



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED
GPON PARA LA PARROQUIA SINAÍ DE LA PROVINCIA DE MORONA
SANTIAGO**

Autor

Montenegro Salinas, Cristian Fernando

**Examen complejo previo a la obtención del grado de
Magister en Telecomunicaciones**

TUTOR:

MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, 25 de mayo de 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 **Montenegro Salinas, Cristian Fernando** como requerimiento parcial para la obtención del Título de Magíster en Telecomunicaciones.

TUTOR

MSc. Manuel, Romero

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, 25 de mayo de 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, Montenegro Salinas, Cristian Fernando

DECLARO QUE:

El Examen complejo “**Estudio técnico para la implementación de una red GPON para la parroquia Sinaí de la provincia de Morona Santiago**”, previo 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 Examen complejo referido.

Guayaquil, 25 de mayo de 2021

EL AUTOR

Montenegro Salinas, Cristian Fernando



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, Montenegro Salinas, Cristian Fernando

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación**, en la biblioteca de la institución del Examen complejo, “**Estudio técnico para la implementación de una red GPON para la parroquia Sinaí de la provincia de Morona Santiago**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 25 de mayo de 2021

EL AUTOR

Montenegro Salinas, Cristian Fernando

REPORTE URKUND

The screenshot shows the URKUND interface. On the left, document details are listed: 'Documento: TT Cristian Montenegro.docx (D:97913547)', 'Presentado: 2021-03-10 23:04 (-05:00)', 'Presentado por: Luis Córdova Rivadenera (lcordova@yahoo.com)', and 'Recibido: luis.cordova.ucsg@analysis.orkund.com'. A progress indicator shows '2%' completion, with a note that 24 pages are composed of text from 3 sources. On the right, a 'Lista de fuentes' (List of sources) panel is open, displaying a table with columns for 'Categoría' and 'Enlace/nombre de archivo'. The table lists three sources: a URL from the UCSG repository, 'TRABAJO TITULACION RICARDO AGILA final.docx', and 'TESIS MARCO REMACHE FINAL.pdf'. The interface also includes a navigation bar at the bottom with icons for search, refresh, and other functions, along with a status bar showing '0 Advertencias' and buttons for 'Reiniciar', 'Exportar', and 'Compartir'.

SISTEMA DE POSGRADO MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON PARA LA PARROQUIA SINAI DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO

Autor: Montenegro Salinas, Cristian Fernando

Examen complejo

previo a la obtención del grado de Magister en Telecomunicaciones

TUTOR: MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, 30 Junio de 2019

SISTEMA DE POSGRADO MAESTRÍA EN

TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Montenegro Salinas, Cristian Fernando como requerimiento parcial para la obtención del Título de Magister en

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi madre, a mi hermana, y a mi hija, por estar siempre cerca de mí apoyándome de una u otra manera, dándome ánimo para seguir siempre adelante y por su paciencia en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia, a mis compañeros de trabajo, a mis profesores, a mi tutora y a todas las personas que aportaron de una u otra manera en la elaboración exitosa de la presente investigación.



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. Edgar Quezada Calle
REVISOR

f. 

MSc. Luis Córdova Rivadeneira
REVISOR

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	15
1.1 Introducción.....	15
1.2 Antecedentes.....	16
1.3 Definición del problema.....	16
1.4 Justificación.....	16
1.5 Objetivos.....	17
1.5.1 Objetivo General.....	17
1.5.2 Objetivo específicos.....	17
1.6 Hipótesis.....	18
1.7 Metodología de la investigación.....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 Características principales de GPON.....	19
2.2 Arquitectura GPON.....	21
FTTH	21
2.2.1 OLT.....	22
2.2.2 ONT.....	23
2.2.3 ODN.....	23
2.2.3.1 Red feeder.....	25
2.2.3.2 Red de distribución.....	26
2.2.3.3 Red de dispersión.....	26
2.2.4 Técnicas de transporte para tecnología GPON.....	27
2.3 Clasificación de la Fibra Óptica.....	27
2.3.1 Cable de fibra según el ambiente de trabajo.....	30
2.4 Elementos de Unión e Interconexión Estándar SC86B.....	34
2.4.1 Conectores.....	34
2.4.2 Patchcord.....	35
2.4.3 Pigtail.....	35
2.4.4 Empalmes.....	35
CAPITULO III: ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON.....	36
3.1 Definición del Área de Cobertura.....	36

3.2 Trabajo de Campo.....	36
3.2.1 Levantamiento de la Infraestructura.....	36
3.3 Estudio de demanda.....	37
3.3.1 Resultados.....	37
3.4 Dimensionamiento red GPON.....	39
3.5 Materiales y equipos.....	41
3.6 Administración de equipos.....	41
3.7 Diseño red GPON.....	42
3.8 Análisis de costos de equipos y materiales.....	43
CAPITULO IV: ANALISIS DE RESULTADOS.....	46
4.1 Cálculo de Atenuaciones.....	46
4.2 Presupuesto Referencial.....	47
CONCLUSIONES.....	49
RECOMENDACIONES.....	51
BIBLIOGRAFIA.....	52
GLOSARIO.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Clases de red GPON.....	19
Tabla 2.2: Valores de atenuación teóricos de medios físicos.....	24
Tabla 2.3: Calculo de presupuesto óptico.....	20
Tabla 2.4 Cuentas de internet fijo y móvil por cada 1000 habitantes.....	21
Tabla 2.5 Atenuación de splitter según su división.....	25
Tabla 2.6 Características de Operación del cable G652D Canalizado.....	30
Tabla 2.7 Características de Operación del cable G652D Aéreo.....	31
Tabla 3.1: Resultados de la encuesta.....	37
Tabla 3.2: Aspectos para el diseño de la red GPON.....	40
Tabla 3.3: Marcas y características.....	41
Tabla 3.4: Flujo de Efectivo.....	45
Tabla 3.5: Costo real de instalación.....	45
Tabla 4.1: Presupuesto Referencial.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Topología GPON	22
Figura 2.2: Red de distribución óptica.....	24
Figura 2.3: Estructura de la fibra óptica.....	28
Figura 2.4: Formas de desplazamiento.....	29
Figura 2.5: Cable ADSS.....	31
Figura 2.6: Cable figura 8.....	32
Figura 3.1: Red de distribución óptica ODN.....	39
Figura 3.2: Diagrama Red GPON.....	40
Figura 3.3: Interfaz VSOL.....	42
Figura 3.4: Diseño Red GPON.....	43

Resumen

Las telecomunicaciones en las ciudades como influencia para el desarrollo social, ha generado grandes oportunidades para el desarrollo de proyectos y el emprendimiento de nuevos proveedores de servicio de telecomunicaciones. El presente trabajo presenta un análisis de la situación actual de la parroquia Sinai, con la finalidad de determinar valores que permitan diseñar una red GPON que cumpla con las necesidades de la población, analizar las diferentes variables que intervienen en el retorno de la inversión en el tiempo, la variable principal y base es el pago mensual por los servicios a brindar. El diseño aquí expuesto presenta diferencias importantes con redes GPON de grandes operadoras en razón que la demanda potencial no supera los 80 clientes. Como resultado general se determina que es factible la construcción del proyecto, considerando que el sector carece de servicios de internet de banda ancha, siendo una necesidad este servicio. En cuanto a las ventajas económicas para poder construir la red se requiere únicamente del permiso municipal para la implementación y por la cercanía de la OLT al área de cobertura los parámetros técnicos de la red FTTH se enmarcan en los requeridos para su óptimo funcionamiento

Palabras Claves: GPON, PDYOT, FTTH, ITU-T G.984.X, OLT, ONT, ODN, NAP, SPLITTER.

Abstract

Telecommunications in cities as an influence for social development, has generated great opportunities for the development of projects and the start-up of new telecommunications service providers. This work presents an analysis of the current situation of the Sinai parish, in order to determine values that allow the design of a GPON network that meets the needs of the population, analyze the different variables that intervene in the return on investment in the time, the main and base variable is the monthly payment for the services to be provided. The design presented here presents important differences with GPON networks of large operators because the potential demand does not exceed 80 clients. As a general result, it is determined that the construction of the project is feasible, considering that the sector lacks broadband internet services, this service being a necessity. Regarding the economic advantages to be able to build the network, only the municipal permit is required for the implementation and due to the proximity of the OLT to the coverage area, the technical parameters of the FTTH network are framed within those required for its optimal operation

Keywords: GPON, PDYOT, FTTH, ITU-T G.984.X, OLT, ONT, ODN, NAP, SPLITTER.

CAPITULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO

En el presente capitulo se desarrollan las generalidades del proyecto de investigación: la introducción, sus antecedentes, la definición y justificación del problema a resolver, los objetivos general y específicos, la hipótesis y la metodología de la investigación a aplicarse.

1.1. Introducción

En la actualidad el acceso a servicios de telecomunicaciones es un tema de vital importancia para el desarrollo de los pueblos. Entre ellos se tiene, telefonía fija/móvil, televisión por cable/satélite, internet fijo/móvil. Para cubrir esta demanda se requiere una red que soporte estos servicios, que asegure su operatividad y crecimiento con el paso de los años, una red flexible en su implementación y para promover su despliegue los costos deben ser accesibles. Las redes de fibra óptica hoy en día son la primera opción para ser implementadas en proyectos de telecomunicaciones. GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network, Red óptica pasiva con capacidad de gigabit) es el estándar seleccionado por la mayoría de los proveedores de internet para brindar servicios de telecomunicaciones por fibra.

En Ecuador las 24 provincias ya cuentan con redes de fibra óptica, en la provincia de Morona Santiago 7 de los 12 cantones ya tienen proveedores de internet por fibra. Las ventajas que ofrece este tipo de redes han generado su rápido crecimiento en la provincia y ha sido objeto de estudio de varios de proyectos de implementación. El cantón Morona cuenta con 9 parroquias, 8 son rurales y no tienen redes de fibra, 4 parroquias rurales no tienen acceso a internet masivo. Sinaí es una parroquia rural del cantón Morona, la misma tiene acceso limitado a los servicios fijos de telecomunicaciones. Siendo el acceso a las telecomunicaciones una base importante para el desarrollo, Sinaí se muestra como un punto vulnerable e ideal para ser objeto de proyectos que promuevan su crecimiento.

1.2. Antecedentes

La parroquia Sinaí nace legalmente en el año 1986 (33 años a la actualidad), según datos del último censo del INEC tiene una población de 766 habitantes. Al día de hoy el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDYOT) elaborado en el periodo 2015 – 2019, dice que la tasa de crecimiento es negativa, y que la disminución de la población se debe a varios factores, entre ellos la falta de acceso a los servicios de telecomunicaciones.

En el PDYOT realizan un análisis del acceso a servicios de telecomunicaciones donde se obtiene la siguiente información, de 188 viviendas 89 tienen el servicio de telefonía fija, 87 tienen el servicio de telefonía móvil EDGE, 7 tienen el servicio de televisión, 22 tienen el servicio de internet. Si bien los datos no son actualizados, sirven como antecedente y base para los futuros proyectos. En la actualidad la parroquia Sinaí sigue creciendo social y económicamente, y gracias a trabajos conjuntos entre el Gobierno Autónomo Descentralizado (GA) Parroquial y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública (CNT EP) ya están instalados en el edificio del GAD de Sinaí equipos de alta capacidad para vender internet a proveedores de servicio de internet, (Internet Service Provider, ISP), con este antecedente se abre la oportunidad para realizar un análisis técnico económico para la implementación de redes de telecomunicaciones.

1.3. Definición del problema

La necesidad de dotar de servicios de telecomunicaciones accesibles y acorde a las nuevas tecnologías a la parroquia Sinaí, de igual manera analizar la apertura de nuevos mercados en zonas donde no existe mayor interés por parte de los ISP.

1.4. Justificación

La implementación de una red GPON para la parroquia Sinaí, aportaría al desarrollo económico, social y político de la misma, además su análisis permitirá determinar el nacimiento de nuevos mercados en parroquias de similares

características, tomando en cuenta que en la actualidad los sistemas inalámbricos van quedando en el pasado y perdiendo su valor frente a la fibra óptica.

1.5. Objetivos

Los objetivos del trabajo de investigación son los siguientes:

1.5.1 Objetivo General

- Realizar el estudio técnico para la implementación de una red GPON para la parroquia Sinaí de la provincia de Morona Santiago.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual, levantar una base de datos de la información disponible de la parroquia.
- Determinar la demanda, encuestar a la población, análisis de los competidores y mercado.
- Dimensionar la red GPON en base la demanda actual y su proyección en el tiempo.
- Seleccionar los equipos que cumpla con las necesidades y ayuden a cumplir con los objetivos del negocio.
- Estudiar la administración de equipos, en relación a la facturación y la operación y mantenimiento de los mismos.
- Diseñar la red GPON en un software que permita tener actualizado los datos de la red en el tiempo y exponer de forma clara su estructura.
- Determinar el costo de equipos, materiales del proyecto y analizar el retorno de la inversión en el tiempo en base a un pago mensual del servicio.
- Analizar los resultados obtenidos.

1.6. Hipótesis

Con la implementación de una red GPON para la parroquia Sinaí, se demostrará su aporte al desarrollo económico, social, político de la misma y permitirá determinar el nacimiento de nuevos mercados en parroquias de similares características.

1.7. Metodología de la investigación

El tipo de investigación a desarrollar es del tipo exploratorio, porque se requiere información previa sobre las necesidades de la parroquia Sinaí, y de tipo descriptivo ya que se caracterizará los factores que influyen en el diseño de una red GPON.

Utilizará el método analítico-sintético ya que permitirá caracterizar de forma individual los factores que influyen en el diseño de una red GPON para luego sintetizar los resultados obtenidos, lo que ayudará a comprobar la hipótesis planteada, también será deductivo-inductivo ya que en base a la información recolectada permitirá optar por el mejor camino al momento de diseñar una red GPON, finalmente tendrá un enfoque mixto porque se utilizará la recolección y análisis de datos obtenidos a través de encuestas y análisis económico para comprobar la rentabilidad del proyecto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

GPON es una red de telecomunicaciones que usa la fibra óptica como medio de transmisión, soporta grandes distancias y usa elementos pasivos para su distribución, llegando a los usuarios finales con velocidades de Gigabits.

GPON se encuentra estandarizado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), por el grupo de recomendaciones ITU-T G.984.x, las mismas tratan características generales, medios físicos, convergencia, gestión, mejoramiento, alcance (Lozano, 2018).

2.1 Características principales de GPON

GPON trabaja en dos bandas diferentes mediante Wavelength División Multiplex Module (WDM), 1310 nanómetros en sentido ascendente y 1490 nanómetros en sentido descendente, de igual manera en cada sentido se aplican técnicas de transmisión diferentes, modo broadcast desde la central hacia los clientes y modo TDMA (Time- División Multiple Access) desde los clientes hacia la central.

Se alcanza velocidades hasta 2.4 Gbit/s, 1.2 Gbit/s en Upstream y 2.4 Gbit/s en Downstream a una distancia máxima de 20 km, soporta servicios tripe play y división de 1 hasta 64.

El estándar GPON continuamente sufre modificaciones, por consiguiente, existen diferentes clases, las mismas corresponden al rango de atenuación óptica como se observa en la Tabla 2.1 (Quisnancela & Espinosa, 2016).

Tabla 2.1: Clases de red GPON

CLASE DE RED GPON	PÉRDIDAS MÁXIMAS	ITU-T
Clase A	5 dB - 20 dB	G.984.2 (2003)
Clase B	10 dB - 25 dB	G.984.2 (2003)
Clase B+	13 dB - 28 dB	G.984.2 Amendment 1 (2006)
Clase C	15 dB - 30 dB	G.984.2 (2003)
Clase C+	17 dB - 32 dB	G.984.2 Amendment 2 (2008)

Fuente: (Quisnancela & Espinosa, 2016)

El margen del enlace (MA) considerado para redes GPON es de 3dB para garantizar el servicio y su cálculo varía según el diseño de la red, en general se considera la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 MA = & \text{Potencia del transmisor} - \text{numero de conectores} \\
 & * \text{atenuacion de conector} - \text{numero de fusiones} \\
 & - \text{atenuacion por fusion} - \text{atenuacion por spliter1} \\
 & - \text{atenuacion por spliter2} - \text{distancia de fibra} \\
 & - \text{atenuacion por propagacion de la luz} \\
 & - \text{sensibilidad del receptor}
 \end{aligned}$$

Cada valor teórico de atenuación o pérdida se encuentra determinado según el estándar GPON y son los que se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2: Valores de atención teóricos de medios físicos

Medios físicos dependientes.	
Máxima velocidad Downstream:	2,488 Gbit/s.
Máxima velocidad Upstream:	1,244 Gbit/s.
Máximo alcance físico	20 Km
Máximo alcance lógico	60 Km
Atenuación en puntos de fusión.	≤ 0,30 dB
Atenuación en conectores mecánicos.	≤ 0,50 dB
Atenuación en conectores.	≤ 0,75 dB
Atenuación en mangas.	≤ 0,15 dB
Margen de seguridad	+3 dB
Atenuación λ = 1310 nm	0,35 dB/Km
Atenuación λ = 1550 / 1490 nm	0,22 dB/Km

Fuente: (Quisnancela & Espinosa, 2016)

En la tabla 2.3 se muestra un ejemplo de las pérdidas que se generan en la red GPON.

Tabla 2.3: Cálculo de presupuesto óptico

Cálculo del presupuesto óptico			
Elemento	Cantidad	Valor de atenuación definido en la norma G 984.2 [dB]	Valor teórico total [dB]
Fusiones	7 u	0.1	0.7
Conectores	7 u	0.5	3.5
Splitters	1x32	17.5	17.5
Longitudes de onda	1310nm	-	0.35
	1490nm	-	0.22
	1550nm	2.07 Km	0.22
Presupuesto óptico teórico total [dB]			22.22
Cálculo con Máxima distancia DROOP*. * Estos valores corresponden al usuario más alejado de la red.	Feeder		0.46 Km
	Distribución		1.29 Km
	Dispersión		0.32 Km
	TOTAL DISTANCIA [Km]		2.07 Km

Fuente: (Quisnancela & Espinosa, 2016)

2.2 Arquitectura GPON

Con el uso de internet en la vida diaria para acceso a la información, transferencia de correo y archivos multimedia, redes sociales, uso masivo de televisión con tecnología IPTV (Internet Protocol Televisión), entre otros, ha contribuido a que los abonados residenciales tengan una demanda de mayor velocidad de transmisión.

Según el reporte estadístico de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (Arcotel), el Servicio de Acceso a Internet (SAI) hasta el primer trimestre del 2019, publicado en junio del mismo año, por cada 100 habitantes, el 11.67% tiene contratado el servicio de Internet fijo; cuyo crecimiento ha venido siendo constante y se lo presenta en la tabla 2.4. (ARCOTEL, 2019).

Tabla 2.4 Cuentas de internet fijo y móvil por cada 1000 habitantes

Cuentas de Internet Fijo y Móvil										
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Internet Fijo (%)	3.35	4.47	5.98	6.88	8.25	9.16	9.76	10.61	11.48	11.67
Internet Móvil (%)	2.35	10.48	22.15	26.66	30.79	34.97	47.04	52.50	54.88	53.58

Fuente: (Arcotel,2019)

Para comprender la arquitectura GPON, a continuación, se detallan algunas definiciones sobre ella:

FTTH (Fiber To The Home): Existen varias alternativas para el despliegue de redes GPON, unas de ella es FTTH donde la fibra es tendida desde la central hasta los clientes.

Las redes FTTH están conformadas por elementos de fibra óptica pasivos PON (Passive Optical Network), que comprende el tramo entre la central y el cliente, sin ser parte de ello los equipos activos de transmisión y recepción. Una de las ventajas que se tiene en este tipo de sistemas es que se puede compartir un hilo

de fibra óptica entre varios clientes.

La topología utilizada en las redes GPON es punto – multipunto, la misma tiene un punto central, varios puntos clientes y la forma de unir los clientes con la central es similar a la estructura de un árbol, siendo las hojas los clientes, la raíz la central, y las ramas y troncos la fibra y elemento pasivos, en la figura 2.1 se puede apreciar la topología GPON (Prieto, 2014).

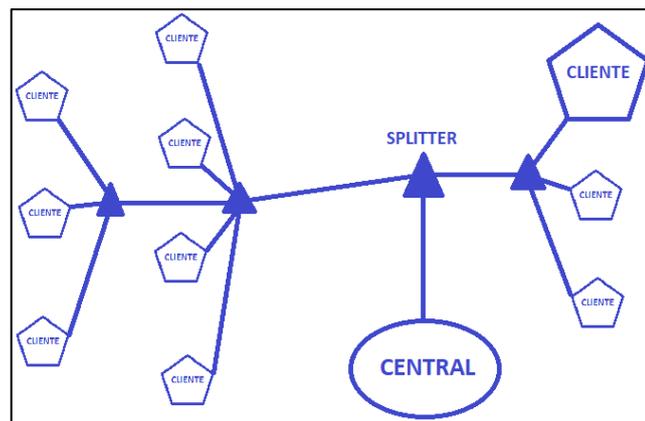


Figura 2.1: Topología GPON
Fuente: Elaborado por el autor

Dentro de la arquitectura existen elementos activos y pasivos, los primeros se instalan entre el cliente y la central, mientras que los pasivos se encargan de comunicar los mismos.

2.2.1 OLT

Optical Line Terminal (OLT), es el equipo final del proveedor de servicios de telecomunicaciones que tiene como funciones principales, introducir las señales ópticas a la ODN, y coordinar la multiplexación con los equipos clientes. La OLT, dependiendo de la configuración de sus tarjetas, puede incrementar su cantidad de puertos de transmisión, donde cada puerto tiene la capacidad de transmitir 2.5 Gbps y enlazar hasta 128 clientes (Millan, 2010).

En la elección de la OLT se debe tener en consideración la clase en la se va efectuar la transmisión a la ODN, la cual define los rangos de atenuación permitidos para el enlace.

La OLT en general tiene interfaces ópticos para comunicarse con los clientes, interface de operación y mantenimiento, interfaces para protección y energización del equipo, puertos modulares para conectase a la troncal externa, interfaces para administración y gestión.

Existe diversidad de OLT en el mercado y su adquisición depende de las necesidades y exigencias de la red, pero se debe tener en consideración la clase en la que se va a efectuar la transmisión a la ODN, la define los rangos de atenuación permitidos para el enlace (García, 2014).

Posteriormente la OLT puede ser alojada en una oficina central o ser ubicada en lugares externos como postes o aceras.

2.2.2 ONT

Optical Network Terminal (ONT) es el equipo activo que se encuentra instalado en el cliente, le brinda una interface para conectarse al servicio contratado, es así que puede tener puerto RJ11 y protocolos H.248, o SIP para servicio de telefonía, adicional puede tener puertos RJ45 y protocolos IP (Internet Protocol) para transmisión de datos de internet, y también puede tener puerto con conector F para otorgar el servicio de televisión. La ONT también se comunica con la OLT a través de la red de fibra (Abreu, y otros, 2009).

2.2.3 ODN

Optical Distribución Network (ODN) es el medio físico que conecta la OLT con cada ONT. La ODN se estructura como se muestra en la figura 2.2:



Figura 2.2: Red de distribución óptica
Fuente: Elaborado por el autor

Los elementos principales que intervienen en la ODN son la fibra óptica y el splitter. La primera es la encargada de guiar los haces de luz a través de ella. Existen dos tipos de fibra, multimodo y monomodo, la usada en redes GPON es la segunda.

El principal elemento pasivo de la ODN es el splitter óptico, el cual permite que la comunicación sea punto – multipunto en el canal descendente en una longitud de onda y punto – punto en el canal ascendente en otra longitud de onda distinta a la de descenso para evitar colisiones, es así que un hilo de fibra óptica que parte de la red feeder, se lo distribuye a 64 fibras en la red de dispersión, se debe tomar en cuenta la recomendación de la ITU – T (International Telecommunication Union – Telecommunication Sección) (ITU - T, 2012).

Splitter

El splitter es un elemento pasivo importante dentro de la red FTTH, que divide la señal proveniente de la OLT en N salidas hacia las ONTs. El splitter se identifica por el número de hilos de fibra que ingresan (máximo 2) y las salidas representadas por N, con $N = 2, 4, 8, 32, 64$. Dentro de la ODN se debe ocupar máximo dos splitters para garantizar la conexión de la red, las pérdidas introducidas por los splitters generan mayor atenuación en la señal. CNT EP establece las pérdidas típicas por elemento. Existen tres tipos de splitters:

1. **Splitter modular:** Son diseños desarrollados para aplicaciones plug-and-play, permitiendo un aumento en la velocidad y ayuda con la organización de la instalación.
2. **Splitter conectorizado:** Posee conectores en el hilo de fibra de entrada y en todos los hilos de fibra salientes.

- 3. Splitter fusionado:** Los hilos de fibra óptica se unen a este splitter mediante empalmes de fusiones. Una de las ventajas de este splitter es la reducción de pérdida de los conectores.

En la Tabla 2.5 se aprecia la atenuación que adiciona el splitter según su nivel de distribución.

Tabla 2.5 Atenuación de splitter según su división

DIVISOR OPTICO (Splitter)	
1:64	≤ 20.5 dB
1:32	≤ 17.5 dB
1:16	≤ 13.8 dB
1:8	≤ 10.6 dB
1:4	≤ 7.5 dB
1:2	≤ 3.8 dB

Fuente: (Quisnancela & Espinosa, 2016)

Para la implementación de la ODN se debe considerar las resoluciones emitidas por la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) sobre normas técnicas para el ordenamiento, despliegue, tendido de redes físicas, y las ordenanzas municipales.

2.2.3.1 Red feeder

La red Feeder está compuesta básicamente por los hilos de fibra que interconectan los equipos PON hasta los centros de distribución, es decir desde la OLT hasta la entrada del splitter primario. El tipo de cables utilizados para la implementación de esta parte de la red son de instalación subterránea, por medio de líneas de ductos o subductos. En el caso de instalaciones aéreas se hace necesaria la utilización de cables que posean mensajero. Para redes GPON, el tipo de fibra utilizada es monomodo y generalmente su capacidad es de 144 a 288 hilos. Además de los hilos de fibra, otros elementos de la red feeder son:

- Cajas de Distribución Principal FDB
- Armarios FDH
- Mangas Porta Splitter

ARMARIOS FDH Y MANGAS PORTA SPLITTER

Son armarios ópticos destinados a la distribución, están ubicados en un punto determinado del distrito y son el lugar de conexión entre la red feeder y la red de distribución a través del splitter de primer nivel 1xn o 2xn. La función de estos armarios es atender un distrito que forma parte de toda la zona que requiere servicio (Urraza, 2010).

CAJAS DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL FDB

Son elementos utilizados al ingreso de edificios y urbanizaciones, cuya función es interconectar la red feeder con la interna de distribución.

2.2.3.2 Red de distribución

En general la red de distribución conecta el splitter de primer nivel con el de segundo nivel, en general es la fibra que conecta la manga de distribución y la Network Access Point (NAP), una caja terminal que contiene un splitter conectorizado.

2.2.3.3 Red de dispersión

La red de dispersión se construye con cable Drop que cumpla el estándar G657.A2, el cual está fabricado para mitigar el efecto de dispersión producido por las macro curvaturas al ser tendido el cable dentro del inmueble del cliente.

Los elementos utilizados comúnmente son: NAP de 12 puertos conectorizados, roseta óptica, cable de fibra óptica drop aéreo de 2x5mm de 2 hilos de FO con mensajero, se recomienda no exceder la longitud del cable en la red de dispersión más allá de los 300 metros (Alulima & Paladines, 2014).

2.2.4 Técnicas de transporte para tecnología GPON

La información es transmitida en el canal descendente por difusión desde la OLT mediante la técnica de transmisión TDM (Time Division Multiplexing), dividiendo las muestras de cada señal en ranuras temporales, en las longitudes de onda de 1.490nm y 1550nm dependiendo si se va a transmitir datos o televisión, respectivamente; donde la ONT solo tiene la capacidad de procesar la información que es destinada para ella, haciendo uso del estándar de encriptación AES (Advanced Encryption Standard); y en el sentido ascendente la ONT responde en la longitud de onda de 1310nm en un sistema punto – punto, mediante la técnica de acceso TDMA (Time Division Multiple Access) que es la tecnología que distribuye las unidades de información en ranuras alternas de tiempo, garantizando un ordenado uso del canal, evitando colisiones.

2.3 Clasificación de la Fibra Óptica

La fibra óptica es un importante medio de comunicación comparado con el cobre o el espacio libre. Sus bajas pérdidas de transmisión permiten enviar la información a través de grandes distancias sin la necesidad de amplificadores o regeneradores, además debido a su gran ancho de banda se puede colocar las redes de fibra sobre las de cobre o cualquier otro medio de transmisión. La fibra óptica es una guía de ondas muy delgada hecha de vidrio en forma cilíndrica, esta diseñada para mantener las señales de luz dentro de la fibra permitiendo la transmisión de información a grandes distancias sin que la calidad de la señal se vea degradada. Consta de tres partes:

- Núcleo: Proporciona el camino por el cual se va a propagar el haz de luz.
- Revestimiento: Cubre el núcleo, para mantener las señales de luz guiada dentro de la fibra.
- Recubrimiento: Es un plástico de material acrílico cuya función es proteger a la fibra de agentes externos.

El núcleo está formado por un dieléctrico generalmente de silicio, mientras que el revestimiento está formado por otro dieléctrico cuyo índice de refracción es

ligeramente menor. Esta característica constructiva le da a la fibra la posibilidad de confinar la luz en su interior (Decker, García, Herterich, Kospach, & Ristori, 2011).

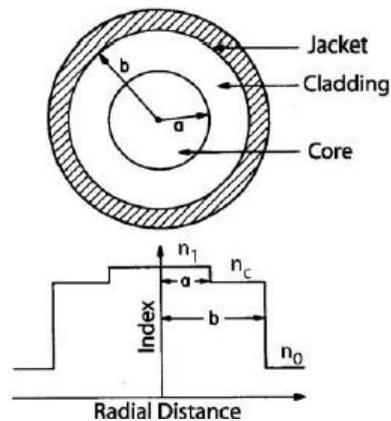


Figura 2.3: Estructura de la fibra óptica
Fuente: (Decker, García, Herterich, Kospach, & Ristori, 2011)

Clasificación de la Fibra Óptica de acuerdo al Modo de Propagación

Cada una de las trayectorias que puede tener la luz en el interior de la fibra se conocen con el nombre de modos y de acuerdo a la propiedad de guiar uno o múltiples modos se puede realizar una clasificación básica de las fibras en:

- Multimodo
- Monomodo

Fibra Multimodo

En este tipo de fibra el diámetro del núcleo es mucho más grande en comparación con la longitud de onda de funcionamiento del haz de luz, estos diámetros se encuentran en el orden de 50 a 85 micras. Como resultado de este proceso constructivo este tipo de fibra puede llevar cientos de modos los mismos que pueden ser considerados como caminos independientes de propagación. La longitud de los diferentes caminos no es la misma, por lo tanto, cada modo se desplaza con velocidades ligeramente diferentes entre sí como se muestra en la figura 2.4 (Uzcátegui & Triviño, s.f.).

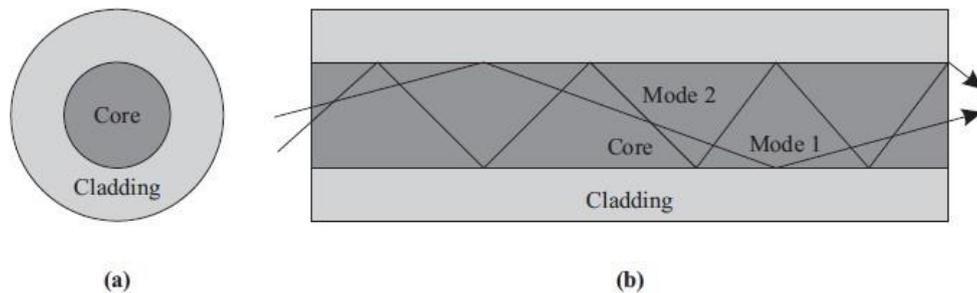


Figura 2.4: Formas de desplazamiento
Fuente: (Uzcátegui & Triviño, s.f.)

La distinción entre las velocidades de cada modo genera un fenómeno conocido como **Dispersión Intermodal**. En los sistemas de comunicación este efecto produce que los pulsos se ensanchen, lo que conduce a que estos se sobrepasen sobre los pulsos adyacentes distorsionando la señal. Este efecto se conoce como **ISI** (Interferencia Inter-Símbolo).

Un limitante para el uso de este tipo de fibra es la distancia referida a un máximo de 2km, debido principalmente a la dispersión Intermodal. Dado el inconveniente de la distancia, la fibra multimodo es empleada en su mayoría para sistemas informáticos de interconexión de bajo costo debido a su precio económico, su facilidad en la planificación y diseño (Castillo & Figueroa, 2013).

Fibra Monomodo

La invención de este tipo de fibra tuvo lugar alrededor de 1984 como un mecanismo para eliminar la dispersión intermodal. La fibra monomodo posee un diámetro pequeño que es múltiplo de la longitud de onda del haz de luz, cuyos valores se encuentran entre 8 a 10 micras. El valor reducido del núcleo obliga a que la energía de la señal de luz se concentre dando lugar a un único modo de propagación. La principal ventaja de la fibra monomodo sobre la multimodo es que la primera alcanza mayores distancias y velocidades elevadas, sin la necesidad de regeneración de la señal. Si bien este tipo de fibra posee ventajas de transmisión sobre la fibra multimodo, su principal desventaja es el costo elevado de implementación, además es difícil de manipular dado el reducido diámetro del núcleo (Pinto & Cabezas, 2014).

2.3.1 Cable de fibra según el ambiente de trabajo

De acuerdo al ambiente en el que se pretenda tender el cable de fibra se pueden establecer diferencias entre aquellos para tendido aéreo y canalizado. En la “Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica de CNT” se presentan los siguientes cables:

- G.652D Aéreo
- G.652D Canalizado
- ADSS (Regido por la Normativa G.652D)
- Figura 8 (Regido por la Normativa G.652D)
- CABEL RISER LSZH (Regido por la Normativa G.652D y G.657A 2)

G.652D Aéreo y canalizado

Son cables ópticos totalmente dieléctricos, colocados en tubos rellenos alrededor de un elemento central. Dicho elemento previene los esfuerzos de contracción del cable, generalmente se emplea una varilla de hilos plásticos reforzados con fibra de vidrio. El recubrimiento exterior protege al cable contra la intemperie y la luz solar. En el caso del cable canalizado se suele agregar protección contra roedores mediante el revestimiento de una cinta de acero. En las tablas 2.6 y 2.7 se presentan algunas características de operación de estos tipos de cable (Guamán & Hernández, 2016).

Tabla 2.6 Características de Operación del cable G652D Canalizado

G652D CANALIZADO	
Características	Detalle
Fuerza de Tensión	1800 N
Resistencia de Comprensión	4400/10cm
Aplicación	Tendido Canalizado
Temperatura de Operación	-40°C a +70°C
Peso del Cable	155±20kg/km
Revestimiento de Cinta de Acero	Espesor Nominal 0,15 + 0,05×2mm
Cinta de Bloqueo de Agua	Bloqueo de Agua y Humedad

Fuente: (Guamán & Hernández, 2016)

Tabla 2.7 Características de Operación del cable G652D Aéreo

G652D AÉREO	
Características	Detalle
Fuerza de Tensión	2500 N
Resistencia de Comprensión	1000/10cm
Aplicación	Tendido Aéreo
Temperatura de Operación	-40°C a +70°C
Peso del Cable	110±20kg/km
Cinta de Bloqueo de Agua	Bloqueo de Agua y Humedad

Fuente: (Guamán & Hernández, 2016)

Cable ADSS

El cable Auto-Soportado totalmente dieléctrico (ADSS, *All-Dielectric Self-Supporting*) posee una gran capacidad que va desde los 6 a 256 hilos. Es utilizado en instalaciones aéreas auto soportadas o en ductos sin la necesidad de un mensajero. Puede emplearse para largos vanos que van desde los 90 a los 800 m. Su característica de alta tracción lo hace ideal para condiciones climáticas rigurosas en instalaciones de planta externa. Al ser un cable totalmente dieléctrico es inmune a las descargas atmosféricas, razón por la cual no requiere de instalación de tierras físicas siempre que se lo instale solo en la línea de poste. En la figura 2.3 se muestra la estructura del cable ADSS (Jurado & Barrera, 2014).

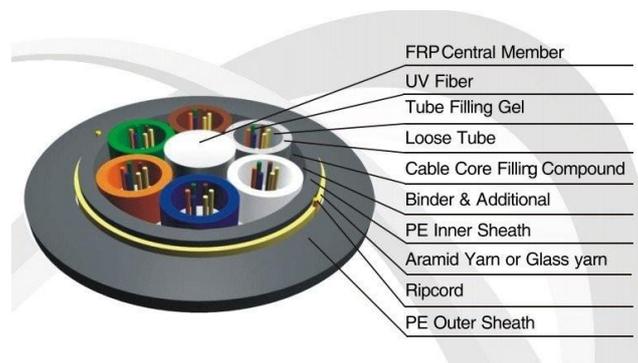


Figura 2.5: Cable ADSS

Fuente: (Jurado & Barrera, 2014)

Cable Figura 8

Es un cable óptico auto soportado que posee un mensajero o un cable extra de acero galvanizado; sobre el núcleo y el mensajero se encuentra una chaqueta de polietileno negro. La presencia del cable extra sirve para sujetarlo en los postes con el uso de herrajes especiales, pudiendo ser utilizado para ambientes de trabajo aéreos. Las capacidades de este tipo de fibra van desde los 6 a los 96 hilos. Cuando se usa para tendido aéreo es necesario crear un plano de tierra cada tres postes como mínimo para evitar daños en la fibra por posibles descargas atmosféricas (Guamán & Hernández, 2016).



Figura 2.6: Cable figura 8

Fuente: (Guamán & Hernández, 2016)

Perdidas en la Fibra

El haz de luz que atraviesa la fibra óptica sufre pérdidas de potencia debido a diversos efectos durante su propagación, relacionadas con efectos intrínsecos o extrínsecos de la fibra. Las pérdidas dependen de la longitud de onda del haz de luz, es así como las longitudes de onda corta se encuentran afectadas en mayor medida, por otro lado, aquellas señales con longitud de onda en el orden de 1550 nm se ven menos afectadas por la absorción de potencia y a menudo son usadas para cubrir largas distancias (Carrera, 2013).

Las pérdidas presentes en la trayectoria del tendido de fibra ya sean por atenuación, curvatura, por fabricación o por la presencia de empalmes, pueden ser consideradas como un factor limitante para el rendimiento del sistema de comunicación a diseñar.

La distancia de transmisión también se ve comprometida debido a que las pérdidas reducen la potencia de la señal, bajo la consideración de que los receptores requieren un umbral mínimo de potencia para detectar la señal.

El número de equipos activos dentro del diseño, así como su instalación y mantenimiento también están determinados por las pérdidas, por esta razón la atenuación de la señal tiene una importante influencia en el costo de implementación del sistema. De acuerdo a la Normativa de Diseño ODN de la empresa CNT, desde el equipo activo hacia la ONT instalada en la ubicación del usuario, debe garantizarse un presupuesto óptico de 25 dB como límite.

En esta sección se presentarán las principales fuentes de pérdidas en el tendido de fibra óptica, las mismas que deben ser consideradas durante el diseño.

Perdidas Intrínsecas de la Fibra

Este tipo de pérdidas están relacionadas con los factores constructivos de las fibras, es decir de acuerdo a las propiedades físicas, ópticas y geométricas de las mismas. Dentro de este grupo se encuentran los siguientes tipos de pérdidas:

- Pérdidas Curvatura
- Pérdidas Empalme

Pérdidas por curvatura

Este tipo de pérdidas se produce cuando las propiedades geométricas de la fibra se ven afectadas, es decir cuando se presenta un radio de curvatura mayor al límite máximo permitido por el fabricante. Estas pérdidas hacen que la potencia de la señal se convierta en una función exponencial decreciente con respecto a la distancia. De acuerdo al diámetro de curvatura se establecen dos grupos (Ramos, 2007):

- **Macro doblajes:** Cuando el radio de curvatura es menor al que establece el fabricante. Este tipo de anomalía ocurre cuando en el tendido de la fibra se

necesita girar alrededor de una esquina o por cualquier otro esfuerzo externo durante la instalación de la misma.

- **Micro doblajes:** Son fluctuaciones repetitivas en el eje de curvatura de la fibra, comúnmente denominado pérdidas del cable o por empacamiento. Puede producirse por cambios en la temperatura del haz de luz, o por errores al momento de la manufactura de los cables de fibra (Lamadrid, y otros, 2010).

Pérdidas por conexión y empalme

De acuerdo con el tipo de empalme las pérdidas varían en un rango de 0,1dB a 1dB. Los factores a los que se atribuyen estas pérdidas pueden ser desalineamientos del núcleo, cortes imperfectos, impurezas debidas a los materiales utilizados para realizar el empalme, etc. De acuerdo a la Normativa de Diseño y Construcción ODN, la empresa CNT exige se garantice 0,10dB por empalme.

Por otro lado, las pérdidas por conexión se encuentran en el rango de los 0,3 dB a 1,5 dB y dependen del tipo de conector que se utilice. Al igual que las pérdidas por empalme el desalineamiento en los núcleos de la fibra puede ser un elemento causante de pérdidas de potencia, así como también daños físicos en el conector, suciedad o incorrecta manipulación e instalación de estos.

2.4 Elementos de Unión e Interconexión Estándar SC86B

La IEC (International Electrotechnical Commission) genera el estándar SC86B donde se desarrollan las “normas internacionales para los dispositivos de interconexión de fibra óptica y componentes pasivos”. El estándar presenta las características, requisitos mecánicos y varios parámetros que garanticen la interoperabilidad de los dispositivos de interconexión.

2.4.1 Conectores

Los conectores cumplen la función de acoplar los extremos de la fibra en los equipos ópticos, facilitando la conexión y desconexión de la fibra. Las pérdidas por

inserción máximas generados por los conectores no debe superar los 0.5 dB para fibra monomodo y 1 dB para multimodo.

2.4.2 Patchcord

Conocidos también como cordones de fibra óptica, el patchcord es un cable de fibra óptica de corta longitud con un conector en cada extremo. Su uso está destinado para conectar dos equipos dentro de la central.

2.4.3 Pigtail

El pigtail se conforma por un cable de fibra óptica y posee un conector en uno de sus extremos, el otro extremo se destina a una fusión con la fibra que llega del enlace exterior. Su uso se destina a la conexión entre la fibra proveniente del exterior con un equipo dentro de la central.

2.4.4 Empalmes

Un empalme de fibra óptica es la unión permanente o semipermanente entre dos cables de fibra, cuyo propósito es acoplar la potencia óptica

CAPITULO III: ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON

A continuación, se detalla el estudio técnico realizado en este proyecto para la implementación de una red GPON.

3.1 Definición del Área de Cobertura

El análisis de la situación actual se basa en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Sinaí realizado en el periodo (2015 – 2019). La parroquia Sinaí tiene una población de 766 habitantes, la composición del hogar es de 4.05 personas por hogar. Tiene 5 unidades territoriales, donde la unidad Sinaí tiene 303 habitantes, 47.34 % de viviendas poseen telefonía fija, 46.03% de hogares poseen telefonía móvil, 3.7% de hogares poseen televisión satelital, 11,64% de hogares poseen internet.

De los datos anteriores se puede considerar que Sinaí cuenta con 75 hogares, considerando que existe un 47.34% de hogares que están interesados en usar servicios de telecomunicaciones, 11,64% poseen internet, se considera una demanda de 35 clientes a mediano plazo y 9 clientes a corto plazo.

3.2 Trabajo de Campo

El trabajo en campo se fundamenta en el reconocimiento del área donde se va a localizar la red FTTH, realizado este procedimiento se logra la información de la estructura y canalización de la red, además se almacena los datos del estado de viviendas, admitiendo sus construcciones en donde puedan existir abonados a corto, mediano plazo y largo plazo.

3.2.1 Levantamiento de la Infraestructura

En el levantamiento de la infraestructura existente se revisó el número de vías disponibles para el tendido, al igual que la capacidad y calidad de los postes; dentro

de esta actividad se toman coordenadas GPS de los puntos e infraestructuras claves para la creación de un plano base que será utilizado para el diseño de la red.

3.3 Estudio de la Demanda

En Sinaí la empresa CNT EP, actualmente ofrece servicios de televisión satelital, internet corporativo, telefonía fija CDMA450. También existe un proveedor de internet por radio denominado Bunker.

Para determinar la demanda y a su vez el grado de interés de los habitantes en cuanto a los servicios de telecomunicaciones, el ancho de banda necesario para cubrir sus requerimientos y demás aspectos relevantes, se utilizó la técnica investigativa de encuesta.

3.3.1 Resultados

Las encuestas fueron realizadas en su totalidad a las muestras poblacionales correspondientes, los encuestados fueron entrevistados de manera personal con la opción de esclarecer cada pregunta si fuera necesario, para evitar confusiones o respuestas erróneas que pudieran alterar los resultados. A continuación, en la tabla 3.1 se detallan los resultados obtenidos de las encuestas tanto en porcentajes como en descripción dependiendo de la pregunta realizada.

Tabla 3.1: Resultados de la encuesta

DETALLE O CARACTERISTICA	PROVEEDOR	CANTIDAD
Viviendas con al menos un servicio de telecomunicaciones	-	55 %
Viviendas con internet fijo	-	30%
Viviendas que cambiarían a internet por GPON	-	25%
Viviendas con televisión satelital	-	20%
Viviendas con telefonía fija	-	30%
Tipo de proveedores en la zona	Claro, CNT EP Bunker	3

Proporciona televisión satelital y telefonía fija	CNT EP	-
Proporciona televisión satelital	Claro	
Proporciona internet fijo	Bunker	
Costo del internet	-	25.00 dólares
Costo de televisión satelital		20.00 dólares
Costo de telefonía fija		7.00 dólares
Viviendas contratarían los servicios por GPON		70 %
Viviendas contratarían internet por GPON		60%
Personas dispuestas a pagar 25 dólares por internet		30%
Personas dispuestas a pagar 20 dólares por internet		35%
Viviendas que contratarían telefonía fija		15%
Personas dispuestas a pagar 10 dólares por telefonía fija		5%
Personas dispuestas a pagar 5 dólares por telefonía fija		10%
Viviendas que contratarían televisión por fibra		15%
Personas dispuestas a pagar 15 dólares por televisión por fibra		5%
Personas dispuestas a pagar 20 dólares por televisión por fibra		5%
Personas dispuestas a pagar 25 dólares por televisión por fibra		5%

Fuente: Elaborado por el autor

Con el resultado de las encuestas realizadas se puede estimar el o los servicios a ofrecer, demanda, precios y competencia.

- **Servicios a ofrecer:** Con un 65% el servicio de internet tiene la mayor aceptación en la población, por lo tanto, el análisis se centrará en ofrecer este servicio sobre la red GPON
- **Precio:** Se realizará el análisis económico con los dos precios presentes en la encuesta, 20 y 25 dólares mensuales por el servicio de internet.

- **Competencia:** Si se centra el análisis en el servicio de internet se tienen los siguientes puntos.
 - o Primero, el precio del competidor es de 25 dólares, se puede ofrecer un precio menor.
 - o Segundo, el competidor ofrece el servicio por radio enlace, se puede ofrecer una mejor velocidad por fibra.
 - o Tercero, el competidor requiere de un mástil o polo para la instalación de la antena aumentando los costos de instalación.
 - o Cuarto, la red GPON permite ofrecer más servicios por la misma fibra aparte de internet.

3.4 DIMENSIONAMIENTO RED GPON.

Para dimensionar la red se considera el diagrama de red de distribución óptica (ODN), ver figura 3.2.

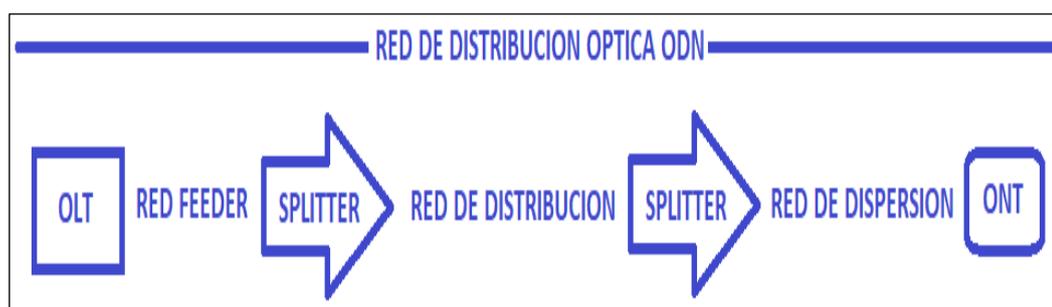


Figura 3.1: Red de distribución óptica ODN
Fuente: Elaborado por el autor

Se considera una demanda inicial de 18 clientes, proyectada de 48 y máxima de 75. Se dimensiona la red y equipos según la demanda máxima. En la tabla 3.2 se muestran los aspectos considerados

Tabla 3.2: Aspectos para el diseño de la red GPON

ITEM	VALOR	REQUIERE
OLT	2 Puertos PON	Minirack
RED FEEDER	Drop 4 hilos	Canales
SPLITTER N1	1x4 conectorizado	NAP 8 puertos
RED DE DISTRIBUCION	Drop 2 hilos	Herrajes
SPLITTER N2	1x16 conectorizado	NAP 16 puertos
RED DE DISPERSION	Drop 2 hilos	Herrajes
ONT	1 cliente	Router + wifi

Fuente: Elaborado por el autor

En base al diseño de la ODN y la tabla 3.2 se realiza el diagrama de la red GPON, ver figura 3.2.

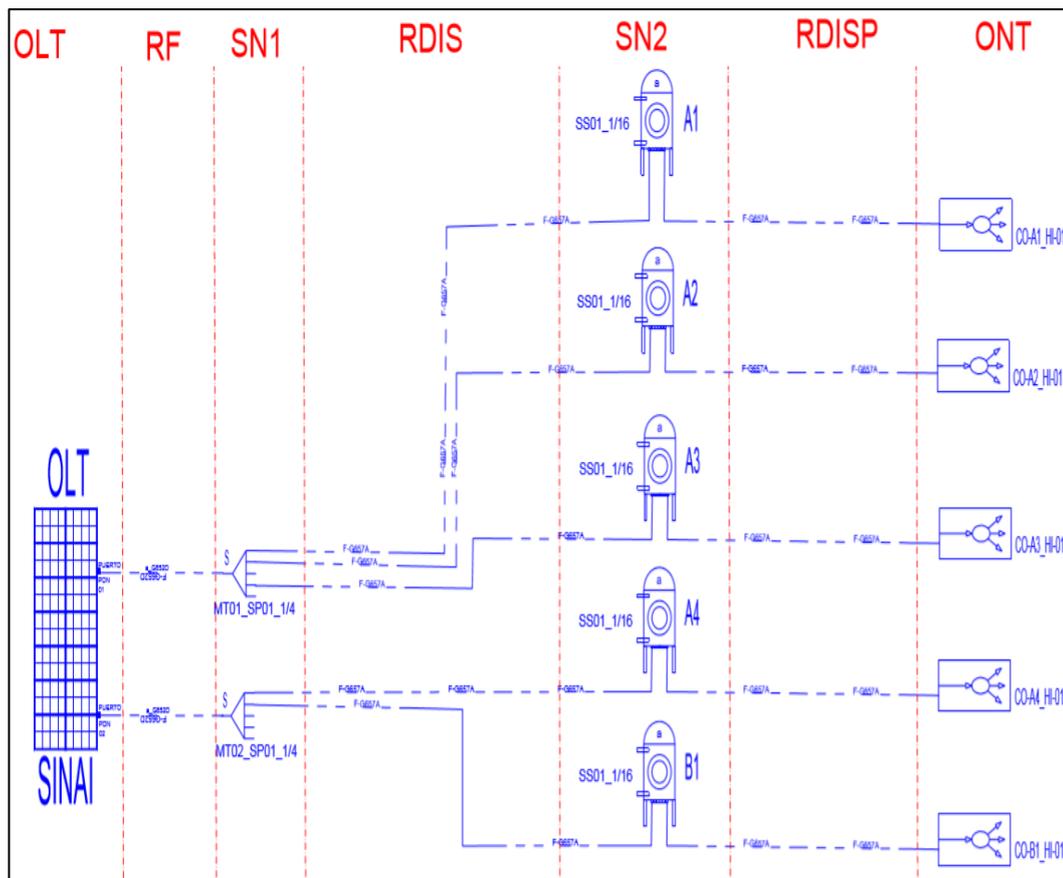


Figura 3.2: Diagrama Red GPON

Fuente: Elaborado por el autor

3.5 MATERIALES Y EQUIPOS

El equipo central de una red GPON es la OLT, la misma es la encargada de gestionar el tráfico de los clientes. Las características que se analizarán para seleccionar la OLT son: Capacidad del uplink, capacidad de clientes de los puertos PON, número de puertos PON, QOS, soporte de capa 3, precio y alimentación. En la tabla 3.3 se detallan varias OLT y sus características:

Tabla 3.3: Marcas y características

OLT	MARCA	PO N	QO S	CAP A 3	ENERGI A	UPLINK	PRECI O
MA5806 T	HUAWE I	8	SI	SI	AC/DC	1.25Gbps	1500
C320	ZTE	8	SI	SI	AC/DC	1.25Gbps	630
V1600G0	VSOL	4	SI	SI	AC	1.25Gbps	677
FD1208S	C-DATA	8	SI	SI	AC	1.25Gbps	850
OLT-4	UFIBER	4	SI	SI	AC/DC	2.5Gbps	1000

Fuente: Elaborado por el autor

Los equipos antes descritos trabajan a nivel de capa 3 y tienen gestión de tráfico, por lo que se puede trabajar sin un router de borde, en general las OLT descritas en la tabla anterior cumplen con el dimensionamiento de la red, de modo que no se enfoca en el precio y la disponibilidad en el mercado. La OLT VSOL, será la seleccionada para continuar con el estudio.

3.6 Administración de equipos

La solución VSOL ofrece al usuario una interfaz gráfica muy amigable, donde se puede realizar la configuración de los clientes y llevar un registro ordenado, como se muestra en la figura 3.3.

INTERFAZ WEB FIG

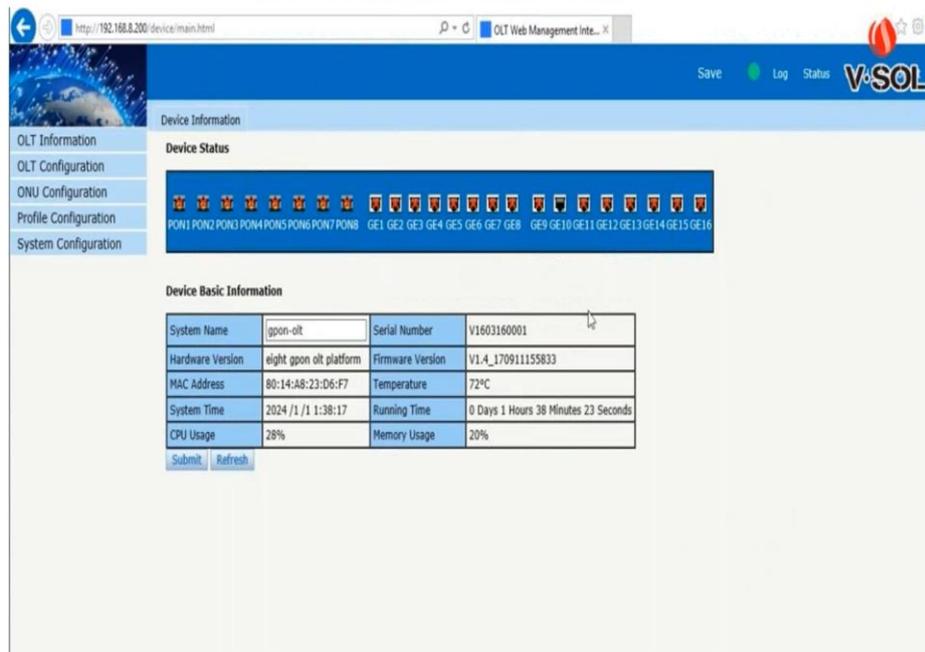


Figura 3.3: Interfaz VSOL

Fuente: Web Fig

La gestión de la OLT no tiene enlace directo con la facturación del servicio, lo que si permite es gestionar el ancho de banda contratado, bloquear clientes por falta de pago.

Para la operación y mantenimiento, se debe sacar respaldo de la configuración y tener un equipo de respaldo, se debe revisar las alarmas activas y asegurarse que la potencia de cada OLT se encuentre en los valores normales de operación.

3.7 Diseño red GPON

Existen varias alternativas para llevar actualizada la red GPON, una de ella es QGIS, este software es libre y maneja formatos que aceptan los entes reguladores.

Con la información levantada en campo se ubican las NAP y se diseña la red, se organiza la red en capas según los elementos: postes, NAPs, mangas, red feeder, red de distribución y nodo.

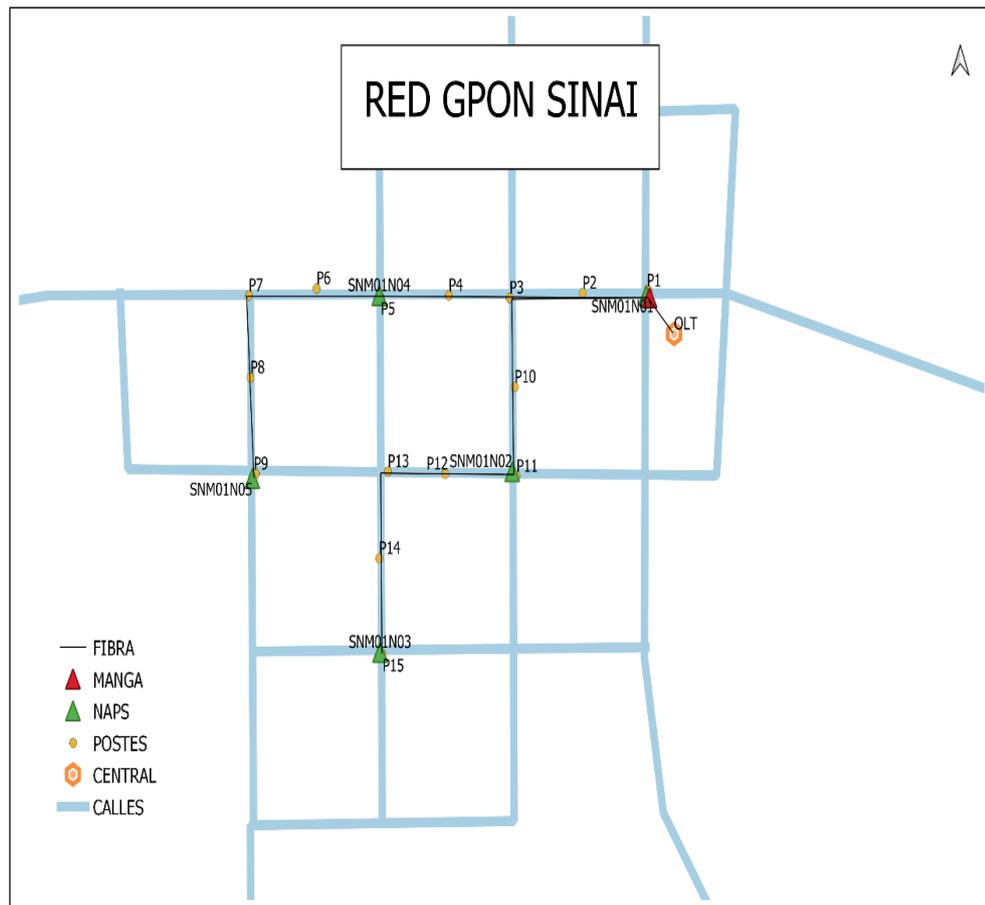


Figura 3.4: Diseño Red GPON
Fuente: Elaborado por el autor

3.8 Analisis de costos de equipos y materiales

Se trabajará con un cuadro en Excel para realizar un análisis económico básico, el monto inicial es la inversión, donde se consideran los materiales, herramientas, EPPs y equipos que son necesarios para el funcionamiento del negocio.

Herramientas:

- Taladro
- Broca
- Martillo
- Sunchadora
- Cortafrío

- Desarmador
- Peladora de drop
- Cortadora de drop
- Escalera
- Cono de seguridad
- Etiquetadora

Materiales:

- Amarras
- Grapas
- Taco Fisher
- Tornillos

EPPS (Equipos de protección personal)

- Casco
- Cinturón
- Uniforme
- Zapatos
- Guantes
- Gafas

Equipos

- OLT
- Patchcord
- UPS
- Baterías
- Minirack
- Computadora

Adicional se debe incluir el costo de la red GPON, como resultado se tiene el valor de la inversión inicial que se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4: Flujo de Efectivo

FLUJO DE EFECTIVO NETO	
INVERSION INICIAL	-7708.4
AÑO 1	-500
AÑO 2	5575
AÑO 3	5800
AÑO 4	5800
AÑO 5	5800
VAN	\$5,684.26
TIR	37%
TASA	0.16

Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla 3.5 se detalla los productos, el costo y el valor total que asumirá el cliente y se lo detalla de la siguiente manera:

Tabla 3.5: Costo real de instalación

COSTO MATERIALES DE INSTALACION						
PRODUCTOS		PRECIO SIN IVA	PRECIO CON IVA			
Ont		32.5	36.4			
Patchcord utp 3m		2.73	3.0576			
Grapas con clavo		0.0075	0.0084			
Amarras		0.01	0.0112			
Conector mecánico		1.164	1.30368			
Fibra por metro		0.1	0.112			
Suncho fibra drop 1.5 m		0.15	0.168			
Etiqueta brandy		0.5	0.56			
Taipe		0.1	0.112			
VALOR DE INSTALACION						
SERVICIO	V. FIJO	GRAPAS	AMARRAS	CABLE	SUNCHO	TOTAL
INSTALACION	41.32	40	20	200	1.34	64.28

Fuente: Elaborado por el autor

CAPITULO IV: ANALISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se va a realizar el cálculo de los parámetros técnicos como atenuación debida a los diversos factores que producen pérdidas en la red, para poder determinar si sus rangos se enmarcan dentro de los parámetros técnicos que la red GPON requiere para poder levantar su servicio; adicionalmente se calculará el presupuesto referencial de la implantación de la red, para tener especificado el costo de la inversión.

4.1 Calculo de Atenuaciones

El cálculo de atenuaciones se lo realiza desde la mini – OLT, hasta las cajas ópticas más lejanas; el cual presenta la disminución de potencia de la señal óptica, en proporción inversa a la longitud de la fibra, cuya unidad de medida es el decibel (dB), que indicará si el alcance de la red cumple con los parámetros técnicos para su puesta en marcha.

Esta propuesta inicia desde la mini – OLT con el tendido del cable feeder que recorre hasta las mangas ubicadas en monte Sinaí.

Para el cálculo de atenuaciones de empleó la siguiente fórmula

$$\text{Atenuación} = A_c \times L + A_s \times C_s + A_{ct} \times C_{ct} + A_f \times C_f$$

Donde:

A_c = Atenuación del cable de fibra óptica (dB)

L = Longitud del cable de fibra óptica (km)

A_s = Atenuación por splitter (dB)

C_s = Cantidad de splitters

A_{ct} = Atenuación por conectores (dB)

C_{ct} = Cantidad de conectores

A_f = Atenuación por fusiones (dB)

C_f = Cantidad de fusione

$$\text{Atenuación} = \text{Ac} \times \text{L} + \text{As} \times \text{Cs} + \text{Act} \times \text{Cct} + \text{Af} \times \text{Cf}$$

$$\text{Atenuación estudio} = 0.25\text{dB} \times 0.5\text{km} + 10.00\text{dB} \times 2 + 0.5\text{dB} \times 4 + 0.1 \times 4 = \mathbf{22.525\text{dB}}$$

4.2 Presupuesto Referencial

Para realizar el cálculo del presupuesto referencial se establece valores de pago de megas, clientes, sueldos empleados, alquiler de postes entre otros que se detalla en la tabla 4.1

Tabla 4.1: Presupuesto Referencial

	OCT 202 0	NOV 202 0	DIC 202 0	ENE 202 1	FEB 2021	MAR 2021	ABR 202 1	MA Y 202 1	JUN 202 1	JUL 202 1	AGO 2021	SEP 2021	TOTA L
CLIENTES	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	
COSTO PLAN	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
MEGAS PLAN (Mbps)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
COMPARTICIO N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
INGRESO INTERNET	450	550	650	750	850	950	1050	1150	1250	1350	1450	1550	12000
CLIENTE (Mbps)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
PORTADOR (Mbps)	36	44	52	60	68	76	84	92	100	108	116	124	
COSTO MEGA	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
PAGO PORTADOR	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	5760
INSTALACION	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	
CLIENTES NUEVOS	18	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
INGRESO INSTALACION	1170	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	4030
COSTO INSTALACION	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	
EGRESO INSTALACION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUELDO EMPLEADO 1	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	
SUELDO EMPLEADO 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SUELDO EMPLEADO 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SUELDO EMPLEADO 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EGRESO EMPLEADOS	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	4800
EGRERO TRANSPORTE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1200
EGRESO FIJO	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1200
POSTES	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
COSTO POSTE	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

EGRESO POSTE	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	150
TOTAL INGRESO	450	550	650	750	850	950	1050	1150	1250	1350	1450	1550	1200	0
TOTAL EGRESO	828,5	876,5	924,5	972,5	1020,5	1068,5	1117	1165	1213	1261	1308,5	1356,5	1311	0
FLUJO DE CAJA	-378,5	-326,5	-274,5	-222,5	-170,5	-118,5	66,5	14,5	37,5	89,5	141,5	193,5	-1110	

Fuente: Elaborado por el autor

Según la tabla 3.1 el resultado de la demanda se detalla de la siguiente manera:

Una demanda a corto plazo de 18 clientes (25 % de la población)

Una demanda a mediano plazo de 22 clientes (30% de la población)

Una demanda a largo plazo de 48 clientes (65% de la población)

CONCLUSIONES

- Por medio del estudio de mercado realizado en la zona a través del método de encuestas, se determina que el 60% de la muestra poblacional puede convertirse en clientes potenciales de la red GPON.
- Los operadores predominantes de los servicios de telecomunicaciones son CNT EP, Claro y Bunker.
- En las encuestas realizadas, se estima un crecimiento en el consumo de servicios por parte de la comunidad joven y residencial de la zona. Este hecho repercute de manera directa en la necesidad de incrementar las prestaciones de red, imponiendo un limitante tecnológico a la red de cobre existente y brindando un motivo de peso para la migración tecnológica.
- El diseño de la red se realizará bajo la premisa de reducir costos de inversión, sin afectar las prestaciones de la red.
- En cuanto a la rentabilidad del proyecto, se concluye que la empresa poseerá un mercado consolidado. El flujo de efectivo revela que los mayores ingresos corresponden a los clientes de la red de cobre a migrar, mientras que, de acuerdo al crecimiento limitado de la demanda proyectada, el ingreso por los clientes nuevos es considerable. Por tanto, una condición para que el proyecto sea rentable es que se mantenga el número de clientes consolidados una vez realizado el cambio tecnológico.
- Por último, de acuerdo a los indicadores financieros VAN Y TIR, se determina la factibilidad del proyecto desde el punto de vista de beneficios económicos, pero alargando el plazo de un año más para que la empresa empiece a generar ganancias.

- La red actual de cobre no ha alcanzado su máximo de vida útil, sin embargo, de acuerdo a la misión de la empresa de mantenerse a la vanguardia, el cambio de tecnología puede justificarse. Por tanto, esta decisión corresponde únicamente a políticas gerenciales internas de la empresa.

RECOMENDACIONES

- En la etapa de diseño se recomienda emplear la normativa de dibujo vigente a nivel nacional, para facilitar el intercambio de información entre áreas de planificación de ser necesario. Además, es importante mantener actualizados los diseños en cuanto a cambio de cajas de distribución, colocación de nuevas cajas o cambios de domicilio de los usuarios.
- De acuerdo a la realidad de la zona en la que se pretenda realizar un diseño de red, se recomienda estudiar la posibilidad de reducir costos eliminando la construcción de armarios y obras civiles, por medio de la utilización de sub-redes de distribución que utilicen mini OLTs.
- De acuerdo con el análisis económico realizado, la recuperación del capital de inversión del proyecto se estima en un periodo de 2 años una vez puesta en marcha la fase de operación. Aun cuando la red de cobre no ha alcanzado su tiempo máximo de vida útil, se recomienda analizar la posible implementación de este proyecto, desde el punto de vista tecnológico (mejores prestaciones para los usuarios) y económico (rentabilidad).

Bibliografía

- Abreu, M., Castagna, A., Cristiani, P., Zunino, P., Roldós, E., & Sandler, G. (2009). *Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH)*. Obtenido de Memoria de trabajos de difusión científica y técnica: https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-04-11_12-50-39119296.pdf
- Alulima, E., & Paladines, C. (2014). *Diseño de una red GPON para la localidad de Vilcabamba*. Obtenido de Repositorio Institucional de la UTPL: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/8473>
- ARCOTEL. (2019). *Agencia de Regulacion y Control de las Telecomunicaciones*.
- Carrera, C. (2013). *Estudio y Simulación del efecto no lineal Automodulación de fase (SPM)*. Obtenido de Repositorio Digital - EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7210>
- Castillo, M., & Figueroa, S. (2013). *Determinación de la demanda, dimensionamiento y diseño de una red de servicios de telecomunicaciones, mediante la tecnología de acceso FTTH en el cantón Gualaceo para la empresa CNT EP*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4100>
- Decker, M., García, J., Herterich, J., Kospach, A., & Ristori, T. (2011). *Signal propagation in nonlinear optical fibers*. Obtenido de http://www.mat.ucm.es/congresos/mweek/V_Modelling_Week/Resolucion%20Problemas/Report_Group1.pdf
- García, A. (2014). *GPON y GPON Doctor. Introducción y Conceptos Generales*. Obtenido de telnet redes inteligentes: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>
- Guamán, J., & Hernández, P. (2016). *Planificación y diseño de una red óptica pasiva "GPON" para la ciudad de General Leonidas Plaza Gutiérrez*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25852>

- ITU - T. (2012). *Transmission characteristics of optical. Recommendation ITU-T*. International Telecommunication Union –Telecommunication Sección.
- Jurado, M., & Barrera, R. (2014). *Red de fibra óptica con tecnología gpon para el mejoramiento los servicios “red de fibra óptica con tecnología gpon para el mejoramiento los servicios de telecomunicaciones de la empresa puntonet s. a. en la ciudad de Ambato.* <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/6912>.
- Lamadrid, G., Rodriguez, M., Fanjul, F., Ortega, N., Salas, I., Cámara, S., & Arce, J. (2010). *Pérdidas en curvaturas del estándar de fibra óptica G-657 para su implantación en la última milla.* Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Cantabria: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/2645/P%C3%A9rdidas%20en%20curvaturas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lozano, C. (2018). *Caja terminal de fibra óptica tipo NAP de 8,16 y 24 puertos.* Obtenido de Cable Servicios S.A.: <https://cableservicios.com/fibraoptica/2018/04/23/cajas-de-empalme-optico-tipo-nap-de-816-y-24-puertos/>
- Millan, R. (2010). *Consultoría Estratégica en Tecnologías de la Información.* Obtenido de <https://www.ramonmillan.com/index.htm>
- Pinto, R., & Cabezas, A. (2014). *Sistemas de comunicaciones Ópticas.* Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11995/Com%20Opticas%20V.2014-03-28%20PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Prieto, J. (2014). *Diseño de una red de acceso mediante fibra optica.* Recuperado de: Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Quisnancela, E., & Espinosa, N. (2016). Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x. *Enfoque UTE*, 16-30. Obtenido de http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/public/journals/1/html_v7n4/art002.html

Ramos, E. (2007). *Simulador de ondas wdm (Optical Division multiplexing) para el Laboratorio de sistemas avanzados de Telecomunicaciones*. Obtenido de Repositorio Dspace: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/95>

Urza, J. (2010). *Convergencias de medios*.

Uzcátegui, L., & Triviño, J. (s.f.). *NGN Next Generation Network*. Obtenido de <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/gilberto/redes/NGN.pdf>

GLOSARIO

ARCOTEL:	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
CNT:	Corporación Nacional de Telecomunicaciones
FTTH:	Fiber to the home (Fibra hasta el hogar)
GAD:	Gobierno Autónomo Descentralizado
GPON:	Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (Gigabit-capable Passive Optical Network).
INEC:	Instituto Nacional de Estadística y Censos
IPTV:	Internet Protocol Television (Televisión por Protocolo de Internet)
ISP:	Internet Service Provider (Proveedor de servicios de internet)
ITU:	International Telecommunication Union – Telecommunication Sección (Unión Internacional de Telecomunicaciones)
ODN:	Optical Distribution Network (Red de Distribución óptica)
ONT:	Optical Network Unit (Terminal de red óptico)
OLT:	Optical Line Terminal (Línea de terminal óptica)
PDYOT:	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
TDMA:	Time Division Multiplexing (Multiplexación por división de tiempo)
WDM:	Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por división de longitud de onda)



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cristian Fernando Montenegro Salinas**, con C.C: # 1400661573 autor del trabajo de titulación: **Estudio técnico para la implementación de una red GPON para la parroquia Sinaí de la provincia de Morona Santiago**, previo a la obtención del título de **Magister en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, 25 de mayo de 2021

f. 

Nombre: **Cristian Fernando Montenegro Salinas**

C.C: **1400661573**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio técnico para la implementación de una red GPON para la Parroquia Sinai de la Provincia de Morona Santiago		
AUTOR(ES)	Cristian Fernando Montenegro Salinas		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MSc. Luis Córdova Rivadeneira/MSc. Edgar Quezada Calle/MSc. Manuel Romero Paz		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
CARRERA:	Maestría en Telecomunicaciones		
TITULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Guayaquil, 25 de mayo de 2021	No. DE PÁGINAS:	55
ÁREAS TEMÁTICAS:	Arquitectura GPON, Red feeder, Red de distribución, Red de dispersión, Área de Cobertura, Cálculo de Atenuaciones		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	GPON, PDYOT, FTTH, ITU-T G.984.X, OLT, ONT, ODN, NAP, SPLITTER		
<p>RESUMEN: Las telecomunicaciones en las ciudades como influencia para el desarrollo social, ha generado grades oportunidades para el desarrollo de proyectos y el emprendimiento de nuevos proveedores de servicio de telecomunicaciones. El presente trabajo presenta un análisis de la situación actual de la parroquia Sinai, con la finalidad de determinar valores que permitan diseñar una red GPON que cumpla con las necesidades de la población, analizar las diferentes variables que intervienen en el retorno de la inversión en el tiempo, la variable principal y base es el pago mensual por los servicios a brindar. El diseño aquí expuesto presenta diferencias importantes con redes GPON de grandes operadoras en razón que la demanda potencial no supera los 80 clientes. Como resultado general se determina que es factible la construcción del proyecto, considerando que el sector carece de servicios de internet de banda ancha, siendo una necesidad este servicio. En cuanto a las ventajas económicas para para poder construir la red se requiere únicamente del permiso municipal para la implementación y por la cercanía de la OLT al área de cobertura los parámetros técnicos de la red FTTH se enmarcan en los requeridos para su óptimo funcionamiento</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-996744282	E-mail: nando801@gmail.com	
	Nombre: Romero Paz Manuel de Jesús		



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Teléfono: +593-994606932
	E-mail: manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA	
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	