



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:**

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA  
RED GPON EN LA COMUNIDAD RURAL JUAN GÓMEZ  
RENDÓN

**AUTOR:**

LISSETTE VIRGINIA ESPINOZA GUERRERO

**Componente práctico del examen complejo previo a la  
obtención del Grado Académico de Magíster en  
Telecomunicaciones**

**Tutor:**

MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, a los 11 días del mes marzo del año 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Lisette Virginia Espinoza Guerrero** como requerimiento parcial para la obtención del Título de Magíster en Telecomunicaciones.

**TUTOR**

---

MSc. Manuel Romero Paz

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

---

MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, a los 11 días del mes marzo del año 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Lissette Virginia Espinoza Guerrero

**DECLARO QUE:**

El Componente práctico del examen complejo **“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON EN LA COMUNIDAD RURAL JUAN GOMEZ RENDÓN”** previa a la obtención del Título de **Magíster en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Componente práctico del examen complejo referido.

Guayaquil, a los 11 días del mes marzo del año 2021

**EL AUTOR**

Lissette Virginia Espinoza Guerrero



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

YO, Lissette Virginia Espinoza Guerrero

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación**, en la biblioteca de la institución del Componente práctico del examen complejo, **“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON EN LA COMUNIDAD RURAL JUAN GÓMEZ RENDÓN”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 11 días del mes marzo del año 2021

EL AUTOR

Lissette Virginia Espinoza Guerrero

# REPORTE URKUND

The screenshot shows the URKUND web interface. The browser address bar displays the URL: `secure.orkund.com/old/view/91633346-488262-531425#q1bKLVayjibXMTfSMTej1VEqzkzPyOzL7E7MS05VsjLQMzAwtrAwtrA2sjAyNLIwNTcyMqkFAA==`. The page header includes the URKUND logo and the user name "Luis Córdova Rivadeneria (luis\_cordova)".

**Documento:** [TT Lissette Espinoza.docx](#) (D95964574)  
**Presentado:** 2021-02-18 22:38 (-05:00)  
**Presentado por:** Luis Córdova Rivadeneria (lrcordova@yahoo.com)  
**Recibido:** luis.cordova.ucsg@analysis.orkund.com

19% de estas 28 páginas, se componen de texto presente en 2 Fuentes.

**Lista de fuentes:**

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6890/1/Estudio%20para%20a%20m...">http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6890/1/Estudio%20para%20a%20m...</a>
	<a href="#">Sanchez Kevin FinalMET.docx</a>
	<a href="https://docplayer.es/89250030-Universidad-catolica-de-santiago-de-guayaquil.html">https://docplayer.es/89250030-Universidad-catolica-de-santiago-de-guayaquil.html</a>
	<a href="#">Javier Salvatierra MET FINAL.docx</a>
	<a href="https://docplayer.es/44792963-Universidad-catolica-de-santiago-de-guayaquil-facul...">https://docplayer.es/44792963-Universidad-catolica-de-santiago-de-guayaquil-facul...</a>
	<a href="https://docplayer.es/57367006-Escuela-superior-oni-tecnica-de-chimborazo.html">https://docplayer.es/57367006-Escuela-superior-oni-tecnica-de-chimborazo.html</a>

**SISTEMA DE POSGRADO MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON EN LA COMUNIDAD RURAL JUAN GÓMEZ RENDÓN**

**AUTOR: LISSETTE VIRGINIA ESPINOZA GUERRERO**

Componente práctico del examen complejo

previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Telecomunicaciones

Tutor: MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, a los 16 días del mes de Julio del año 2020

## **Dedicatoria**

Dedico la presente propuesta de proyecto a Dios.

Mis padres quienes me han apoyado durante todo este proceso a través de palabras de aliento y de ánimo para continuar.

Este trabajo está pensado en ser desarrollado en una parroquia rural de la Provincia del Guayas, motivo por el cual, anhelo dedicar el presente proyecto a los habitantes de la parroquia Juan Gómez Rendón (Progreso), pues lo alcanzado ha sido inspirado en pro del mejoramiento de su calidad de vida.

Finalmente, mi dedicatoria va hacia todas aquellas personas que han confiado en este proyecto y han aportado de una u otra forma a perfilarlo para resulte más viable su ejecución.

## **Agradecimientos**

A Dios por ser mi guía en todos mis proyectos para lograr mi meta  
anhelada.

A mis padres quienes son el pilar fundamental de mi vida.

A mis hermanos y esposo quienes me apoyaron en toda la etapa  
estudiantil.

A la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, por haberme brindado  
todos los conocimientos.

A mi tutor de tesis que me motivo y apoyo durante el proceso de mi tesis.

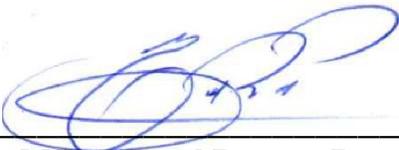
A mis amigos que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación  
profesional.



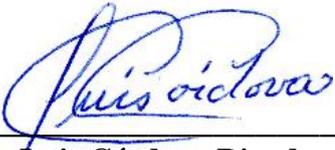
UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.   
MSc. Manuel Romero Paz  
TUTOR

f.   
MSc. Manuel Romero Paz  
DIRECTOR DEL PROGRAMA

f.   
MSc. Luis Córdova Rivadeneira  
REVISOR

  
MSc. Edgar Quezada Calle  
REVISOR

## Índice General

Índice General .....	IX
Resumen.....	XIII
Abstract .....	XIV
CAPITULO I INTRODUCCION .....	15
1.1. ANTECEDENTES .....	16
1.2. PLANTEAMIENTO .....	17
1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.4. JUSTIFICACION.....	21
1.5. OBJETIVO GENERAL. ....	22
1.6. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	22
1.7. HIPOTESIS .....	22
1.8. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	22
1.8.1. Tipo de diseño .....	22
1.8.2. Alcance.....	22
1.8.3. Enfoque de la investigación .....	23
1.8.4. Métodos de la investigación.....	23
1.8.5. Unidad de análisis .....	23
1.8.6. Análisis Documental .....	23
1.8.7. Tabulación.....	23
CAPITULO II MARCO TEÓRICO .....	24
2.1. ACCESO A INTERNET.....	24
2.1.1. Sistema de comunicación óptica .....	26
2.1.2. Evaluación de la comunicación óptica.....	26
2.1.3. Red óptica pasiva Gigabit (GPON).....	27
2.1.4. Propiedades de las redes GPON.....	27
2.1.5. Redes de acceso de fibra .....	28
2.1.6. Redes ópticas conmutadas.....	28
2.1.7. Conmutación de circuito óptico .....	29
2.1.8. Conmutación de ráfaga óptica.....	30
2.1.9. Cambio óptico de paquetes .....	30
2.1.10. Servicio Triple Play.....	31
2.1.11. Cómo funciona GPON .....	31
2.1.12. La evolución de la World Wide Web .....	32
2.1.13. Diseño de una red GPON .....	33
2.1.14. La fibra óptica .....	34
2.1.15. Importancia de la Fibra óptica.....	35

2.1.16.	Cómo funciona la fibra óptica .....	35
2.1.17.	Tipos de cables de fibra óptica .....	36
2.1.18.	Ventajas y desventajas.....	37
<b>CAPÍTULO III PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE RED GPON EN LA COMUNIDAD DE JUAN GÓMEZ RENDÓN .....</b>		<b>39</b>
3.1.	Modelo de la infraestructura de una red GPON.....	40
3.2.	Cálculos de enlaces GPON.....	42
3.2.1.	Valores de umbral en OLT (Öhlén & Dahlfort, 2014).....	43
3.2.2.	Valores de umbral en ONT: .....	44
3.3.	Materiales y Equipos.....	45
3.4	Fibra Óptica Escogida .....	45
3.5	OLT (Optical Line Terminal).....	45
3.6.	ONT (Optical Network Terminal).....	46
3.7.	Proceso y diseño de implementación de la red GPON en zonas rurales .....	47
3.7.1.	Adecuación del Nodo.....	47
3.7.2.	Organización del Rack .....	48
3.7.3.	Establecimiento de la ruta de la Fibra.....	51
3.7.4.	Topología en Anillo .....	52
3.7.5	Topología en Árbol. ....	52
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>55</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>56</b>
<b>Bibliografía .....</b>		<b>57</b>

## Índice de figuras

Figura 1.1. Red óptica pasiva Gigabit (GPON) .....	20
Figura 2.1. Principios del SDH .....	26
Figura 2.2. Arquitectura de Conmutación de ráfaga óptica .....	33
Figura 2.3. Arquitectura de Conmutación de ráfaga óptica .....	37
Figura 2.4. World Wide Web arquitectura.....	34
Figura 2.5. Tipos de cable de fibra óptica.....	38
Figura 3.1. Localidad Juan Gómez Rendón .....	39
Figura 3.2. Modelo de la infraestructura GPON .....	41
Figura 3.3. Distribución de elementos en rack.....	49
Figura 3.4. Distribución de hilos de fibra de 144h en ODF.....	50
Figura 3.5. Ubicación de Buffers según código de colores en ODF.....	51
Figura 3.6. Modelo de la infraestructura GPON .....	54

## Índice de tablas

Tabla 3.1. Niveles de atenuación según distancias de la red .....	44
Tabla 3.2. Detalles Técnicos ONT TELLION .....	46
Tabla 3.3 Código de colores secuencia de armado ODF .....	50

## **Resumen**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar una plataforma GPON para la comunidad rural Juan Gómez Rendón, como una alternativa para su implementación. El presente trabajo tendrá un diseño no experimental con un alcance descriptivo – correlacional de las características de las redes GPON y su influencia en la comunicación en una comunidad rural. Adicionalmente la información recolectada será de tipo mixta y se basará en análisis documental y tabulación de indicadores. En el marco teórico se dan a conocer temas que guardan una estrecha relación con la investigación y el proyecto, tales como sistemas de comunicación, fibras ópticas y sus diferentes tipos, ventajas y desventajas, redes GPON y otros conceptos relevantes. Al final de la investigación se concluyó que la implementación de esta red tiene una alta viabilidad técnica, ya que se cuenta con los medios físicos para la instalación de equipos, cableado y nodos de comunicación, necesarios para la implementación del proyecto, el cual es de gran ayuda para la comunidad rural Juan Gómez Rendón.

**Palabras clave:** Internet, GPON, redes, servicios, conectividad, fibra óptica.

## **Abstract**

The present research work aims to design a GPON platform for the rural community Juan Gómez Rendón, as an alternative for its implementation. The present work will have a non-experimental design with a descriptive - correlational scope of the characteristics of GPON networks and their influence on communication in a rural community. Additionally, the information collected will be of a mixed type and will be based on documentary analysis and tabulation of indicators. In the theoretical framework, topics that are closely related to the research and the project are disclosed, such as communication systems, optical fibers, types of optical fibers, advantages and disadvantages, GPON networks and other relevant concepts. At the end of the investigation, it was concluded that the implementation of this network has a high technical feasibility, since it has the physical means for the installation of equipment, cabling and communication nodes, necessary for the implementation of the project, which is of great help for the rural community Juan Gómez Rendón.

**Keywords:** Internet- GPON- Network- Services- connectivity, optical fiber

## CAPITULO I INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación pretende ofrecer un diseño para ampliar la cobertura del servicio de telecomunicaciones en áreas rurales y de preferente interés social. De esta manera, se analizarán las herramientas a utilizar, llevándolas a un entorno tecnológico donde el conocimiento y difusión de la información es el objetivo más importante, lo que permitirá al poblador rural, obtener nuevas formas de desarrollo. Se realizará el proyecto en tres etapas:

La primera etapa se basa en el planteamiento del problema y la importancia de desarrollarlo. Asimismo, se establecen los objetivos y el alcance al que se busca profundizar, tomando en cuenta los desafíos que se presenten. La segunda etapa consta de un proceso de búsqueda de información. A partir de esto, se obtendrá una información con todo lo investigado, con el objetivo de elaborar una base teórica. La última etapa se caracteriza por contar con la presentación de la propuesta planteada, el diseño de la red de telecomunicaciones que permita brindar un mejor servicio a la comunidad rural elegida (Caicedo, 2014).

Los estándares GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network), se establecen en las recomendaciones UIT-T G.984.1 a G.984.5. Utiliza el protocolo de Procedimiento de Encuadre Genérico (GFP, Generic Framing Procedure) para proporcionar soporte en servicios orientados a voz y datos.

Una gran ventaja de GPON sobre otros esquemas es que proporciona interfaces para todos los servicios principales y en las redes habilitadas para los paquetes que pertenecen a diferentes protocolos se pueden transmitir en sus formatos nativos.

El componente de voz se puede representar como servicio VOIP (Voice over IP) y se puede combinar con el componente de datos en simulaciones de capa física. Finalmente, el componente de video se puede representar como una señal de video RF (Radio Frequency) CATV (Community Antenna Television) tradicional o IPTV (Internet Protocol TV) que también se puede combinar con datos.

## 1.1. ANTECEDENTES

Una red óptica pasiva (PON, Passive Optical Network) es una fibra óptica compartida de punto a multipunto a la arquitectura de red local, en la que se utilizan divisores ópticos sin alimentación para permitir que una fibra óptica única sirva a múltiples usuarios.

Las redes ópticas pasivas se denominan así porque emplean un divisor simple y combinado óptico pasivo para el transporte de datos. Aprovechan la multiplexación por división de longitud de onda (WDM, Wavelength Division Multiplexing), utilizando una longitud de onda para el tráfico descendente y otra para el ascendente, en una sola fibra desplazada por dispersión no nula (Mestre & Reyes, 2014).

El factor clave es la elección del sistema de infraestructura pasiva. Para esto, es necesario un conocimiento técnico adecuado y una amplia variedad de soluciones, porque no hay una solución óptima para cada situación. La empresa Fibrain ofrece 3 sistemas pasivos básicos, ejemplos de sistemas de infraestructura pasiva que se han utilizado con éxito para la construcción de redes FTTH (Fiber to the Home) en condiciones de vivienda dispersas son:

1. AIRTRACK: un sistema suspendido basado en cables ADSS (All Dielectric Self Supported) que utiliza los postes existentes (por ejemplo, de energía eléctrica).
2. BURRY-DAC: un sistema de cables tendidos directamente en el suelo, conducidos a la casa del suscriptor por canalización.
3. METROJET: un sistema de microdrenaje utilizado para aumentar las capacidades técnicas de instalación mediante la aplicación de micropipetas.

Además del sistema de infraestructura, es importante la elección de una topología de red adecuada, una incorrecta conduce a costos adicionales, tanto de capital como operativos, debido al mantenimiento y servicio de la red. Mientras que en el caso de las redes FTTH en viviendas multifamiliares, las topologías que usan divisores simétricos ubicados en el centro con muchos puertos suelen ser las óptimas, en el caso de una red en un área rural la respuesta no es tan obvia.

Esto se debe al hecho de que las distancias entre suscriptores son grandes, y también lo es la distancia al punto central, en el que se colocan dispositivos centrales como un GPON OLT (Optical Line Terminal) o un receptor de CATV y un amplificador óptico. Todo esto simplifica que los divisores mal elegidos y ubicados pueden aumentar significativamente el costo del cableado, que es una parte importante del valor de todo el sistema (Cortes, 2016).

Desde otro punto de vista, cada punto de distribución también genera ciertos gastos, por lo tanto, la optimización de costos de topología de red no es una tarea fácil y requiere una gran experiencia y tener modelos económicos adecuados para el diseño.

Muy a menudo, al analizar diseños de redes para condiciones de viviendas dispersas, parece que vale la pena usar divisores asimétricos. Los divisores simétricos mencionados anteriormente, que son populares en edificios multifamiliares, tienen nominalmente la misma atenuación en cada puerto de salida. Los divisores simétricos son ideales para áreas de viviendas multifamiliares, donde aproximadamente una docena de suscriptores están conectados en un edificio a un punto de distribución.

Por ejemplo, un divisor simétrico 1x4 ideal tendría un 25% de potencia de entrada en cada puerto de salida, por lo que tendría una atenuación de 6 dB, por supuesto, por razones tecnológicas existen diferencias entre las atenuaciones de los puertos, y además una parte de la potencia se pierde por exceso de pérdidas, por lo que la pérdida máxima y la uniformidad de atenuación son parámetros del divisor extremadamente importantes.

## **1.2. PLANTEAMIENTO**

Desde mediados de la década de 1990, Internet ha revolucionado al mundo y existe una demanda cada vez mayor de tráfico de datos más rápido y confiable. La transmisión de video de alta definición o incluso 4K, el teletrabajo, las videoconferencias, etc., son algunos de los servicios basados en Internet más utilizados que impulsan el desarrollo de la transmisión de datos y ancho de banda.

Una conexión de alta velocidad en el hogar ha abierto la posibilidad de un teletrabajo eficiente, manteniendo hábitos de entretenimiento y contacto cercano a través de videoconferencia. El tráfico de datos en todas las redes ha aumentado significativamente durante el período de confinamiento.

Las primeras redes de telecomunicaciones se construyeron utilizando cables de cobre como medio físico para transmitir la señal. Durante muchos años, estas redes se utilizarían para servicios de telefonía básica, principalmente voz y telegramas. Con la expansión de Internet, la voz ha sido reemplazada progresivamente por datos y esto mostró rápidamente los límites

del cobre en su transmisión, por lo que la tecnología de fibra óptica se desarrolló como respuesta a esta restricción.

Los sistemas de transporte de información (ITS, Information Transport Systems) se pueden dividir en tres redes diferentes: empresariales, de acceso de proveedores de servicios y de transmisión. Los ITS se forman de componentes activos y pasivos. Se tiene una visión general de los diferentes tipos de soluciones de red de comunicación cableada e inalámbrica disponibles en el área rural y urbana (Mestre & Reyes, 2014).

Anteriormente, todos los servicios, como la televisión por cable, las redes de voz y datos, tenían redes independientes y diferentes operadores o proveedores de servicios. Hasta hoy, la mayor parte de la red del sur de Asia está cubierta por esos operadores individuales. En países como India, los operadores de CATV u operadores telefónicos están brindando servicio de Internet a través de redes coaxiales o PSTN (Public Switched Telephone Network). Tal vez una persona de un mundo desarrollado no creería que, en muchos lugares rurales, la velocidad promedio de la red está entre 128 y 256 Kbps.

En algunas áreas rurales de los Estados Unidos, las personas también usan la tecnología VSAT (Very Small Aperture Terminal) para obtener servicios de triple play (voz, datos y video). Estos servicios no son muy rentables ni confiables y a menudo tienen demasiado tiempo de inactividad debido a condiciones climáticas severas (nevadas, lluvia o ciclones de polvo).

Muchas áreas rurales operan solo redes 2G, lo que no es suficiente para tener una transmisión de datos confiable. Esto presenta grandes obstáculos para el desarrollo rural. Se debe implementar una planificación adecuada de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para la digitalización de los sistemas de transporte de información. De lo contrario, no se pueden desarrollar negocios en las zonas rurales.

La realidad en Ecuador no es diferente, dado que muchas comunidades y zonas rurales aún tienen problemas de conectividad de accesibilidad a una red telefónica y de datos. Si bien se han logrado hacer avances de cobertura en los últimos años, existen regiones que aun presentan malas condiciones de conectividad. Siendo así se plantea la propuesta de implementar una red GPON en la comunidad rural Juan Gómez Rendon para mejorar sus

condiciones de comunicación, la cual es esencial en el mundo actual, y cuya necesidad se ha acentuado debido al estado de confinamiento ocasionado por la pandemia del 2020.

A principios de la década del 2000, DSL (Digital Subscriber Line) y VDSL (Very high-bit-rate Digital Subscriber Line), eran las opciones populares para proporcionar conectividad de banda ancha a las empresas. Pero tenía limitaciones con respecto al ancho de banda (hasta 52 Mbit / s en sentido descendente y 16 Mbit / s en sentido ascendente), lo cual era bastante bueno para el tráfico de datos y voz. Pero la demanda de transmisión de video está haciendo que la red requiera más ancho de banda. En la actualidad, la red de cobre heredada no tiene la capacidad de proporcionar la solución óptima para el ancho de banda requerido en las próximas décadas (Mestre & Reyes, 2014).

Las soluciones basadas en fibra se han vuelto más baratas (casi el mismo precio para fibra monomodo de 2 núcleos que con cable CAT 6A) cada día. Anteriormente, la mayoría de los proveedores de servicios elegían implementar algún tipo de soluciones de fibra óptica en la red troncal para proporcionar conectividad de banda ancha a sus usuarios finales. la topología FTTC (Fiber-To-The-Cabinet o Fiber-To-The-Curb), que se aplica principalmente en entornos de edificios de viviendas múltiples, donde la fibra llega hasta el gabinete dentro / fuera del edificio, y luego usa el cable CAT 6 existente para conectar clientes individuales al módem DSL. Esta solución se llama tecnología Ethernet de última milla.

Estas soluciones híbridas (fibra - cobre) son bastante buenas cuando desea utilizar las soluciones de cableado de cobre existente del edificio y es muy útil para edificios antiguos donde la preparación del cableado de bloques nuevos es muy tediosa y requiere mucho tiempo. Pero hay varios inconvenientes con esta tecnología, ya que funciona en un solo punto de falla (Gaona & Santillán, 2019).

Si los componentes activos (conmutador de capa de acceso) se apagan o fallan, todos los suscriptores del edificio perderán conectividad. Los proveedores de servicios deben enviar un técnico de red para iniciar los componentes activos y solucionar los problemas del conmutador. Esto aumentará el costo de operación, que no es bueno para llevar un buen negocio.

Hay otras opciones: en lugar de colocar componentes activos en la curva, los proveedores de servicios pueden usar la red óptica pasiva basada en fibra, donde cada cliente tendrá su

propio terminal de red óptica (ONT, Optical Network Termination) en sus instalaciones, se conectará directamente al OLT ubicado en la oficina central / central local de la red del proveedor de servicios.

**Red óptica pasiva Gigabit (GPON):** muchas personas piensan que Google está utilizando FTTH Ethernet punto a punto activo, pero en realidad también están utilizando tecnología GPON como otros proveedores de servicios como Verizon, porque ofrece a los operadores un enfoque más rentable para entregar servicios Gigabit al cliente (Guamán, 2015). Active / P2P Ethernet es superior en términos de entrega de ancho de banda simétrico y dedicado, pero la realidad es que muy pocos usuarios finales utilizarán el puerto Ethernet gigabit dedicado, especialmente en una base "24/7/365". Es importante recordar que Google no es el único proveedor de servicios que utiliza las soluciones basadas en GPON para proporcionar servicios FTTH, hay muchos proveedores de servicios de Internet que trabajan con Alcatel, Huawei, Commscope y Cisco para proporcionar soluciones FTTH basadas en GPON a sus usuarios finales.

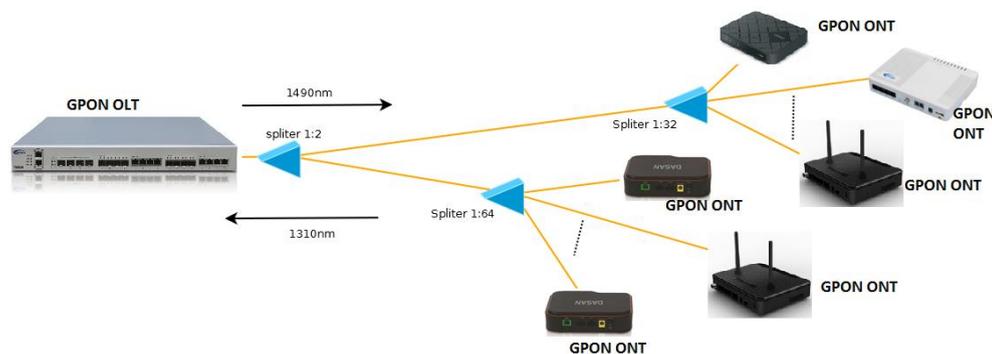


Figura 1.1. Red óptica pasiva Gigabit (GPON)  
Fuente: (Matiz, 2011)

**Redes empresariales:** según el sitio web de tecnología techopedia, una red empresarial es la red troncal de comunicaciones de una empresa que ayuda a conectar computadoras y dispositivos relacionados a través de departamentos y redes de grupos de trabajo, lo que facilita el conocimiento y la accesibilidad a los datos. Esta definición es solo para la comunicación de datos, pero las redes empresariales actuales deben proporcionar otros servicios como voz, video, teleconferencia, automatización de edificios y sistemas de seguridad y vigilancia en una única plataforma de red (Angelopoulos, y otros, 2004).

### **1.3.DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La necesidad de contar con un diseño de una red de telecomunicaciones para la comunidad rural Juan Gómez Rendón, mediante una plataforma GPON como una alternativa para su implementación.

### **1.4. JUSTIFICACION**

Cuando se trata de banda ancha de fibra completa, existen efectivamente dos formas en que se entrega la red, PtP (Point to Point) y GPON:

- Punto a punto (PtP) de fibra
- GPON

GPON está siendo utilizada cada vez más por muchos proveedores de fibra, para ofrecer conectividad de fibra completa a los clientes. Se utiliza principalmente para entregar productos basados en banda ancha, mientras que la línea dedicada utiliza la alternativa de fibra PtP, hay proveedores como Gigaclear que la usan para todo tipo de conexiones de clientes.

GPON utiliza de manera más eficiente la red de fibra física que se implementa en un área, en comparación con la fibra punto a punto. Esto puede:

- Ayudar a acelerar los tiempos de instalación.
- Disminuye los costos de implementación ofreciendo instalaciones y alquileres de menor valor para clientes finales y aun así ofrece una conexión de fibra completa al cliente y preparada para el futuro que desplaza la red de cobre.

La base de GPON es que una única conexión de fibra a la central local se puede dividir y compartir entre múltiples clientes finales. Esto se logra con un divisor óptico pasivo (no alimentado eléctricamente) en una caja de conexiones, generalmente en un pozo de canalización, alrededor de un grupo de clientes finales potenciales.

Debido a las ventajas técnicas y de funcionalidad que presenta este tipo de red, se plantea que sea el modelo propuesto para la comunidad rural objeto de estudio.

### **1.5. OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar una plataforma GPON para la comunidad rural Juan Gómez Rendón, como una alternativa para su implementación.

### **1.6. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Definir los principios básicos de funcionamiento de la red GPON.
- Determinar las ventajas y desventajas de implementar una red GPON en la comunidad rural Juan Gómez Rendón
- Determinar cuál será la plataforma a utilizar en base a la red GPON.
- Elaborar un diseño de red GPON que responda a las necesidades de la comunidad rural Juan Gómez Rendón

### **1.7.HIPOTESIS**

El diseño e implementación de una red con tecnología GPON permitirá mejorar las condiciones y capacidad de comunicación de los habitantes de la comunidad rural Juan Gómez Rendo

### **1.8. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

Para el presente trabajo, se utilizaron las siguientes metodologías de investigación:

#### **1.8.1. Tipo de diseño**

La presente investigación tendrá un diseño no experimental. Dado que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos (Tapia, 2000)

#### **1.8.2. Alcance**

Este proyecto tendrá un alcance descriptivo – correlacional. Descriptivo porque busca analizar e interpretar las variables de estudio dejando de lado la explicación de las causas que generan estas observaciones. Relacional porque determina la incidencia de una variable sobre otra (Hernández-Sampieri & Torres, 2018). En el presente trabajo se describirá a profundidad el apartado técnico de las redes GPON y su influencia en la comunicación de las comunidades rurales.

### **1.8.3. Enfoque de la investigación**

Se utilizará un enfoque mixto, es decir se abarcará un análisis cualitativo y cuantitativo

#### **Enfoque cualitativo:**

Utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación (Niño, 2011).

#### **Enfoque Cuantitativo:**

Usa la recolección de datos con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

### **1.8.4. Métodos de la investigación**

Métodos lógicos: Análisis – síntesis.

El análisis consiste en la separación de las partes de esas realidades hasta llegar a conocer sus elementos fundamentales y las relaciones que existen entre ellos. La síntesis, por otro lado, se refiere a la composición de un todo por reunión de sus partes o elementos.

### **1.8.5. Unidad de análisis**

Este conjunto de técnicas va enfocado para la implementación de una red GPON para un entorno rural.

### **1.8.6. Análisis Documental**

El análisis documental recolecta datos de fuentes secundarias. Libros, boletines, revistas, folletos, y periódicos se utilizan como fuentes para recolectar datos sobre las variables de interés. El instrumento que se acostumbra a utilizar es la ficha de registro de datos. Se obtendrá la información de los departamentos de análisis y propuesta de la implementación de una red GPON para un entorno rural.

### **1.8.7. Tabulación**

Consiste en presentar los datos estadísticos en forma de tablas o cuadros, con la finalidad de generar resultados que se muestran en cuadros (o tablas) y en gráficos.

## **CAPITULO II MARCO TEÓRICO**

Las tecnologías de la información y comunicación son cada día más complejas y ofrecen un sinnúmero de posibilidades. Si bien el sector urbano tenemos la mayoría de estas tecnologías a disposición, en el apartado rural no han logrado penetrar con tanta facilidad, debido principalmente a diferencias de infraestructura y recursos.

Por este motivo es necesario primero definir y exponer de forma técnica las características, ventajas y desventajas de estas tecnologías.

### **2.1.ACCESO A INTERNET**

Acceder a Internet será un derecho fundamental básico para las personas, no importa con qué frecuencia un usuario lo use, esperar que se cargue una página web es realmente una molestia.

Para superar esta situación, la velocidad de Internet ha aumentado significativamente en la última década para mantener el ritmo de la demanda de usuarios, nuevos servicios y aplicaciones que consumen mucho ancho de banda. Estas demandas incluyen contenido multimedia basado en comercio electrónico, video a pedido, TV de alta definición, IPTV, juegos en línea, redes sociales, etc. (Skubic, Chen, Ahmed, Wosinska, & Mukherjee, 2009).

Muchas tecnologías diferentes como Gigabit Ethernet, Internet móvil, etc., han estado tratando de satisfacer la demanda del usuario. Las redes GPON son una de las tecnologías de acceso de alta velocidad que ofrece un servicio de reproducción triple (es decir, datos, voz y video), es más fácil, rápido y económico.

La red GPON ha sido ampliamente aceptada por los proveedores y operadores de servicios de Internet en términos de actualización de ancho de banda, portador de servicios y mantenimiento pasivo de la red. La alta capacidad de ancho de banda, calidad y los servicios de reproducción múltiple a través de un solo canal presentan una gran oportunidad de negocio para los operadores de telecomunicaciones, ya que proporciona soporte que incluye voz, Ethernet, cajeros automáticos, líneas arrendadas y otros (Angelopoulos, y otros, 2004).

GPON ofrece capacidades simples de operación, administración, mantenimiento y aprovisionamiento, así como una gestión de servicios de extremo a extremo. No solo

proporciona una eficiencia sustancialmente mayor como red de transporte, sino que también ofrece simplicidad y una escalabilidad excelente para una futura expansión en el soporte de servicios adicionales.

La convergencia de múltiples tecnologías y servicios son los requisitos de los usuarios actuales de Internet. GPON proporciona servicio utilizando un amplio espectro de longitudes de onda de 1310 nm a 1610 nm. El tráfico SDH (Synchronous Digital Hierarchy) con GPON triple play, que es GPON quad, es muy necesario para satisfacer las demandas de los clientes. GPON quad play no está disponible ahora (Davey, y otros, 2006).

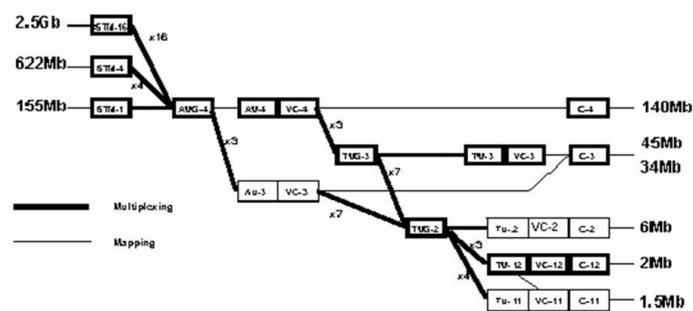


Figura 2.1. Principios del SDH  
Fuente: (Birmingham, 2015)

Anteriormente, las tecnologías de red de acceso más utilizadas eran ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) y ADSL2 + sobre cable de cobre. Con la llegada de nuevas aplicaciones multimedia como VoIP, video a pedido (VoD, Video on Demand) o televisión IP (IPTV), se necesita más capacidad y QoS (Quality of Service). Las nuevas tecnologías FTTH reemplazan el cobre de enlace por fibra óptica (Skubic, Chen, Ahmed, Wosinska, & Mukherjee, 2009).

FTTx (Fiber to the x) es un término genérico para cualquier arquitectura de red de banda ancha que utiliza fibra óptica para reemplazar todo o parte del bucle local metálico habitual utilizado para las telecomunicaciones de última milla, es una expresión colectiva para varias topologías de entrega de fibra óptica que se clasifican según el lugar donde termina la fibra.

El acceso con fibra es una de las tecnologías más importantes en la red de próxima generación. Aumenta el ancho de banda y construye una red de la capa de acceso de desarrollo sostenible. La red de acceso óptico (OAN, Optical. Acces Network) adopta tecnologías: Ethernet punto a punto activo (P-P) y PON (Passive Optical Network). Hay muchos subconjuntos comunes de FTTx: FTTN (Fiber-To-The-Node), FTTC, FTTP (Fiber-

To-The-Premises), FTTB (Fiber-to-the-building o Fiber-to-the-basement), FTTH, etc. (Cale, Salihovic, & Ivekovic, 2007).

### **2.1.1. Sistema de comunicación óptica**

Comunicación significa intercambio de información que puede ser voz, video o datos. Entonces, un sistema de comunicación transmite información de un lugar a otro, intercambian señales entre dos o más entidades en una forma adecuada para procesar y manipular económicamente. Su principio básico es unir dos entidades en diferentes ubicaciones.

El siglo XXI es la era de la tecnología de la información (TI), ha logrado un crecimiento exponencial a través de los modernos sistemas de telecomunicaciones, la comunicación por fibra óptica es fundamental en su desarrollo con alta calidad y velocidad (Qiu, y otros, 2004).

Hoy en día, las fibras ópticas no solo se utilizan en enlaces de telecomunicaciones, sino también en Internet y en las redes de área local (LAN, Local Area Network) para lograr altas tasas de señalización.

### **2.1.2. Evaluación de la comunicación óptica.**

A pesar de que un ingeniero francés Claude Chappe, quien construyó un telégrafo óptico, había concebido un sistema de comunicación óptica a fines del siglo XVIII, los sistemas eléctricos seguían siendo el medio de comunicación dominante. En 1966, Kao y Hockham propusieron el uso de fibra óptica como medio guía para la señal luminosa (Davey, y otros, 2006).

Cuatro años después, se produjo un gran avance cuando la pérdida de fibra se redujo a aproximadamente 20 dB / km, desde valores anteriores de más de 1000 dB / km mediante la aplicación de técnicas mejoradas de fabricación y diseño de fibra. Desde entonces, la tecnología de comunicación óptica se ha desarrollado rápidamente para lograr mayor capacidad de transmisión y distancia de transmisión. La capacidad de transmisión ha aumentado aproximadamente 100 veces cada 10 años.

En 1996, la tasa de bits del sistema de transmisión óptica se incrementó a 5Gbps y el desarrollo de amplificadores ópticos trajo otro avance importante en el sistema de comunicación óptica, al reducir el retraso asociado y los requisitos de potencia de los amplificadores electrónicos (Chang, Kourtessis, & Senior, 2006).

La multiplexación WDM también se introdujo en este momento, para aumentar la capacidad de ancho de banda disponible en términos de canales. Para 2002, la tasa de bits del sistema óptico se incrementó a 10 Gbps con un espaciador de repetidor de 70-80 km. La introducción del sistema de multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM, Dense Wavelength Division Multiplexing) aumentó la capacidad del canal y la velocidad de bits a 40 Gbps.

### **2.1.3. Red óptica pasiva Gigabit (GPON)**

Es una tecnología óptica basada en el estándar de la industria ITU-TG.984x que fue ratificado en 2003, fue desarrollada originalmente para proporcionar servicios Ethernet de alta velocidad para clientes residenciales y pequeñas empresas.

Admite tasas más altas, seguridad mejorada y elección de protocolos de capa 2, ATM (Asynchronous Transfer Mode), GEM (GPON Encapsulation Method) y Ethernet. Una red PON es una arquitectura de red punto a multipunto de fibra a las instalaciones, en la que se utilizan divisores ópticos sin alimentación para permitir que una sola fibra óptica sirva a múltiples instalaciones (Hernández, Gutierrez, & Espinosa, 2011).

Una red PON consta de un OLT en la oficina central del proveedor de servicios y varias unidades de red óptica ONT y ONU (Optical Network Unit) cerca de los usuarios finales, reduce la cantidad de fibra y equipos de oficina central requeridos en comparación con las arquitecturas punto a punto, es una forma de red de acceso de fibra óptica.

### **2.1.4. Propiedades de las redes GPON**

Estas redes presentan algunas propiedades como las siguientes:

### **2.1.5. Redes de acceso de fibra**

Debido a razones económicas y prácticas, la importancia de la comunicación de banda ancha para la comunidad está creciendo rápidamente, provocando un crecimiento en la implementación de redes de acceso de fibra y, en consecuencia, brinda excelentes oportunidades de negocios para los proveedores de sistemas y redes.

Por otro lado, las aplicaciones exigentes de ancho de banda, como la televisión de alta definición (HDTV, High Definition Television), los juegos interactivos en tiempo real, la telemedicina, el servicio de Internet de banda ancha, etc., así como el comportamiento del usuario (siempre activado) están creando un nuevo desafío de manera eficiente y flexible proporcionando ancho de banda muy alto en las redes de acceso.

Actualmente existen varias tecnologías de acceso de banda ancha, como DSL basado en cobre, acceso inalámbrico y de fibra. Sin embargo, el último es la única tecnología viable para las futuras redes de acceso (Gaona & Santillán, 2019).

FTTH es la tecnología que ofrece un ancho de banda muy alto y largo alcance. Se han desarrollado varias arquitecturas de red de acceso de fibra, por ejemplo, punto a punto (P2P), red óptica activa y PON, ésta última se considera la solución más prometedora debido al costo de implementación relativamente bajo y la eficiencia de los recursos, aprovechando dos tecnologías de uso compartido de recursos como TDM (Time Division Multiplexing) y WDM, existen tres tipos principales de PON: TDM PON, WDM PON e híbrido WDM / TDM PON.

### **2.1.6. Redes ópticas conmutadas**

El concepto de transparencia óptica es ampliamente discutido, se refiere a la propiedad de una red óptica para mostrar independencia con respecto a una serie de características, como la velocidad de bits, el protocolo y el formato de modulación (Guamán, 2015).

Las redes ópticas transparentes basadas en WDM parecen ser las más prometedoras para comunicación a larga distancia de alta capacidad en el futuro. En ellas las funciones de conmutación se llevarán a cabo directamente en el dominio óptico para que tales señales de alta velocidad puedan viajar a través de la red sin ninguna conversión óptica a eléctrica. Se

pueden aplicar diferentes paradigmas de conmutación para explotar la tecnología óptica en términos de diferentes granularidades de conmutación. Estos son:

- Conmutación de circuitos ópticos
- Conmutación de ráfaga óptica
- Conmutación de paquetes ópticos

### **2.1.7. Conmutación de circuito óptico**

La conmutación de circuitos se ha utilizado en redes telefónicas durante mucho tiempo, donde se establece un circuito físico para la duración completa de la conexión desde el origen hasta el destino y los recursos reservados no se pueden compartir. El cambio de circuito tradicional (electrónico) se puede realizar mediante cambio de espacio, de tiempo o una combinación de ambos. El paradigma de conmutación de circuitos ópticos (OCS, Optical Circuit Switching), principalmente en longitud de onda (Hernández, Gutierrez, & Espinosa, 2011), es una técnica para ofrecer gran ancho de banda en la parte principal de la red. Este enfoque proporciona acceso al ancho de banda con una granularidad gruesa. Una red OCS también se puede denominar red enrutada de longitud de onda. Proporciona canales ópticos entre los nodos de origen y destino.

La ruta de luz se puede configurar y eliminar a pedido. Uno de los desafíos más importantes es resolver el problema de enrutamiento y asignación de longitud de onda (RWA, Routing and Wavelength Assignment), que consiste en encontrar una ruta física adecuada para cada solicitud de trayectoria de luz y asignarle una longitud de onda disponible. Las demandas para establecer rutas de luz pueden conocerse de antemano y configurarse de forma semipermanente (estática o fuera de línea), o pueden llegar de manera estocástica con tiempos de espera aleatorios (dinámicos o en línea).

En el caso estático, el objetivo común de RWA es minimizar los recursos (el número de longitudes de onda o de fibras) que se necesitarán para soportar todos los caminos de luz en la red, mientras que en el escenario dinámico la probabilidad de bloqueo del camino de luz es una característica importante de rendimiento. Una arquitectura de nodo OCS adecuada denominada OXC (Optical Cross Connect), puede mejorar significativamente el rendimiento de bloqueo (Chang, Kourtessis, & Senior, 2006).

### 2.1.8. Conmutación de ráfaga óptica

A diferencia de OCS, la conmutación de ráfaga óptica (OBS, Optical Burst Switching) se basa en la multiplexación estadística, que puede aumentar la eficiencia de los recursos de la red. Estas redes consisten principalmente de dos tipos de nodos de conmutación, de borde y núcleo. El primero puede agregar datos del cliente, por ejemplo, paquetes de IP (Internet Protocol) en ráfagas. Cada ráfaga tiene un paquete de control asociado.

Por lo general, una ráfaga se separa del paquete de control por el intervalo de tiempo de compensación. Las funciones principales de los nodos de borde son el montaje / desmontaje de la ráfaga óptica, la decisión del tiempo de compensación y el tamaño de la ráfaga (Hernández, Gutierrez, & Espinosa, 2011).

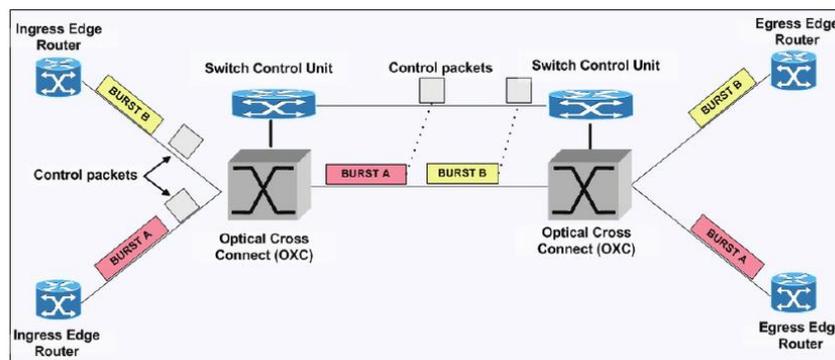


Figura 2.2 Arquitectura de Conmutación de ráfaga óptica

Fuente: (Birmingham, 2015)

Los nodos centrales de OBS realizan búsqueda de paquetes de control, conexión cruzada óptica y monitoreo de ráfaga de datos. En comparación con los nodos de borde, los nodos centrales pueden tener una estructura relativamente simple.

### 2.1.9. Cambio óptico de paquetes

En la conmutación de paquetes ópticos (OPS, Optical Packet Switching), estos se almacenan en el búfer y se enrutan en el dominio óptico, puede convertirse en una solución competitiva en el futuro para redes de área amplia de alta capacidad. A diferencia de OCS y OBS, estas redes tienen la granularidad de conmutación a nivel de paquetes y pueden realizar la gestión de ancho de banda más flexible y eficiente.

La funcionalidad del nodo OPS debe incluir: decodificar el encabezado del paquete (puede ser electrónico si el encabezado del paquete se codifica a velocidades de bits más bajas), configurar una estructura de conmutación (la reconfiguración debe realizarse muy rápido en un rango de nanosegundos), sincronización (para sincronizado de nodos OPS), multiplexación y resolución de conflictos. Gran parte de la investigación existente se ha centrado en el diseño de arquitectura de nodos OPS con resoluciones de contención eficientes (Guamán, 2015).

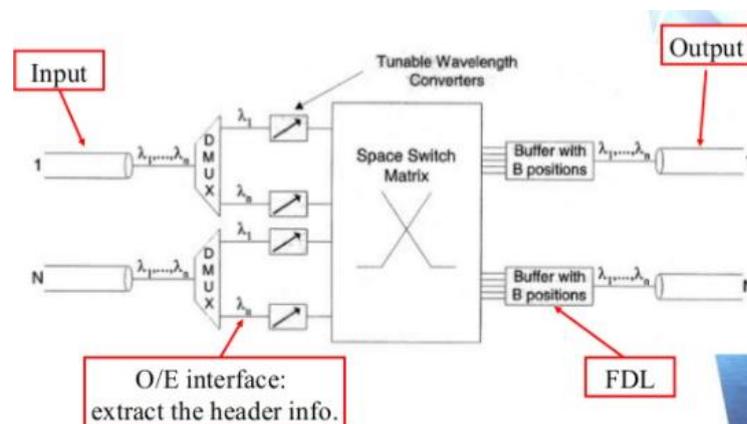


Figura 2.3. Arquitectura de Conmutación de ráfaga óptica  
Fuente: (Birmingham, 2015)

### 2.1.10. Servicio Triple Play

Permite proporcionar voz, video y datos en una suscripción de acceso único. Las aplicaciones más comunes son telefonía, televisión y acceso a Internet de alta velocidad. Los anchos de banda propuestos se han utilizado para las diferentes aplicaciones:

- VoIP: necesita 15 Kbps con códec de voz G.723.
- TV: utiliza 8Mbps para el canal de alta definición y 1,5Mbps para el canal estándar con compresión MPEG4.
- Acceso a Internet: utiliza desde 6Mbps hasta 10Mbps para carga y 1Mbps para descarga

### 2.1.11. Cómo funciona GPON

Una red GPON es capaz de transmitir ethernet, TDM y ATM, consta de OLT, ONU y un divisor. El OLT toma todas las señales ópticas en forma de haces de luz de las ONU y las convierte en una onda eléctrica.

Los OLT normalmente admiten hasta 72 puertos. Una ONU se conecta a los usuarios finales y enviará sus señales a la OLT. La red GPON puede alcanzar hasta 20 km y brindar servicio hasta 64 usuarios finales. GPON utiliza datos ascendentes y descendentes mediante multiplexación WDM.

En transmisión descendente, la longitud de onda del láser es 1490 nm, mientras que la ascendente es 1550 nm. Una fibra óptica monomodo procedente de una oficina central se dirige a un divisor de potencia óptica pasivo ubicado cerca de las ubicaciones de los usuarios finales.

El divisor óptico luego distribuirá la energía en rutas separadas que pueden variar de dos a sesenta y cuatro, desde este dispositivo los hilos de fibra monomodo separados se conectarán directamente en el hogar, negocio, escuela, etc., del usuario final.

Esta transmisión puede alcanzar hasta 20 km desde la oficina central hasta el usuario. Con GPON transmitiendo en sentido descendente de una manera y en ascendente en modo TDMA (Time Division Multiple Access), son posibles diferentes velocidades de bits con 1,2 Gbit / s en sentido ascendente y 2,4 Gbit / s en descendente es lo más común (Gaona & Santillán, 2019).

### **2.1.12. La evolución de la World Wide Web**

La demanda por el tráfico de datos ha crecido de manera exponencial desde la década de los 90's. Desde la simple transmisión de texto de antaño hasta la reproducción de videos en alta calidad y en tiempo real, las conexiones por internet se han vuelto parte integral de las personas, llegando en la actualidad a ser un medio de trabajo y socialización.

Lo que se conoce como ancho de banda y su implementación en los hogares ha hecho que sea posible realizar teletrabajo y otras actividades cotidianas, especialmente en la actual época de confinamiento generada a raíz del brote de covid-19 en el mundo, factor que ha hecho que la demanda de conectividad se incremente.

Inicialmente las redes de comunicación utilizaban cables de cobre. El salto en la actualidad es notorio, implementando tecnologías como la fibra óptica.

Se pregunta, ¿por qué la tecnología de fibra óptica es capaz de proporcionar servicios más rápidos y de mayor ancho de banda que la de cobre?, esta transmite electrones, mientras que la fibra transmite fotones, es decir luz, que viaja más rápido que los electrones, proporcionando velocidades más altas. Y, cuando se envían a través de un cable óptico, las señales se atenúan menos con la distancia que las eléctricas en cables de cobre (Guamán, 2015).



Figura 2.4 World Wide Web arquitectura  
Fuente: (sites.google.com, 2020)

Las primeras redes ópticas se lanzaron a finales de la década de 1980. Inicialmente, se utilizarían para cables submarinos o de larga distancia para conectar grandes ciudades. Progresivamente, toda la red troncal de Internet pasó a funcionar con cables de fibra óptica que reemplazaron a los de cobre.

Una vez que las redes troncales aumentaron su capacidad gracias a la fibra óptica, la tecnología se extendió gradualmente, primero conectando grandes edificios comerciales y de administración pública y, finalmente, cubriendo hogares individuales.

### 2.1.13. Diseño de una red GPON

Así es como se diseñan las redes GPON: el OLT se encuentra dentro del edificio del operador de telecomunicaciones, la oficina central, desde aquí un láser en el OLT inyecta los fotones hacia un cable de fibra óptica, hecho de vidrio y plástico que termina en un divisor óptico pasivo (Guamán, 2015).

El divisor divide la señal única de la oficina central en numerosas señales que eventualmente se pueden distribuir a hasta 64 clientes. El número de clientes atendidos por un láser es el

resultado de los criterios de ingeniería del operador, que pueden optar por reducir el número, muy a menudo a 32 clientes.

Además, el operador podría decidir dividir la señal dos veces, por ejemplo, una vez en ocho y más abajo del cable nuevamente en cuatro. La distancia máxima desde la oficina central puede ser de 20km, aunque los operadores normalmente la limitarán a 16km, para poder brindar una buena calidad de servicio. La ventaja de la fibra óptica es que la atenuación de la señal (la reducción de la intensidad de la señal en largas distancias) es mucho menor que en un sistema eléctrico.

Para el cobre, el canal se hace cada vez más pequeño, por lo que es más difícil para los electrones pasar. En el sistema óptico, el canal es siempre el mismo, por lo que pasan más o menos igual hasta el final. Además, la señal de un cable de cobre alterará la señal de los adyacentes, degradando aún más la señal (Mestre & Reyes, 2014).

Dentro del alcance de 16 km indicado, todos los usuarios pueden tener Internet de alta velocidad, a diferencia de ADSL cuya señal se deteriora a medida que aumenta la distancia entre la oficina central y el cliente, con una pérdida de señal ya significativa después de 3 km. La calidad del servicio de fibra es al menos 10 veces mejor, con capacidades hasta 100 megabits con una red de cobre a un gigabit con fibra, aunque normalmente será incluso mayor ya que un sistema basado en cobre no superará los 50 megabits.

#### **2.1.14. La fibra óptica**

Es una tecnología más eficiente energéticamente y preparada para el futuro. Pero la atenuación más baja y la posibilidad de dividir una fibra en muchas también tiene ventajas sobre la tecnología de cobre desde el punto de vista de la eficiencia energética.

Debido a la mayor atenuación, los operadores deben inyectar más energía en una línea de cobre desde la oficina central que en una fibra equivalente. Para ADSL de cobre, los operadores calculan alrededor de 1,8 vatios por usuario. Un análisis reciente muestra que la fibra reduce esta energía a 0,5 vatios por usuario (Guamán, 2015).

Como tecnología relativamente reciente, los cables de fibra óptica aún no se han desplegado por completo. Pero como en cualquier proceso de telecomunicaciones, los fabricantes de equipos ya están trabajando en la próxima tecnología con velocidades aún mayores.

Las redes de fibra tienen el potencial de actualizarse a su próxima generación cambiando el láser sin cambiar los costosos despliegues de fibra, para hacer que Internet sea accesible para todos de manera rápida y confiable, mediante la financiación de una serie de proyectos relacionados con el despliegue de la infraestructura de fibra óptica (Caicedo, 2014).

#### **2.1.15. Importancia de la Fibra óptica**

Fibra óptica, se refiere al medio y la tecnología asociados con la transmisión de información como pulsos de luz a lo largo de un hilo o fibra de vidrio o plástico. Se utiliza en redes de datos de larga distancia y alto rendimiento.

También se usa comúnmente en servicios de telecomunicaciones como Internet, televisión y telefonía. Por ejemplo, empresas como Verizon y Google utilizan fibra óptica en sus servicios: Verizon FIOS y Google Fiber, proporcionando velocidades de Internet de gigabit a los usuarios (Caicedo, 2014).

Se utilizan cables de fibra óptica ya que tienen una serie de ventajas sobre los de cobre, como mayor ancho de banda y velocidades de transmisión. Pueden contener un número variable de hilos, desde unas pocas hasta un par de cientos. Rodeando el núcleo de fibra de vidrio hay otra capa del mismo material llamada revestimiento, el cual se recubre con una capa conocida como tubo protector y otra capa de revestimiento actúa como la capa final para la hebra individual.

#### **2.1.16. Cómo funciona la fibra óptica**

La fibra óptica transmite datos en forma de partículas de luz o fotones, que pulsan a través de un cable de fibra óptica. El núcleo de fibra de vidrio y el revestimiento tienen cada uno un índice de refracción diferente que dobla la luz entrante en un cierto ángulo. Cuando las señales de luz se envían a través del cable, se reflejan en el núcleo y el revestimiento en una serie de rebotes en zig-zag, en un proceso de reflexión interna total.

Las señales ópticas no viajan a la velocidad de la luz debido a las capas de vidrio más densas, sino que lo hacen aproximadamente un 30% más lento. Para renovar o impulsar la señal a lo largo de su viaje, la transmisión por fibra óptica a veces requiere repetidores a intervalos distantes, para regenerar la señal óptica convirtiéndola en una señal eléctrica, procesando esta onda y retransmitiendo la señal luminosa (Guamán, 2015).

Los cables de fibra óptica se están usando como soporte de señales de hasta 10 Gbps. Normalmente, a medida que aumenta la capacidad de ancho de banda de un cable de fibra óptica, más caro se vuelve.

### **2.1.17. Tipos de cables de fibra óptica**

La fibra multimodo y monomodo son los dos tipos principales de cables ópticos. La segunda se utiliza para distancias más largas debido al diámetro más pequeño del núcleo de fibra de vidrio, lo que reduce la posibilidad de atenuación. La abertura más pequeña concentra la luz en un solo haz, lo que ofrece una ruta más directa y permite que la señal viaje una distancia más larga.

La fibra monomodo también tiene un ancho de banda considerablemente mayor que multimodo. La fuente de luz utilizada en monomodo suele ser un láser y suele ser más costosa ya que requiere cálculos precisos para producir la luz láser en una abertura más pequeña (Guamán, 2015).

La fibra multimodo se utiliza para distancias más cortas, porque la apertura del núcleo más grande permite que las señales de luz reboten y reflejen más en el camino. El diámetro más grande permite que se envíen múltiples pulsos de luz a través del cable al mismo tiempo, lo que da como resultado una mayor transmisión de datos. Sin embargo, esto también significa que hay más posibilidades de pérdidas, reducción o interferencia de la señal. La fibra óptica multimodo suele utilizar un LED para crear el pulso de luz.

Si bien los cables de cobre fueron la opción tradicional para las telecomunicaciones, redes y conexiones durante años, la fibra óptica se ha convertido en una alternativa común. La mayoría de las líneas de larga distancia de las compañías telefónicas ahora están hechas de cables de fibra óptica.

La fibra óptica transporta más información que el cable de cobre convencional, debido a su mayor ancho de banda y velocidades más rápidas. Dado que el vidrio no conduce electricidad, la fibra óptica no está sujeta a interferencias electromagnéticas y se minimizan las pérdidas de señal (Guamán, 2015).



Figura 2.5 Tipos de cable de fibra óptica  
Fuente: (Fiberco, 2016)

### 2.1.18. Ventajas y desventajas

Los cables de fibra óptica se utilizan principalmente por sus ventajas sobre los cables de cobre. Las ventajas incluyen:

- Soporte de mayores capacidades de ancho de banda.
- La luz puede viajar más lejos sin necesitar tanto impulso de señal.
- Son menos susceptibles a interferencias, como las electromagnéticas.
- Pueden sumergirse en agua, se utilizan en entornos de mayor riesgo, como cables submarinos.
- También son más fuertes, delgados y livianos que los cables de cobre.
- No necesitan mantenimiento o reemplazo con tanta frecuencia.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la fibra óptica tiene desventajas que los usuarios deben conocer antes de manipularla. Estas desventajas incluyen:

- El alambre de cobre suele ser más barato que la fibra óptica.
- La fibra de vidrio también requiere más protección en un cable exterior que el cobre.
- La instalación de cableado nuevo requiere mucha mano de obra.

- Los cables de fibra óptica suelen ser más frágiles. Por ejemplo, los hilos se pueden romper o se puede perder una señal si el cable se dobla o se curva en un radio de unos pocos centímetros.

## CAPÍTULO III PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE RED GPON EN LA COMUNIDAD DE JUAN GÓMEZ RENDÓN

La presente propuesta proporciona criterios básicos utilizados en el diseño de redes GPON, empleados por el personal de la empresa proveedora de internet, en las actividades correspondientes a la implementación de redes de fibra óptica y para revisar parámetros de diseño para un debido funcionamiento de esta tecnología.

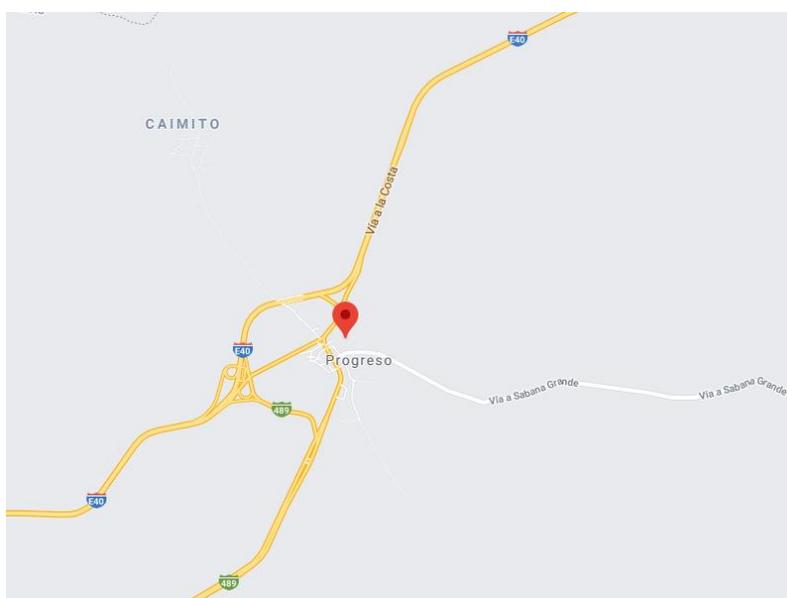


Figura 3.1 Localidad Juan Gómez Rendón  
Fuente: Google Maps

GPON es una red óptica pasiva punto a multipunto (P2MP), se define en la Recomendación UIT-T G.984.x., puede transportar no solo tráfico internet, sino también ATM y TDM (PSTN, ISDN Integrated Services Digital Network, E1 y E3).

La red GPON consta principalmente de dos equipos de transmisión activos, OLT y ONU o ONT. GPON admite servicios triple-play, gran ancho de banda, largo alcance (hasta 20 km), etc.

La ODN (Optical Distribution Network) está compuesto por divisores ópticos pasivos (POS, Passive Optical Splitter), fibras ópticas y uno o más componentes ópticos pasivos. Proporciona canales ópticos entre la OLT y las ONU, interconectándolas y es altamente confiable. La red ODN es pasiva, no se implementa ningún amplificador o regenerador óptico, lo que reduce los costos de mantenimiento de los dispositivos exteriores.

Las migraciones tecnológicas determinan que el sistema tendrá potencial de ser

reconfigurado, para tolerar nuevas variedades de transmisión, solo invirtiendo en el aprovisionamiento necesario para estos, sin la necesidad de una reconstrucción total de las redes de orden óptica (ODN) (Alcivar, 2015).

### **3.1. Modelo de la infraestructura de una red GPON**

Los modelos GPON constan de redes ONU, OLT y de distribución óptica pasiva OLT. Los sistemas GPON manejan una estructura donde cada celda de datos individual se extrae en base al reloj de referencia común. El número de datagramas por sección de carga útil se puede estimar fácilmente cuando se conoce el tamaño de paquete promedio para el PSD dado, soportando hasta 72 puertos.

Los OLT normalmente admiten hasta 72 puertos. Una ONU se conecta a los usuarios finales y enviará sus señales a la OLT. La red GPON puede alcanzar hasta 20 km y brindar servicio hasta 64 usuarios finales. GPON utiliza datos ascendentes y descendentes mediante multiplexación WDM.

El componente constante del intervalo de transmisión ascendente se estima en  $96 + 24 + 16 = 136$  bits = 17 bytes, donde 96 bits es para PLO estándar y 24 bits en los campos de Paridad entrelazada de bits / Identificación de unidad de red óptica / Indicador de estado de la ONU (BIP / ONUID / IND), seguidos de 2 bytes de DBRu para una sola entidad TCON en la ONU. Otros campos opcionales en el encabezado de la trama GPON ascendente se omiten, ya que se utilizan normalmente con una frecuencia muy baja, por ejemplo, cuando se solicita a una ONU que cambie el nivel de transmisión de potencia. Suponiendo que hay 19,440 bytes disponibles durante una única ranura de transmisión y que se van a servir 16 ONU con un solo TCON por ONU, en total 1215 bytes están disponibles para una ONU.

Como muestra la figura 3.1 una red de borde GPON, es un dispositivo que proporciona un punto de entrada en redes centrales del proveedor de empresas o servicios. como routers, dispositivos de acceso integrados (IAD, Integrated Access Devices), multiplexores y una variedad de red de área metropolitana (MAN, Metropolitan Area Network) y de área amplia de dispositivos de acceso (WAN, Wide Area Network).

Una OLT es un dispositivo que sirve como punto final del proveedor de servicios de una red

óptica pasiva. Proporciona dos funciones principales:

- Realizar la conversión entre las señales eléctricas utilizadas por el equipo del proveedor de servicios y las de luz utilizada por la red óptica pasiva.
- Coordinar la multiplexación entre los dispositivos de conversión en el otro extremo de la red, ONU u ONT.

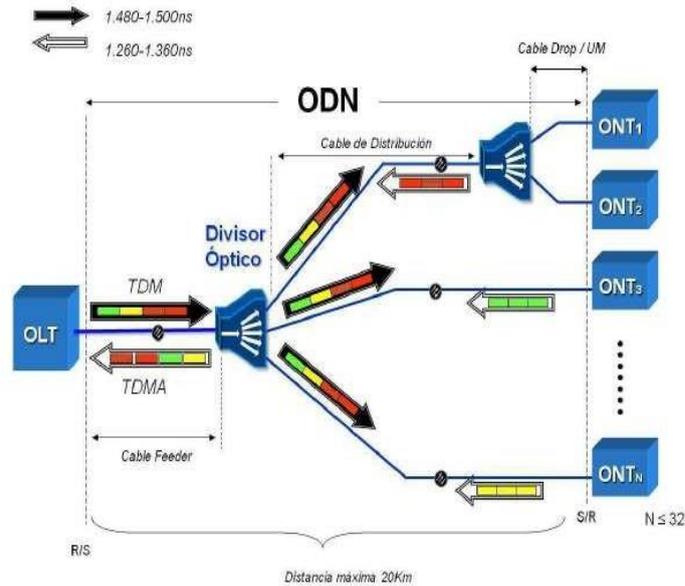


Figura 3.2. Modelo de la infraestructura GPON  
Fuente: (Shu, Wang, & Zou, 2018)

Los OLT incluyen las siguientes características:

- Procesamiento de tramas en sentido descendente para recibir y excitar una celda en modo de transferencia asíncrona para generar una trama en este sentido y convertir datos de esta de paralelo a serie.
- Multiplexación WDM para realizar una conversión electro / óptica de los datos en serie de la trama descendente y multiplexarlos.
- Procesamiento de tramas en sentido ascendente para extraer datos de los medios de multiplexación WDM, buscar un campo superior, delinear un límite de intervalo, procesar una celda de administración y mantenimiento de operaciones de capa física (PLOAM) y un intervalo dividido por separado.
- Generación de señales de control para realizar un protocolo de control de acceso a los medios (MAC, Media Access Control) y generar variables y señales de temporización utilizadas para los medios de procesamiento de tramas en sentido descendente y ascendente.
- Controlar los medios de procesamiento de tramas en sentido descendente y ascendente utilizando las variables y las señales de temporización de los medios de generación de señales de control.

- Una OLT está compuesta por un armazón, tarjetas de ventiladores (fan tray), de poder, gestión y guarnición, de uplink y de servicios. La interconexión de la ruta escogida y segura de un splitter rudimentario a la OLT, se hace en tarjetas distintas (Alcivar, 2015).

### **3.2. Cálculos de enlaces GPON**

El cálculo de energía se refiere a la cantidad de pérdida del cable de fibra óptica que un enlace de datos (transmisor a receptor) puede tolerar para funcionar correctamente. A veces, el cálculo de potencia tiene un valor mínimo y máximo, lo que significa que necesita al menos un valor mínimo de pérdida para no sobrecargar al receptor y un máximo para garantizar que el receptor tenga suficiente señal para funcionar correctamente.

Esta es la pérdida que debería tener un cable si se instala correctamente. Se calcula sumando las pérdidas promedio estimadas de todos los componentes utilizados en la planta de cable para obtener la pérdida total estimada de extremo a extremo.

Este cálculo tiene dos usos: 1) durante la etapa de diseño se utiliza para garantizar que el cableado que se está diseñando funcionará con los enlaces que se pretenden utilizar sobre él y 2) después de la instalación, el cálculo se compara con el resultado de la prueba para garantizar que los cables están instalados correctamente.

El presupuesto de energía y el de pérdidas están relacionados. Un enlace de datos solo funcionará si la pérdida de la red de cable está dentro del cálculo de energía del enlace.

Las aplicaciones de red FTTx en el acceso GPON tienen lo siguiente en común: las señales de datos, voz y video de los usuarios del terminal se envían a las ONU, donde se convierten en paquetes Ethernet y se transmiten a través de fibras ópticas a la OLT utilizando el enlace ascendente GPON en los puertos de las ONU. Luego, los paquetes Ethernet se reenvían a la red IP de capa superior utilizando el puerto de enlace ascendente en la OLT.

FTTB / FTTC: la OLT se conecta a las ONU en los pasillos (FTTB) o en la acera (FTTC), mediante una red ODN. Luego, las ONU se conectan a los terminales de usuario mediante xDSL. Estas topologías se aplican a comunidades residenciales densamente pobladas o edificios de oficinas, en este escenario, proporcionan servicios de cierto ancho de banda para usuarios comunes.

FTTD (Fibre-To-The-Desk): utiliza los medios de acceso existentes en los hogares de los usuarios para resolver problemas de caída de fibra en escenarios FTTH.

FTTH: el OLT se conecta a los ONT en los hogares de los usuarios mediante una ODN, es aplicable a departamentos nuevos o casas en distribución suelta. En este escenario, brinda servicios de mayor ancho de banda para usuarios de alto nivel.

FTTM (Fiber To The Mobile): la OLT está conectada a las ONU mediante una ODN. Luego, las ONU se conectan a estaciones base inalámbrica mediante E1. El OLT conecta estas estaciones a la red portadora IP principal, utilizando tecnologías de acceso óptico. Este modo de implementación es más simple que las tecnologías tradicionales de línea privada SDH / ATM, también reduce los costos del backhaul de la estación base. FTTM es aplicable a la reconstrucción y expansión de capacidad de redes portadoras móviles, converge la red fija y la móvil en el plano portador.

FTTO (Fiber to the Office): la OLT está conectada a las ONU empresariales mediante ODN. Las ONU están conectadas a terminales de usuario mediante FE, POTS o Wi-Fi. La encapsulación QinQ VLAN se implementa en las ONU y la OLT. De esta manera, se pueden configurar canales de datos transparentes y seguros entre redes privadas de la empresa ubicadas en diferentes lugares y los datos de servicio y las BPDU (Bridge Protocol Data Unit) entre esas redes se pueden transmitir de forma transparente a través de la red pública. Es aplicable a redes empresariales, implementa TDM PBX, IP PBX y servicio de línea privada en las intranets empresariales.

FTTW: la OLT se conecta a las ONU mediante una ODN, las ONU se conectan a puntos de acceso (AP, Access Point) mediante GE para el backhaul del tráfico WLAN (Wireless Local Area Network). Es la tendencia en la construcción de WiFi.

### **3.2.1. Valores de umbral en OLT (Öhlén & Dahlfors, 2014)**

- Potencia Mínima de Emisión: +1,5 [dBm]
- Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm]
- Sensibilidad Mínima: -28 [dBm]
- Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 [dBm]

### 3.2.2. Valores de umbral en ONT:

- Potencia Mínima de Emisión: +0,5 [dBm]
- Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm]
- Sensibilidad Mínima: -27 [dBm]
- Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 [dBm]

Las tecnologías principales de PON incluyen BPON (Broadband PON), EPON (Ethernet PON) y GPON. Al adoptar el modo de encapsulación ATM, BPON se utiliza principalmente para transportar sus servicios. Con la obsolescencia de ATM, BPON también se retira. EPON es una tecnología de red óptica pasiva Ethernet. GPON hasta la fecha, es la tecnología de acceso óptico convencional más utilizada.

Tabla 3.1 Niveles de atenuación según distancias de la red

Splitter			Longitud ODN (Km): Feeder+Distribución+ Última Milla				
			2	5	10	15	20
1er Splitter	2do Splitter	Accesos	ATENUACION ODN (dB)				
2:04		4	14	15,5	16,8	18	20,1
	1:02	8	19	19,4	21,1	23	24,4
	1:04	16	22	22,7	24,4	26	27,7
	1:08	32	26	26,2	27,9		
2:08		8	18	18,7	20,4	22	23,7
	1:02	16	22	23	24,7	26	28
	1:04	32	26	26,3	28		
	1:08	64					
2:16		16	21	22	23,7	27	27
	1:02	32	26	26,3	28		
	1:04	64					
	1:08	128					
2:32		32	25	25,7	27,4		
	1:02	64					
	1:04	128					
	1:08	256					

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3.1 indica la distancia máxima en kilómetros que puede aceptar la ODN, al igual que los niveles de atenuación por recorrido con respecto a la cantidad de vías de atención

que se desea obtener (Alcivar, 2015).

### **3.3. Materiales y Equipos**

Ya que las fibras ópticas seleccionadas son mayores, el único modo que es compatible como G.652 que puede actuar en un rango de 1310 a 1625nm, lo contrario a G.655 el cual solo trabaja en el rango de 1530nm a 1565nm, y si en caso de que las transmisiones programadas pueden padecer longitudes de escotadura (Alcivar, 2015).

### **3.4 Fibra Óptica Escogida**

Por el motivo de las distancias son tolerables se ha elegido fibra óptica de estilo único (single mode o SM), que cumpla con el tipo G.652, el cual permite operar en un rango de 1310 nm a 1625 nm., a diferencia del normal G.655 que trabaja únicamente en el rango de 1530 nm y 1565 nm, aunque se ha previsto que se pueda enviar transmisiones en longitudes mayores de 1625 nm y menores de 1460 nm (Alcivar, 2015).

Dentro de las categorías del tipo G.652, se determina que en esta categoría de fibra se han esparcido por iones hidroxilo (OH<sup>-</sup>), aumentando de esta manera las velocidades de teledifusión (Alcivar, 2015).

### **3.5 OLT (Optical Line Terminal)**

En la empresa proveedora de internet, se emplean OLT Tellion EP-3116 de 16 puertos GPON, en la red GPON, el OLT está conectado al divisor óptico a través de una única fibra óptica, y el divisor óptico luego se conecta a la ONU. Se adoptan diferentes longitudes de onda en las direcciones ascendente y descendente para transmitir datos. Específicamente, las longitudes de onda oscilan entre 1260 nm y 1360 nm en la dirección ascendente y entre 1480 nm y 1500 nm en la dirección descendente.

El GPON adopta WDM para transmitir datos de diferentes longitudes de onda ascendentes / descendentes sobre el mismo ODN. Los datos se difunden en la dirección descendente y se transmiten en el modo TDMA (basado en intervalos de tiempo) en la dirección ascendente, los cuales garantizan el funcionamiento de 64 clientes por cada puerto GPON.

### 3.6. ONT (Optical Network Terminal)

Un ONT es un terminal de red óptica. Este dispositivo conecta la fibra que se ha cableado al exterior del punto al módem. Es una pequeña caja de plástico blanca (180 mm x 50 mm x 120 mm) que se colocará en la pared interna. Es importante que se decida dónde está ubicado el ONT, en donde se conectará al ONT, por lo que idealmente debería ser:

- cerca de un tomacorriente (el ONT funciona con un adaptador de 12v)
- donde se usa más Internet.
- en el centro de la casa si es posible, ya que así es como funciona mejor el wifi
- cerca de dispositivos que consumen mucha información, televisores, equipos de sonido y servidores domésticos.

La ficha técnica del ONT EP-3204G donde se podrá observar las diferentes características de este equipo y que pueden ser de utilidad para nuevas aplicaciones que se puedan implementar (Alcivar, 2015):

Tabla 3.2 Detalles Técnicos ONT TELLION

Especificaciones	Características
Características Generales	Soporta el estándar 802.3ah.
	4 puertos LAN 10/100 Base-T (RJ 45) habilitados para proporcionar servicios como IPTV, VoIP.
Características Funcionales	Longitud de onda de trabajo:
	1310nm para voz y datos, ascendente.
	1490nm para voz y datos, descendente.
Características Ópticas	Laser Clase B+
	Rango dinámico de recepción óptica: -8 a -29dBm
	Nivel de potencia de transmisión: +5dBm
	Sobrecarga de potencia: -8dBm
Características eléctricas y de temperatura	100-240VAC, 50-60Hz, DC 12V/2 <sup>a</sup>

Fuente: (Alcivar, 2015)

### **3.7. Proceso y diseño de implementación de la red GPON en zonas rurales**

La red en proceso de planificación y diseño va a cubrir extensas áreas ocupadas por zonas rurales, ciudades, residencias familiares, casas de veraneo, entre otros aspectos, lo que hace que tenga que mantener el servicio que brinda a través de sus distintos operadores los 7 días de la semana y las 24 horas del día, con breves interrupciones para el mantenimiento preventivo y correctivo.

Con respecto al ciclo de vida, dentro del proceso de planificación y diseño de la red, hay que prever una adaptación de la infraestructura a las nuevas tecnologías que vayan surgiendo con el tiempo, a fin de no quedar obsoleta con el paso del tiempo.

Al realizar cualquier actividad de implementación se deben de contar con los permisos en sus respectivas jurisdicciones de parte de (Alcivar, 2015):

- Ente regulador de Servicios Portadores a Nivel Nacional,
- Municipalidad.
- CNEL EP.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia Juan Gómez Rendón.
- Tenencia Política
- Cabildo Comunal

#### **3.7.1. Adecuación del Nodo**

La tecnología GPON se basa en el estándar ITU-T G.984. Se considera el sucesor de BPON, basado en G.983. Una sola red consta de un OLT perteneciente al proveedor de servicios, un divisor y hasta 64 ONT, las cuales pueden estar o no en las instalaciones del usuario final, pero atiende a un solo cliente. Convierte la señal óptica en eléctrica o de RF a las que se puede conectar el equipo del usuario final.

Una ONT a veces se denomina ONU. La primera suele estar en las instalaciones del cliente y la segunda en el exterior, pero por lo demás no hay una diferencia real. La distancia de la OLT a la ONU u ONT puede ser de hasta 20 km.

La información se envía a través de la banda de infrarrojos de longitud de onda corta, utilizando WDM. Los datos descendentes pasan por una señal de 1490 nm, con una

velocidad máxima de 2.488 gigabits por segundo. Los ascendentes utilizan 1310 nm y pueden transportar hasta 1,244 Gb / segundo. La próxima generación de GPON, llamada 10G GPON o XG-PON, ofrece velocidades de carga y descarga simétricas de 10 Gb / segundo.

Los clientes de GPON pueden ser hogares o pequeñas empresas. La tecnología ofrece datos, voz y video IP. Se puede empaquetar con una superposición de RF a 1550 nm para que también pueda entregar cable de video estándar.

La tecnología GPON puede ser muy rentable, siempre que cumpla con determinadas condiciones. El OLT es relativamente caro, por lo que el número de ONT conectadas a él debe ser de 32, para superar ese número se requiere agregar un segundo puerto al OLT para llegar a 64, por lo que hay un aumento de costos en ese punto. Además, cuantos más usuarios haya en una OLT, es más probable que el servicio se degrade en condiciones de uso máximo.

GPON ofrece bajos costos de mantenimiento y tiene un alto MTBF (Mean Time Between Failures), ya que los componentes pasivos no fallan con tanta frecuencia. Su ventaja es la importancia de minimizar el trabajo de mantenimiento. Su diseño incluye encapsulación ATM, esto hace que sea conveniente implementarlo en redes que utilizan una troncal de esta tecnología.

GPON puede reemplazar el cableado de cobre existente y ofrecer velocidades de datos más altas con mayor confiabilidad. La pregunta es cuándo la mejora justifica el trabajo de sustitución.

### **3.7.2. Organización del Rack**

En el diseño propuesto para la implementación de red GPON en zonas rurales se emplearán dos ODF en el nodo, ya que es vital usar los hilos de unión de la primera y segunda dirección respectivamente (Alcivar, 2015). La implementación de nodos de la empresa proveedora de internet debe indicar que existen más de dos organizadores de cableado y equipos por puerto para no saturar el regulador director. Cada rack será distribuido de la siguiente manera:

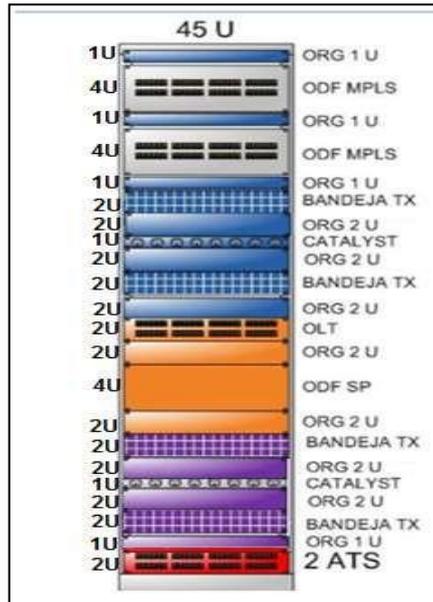


Figura 3.3 Distribución de elementos en rack  
Fuente: (Nieto, Smolorz, & Wagner, 2010)

La repartición de los hilos de fibra óptica dentro de cada uno de los ODF ubicados en los racks, depende en mayor parte del tipo de fibra con doble hilo utilizada para la instalación, se podría dar de la siguiente manera:

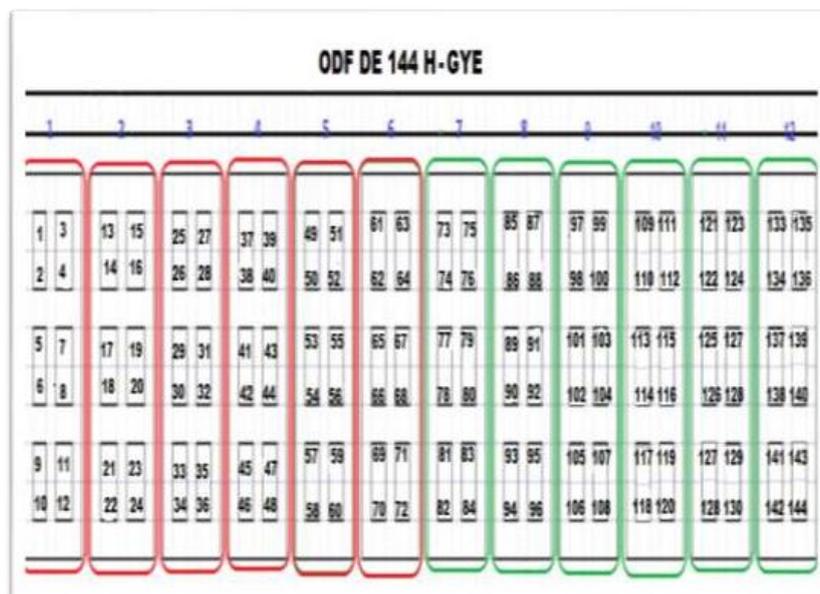


Figura 3.4 Distribución de hilos de fibra de 144h en ODF  
Fuente: (Chomyc, 1998)

Con antelación se estableció un código compuesto por varios colores que diseñó la ITU, el cual es una especie de prototipo que se usa como referencia para el control del buffer de los múltiples tipos de fibra que se emplean con objeto de llevar a cabo conexiones a nivel mundial. Los colores que se normalmente se emplean, cambian en función del tipo de fibra

con la cual se decida trabajar; tal es el caso que, en una fibra compuesta por 12 hilos, con seguridad se hallará un solo buffer que almacena los referidos hilos de fibra.

En el caso del ejemplo planteado, se utiliza el código de color con objeto de distinguir cual corresponde al primer buffer y cuál es el patrón de ordenamiento que sigue cada hilo al interior de cada buffer. Adicional, como en este caso se está utilizando una fibra compuesta por 144 hilos, el sistema de colores que almacena cambia en función de su estado interior, el cual se fija con antelación por la empresa, en el caso del diseño planteado, se seguirá el modelo de emplazamiento de hilos en el distribuidor de fibra óptica.



Figura 3.5 Ubicación de Buffers según código de colores en ODF  
Fuente: Telconet S.A

El presente gráfico representa la ubicación de los buffers en sus respectivos distribuidores de fibra óptica, en función de la codificación de colores establecida a priori por la empresa en el diseño. Como se puede apreciar en la ilustración, la codificación es sistemática e incorpora un diseño específico, representado en cada caso por la variedad de colores.

Tabla 3.3 Código de colores secuencia de armado ODF

Nº	BUFFER		HILO
1	Rojo	1	Rojo
2	Blanco	2	Blanco
3	Amarillo	3	Amarillo
4	Verde	4	Verde
5	Tomate	5	Tomate
6	Celeste	6	Celeste
7	Café	7	Café

8	Negro	8	Negro
9	Azul	9	Azul
10	Gris	10	Gris
11	Violeta	11	Violeta
12	Rosado	12	Rosado

Fuente: ITU. Elaboración propia.

Al finalizar el montaje de los ODF, acto seguido se realiza la instalación de los equipos OLT, basados en el estándar de colocación en racks sobre bandejas y equipos.

### 3.7.3. Establecimiento de la ruta de la Fibra

Así mismo, para llevar a cabo el montaje de la red se procederá a realizar la instalación de una guía que consta de 24 cajas de variación colocadas con base en criterios técnicos y estratégicos con el propósito de que la diferencia respecto de la última milla no exceda los 250 metros u 8 postes, lo que se ha establecido como la limitante máxima permitida bajo criterios técnicos para que sea posible establecer la conexión que va desde las cajas de conexión hasta donde se encuentra instalado el equipo ont. Adicional, cabe acotar que para que una red cuente con redundancia, se precisa tener un nodo al principio y un nodo de finalización. En el caso del presente trabajo sólo se tiene a disposición un solo nodo, lo que lleva a implementar el esquema de pétalo con la finalidad de poder establecer la ruta de red GPON.

Por su parte, el modelo de pétalo se caracteriza por incorporar la ruta de principio y finalización simultáneamente en un nodo, finalizando el proceso en el ODF, abarcando la redundancia en los puertos PON que forman parte de la OLT acomodadas en el nodo. Además, se emplearán 2 guías que requerirán de una fibra de 144 hilos, en la cual la repartición de las cajas de variación se fija de tal suerte que las impares formarán parte de la ruta 1 y las cajas distribuidas en pares corresponderán a la ruta 2.

La distribución de las cajas en las respectivas rutas se hará en función del criterio “par o impar”, de esta manera, las cajas pares formarán parte de la ruta progreso 1 y las impares, de la ruta progreso2. Esta tarea se lleva a cabo con el propósito de que exista un control respecto del orden en el manejo de las cajas en el instante en que se necesite asignarlas a los

respectivos ODF que corresponden a las rutas fijadas. Adicionalmente, realizar este proceso nos permite sortear dificultades cuando corresponda asignar la ubicación de los buffers en sus respectivos ODF.

Enseguida se procede a describir minuciosamente la propuesta de colocación de las cajas de variación al interior del espacio de intervención: Para poder instalar la red GPON se precisa de la utilización de dos tipos de redes cuyas virtudes son utilizadas al máximo en superior cantidad, considerando el costo que implica la utilización de un único esquema y demás características de cada uno de los esquemas. Dicho esto, los tipos de esquemas que se emplearán están clasificados conforme al nivel de jerarquía empleado, así tenemos al árbol y al de tipo anillo.

#### **3.7.4. Topología en Anillo**

La preparación de la fibra óptica por lo que corresponde a la parte inicial del diseño, posibilita garantizar en gran medida los excesos de la red, la cual se torna imprescindible en el momento de proporcionar confianza al beneficio final en la restauración de la conectividad frente a la posibilidad de que se presenten inconvenientes a gran escala en la red. La redundancia es necesario garantizarla a través del uso de equipos en óptimas condiciones para el restablecimiento, ya sea de forma automatizada o manual, como suele ser la situación de ciertos splitters que es posible adquirir mediante la compra en lugares destinados al efecto.

La finalidad de esta topología consiste en proporcionar una ruta alternativa destinada a la transferencia de los datos que van dirigidos desde la OLT hasta la ONT, sin precisar de llevar a cabo un enrutamiento manualmente; Con el propósito de que la información llegue a su lugar de destino, independientemente de las contrariedades que puedan presentarse en la ruta esencial creada al instante del diseño de la red para su movilización (Alcivar, 2015).

#### **3.7.5 Topología en Árbol.**

Por lo que respecta a la topología de árbol, ésta es utilizada en la conformación de los splitter tanto del primer nivel como del segundo. En este sentido, los Splitter de primer nivel

son utilizados de forma única para conectar las cajas de dispersión a la OLT a través de cada uno de sus puertos, y los splitters de nivel dos, son utilizados para la milla final del cliente; la que va desde la caja de dispersión hasta llegar al equipo ONT (Alcivar, 2015). Cabe señalar que de esta variedad, los más importantes son los splitters de nivel 1, ya que estos están compuestos por 64 clientes en cada puerto PON. En este sentido, en el nivel 1 aparecen splitters de entre 2 y 4 o 2 y 8. En tanto que en el nivel 2, se manejan en razón de 1 y 8 o 1 y 16. No obstante, cabe acotar que en ambos niveles el número máximo de clientes por splitters que se pueden utilizar es de 64.

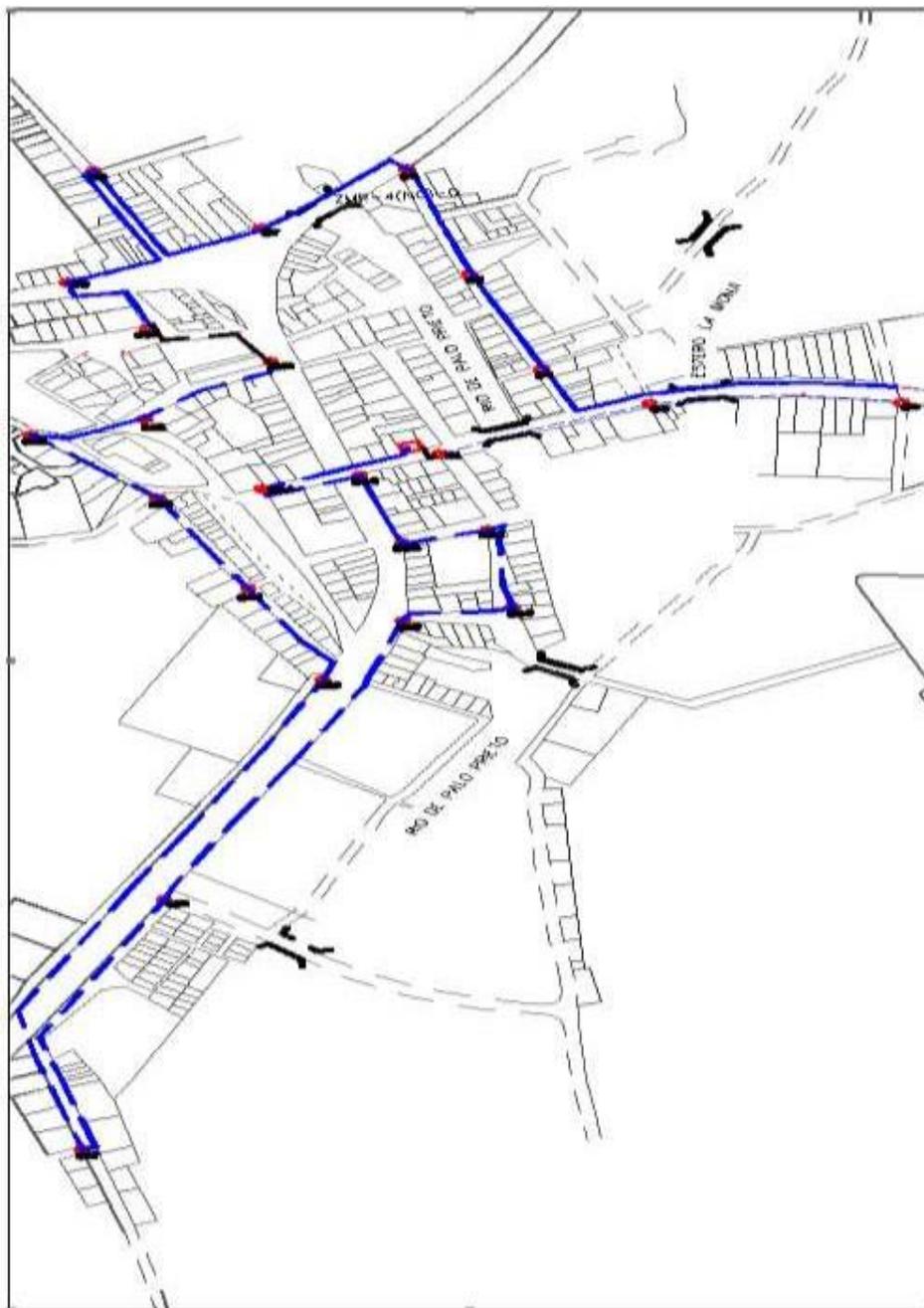


Figura 3.6. Modelo de la infraestructura GPON  
Fuente: Elaborado por la autora

Por otro lado, en cada una de las cajas correspondientes a dispersión se ha propuesto el

empleo de splitters de nivel 2, 1:8, debido a ser considerados los ideales para empezar con la creación de la red. Así mismo, si posteriormente se precisa de realizar una ampliación a la red por el incremento en la cantidad de usuarios que solicitan el servicio, se utilizaría el incremento de la cobertura de la caja de dispersión; de otro lado, de ser inexistente la posibilidad de ampliarla, se continuaría con la ampliación de la ruta con el empleo de los chicotes (Alcivar, 2015).

La ampliación de esa caja trabajaría variando el splitter nivel 2 (1:8) por uno que tenga como característica una capacidad más amplia (1:16); así mismo, al momento de ejecutar el presente trabajo, se precisa de realizar una verificación referente a si el puerto PON que se asignó a la caja tiene capacidad de contener la expansión, a sabiendas de que cada puerto tiene como un límite la capacidad de 64 usuarios; así mismo, si el referido puerto no tiene la capacidad de soportar, acto seguido se realiza inmediatamente la activación y habilitación de otro puerto PON y como último paso, se realiza el cambio de los clientes con el sistema defectuoso, hacia el uso del nuevo puerto PON.

Por último, es preciso señalar que los chicotes hacen referencia a cajas de dispersión que se nutren directamente de un splitter de primer nivel, no obstante, para alcanzar al puerto del splitter, precisan de ser soportadas por un hilo que se corresponde de forma directa con el nodo posicionado en la caja de dispersión más próxima, y además, que la referida caja cuenta con hilos para este propósito.

## **CONCLUSIONES**

En el presente trabajo se realizó un estudio de implementación de una red GPON en la comunidad rural Juan Gómez Rendón a partir de la implementación y desarrollo del proyecto,

Además, también se logró definir los principios básicos de funcionamiento de la red GPON a través del análisis documental de revistas científicas e investigaciones académicas que sustentaron la teoría para la implementación del proyecto.

Se logró concluir cuales son las ventajas y desventajas de implementar una red GPON en la comunidad rural Juan Gómez Rendón, en donde se determina que esta tecnología obtiene velocidades de 2.4/1.8 Gb de bajada y subida de datos, lo que la vuelve superior a opciones como superior a ADSL, lo cual aporta muchos beneficios a la comunidad. Además, realizar el cambio de tecnología de comunicación propuesto en la comunidad permitirá ofrecer mejores servicios de navegación satisfaciendo las necesidades de los usuarios

Por último, se logró elaborar el diseño de red GPON que responde a las necesidades de la comunidad rural Juan Gómez Rendón, se concluye que la implementación de esta red tiene una alta viabilidad técnica, ya que se cuenta con el medio físico para la instalación de equipos, cableado, nodos de comunicación, etc., y se obtendrá cobertura de red completa del sector con el proyecto propuesto.

## RECOMENDACIONES

Se establecen las siguientes recomendaciones en base a las conclusiones s del proyecto:

- Se recomienda implementar la red GPON debido a que permite obtener mejores velocidades y mayor número de servicios que utilicen ancho de banda.
- Identificar la red GPON en la cadena de valor de la nueva red para promover el uso del servicio.
- Se recomienda usar esta investigación como base para la instauración de diferentes redes enfocadas en las necesidades del sector empresarial de la zona.
- Se recomienda aplicar un mantenimiento constante a la nueva red para garantizar la calidad del servicio y operatividad sin interrupciones
- Para la implementación de la red se recomienda trabajar con planos geo referenciados para proyectar adecuadamente la cobertura.

## Bibliografía

- Alcivar, D. (2015). *Estudio para la implementación de una red GPON de TELCONET S.A en la comunidad de Juan Gómez Rendón (Progreso)*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Angelopoulos, J., Leligou, H., Argyriou, T., Zontos, S., Ringoot, E., & Caenegem, T. V. (2004). Efficient transport of packets with QoS in an FSAN-aligned GPON. *IEEE Communications Magazine*. Volume: 42 , Issue: 2 , Feb. 2004, 92-98.
- Basu, S., Hossen, M., Arefeen, M., & . (2015). An efficient multi-OLT and multi wavelengths passive optical network for differentiated classes of services. In 2015 International Conference on Electrical Engineering and Information Communication.
- Birmingham, J. (2015). *Synchronous digital hierarchy*. Obtenido de SlidePlayer: <https://slideplayer.com/slide/2813099/>
- Caicedo, J. (2014). *Estudio de Factibilidad para la Implementación del Servicio de IPTV sobre redes GPON para Empresas de Telecomunicaciones*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Cale, I., Salihovic, A., & Ivekovic, M. (2007). *Gigabit passive optical network-GPON*. Cavtat, Croatia: Proceedings of the ITI 2007 29th Int. Conf. on Information Technology Interfaces, June 25-28, 2007, .
- Chang, C.-H., Kourtessis, P., & Senior, J. (2006). GPON service level agreement based dynamic bandwidth assignment protocol. *Electronics Letters*. Volume: 42 , Issue: 20 , 28 September 2006 , 1173 - 1174.
- Chomycz, B. (1998). *Instalaciones de fibra óptica*. McGraw-Hill.
- Cortes, A. (2016). *Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios*. Obtenido de Revista Prisma Tecnológico. Vol. 7, No. 1:  
[https://www.researchgate.net/publication/320812139\\_Planificacion\\_y\\_diseno\\_de\\_redes\\_FTTH\\_basadas\\_en\\_zonificacion\\_y\\_servicios/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/320812139_Planificacion_y_diseno_de_redes_FTTH_basadas_en_zonificacion_y_servicios/citation/download)

- Davey, R., Healey, P., Hope, I., Watkinson, P., Payne, D., Marmur, O., . . . Zuiderveld, Y. (2006). DWDM reach extension of a GPON to 135 km. *Journal of lightwave technology*. Volume: 24 , Issue: 1 , Jan. 2006, 29 - 31.
- Fiberco. (2016). *Cables de Fibra Óptica*. Obtenido de Fiberco Instrumentación Industrial: <https://www.fiberco.es/productos/cables-de-fibra-optica/>
- Gaona, L., & Santillán, L. (2019). *Análisis de factibilidad del área técnica y diseño de una red FTTH GPON en el sector de Cumbayá*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4159>
- Guamán, K. (2015). *Diseño de una Red GPON FTTB para la Base Naval Sur de la ciudad de Guayaquil*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/4522>
- Hernández, C., Gutierrez, V., & Espinosa, D. (2011). Impacto y masificación del uso de las redes GPON en Colombia frente a otras tecnologías. *Redes de Ingeniería*. Vol. 2, No. 1, Enero - Junio 2011, 86-99.
- Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación (Vol. 4)*. . México^ eD. F DF:: McGraw-Hill Interamericana.
- Matiz, N. (2011). *Información de Redes de Acceso*. Obtenido de Redes de fibra optica activas y pasivas: <http://natymatiz.blogspot.com/2011/05/redes-de-fibra-optica-activas-y-pasivas.html>
- Mestre, L., & Reyes, E. (2014). *Análisis y evaluación de parámetros de una red GPON*. Obtenido de Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada. ISSN: 1692-7257 - Volumen 1 - Número 23 - 2014: [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_40/recursos/04\\_v19\\_24/revista\\_23/27092014/14.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_40/recursos/04_v19_24/revista_23/27092014/14.pdf)

- Nieto, J., Smolorz, S., & Wagner, B. (2010). RACK: Plataforma de desarrollo rápido de aplicaciones en tiempo real. *Energía y Computación (Vol. 18, Issue 1)*.
- Niño, V. (2011). *Metodología de la Investigación. Diseño y ejecución*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Öhlén, P., & Dahlfors, S. (2014). WDM-PON system, ONT, OLT and method for initialization of tunable laser. *Patent No. 8,744,263. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office*.
- Qiu, X.-Z., Ossieur, P., Bauwelinck, J., Yi, Y., Verhulst, D., Vandewege, J., . . . Solina, P. (2004). Development of GPON upstream physical-media-dependent prototypes. *Journal of Lightwave Technology. Volume: 22 , Issue: 11 , Nov. 2004, 2498 - 2508*.
- Shu, Y., Wang, Y., & Zou, Y. (2018). July). Odn: Opening the deep network for open-set action recognition. In 2018 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME). (pp. 1-6). IEEE.
- sites.google.com. (2020). *Arquitectura de las aplicaciones Web*. Obtenido de La World Wide Web (www):  
<https://sites.google.com/site/laworldwidewebwww/presentacion/arquitectura-de-las-aplicaciones>
- Skubic, B., Chen, J., Ahmed, J., Wosinska, L., & Mukherjee, B. (2009). A comparison of dynamic bandwidth allocation for EPON, GPON, and next-generation TDM PON. *IEEE Communications Magazine. Volume: 47 , Issue: 3 , March 2009, S40 - S48*.
- Tapia, M. (2000). Metodología de la investigación. *Ingeniería en gestión Informática*.

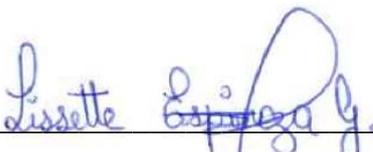
## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Lisette Virginia Espinoza Guerrero**, con C.C: # **0926516600** autor/a del Componente práctico del examen complejo: **Análisis y propuesta de la implementación de una red GPON en la comunidad rural Juan Gómez Rendón**, previo a la obtención del título de **Magíster en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, a los 11 días del mes de marzo del 2021



**Lisette Virginia Espinoza Guerrero**

**C.C: 0926516600**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis y propuesta de la implementación de una red GPON en la comunidad rural Juan Gómez Rendón	
<b>AUTOR(ES)</b>	Lissette Virginia Espinoza Guerrero	
<b>REVISOR(ES)/TUTOR</b>	MSc. Edgar Quezada Calle; MSc. Luis Córdova Rivadeneira / MSc. Manuel Romero Paz	
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
<b>FACULTAD:</b>	Sistema de Posgrado	
<b>PROGRAMA:</b>	Maestría en Telecomunicaciones	
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Magister en Telecomunicaciones	
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	<b>Guayaquil, a los 11 días del mes de marzo del 2021</b>	<b>No. DE PÁGINAS: 59</b>
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sistema de comunicación óptica, redes GPON, Servicio Triple Play, GPON en zonas rurales, Optical Line Terminal, Optical Network Terminal	
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Internet, GPON, redes, servicios, conectividad, fibra óptica	
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	El presente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar una plataforma GPON para la comunidad rural Juan Gómez Rendón, como una alternativa para su implementación. El presente trabajo tendrá un diseño no experimental con un alcance descriptivo – correlacional de las características de las redes GPON y su influencia en la comunicación en una comunidad rural. Adicionalmente la información recolectada será de tipo mixta y se basará en análisis documental y tabulación de indicadores. En el marco teórico se dan a conocer temas que guardan una estrecha relación con la investigación y el proyecto, tales como sistemas de comunicación, fibras ópticas y sus diferentes tipos, ventajas y desventajas, redes GPON y otros conceptos relevantes. Al final de la investigación se concluyó que la implementación de esta red tiene una alta viabilidad técnica, ya que se cuenta con los medios físicos para la instalación de equipos, cableado y nodos de comunicación, necesarios para la implementación del proyecto, el cual es de gran ayuda para la comunidad rural Juan Gómez Rendón.	
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-994812979	<b>E-mail:</b> lissette_espinoza88@hotmail.com
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Romero Paz Manuel de Jesús	
	<b>Teléfono:</b> +593-994606932	
	<b>E-mail:</b> manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec	
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>		
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>		
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>		
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		