP3
DBMS	MySQL 5.0.20, SQL Server o Oracle
Cliente	
CPU	Frecuencia de 2 Ghz o más
RAM	2 Gb o más
Disco duro	20 Gb de espacio en disco
Sistema Operativo	Windows 2003 o Windows XP Pro + SP2 o +SP3
JDK	J2sdk 1.6.0_01 (arriba)

4.4.4. Módulo PON

Optronics ofrece un módulo PON, el cual cuenta con la potencia necesaria para tener un alcance de 20 km de distancia desde la OLT a las ONT más lejanas y tiene la capacidad de suministrar la señal a 64 equipos de forma simultánea.

Son utilizados en aplicaciones de redes ópticas pasivas, para la transmisión correcta de datos, voz, videos y otros elementos referentes a servicios de telecomunicaciones, ya que cuentan con puertos que brindan conectividad entre fibra óptica y equipos de red GPON.

Figura 19

Estructura del módulo PON



Nota. Adaptado de MÓDULO PON CLASS B+/C+ (p. 2), por Optronics, s.f.

Tabla 10

Especificaciones técnicas del módulo PON

Especificaciones generales	
Especificaciones	Módulo C+, SFP - 2.5 G / 1.25 G - CLASS C+
Tipo	Una fibra bidireccional, Módulo óptico, clase C+
Longitud de onda de operación	Tx: 1490 nm, Rx: 1310 nm
Tipo de encapsulado	SFP
Rango de puerto	Tx: 2.49 Gbit/s, Rx: 1.24 Gbit/s
Mínima potencia óptica	3 dBm
Máxima potencia óptica	7 dBm
Sensibilidad máxima del receptor	-32 dBm
Tipo de conector óptico	SC / UPC
Tipo de fibra óptica	Monomodo

Alcance	20 km			
Saturación de potencia óptica	-12 dBm			
Relación de extinción	8.2 dB			
Especificaciones ambientales				
Parámetro	Símbolo	Mínimo	Máximo	Unidad
Temperatura de almacenamiento	TSTG	-40	85	°C
Temperatura de operación	Tc	0	70	°C
Temperatura de humedad	OH	5	95	%
Voltaje de suministro eléctrico	VCC	0	4	V
Potencia de saturación	-	5	-	dBm
Condiciones de funcionamiento				
Parámetro	Símbolo	Mínimo/Máximo	Típico	Unidad
Voltaje de suministro eléctrico	VCC	3.13/3.47	3.3	V
Temperatura de operación	Tc	0/70	-	°C
Temperatura de humedad	OH	5/95	-	%
Velocidad nominal de datos	-	-	Rx 1244.16 Tx 2488.33	Mbit/s

4.4.5. ONT – GPON

Optronics ofrece la ONT – GPON de 1 puerto Giga Ethernet, 3 puertos Fast Ethernet y Wifi, equipo terminal en una red PON, ideal para recibir la señal de la OLT y poder suministrar el servicio mediante 4 puertos de red RJ45 y señal Wifi, para dispositivos inalámbricos.

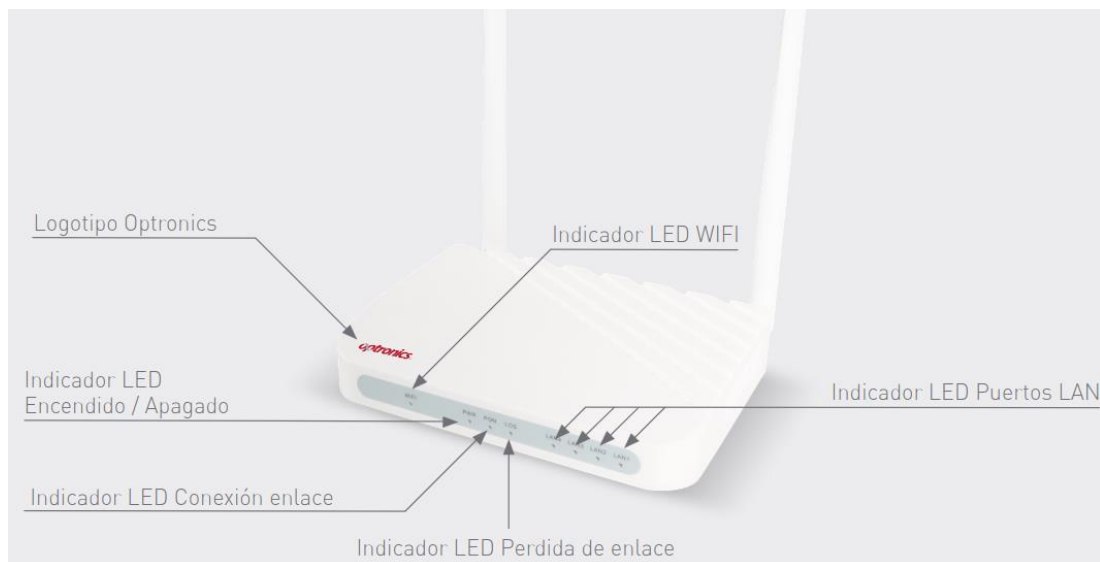
Integrado con una potente interoperabilidad y bajo costo, la serie GPON ONT proporciona servicios de aplicación FTTH.

Equipada con una interfaz GPON 2.5G de Bajada y 1.25G de Subida que cumple con el estándar ITU-T G.984, la ONT admite los servicios integrales de triple play, incluido video (IPTV o VoD) y servicio de acceso a Internet de alta velocidad.

Su instalación tendrá que ser en interiores, sea en oficina/estaciones de trabajo o en casa para proveer interfaces de fibra óptica hacia la red ODN, sin que quede expuesto a la intemperie y su montado podrá ser en pared o en superficie plana.

Figura 20

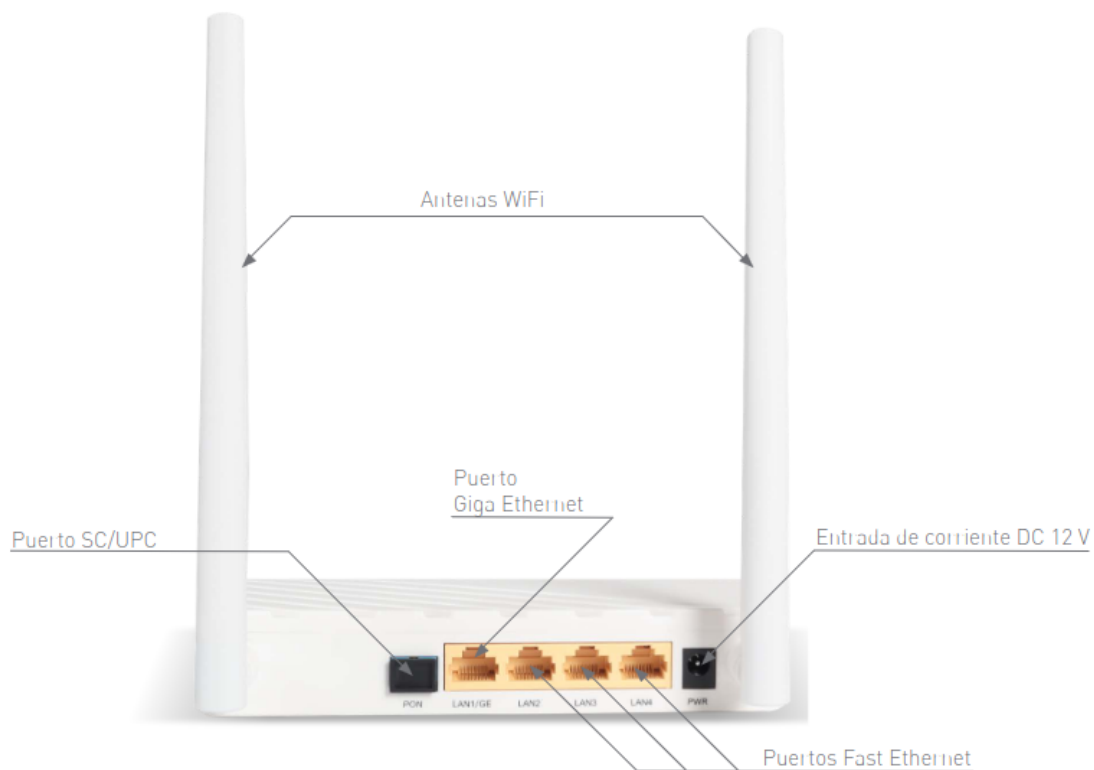
Vista frontal del ONT – GPON



Nota. Adaptado de OPTRONICS ONT - GPON (p. 2), por Optronics, s.f.

Figura 21

Vista trasera del ONT – GPON



Nota. Adaptado de OPTRONICS ONT - GPON (p. 2), por Optronics, s.f.

Tabla 11

Especificaciones técnicas del módulo PON

Especificaciones generales		
Dimensiones	165 x 115 x 30 mm $\pm$ 5 (Sin antenas)	
Peso	400 g $\pm$ 10%	
Fuente de alimentación	Adaptador de corriente externo	12 V, 1.5 Amp
Consumo de energía	< 13 W	
Ambiente de trabajo	Temperatura	-25 °C a +55 °C
	Humedad	5% a 95% (Sin condensación)
Estándares		
ITU-T G.984		IEEE 802.11b/g/n
Funciones de software		
Concepto	Descripción	
Conexión de Internet	Soporta Modo Bridge, Route, Mixto Bridge y Route Soporta PPPoE, DHCP, IP Estática Soporte múltiples interfaces WAN	
LAN	Soporta la limitación de velocidad de los puertos Soporta detección de bucle Mapeo de IP ToS/DSCP a 802.1p Soporta MDI/MDIX	
VLAN	Soporta VLAN modo tag Soporta VLAN modo transparente Soporta VLAN modo trunk Soporta VLAN modo translation Soporta VLAN modo QinQ	
Wireless	Soporta 802.11b/g/n y modo mix. Soporta 4 SSID Soporta No-auto, WEP, WPA-PSK y WPA2-PSK Función con AES, TKIP Encriptación	
Multicast	Soporta IGMPv1/v2/v3 Soporta IGMP Proxy and MLD Proxy Soporta IGMP Snooping and MLD Snooping	
QoS	Soporta 4 Cola de espera Soporta SP and WRR Soporta 802.1P Soporta DSCP	
Capa 3	Soporta IPv4, IPv6 and IPv4/IPv6 dual stack Soporta WAN DHCP / PPPOE / IP estática Soporta Static Route Soporta NAT Soporta DMZ Soporta Port Forwarding Soporta DHCP Server	

Seguridad	Soporta Firewall Soporta Filtrado Mac Soporta ACL Soporta Filtrado URL
Administración	Soporta ITU-T G.984, ITU-T G.983.2, OMCI Soporta TR069 Soporta WEB Soporta TELNET

4.4.6. Extensor de alimentación a través de Ethernet (PoE)

Estos dispositivos nos ofrecen una interfaz compatible con PoE+ para el dispositivo final, corrección automática de la caída de tensión a distancia y protección eléctrica integrada para el terminal. Nuevamente, se optará por dispositivos de la empresa Commscope.

Figura 22

Extensor PoE Commscope



Nota. Adaptado de PFU-12-C-O-060-01, por CommScope (<https://www.commscope.com/product-type/networking-systems/powered-fiber-cable-systems/power-over-ethernet-poe-extenders/itempfu-12-c-o-060-01/>)

Tabla 12

Especificaciones técnicas del extensor PoE

Clasificación del producto	Tipo de producto	Extensor de energía
Especificaciones generales	Interfaz de entrada	Alimentación de CC
	Interfaz de salida	Alimentación de CC
	Montaje	Montaje universal en poste Montaje universal en pared
	Puertos totales,	4
	Interfaz de entrada/salida	1 entrada / 1 salida
Dimensiones	Altura	224.71 mm 8.847 in
	Anchura	283 mm 11.142 in
	Profundidad	77.02 mm 3.032 in
Especificaciones eléctricas	Rango de tensión de entrada	-25 a -57 Vcc
	Rango de tensión de salida	10,5 a 12 Vcc
Especificaciones del material	Acabado	Recubrimiento de polvo blanquecino
	Tipo de material	Aluminio
Especificaciones medioambientales	Temperatura de instalación	-5 °C a +45 °C (+23 °F a +113 °F)
	Temperatura de funcionamiento	-40 °C a +65 °C (-40 °F a +149 °F)
	Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +70 °C (-40 °F a +158 °F)
	Nota sobre el entorno	No apto para su instalación en lugares donde sea posible la inmersión en agua u otros líquidos (por ejemplo, pozos o arquetas bajo rasante)

	Espacio ambiental	Exterior			
	Normas de cualificación	CISPR 22/FCC CFR 47 EN300386 ETSI EN 300 019-1-4 IEC 60529, IP68 IEC 60950-1 IEC 60950-22 IEC 62368 NEC Clase 2			
	Norma de seguridad	CE CSA FCC RCM SELV WEEE			
Embalaje y pesos	Peso del neto	5,08 kg 11,199 lb			
Cumplimiento de la normativa/ Certificaciones	Agencia	REACH-SVHC	UK-ROHS	ROHS	CHINA-ROHS
	Clasificación	Conforme a la revisión SVHC en www.commscope.com/ProductCompliance	Conforme	Conforme	Por debajo del valor máximo de concentración

4.4.7. Splitters o divisores

El divisor óptico de un sistema GPON sirve para compartir el coste y el ancho de banda de la OLT entre varias ONT, así como para reducir el número de líneas de fibra necesarias en el OSP. Los divisores se despliegan en una configuración de división centralizada o en cascada, dependiendo de la distribución del cliente.

Figura 23

Splitter 1x32



Nota. Adaptado de SP-13200S1S1CBAA, por CommScope (<https://www.commscope.com/product-type/splitters-combiners-multiplexers/optical-passives/optical-splitters/itemsp-13200s1s1cbaa/>)

Tabla 13

Especificaciones técnicas de los splitters

Especificaciones generales	Clasificación del producto	Splitter simple
	Tipo de producto	
	Tipo de dispositivo	Componente rectangular
	Funcionalidad	Divisor
	Tipo de tecnología	Circuito planar de onda luminosa (PLC)
	Tipo de distribución	Divisor 1 x 32
	Interfaz de entrada	SC/UPC
	Interfaz de salida	
	Relación de división	Simétrica
Dimensiones	Altura	4 mm 0.157 in
	Anchura	7 mm 0.276 in
	Longitud	55 mm 2.165 in
	Longitud del cable de entrada	1 m 3,281 pies
	Longitud del cable de conexión de salida	1 m 3,281 pies
	Diámetro del cable de conexión de entrada	0,9 mm 0,035 pulg.

	Diámetro del cable de salida	0,9 mm 0,035 pulgadas			
Especificaciones ópticas	Tipo de fibra	G.657.A2			
	Directividad (mínimo)	55 dB			
	Pérdida en función de la polarización, (máximo)	0,3 dB			
	Uniformidad (máximo)	1,9 dB			
	Rango de longitud de onda	1260-1650 nm			
	Máxima pérdida de inserción de splitter	17,6 dB			
	Mínima pérdida de retorno del splitter	50 dB			
Especificaciones medioambientales	Temperatura de funcionamiento	-40 °C a +70 °C (-40 °F a +158 °F)			
	Humedad relativa	5%-95%, sin condensación			
Embalaje y pesos	Embalaje (cantidad)	1			
Cumplimiento de la normativa/ Certificaciones	Agencia	REACH-SVHC	ROHS	UK-ROHS	CHINA-ROHS
	Clasificación	Conforme a la revisión SVHC en www.commscope.com/Product Compliance	Conforme	Conforme	Por debajo del valor máximo de concentración

Tanto el OLT, splitters y otros equipos serán reutilizados de la infraestructura de red existente.

4.5. PÉRDIDA DE POTENCIA EN ENLACES Y NODOS

La pérdida de potencia en una red óptica se refiere a la disminución de la intensidad de la señal óptica a medida que viaja a través de la fibra óptica y atraviesa diferentes componentes como conectores, empalmes, splitters, etc. Esta pérdida de potencia se mide en decibelios (dB) y puede ocurrir en los enlaces y nodos de la red.

4.5.1 Enlaces de fibra óptica

- Atenuación de la fibra: La fibra óptica tiene una atenuación inherente, que es la disminución de la intensidad de la señal a medida que viaja por la fibra. Esta atenuación se mide en dB por kilómetro.
- Conectores y empalmes: Cada conector y empalme en el enlace introduce pérdida adicional. La calidad de estos componentes y la forma en que se instalan pueden afectar la pérdida total en el enlace.

De acuerdo a esta información tendríamos lo siguiente:

Tabla 14

Pérdida en enlaces

	Atenuación	Cantidad	Total
Fibra	1.20 hasta 3 dB	1	3 dB
Empalmes	0.3 dB	17	5.1 dB
Conectores	0.3 dB	17	5.1 dB

Nota. La pérdida máxima aproximada en cada enlace sería de 3.6dB, mientras que se tiene como atenuación de los conectores y atenuación de fusión un valor similar, equivalente a 5.1dB.

4.5.2. Nodos

- Splitters: Los splitters, que se utilizan para dividir la señal hacia múltiples direcciones, introducen pérdida de potencia. La pérdida dependerá del tipo de splitter y de la cantidad de divisiones.

En este apartado también se contemplaría la atenuación inherente de la fibra óptica por lo que se tiene:

Atenuación máxima en el nodo = Atenuación máxima de la fibra + Atenuación del splitter 1:32

Atenuación en el nodo = 3 dB + 17.6 dB = 20.6 dB

Como se puede observar de acuerdo al cálculo realizado, la atenuación en el nodo sería de 20.6 dB.

4.6. TASA DE TRANSFERENCIA DEL MODELO PROPUESTO

La tasa de transferencia de un modelo de red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre fibra óptica energizada dependerá de varios factores, como: el tipo de tecnología GPON, el número de usuarios o dispositivos conectados, división y/o capacidad del splitter, la capacidad o características de los equipos de red (OLT, ONT, etc.) además de la configuración y dimensionamiento de la red.

La información con la que se cuenta es la siguiente:

- El GPON estándar puede ofrecer velocidades de bajada de hasta 2.5 Gbps y velocidades de subida de hasta 1.25 Gbps por puerto ONT.
- Se utiliza, aproximadamente, un splitter 1:32 después de cada gabinete secundario. Esto significa que la capacidad de un solo puerto GPON se divide entre 32 usuarios
- El OLT elegido en este proyecto tiene 8 puertos GPON con una división de 1x64 o 1x128, lo que determinará la cantidad máxima de usuarios por puerto GPON.
- Los ONT seleccionados soportan velocidades de bajada de hasta 2.5 Gbps y velocidades de subida de hasta 1.25 Gbps.

En vista que hay 8 puertos GPON en el OLT y se ha especificado una división de 1x64 o 1x128, se puede hacer las siguientes estimaciones:

- División 1x64 (512 usuarios): Cada puerto GPON puede soportar hasta 512 usuarios con una velocidad de bajada de hasta 2.5 Gbps.
- División 1x128 (1024 usuarios): Cada puerto GPON puede soportar hasta 1024 usuarios, pero la velocidad de bajada por usuario se reduciría a la mitad (aproximadamente 1.25 Gbps).

De acuerdo a lo anterior, es factible mencionar que manejando un aproximado de 1000 dispositivos, la división 1x64 parece más apropiada para garantizar una velocidad de bajada adecuada. En este caso, la tasa de transferencia total sería de hasta 8 puertos GPON por 2.5 Gbps, lo que daría un resultado de 20 Gbps.

Es importante señalar que estas son estimaciones generales y la implementación real podría estar sujeta a variaciones según la configuración específica y las condiciones de la red.

4.7. TOPOLOGÍA Y VENTAJAS DEL MODELO PROPUESTO

4.7.1. Topología lógica

Figura 24

Backbone de fibra óptica propuesto para el campus universitario

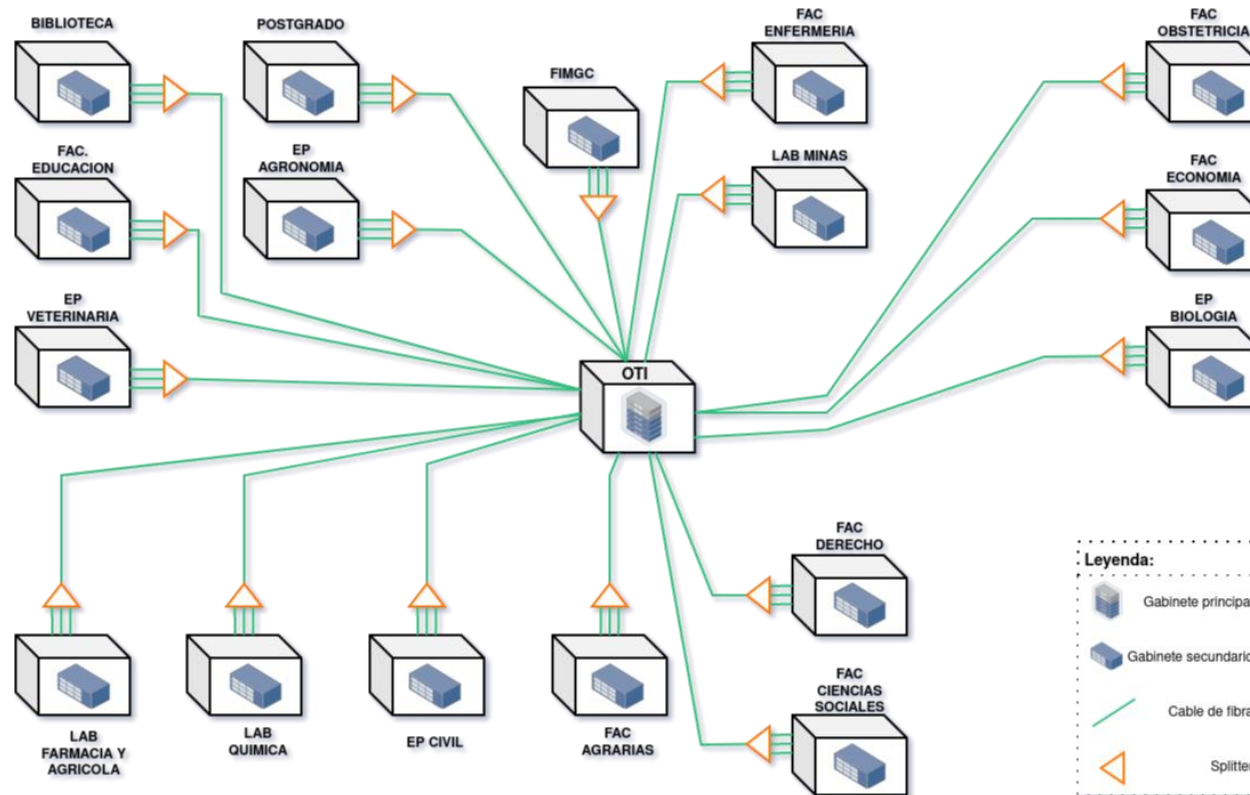
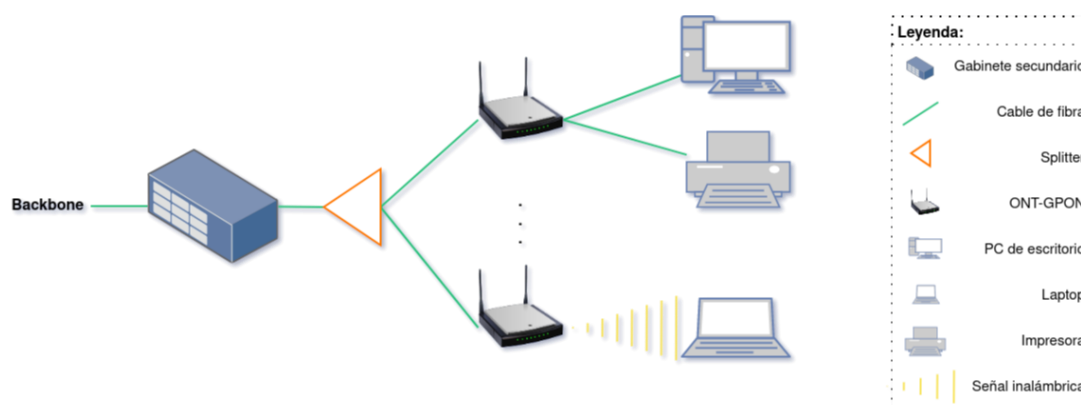


Figura 25

Conexión propuesta desde el gabinete secundario hasta el ONT



Nota. Dentro del gabinete secundario se encontraría una fuente de poder que permitiría energizar la fibra híbrida, y en caso de existir una distancia considerable hasta el ONT se utilizaría un extensor de alimentación a través de Ethernet (PoE).

4.7.2. Ventajas

Las ventajas que resaltan la importancia y el impacto positivo que tendría la implementación de esta propuesta en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga son mencionadas a continuación:

- **Mejora de la conectividad:** La implementación de una red óptica pasiva con capacidad de gigabit proporcionará una mejora significativa en la conectividad de la Universidad. Las velocidades de transmisión de datos más rápidas facilitarán la comunicación, la colaboración y el acceso a recursos en línea para estudiantes, profesores y personal administrativo.
- **Aprovechamiento de tecnologías innovadoras:** La utilización de tecnologías innovadoras como la multiplexación por división de longitud de onda, el sentido descendente broadcast y el sentido ascendente del acceso múltiple por división de tiempo permite un uso eficiente del espectro de la fibra óptica. Esto se traduce en una mayor capacidad de transmisión y un rendimiento optimizado de la red.
- **Eficiencia energética:** La implementación de fibra óptica energizada, junto con equipos de GPON, no solo mejora la eficiencia energética al reducir la pérdida de energía durante la transmisión de datos, sino que también permite una mayor distancia entre los nodos de la red sin comprometer la calidad de la señal.

- **Reutilización de infraestructura existente:** Al reutilizar parte de la infraestructura existente, como instalaciones de fibra óptica convencional y equipos preexistentes, se optimizan los recursos financieros y se reduce el costo total del proyecto. Esto implica una inversión inteligente y sostenible en tecnología.
- **Escalabilidad:** La red óptica pasiva es altamente escalable, lo que significa que puede crecer y adaptarse fácilmente para satisfacer las crecientes demandas de usuarios y aplicaciones en el futuro. Esta escalabilidad asegura que la infraestructura de red sea relevante y eficaz a largo plazo.
- **Promoción de la investigación y el aprendizaje:** Una conexión de red más rápida y confiable fomenta la investigación académica y la colaboración internacional. Además, mejora la experiencia de aprendizaje de los estudiantes al permitir el acceso rápido a recursos en línea y plataformas educativas.
- **Resiliencia y fiabilidad:** La fibra óptica es altamente resistente a interferencias electromagnéticas y ofrece una conexión más estable y confiable en comparación con las tecnologías de cableado tradicionales, lo que garantiza un servicio ininterrumpido incluso en condiciones adversas.
- **Apoyo a la transformación digital:** La implementación de una red avanzada prepara a la universidad para la transformación digital. Las aplicaciones y servicios digitales, como la educación en línea y las plataformas colaborativas, pueden funcionar de manera óptima en una infraestructura de red de alta velocidad y capacidad.

4.8. OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DEL MODELO PROPUESTO FRENTE AL MODELO TRADICIONAL DE DESPLIEGUE DE FIBRA ÓPTICA

4.8.1. Precios del modelo propuesto

La evaluación de costos del modelo propuesto se basa en información recopilada de diversas fuentes, principalmente proveedores y empresas especializadas en tecnología de redes. Los precios presentados en la Tabla 15 reflejan los costos estimados de los componentes clave necesarios para implementar la red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Tabla 15*Precios aproximados del modelo propuesto*

Marca	Descripción	Unidad de medida	Cant.	Precio de venta unitario	Precio de venta total
Commscope	Cable híbrido, fibra y alimentación, 12 fibras, OS2, 12AWG (rollo de 500 metros)	Rollo	3	S/.720.58	S/.2,161.74
Commscope	Fuente de alimentación para 8 cables de fibra alimentados	Unidad	17	S/.2,582.98	S/.43,910.66
Commscope	Relleno de ranura	Unidad	3	S/.304.73	S/.914.19
Optronics	OLT – GPON de 8 módulos	Unidad	1	S/.15,220.29	S/.15,220.29
Optronics	Módulo PON	Unidad	5	S/.62.04	S/.310.20
Optronics	ONT – GPON de 1 puerto Giga Ethernet, 3 puertos Fast Ethernet y Wifi	Unidad	54	S/.288.81	S/.15,595.74
Commscope	Extensor de energía PoE+ 12VCC	Unidad	37	S/.6,663.22	S/.246,539.14
Commscope	Splitter 1:4	Unidad	4	S/.946.41	S/.3,785.64
Commscope	Splitter 1:32	Unidad	17	S/.11,525.25	S/.195,929.25
Costo total en soles				S/.524,366.85	

4.8.2. Precios del modelo tradicional (actual)

Los precios que se muestran en la tabla se obtuvieron del informe de Contratación del servicio de instalación de equipos y cableado estructurado para el proyecto de mejoramiento de las herramientas tecnológicas para las actividades académicas de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; es decir, la información sobre los costos asociados con el modelo tradicional se obtuvo a través de los registros oficiales de la contratación de servicios relacionados con tecnologías de red en la institución. Estos precios reflejan el marco económico actual en el que opera la red existente.

Tabla 16*Precios de la infraestructura actual*

Marca	Descripción	Unidad de medida	Cant.	Precio de venta unitario incluye IGV.	Precio de venta total incluye IGV.
NEXANS	Puntos de red categoría 6A LSZH (canal completo), incluye canalizaciones	unidad	36	S/ 826.00	S/ 29,736.00
NEXANS	Enlaces de fibra óptica OS2 MONOMODO de 24 hilos para exteriores armada anti roedor LSZH (canal completo), incluye canalizaciones	unidad	17	S/ 7,552.00	S/ 128,384.00
RITTAL	Gabinete de 42 RU, para el Data Center (DC), incluye accesorios	unidad	1	S/ 16,520.00	S/ 16,520.00
DIXON	Gabinets de borde de 15RU, incluye accesorios	unidad	17	S/ 708.00	S/ 12,036.00
CISCO	Conmutador de red de tipo SWITCH CORE, de 48 puertos SFP+, incluye fuentes, ventiladores	unidad	1	S/ 129,800.00	S/ 129,800.00
ARUBA	Conmutador de red de tipo SWITCH BORDE, de 48 puertos 1000BaseT, incluye tarjeta SFP+, Transceiver monomodo LC, y accesorios	unidad	18	S/ 25,960.00	S/ 467,280.00
ARUBA	Controlador Inalambrico Aruba 7240XM (RW) 4p 10GBase- X (SFP+) 2p (10/100/1000BASE- T or SFP), incluye fuentes, licencias y accesorios	unidad	1	S/ 68,440.00	S/ 68,440.00
ARUBA	Access point tipo exteriores (outdoor), Aruba AP- 375 (RW) Outdoor 11ac., incluye accesorios	unidad	34	S/ 5,900.00	S/ 200,600.00
ARUBA	Access point de tipo interiores (indoor), Aruba AP- 555 (RW). incluye accesorios	unidad	2	S/ 3,540.00	S/ 7,080.00
CHECK POINT	Equipo de seguridad perimetral de nueva generación 6600 Next Generation Threat Prevention & SandBlast (NGTX) Appliance	unidad	1	S/ 177,000.00	S/ 177,000.00
HPE	Servidor de procesamiento y almacenamiento, HPE ProLiant DL180 Gen10	unidad	1	S/ 59,000.00	S/ 59,000.00

SALICRU	UPS de 3KVA Tipo Rackeable. Incluye PDU	unidad	1	S/ 10,030.00	S/ 10,030.00
A&A	Transformador de Aislamiento de 15KVA, con tablero bypass, incluye pozo a tierra	unidad	1	S/ 11,800.00	S/ 11,800.00
INDECO	Puntos eléctricos para gabinetes, incluye canalizaciones	unidad	17	S/ 1,416.00	S/ 24,072.00
RITTAL	Equipos de Aire Acondicionado Autocontenido	unidad	1	S/ 118,000.00	S/ 118,000.00
Costo total en soles				S/ 1, 459, 778. 00	

Nota. Adaptado de Cloud IT, 2022, p. 6.

4.8.3. Comparativa

El modelo tradicional, según los registros de contratación del servicio de instalación de equipos y cableado estructurado, tiene un costo total de S/.1,459,778.00. Esta cifra refleja los gastos asociados con la infraestructura existente en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Mientras que el modelo propuesto presenta un costo total de implementación de S/.524,366.85. Esta cifra incluye los elementos necesarios para la infraestructura de red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre fibra óptica energizada. Cabe destacar que este costo representa una inversión significativamente menor en comparación con el modelo tradicional, específicamente menos del 50% que el presupuesto destinado a la infraestructura actual.

La diferencia en los costos entre ambos modelos resalta la eficiencia económica del enfoque propuesto. Además, es importante señalar que ciertos componentes de la infraestructura actual, como gabinetes y canalizaciones, pueden reutilizarse en el modelo propuesto, lo que contribuye aún más a la optimización de costos. Esto no solo implica ahorros financieros adicionales, sino también una mayor sostenibilidad y aprovechamiento de recursos ya existentes.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El proyecto "Red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023" ha logrado realizar el diseño general de una infraestructura que incorpora tecnologías innovadoras y dimensiones clave para el despliegue de una red óptica eficiente. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas de los objetivos planteados y las variables analizadas:

- a. La implementación de la multiplexación por división de longitud de onda ha permitido maximizar la capacidad de la red, posibilitando la transmisión simultánea de múltiples señales a través de una única fibra óptica. Esto ha mejorado significativamente la eficiencia del sistema, garantizando un mayor rendimiento y ancho de banda.
- b. La elección de la transmisión broadcast en el sentido descendente ha optimizado la distribución de datos desde la fuente central (OLT) a múltiples destinos (ONT), beneficiando a los usuarios finales con una conectividad eficaz y uniforme.
- c. La implementación del acceso múltiple por división de tiempo en el sentido ascendente ha permitido la gestión eficiente del acceso múltiple, mejorando la capacidad de la red para atender las demandas de los usuarios en momentos de alta concurrencia, asegurando una distribución equitativa del ancho de banda.

5.2. RECOMENDACIONES

- a. Se ha de tener en cuenta que las estimaciones respecto a la tasa de transferencia del modelo propuesto son generales y la implementación real podría estar sujeta a variaciones según la configuración específica y las condiciones de la red.
- b. Se recomienda establecer un sistema de monitoreo continuo para supervisar el rendimiento de la red. La implementación de herramientas de monitoreo

permitirá identificar de manera proactiva posibles problemas y optimizar la gestión de recursos.

- c. Optimizar la gestión de recursos, especialmente en términos de ancho de banda y energía. La implementación de prácticas eficientes contribuirá a la sostenibilidad y reducción de costos.
- d. Ante el crecimiento futuro de la universidad, se sugiere diseñar la red con consideraciones de escalabilidad. La infraestructura debería adaptarse fácilmente para incorporar nuevas tecnologías y manejar un aumento en la demanda de conectividad.
- e. Dada la rápida evolución de las tecnologías de redes, se sugiere mantenerse informado sobre las últimas tendencias y avances. La consideración de actualizaciones tecnológicas periódicas permitirá aprovechar nuevas funcionalidades y mejoras de rendimiento.
- f. Realizar evaluaciones periódicas de los requerimientos de la red en función de la evolución de las necesidades académicas y administrativas. Esto permitirá ajustar la infraestructura según las demandas cambiantes.

REFERENCIAS

- Anixter. (s.f.). *Multimode Fiber: The Fact File - Spanish*. Recuperado el 7 de October de 2023, de <https://www.anixter.com/content/dam/Suppliers/CommScope/Documents/Multimode-Fiber-ES.pdf>
- Ansari, N., & Zhang, J. (2013). *Media Access Control and Resource Allocation: For Next Generation Passive Optical Networks*. Springer New York.
- Arribasplata, S. (2021). Diseño de una red FTTH aplicando el estándar GPON en el distrito de Santiago de Surco. Lima, Perú.
- Auwalu, U., Nadiatulhuda, Z., Mohd, R., Kharina, K., & Asrul, I. (2020). OPTICAL LINK MONITORING IN FIBRE-TO-THE-X PASSIVE OPTICAL NETWORK (FTTx PON): A COMPREHENSIVE SURVEY. *Optical Switching and Networking*, 1(1), 44.
- Azadeh, M. (2009). *Fiber Optics Engineering*. Springer.
- Barroso, A. (2012). DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS DE UNA BANDA ANCHA EN UNA ZONA DE VIVIENDAS EN CASCO URBANO. Jarama, España.
- Benabderrahmane, B., & Chelda, B. (2020). ESTUDIO DE RENDIMIENTO DE RED.
- Bergano, N., & Davidson, C. (1996). Wavelength Division Multiplexing in Long-Haul Transmission Systems. *Journal of Technology*, 14(6), 10.
- Bernal Torres, C. A., & Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (O. Fernández Palma, Ed.) Pearson Educación.
- Berrú, S. E. (2019). MEJORA DE LOS SERVICIOS DE COMUNICACIÓN Y VIDEOVIGILANCIA MEDIANTE UNA RED FTTH-GPON PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA. Universidad Nacional de Piura.
- Brackett, C. (1990). Dense Wavelength Division Multiplexing Networks: Principles and Applications. *IEEE Journal on Selected in Communications*, 8(6), 17.
- Cale, I., Salihovic, A., & Ivekovic, M. (2007). Gigabit Passive Optical Network - GPON. *Information Technology Interface*, 29(1), 6.
- Carpio, C., & Suárez, M. (2020). INTEGRACIÓN DE SERVICIOS DE COMUNICACIÓN Y SEGURIDAD ELECTRÓNICA A TRAVÉS DE UNA RED ÓPTICA PASIVA EN LA UNIVERSIDAD RICARDO PALMA. Perú: Universidad Ricardo Palma.
- Carrasco Díaz, S. (2015). *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. San Marcos.
- Cloud IT. (11 de Enero de 2022). CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE INSTALACION DE EQUIPOS Y CABLEADO ESTRUCTURADO PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS TECNOLOGICAS PARA LAS ACTIVIDADES ACADEMICAS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA. Cloud IT.

- CommScope. (2017). Powered Fiber Cable System Providing power and communication to remote devices.
- CommScope. (s.f.). *PFP-PX-8M*. Recuperado el 27 de October de 2023, de CommScope: <https://www.commscope.com/product-type/networking-systems/powered-fiber-cable-systems/dc-power-supplies/itempfp-px-8m/>
- CommScope. (s.f.). *PFP-PX-SF*. Recuperado el 27 de October de 2023, de CommScope: <https://www.commscope.com/product-type/networking-systems/powered-fiber-cable-systems/dc-power-supplies/itempfp-px-sf/>
- CommScope. (s.f.). *PFU-12-C-O-060-01*. Recuperado el 27 de October de 2023, de CommScope: <https://www.commscope.com/product-type/networking-systems/powered-fiber-cable-systems/power-over-ethernet-poe-extenders/itempfu-12-c-o-060-01/>
- CommScope. (s.f.). *SP-13200S1S1CBAA | PLC 1X32 900UM IN/OUT SC/UPC GRADE C*. Recuperado el 27 de October de 2023, de CommScope: <https://www.commscope.com/product-type/splitters-combiners-multiplexers/optical-passives/optical-splitters/itemsp-13200s1s1cbaa/>
- Eycos. (2016). *Sistemas de cable de fibra Energizado*. Recuperado el 2 de Octubre de 2023, de Eycos: <https://www.eycos.com.co/fibra-alimentada>
- Fiber Optic Solutions. (1 de June de 2016). *Network PON (Passive Optical Network) Introduction*. Recuperado el 6 de October de 2023, de Fiber Optic Solutions: <https://www.fiber-optic-solutions.com/intro-optical-network-pon.html>
- FS Community. (10 de August de 2021). *Definición, tipos y características de la fibra multimodo: OM1 vs OM2 vs OM3 vs OM4 vs OM5 | Comunidad FS*. Recuperado el 7 de October de 2023, de FS Community: <https://community.fs.com/es/blog/advantages-and-disadvantages-of-multimode-fiber.html>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (P. Baptista Lucio, Ed.) McGraw-Hill Education.
- International Telecommunication Union (ITU). (2018). *ITU-T PON Standards – Progress and Recent Activities*. Recuperado el 7 de Octubre de 2023, de ITU - Committed to connecting the world: https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-2020/15/Documents/OFC2018-2-Q2_v5.pdf
- Ishio, H., Minoya, J., & Nosu, K. (1984). Review and Status of Wavelength-Division-Multiplexing Technology and Its Application. *Journal of Lightwave Technology*, 2(4), 6.
- Malacara, D. (2015). *Optica Basica*. Fondo de Cultura Economica USA.
- Mansillai, J. (2021). DISEÑO DE UNA RED GPON APLICADA A UN SISTEMA DE COMUNICACIONES DE BUSES DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD (BRT). *PERFILES DE INGENIERÍA*, 1(1), 13.
- Martin, H., Tomas, H., & Vaclav, O. (2019). Application for GPON Frame Analysis. *Electronics*, 8(700), 11.
- Mukherjee, B., Tomkos, I., Tornatore, M., Winzer, P., & Zhao, Y. (Edits.). (2020). *Springer Handbook of Optical Networks*. Springer International Publishing.
- Murilo, M. A. (2017). Passive optical networks: Present status and future outlook. 1-5. IEEE.

- Mustafa, A., Hazim, A., & Tariq, H. (2020). A review of immigration obstacles to PON-FTTH and its evolution around the world. *TELKOMNIKA Telecommunication, Computing, Electronics and Control*, 19(2), 19.
- Optronics. (s.f.). MÓDULO PON CLASS B+/C+. México. Recuperado el 24 de Octubre de 2023, de https://fibremex.com/fibra-optica/public/images/img_spl/FICHAS%20T%C3%89CNICAS/24.FIB2U/1%20Optronics%20Modulo%20PON%20CLASS.pdf
- Optronics. (s.f.). OLT GPON DE 8 MÓDULOS. México. Recuperado el 23 de Octubre de 2023, de https://fibremex.com/fibra-optica/public/images/img_spl/FICHAS%20T%C3%89CNICAS/24.FIB2U/13%20OPF2OLGPAC1080%20Optronics%20OLT%20C2%AD%20GPON%20de%208%20modulos%20PON.pdf
- Optronics. (s.f.). OPTRONICS ONT - GPON. México. Recuperado el 24 de Octubre de 2023, de [https://fibremex.com/fibra-optica/public/images/img_spl/FICHAS%20T%C3%89CNICAS/24.FIB2U/20%20Optronics%20ONT%20%20GPON%20de%204%20puertos%20\(1GE%20+%203FE\)%20+%20WiFi.pdf](https://fibremex.com/fibra-optica/public/images/img_spl/FICHAS%20T%C3%89CNICAS/24.FIB2U/20%20Optronics%20ONT%20%20GPON%20de%204%20puertos%20(1GE%20+%203FE)%20+%20WiFi.pdf)
- Sánchez Azqueta, C., Guerrero, E., Gimeno, C., & Celma, S. (10 de Octubre de 2019). A Reconfigurable Radio-Frequency Converter IC in 0.18 μm CMOS. *Electronics*, 8(10), 1146.
- Thangappan, T., Therese, B., Suvarnamma, A., & Swapna, G. (2020). Review on dynamic bandwidth allocation of GPON and EPON. *Journal of Electronic Science and Technology*, 18(1), 8.
- Tomas, H., Pert, M., Vaclav, O., & Josef, V. (2018). Activation Process of ONU in EPON/GPON/XG-PON/NGPON2 Networks. *APPLIED SCIENCES*, 1(1), 18.
- Turán, J., Ovsenik, L., & Turán, J. J. (2005). Optically powered fiber optic sensors. *Acta Electrotechnica et Informatica*, 5(3), 1-7. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/313390432_Optically_powered_fiber_optic_sensors
- White, S. (2023). *Cómo las empresas están mejorando la transferencia de datos y la conectividad a internet*. London: pcmag.

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
μm	Micromol
ACL	Lista de control de acceso
AES	Estándar de cifrado avanzado
ANSI	Instituto Americano de Estándares Nacionales
APON	Red óptica pasiva alterna
ATM	Modo de transferencia asíncrona
AWG	Calibre de alambre americano
BIF	Fibra insensible a la flexión
BPON	Red óptica pasiva de banda ancha
CA	Corriente Alterna
CapEx	Gastos de Capital
CAT	Categoría
CC	Corriente Continua
CLI	Interfaz de Línea de Comandos
CO	Central de Operaciones
CSA	Cumplimiento, Seguridad, Responsabilidad
CSF	Corte de fibra desplazada
CTO	Cajas Terminales Ópticas
DB	Decibelio
dBm	decibelios-milivatio
DBRu	Informe de ancho de banda dinámico ascendente
Dca	Enfoque del enfriador de drenaje
DHCP	Protocolo de configuración dinámica de host
DMZ	Zona desmilitarizada
DSCP	Punto de código de servicios diferenciados
DSF	Sistema de archivos distribuido
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones
FSAN	Red de acceso a servicio completo
FTTH	Fibra hasta la casa
FTTx	Fibra hasta X
GbE	Gigabit Ethernet
Gbit	Gigabit
Gbps	Gigabit por segundo

GEM	Esquema de transporte de tramas
GeO2	Dióxido de germanio
GFP	Protocolo de encuadre genérico
GPON	Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit
HFC	Híbrido de Fibra Coaxial
Hz	Hercio
lbf	Libra-Fuerza
IEEE	El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IGMP	Protocolo de gestión de grupos de Internet
IP	Protocolo de Internet
IPTV	Televisión por protocolo
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones
KM	Kilometro
KVA	Medida de la potencia aparente
LAN	Red de área local
kft	Kilofeet
LED	Diodo emisor de luz
LSZH	Baja emisión de humos y sin halógenos
Mhz	Megahercio
mm	Milimetro
NAT	Traducción de direcciones de red
NG-PON2	Red óptica pasiva de próxima generación 2
NGTX	Prevención de amenazas de próxima generación
nm	Nanómetro
NZDSF	Fibra de dispersión desplazada distinta de cero
ODN	Red de distribución óptica
OH	Temperatura de Humedad
OLT	Terminal de línea óptica
OM1	Óptico múltiple
OMCI	Interfaz de Gestión y Control
ONT	Terminal de red óptica
ONU	Unidad de red óptica
OpEx	Los gastos de explotación
OTN	Red de transporte óptico
P2MP	Las redes multipunto
PCBd	Bloque de control físico aguas abajo

PLOAMu	Administración y Mantenimiento de Operación de Capa Física
PLOu	Sobrecarga de la capa física en sentido ascendente
PoE	Alimentación a través de Ethernet
PON	Red Óptica Pasiva"
PPPoE	Protocolo de red para la encapsulación PPP sobre una capa de Ethernet
Pulg	Pulgadas
PVC	Policloruro de Vinilo
QOS	Calidad de servicio
RCM	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad
RSTP	Protocolo de árbol de expansión rápida
RW	Ventana del Receptor
SELV	Sistema de Seguridad de Voltaje Extra Bajo
SFP	transceptor enchufable de factor de forma pequeño
SiO2	Dióxido de Silicio
SNMP	Protocolo Simple de Manejo de Red
SMF	Módulo transceptor óptico
SWDM	Multiplexación Corta por División de Longitud de Onda
TDM	Multiplexación por División de Tiempo
TIA	Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones
TKIP	Protocolo de integridad de clave temporal
TSTG	Temperatura de Almacenamiento
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UPS	Fuente de alimentación ininterrumpida
URL	Localizador de Recursos Uniforme
VCC	Voltaje de corriente continua
VLANS	Virtual LAN
VoIP	Voz sobre protocolo de internet
VPN	Red privada virtual
VSCSEL	Láser de emisión de superficie de cavidad vertical
WAM	Red de área amplia
WBMMF	Fibra multimodo de banda ancha
WDM	Multiplexación por División de Longitud de Onda
WEEE	Directiva de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos
WEP	Privacidad equivalente a cableado
Xdsl	Línea de abonado digital tipo x

ANEXO A

CONCLUSIONES

- a. Como se puede observar al tener la comparativa de los precios actuales y del proyecto anterior, se nota la diferencia de costo en la implementación de la nueva tecnología. Lo cual hace ver que en términos de costo y mayor alcance de velocidad de internet el GPON es mucho mas factible que otras tecnologías.
- b. La alta potencia de la fibra óptica energizada ayuda a la trasmisión sin necesidad de componentes adicionales ya que usa el mismo cable para la alimentación eléctrica.
- c. La alta cobertura mejora la cantidad de componentes que se puede llegar a conectar a la red, teniendo como máximo y sin perder potencia o velocidad de internet, una conexión de 2048 equipos con velocidad de 20Gb/s así ofreciendo una conexión estable para os usuario.
- d. La Alta conectividad ayuda que no se pierdan los datos de transmisión o se vuelva lenta, ya que ofrece velocidades mínimas de conectividad dentro del campus universitario.

Anexo B





ACTA N° 016-2024-FIMGC: ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal N° 180-2024-FIMGC-D**, al primer día del mes de marzo de 2024, siendo las 10:00 a.m, reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Minas, bajo la presidencia del M.Sc. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS Decano de la FIMGC y los miembros; Dr. Ing. Manuel Avelino LAGOS BARZOLA, Mg. Christian LEZAMA CUELLAR, Dr. Ing. Hubner JANAMPA PATILLA, actuando como secretario docente el MSc. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO, para proceder a la sustentación de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas, del bachiller en Ingeniería de Sistemas:

RONY MISARAYME MEDRANO

Quien presentó la tesis denominada:

**RED ÓPTICA PASIVA CON CAPACIDAD DE GIGABIT SOBRE FIBRA ÓPTICA
ENERGIZADA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA,
AYACUCHO, 2023.**

Los señores miembros del jurado luego de expuesto la tesis y absueltas las preguntas, delibera y lo declaran:

APROBADO CON NOTA DIECISEIS (16)

Siendo las 11:40 a.m. del día 01 de marzo de 2024, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad a lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

MSc. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS
Presidente

Dr. Ing. Manuel Avelino LAGOS BARZOLA
Miembro

Mg. Christian LEZAMA CUELLAR
Miembro

Dr. Ing. Hubner JANAMPA PATILLA
Miembro

M.Sc. kelvis BERROCAL ARGUMEDO
Secretario docente de la FIMGC

cc:
Archivo

**UNSCH**FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 002-2024-KPS-FIMGC/UNSCH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 473-2023-FIMGC-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Nombres y Apellidos : RONY MISARAYME MEDRANO
Escuela Profesional : INGENIERÍA DE SISTEMAS
Título de la Tesis : Red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023.
Evaluación de la Originalidad : 15 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2455849582

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 19 de setiembre del 2024



Firmado digitalmente por:
PERALTA SOTOMAYOR Karel
FAU 20143880754 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 19/09/2024 08:09:21-0500

Con depósito para Sustentación y Trámites
C.c. Archivo

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL
Av. Independencia S/N Ciudad Universitaria
Central Tel. 066 312510
Anexo 151

Red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023.

por Rony MISARAYME MEDRANO

Fecha de entrega: 16-sep-2024 10:02a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2455849582

Nombre del archivo: BORRADOR_DE_TESIS_RONY_MISARAYME_MEDRANO.pdf (1.59M)

Total de palabras: 16531

Total de caracteres: 92361

Red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, 2023.

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	15%	4%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	3%
	Trabajo del estudiante	
2	repositorio.unsch.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
3	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
4	medium.com	1%
	Fuente de Internet	
5	www.commscope.com	1%
	Fuente de Internet	
6	repositorio.uns.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	www.anixter.com	1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.puce.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	

9	www.ftthcpe.com Fuente de Internet	<1 %
10	community.fs.com Fuente de Internet	<1 %
11	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	<1 %
13	www.lumensoft.pe Fuente de Internet	<1 %
14	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
18	www.honecable.com Fuente de Internet	<1 %
19	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	

<1 %

21

brokerarbitrageur.com

Fuente de Internet

<1 %

22

dspace.unl.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

23

renati.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.ucsg.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

25

Submitted to Universidad Tecnica De Ambato-
Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE

Trabajo del estudiante

<1 %

26

www.pbbcom.com

Fuente de Internet

<1 %

27

dokumen.pub

Fuente de Internet

<1 %

28

patents.google.com

Fuente de Internet

<1 %

29

www.pcdigital.com.mx

Fuente de Internet

<1 %

30

Submitted to uaq

Trabajo del estudiante

<1 %

31

www.bztech.com.br

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo