



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES
Y REDES

**“DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO DE FIBRA ÓPTICA PARA
PROVEER VIDEO E INTERNET Y EVALUAR EL
FUNCIONAMIENTO DE LA RED EN EL SECTOR DE
HUAMBALÓ”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: OSCAR SEBASTIÁN PARRA MAYORGA

DIRECTOR: Ing. Oswaldo Geovanny Martínez Guashima MSc.

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, Oscar Sebastián Parra Mayorga

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **OSCAR SEBASTIÁN PARRA MAYORGA** declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provine de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.


Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de julio de 2020

Oscar Sebastián Parra Mayorga
1804579009

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: Tipo: Propuesta Tecnológica, **“DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO DE FIBRA ÓPTICA PARA PROVEER VIDEO E INTERNET Y EVALUAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA RED EN EL SECTOR DE HUAMBALÓ”**, realizado por el señor **OSCAR SEBASTIÁN PARRA MAYORGA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Vinicio Ramos MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	MARCO VINICIO RAMOS VALENCIA <small>Firmado digitalmente por MARCO VINICIO RAMOS VALENCIA DN: cn=MARCO VINICIO RAMOS VALENCIA, o=EC, ou=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE Motivo: Soy el autor de este documento Ubicación: Fecha: 2020-08-04 11:18:05:00</small>	2020 / julio / 30
Ing. Oswaldo Martínez G. MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	OSWALDO GEOVANNY MARTINEZ GUASHIMA <small>Firmado digitalmente por OSWALDO GEOVANNY MARTINEZ GUASHIMA Fecha: 2020.08.04 10:40:37 -05'00'</small>	2020 / julio / 30
Ing. Diego Veloz CH. MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 DIEGO FERNANDO VELOZ CHERREZ <small>Firmado electrónicamente por:</small>	2020 / julio / 30

DEDICATORIA

“Dedico esta tesis a mi padre Guillermo y mi madre Eugenia, por haberme apoyado en cada uno de mis pasos y enseñarme buenos valores, por la motivación constante que permitieron que hoy en día sea la persona que soy y por su amor incondicional. A mis hermanas Maritza y Jessica por ser esas amigas incondicionales, a Juan por ser el ejemplo para a seguir del cual aprendí tantas cosas y además quiero dedicar esta tesis a Johanna, gracias a su apoyo y aliento incondicional puede culminar mis metas”.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios por permitirme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de mis estudios, también quiero agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y sus docentes quienes con sus conocimientos y apoyo me guiaron a través de cada una de las etapas de este proceso para alcanzar los resultados que buscaba. Por último y no menos importante, quiero agradecer a todos en mi familia, compañeros, por apoyarme en todo momento, en especial, quiero mencionar mis padres Guillermo y Eugenia, que siempre estuvieron ahí para darme las palabras necesarias de apoyo y un abrazo reconfortante.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
RESUMEN	XVI
SUMMARY	XVII
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	7
1.1 Estado del arte.....	7
1.2 Bases teóricas	9
1.3 Introducción	9
1.4 Sistemas de comunicaciones ópticas	9
1.5 Red óptica.....	10
1.6 Índice de Refracción	11
1.7 Índice de Reflexión.....	11
1.8 Fibra Óptica	11
1.9 Comparación entre fibra óptica vs cobre.....	12
1.9.1 <i>Propiedades y beneficios al utilizar fibra óptica</i>	13
1.9.2 <i>Propagación dentro de la fibra óptica</i>	14
1.9.2.1 <i>Apertura numérica</i>	15
1.10 Tipos de Fibra Óptica	15
1.10.1 <i>Fibra Monomodo</i>	16
1.10.2 <i>Fibra Multimodo</i>	15
1.11 Efectos en la fibra óptica	16

1.11.1	<i>Atenuación</i>	17
1.11.2	<i>Dispersión</i>	17
1.12	Componentes de conexión	18
1.12.1	<i>Conectores</i>	18
1.12.1.1	<i>ST</i>	18
1.12.1.2	<i>SC</i>	18
1.12.1.3	<i>FC</i>	19
1.12.1.4	<i>LC</i>	19
1.12.2	<i>Patch Cords</i>	19
1.12.3	<i>Pigtail</i>	20
1.13	Empalmes	20
1.13.1	<i>Fusión</i>	20
1.13.2	<i>Mecánicos</i>	21
1.14	Transmisores y receptores ópticos	21
1.14.1	<i>LEDs</i>	21
1.14.2	<i>Láseres</i>	22
1.14.3	<i>Fotodetectores</i>	22
1.14.3.1	<i>PIN</i>	23
1.14.3.2	<i>APD</i>	23
1.15	Técnicas de Multiplexación	23
1.15.1	<i>WDM</i>	23
1.16	Partes de redes ópticas	24
1.16.1	<i>Red de acceso</i>	24
1.16.2	<i>Red de distribución</i>	24
1.16.3	<i>Red de Core</i>	24
1.17	Clasificación de redes ópticas	24
1.17.1	<i>Redes FTTX</i>	24
1.17.2	<i>Redes Ópticas Pasivas (PONS)</i>	25
1.18	Redes GPON	26

1.19	Servicios de video e internet	27
1.19.1	<i>Video</i>	27
1.19.2	<i>Datos</i>	27
1.20	Parámetros técnicos de transmisión	28
1.20.1	<i>Señal a Ruido</i>	28
1.20.2	<i>Tasa de bit errado (BER)</i>	28
1.20.3	<i>Diagrama del ojo</i>	28
1.20.4	<i>Factor Q</i>	29
1.21	Marco legal	29
1.21.1	<i>Normativa ITU-T G.984.x</i>	29

CAPÍTULO II

2.	METODOLOGÍA	32
2.1	Diseño	32
2.2	Enfoque	32
2.3	Métodos de investigación	32
2.4	Alcance Investigativo	33
2.5	Técnicas	33
2.5.1	<i>Entrevista</i>	33
2.5.2	<i>Observación</i>	34
2.5.3	<i>Encuesta</i>	34
2.6	Localización	34
2.7	Estudio de la Demanda	36
2.7.1	<i>Análisis Urbanístico del sector</i>	36
2.7.2	<i>Análisis demográfico</i>	37
2.8	Tamaño de la muestra	37
2.9	Análisis de los datos de las encuestas	38
2.10	Análisis de los resultados de las encuestas	47
2.11	Propuesta tecnológica de diseño de la Red	47

2.11.1	<i>Límites de la zona</i>	48
2.12	Arquitectura de la red	52
2.12.1	<i>Arquitectura tipo árbol</i>	52
2.12.2	<i>OLT</i>	53
2.12.3	<i>ODF</i>	54
2.12.4	<i>Red Feeder</i>	54
2.12.5	<i>Red de Distribución</i>	56
2.12.6	<i>Red de Dispersión</i>	57
2.12.7	<i>Red Interna</i>	58
2.13	Gestión del proyecto del diseño Red	58
2.13.1	<i>Recursos Materiales</i>	58
2.13.1.1	<i>Elementos activos</i>	58
2.13.1.2	<i>Elementos pasivos</i>	60
2.13.2	<i>Cantidad de recursos materiales</i>	62
2.13.3	<i>Presupuesto comercial de los recursos materiales</i>	63
2.14	Distribución de usuarios en la red	64
2.15	Balance de potencia de la red Óptica	65
2.15.1	<i>Pérdidas totales del enlace del usuario más cercano</i>	66
2.15.1.1	<i>Distancia del usuario más cercano</i>	66
2.15.2	<i>Potencia de recepción del usuario más cercano</i>	68
2.15.3	<i>Balance de pérdidas y potencias de usuarios más cercano por zonas</i>	68
2.15.4	<i>Pérdidas totales del enlace del usuario más lejano</i>	69
2.15.4.1	<i>Distancia del usuario más lejano</i>	69
2.15.5	<i>Potencia de recepción del usuario más lejano</i>	70
2.15.6	<i>Balance de pérdidas y potencias de usuario más lejanos por zonas</i>	71
2.16	Margen de seguridad de la red del usuario más lejano	71
2.17	Simulación	72
2.17.1	<i>Optisystem</i>	72
2.17.2	<i>Área de trabajo de Simulación</i>	73

2.17.3	<i>Simulación para el primer caso del usuario más cercano</i>	74
2.17.4	<i>Simulación para el segundo caso del usuario más lejano</i>	76

CAPÍTULO III

3.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	80
3.1	Análisis de las respuestas de las encuestas	80
3.2	Análisis del balance de potencias de los casos críticos	81
3.2.1	<i>Primer caso crítico usuario más cercano</i>	81
3.2.2	<i>Segundo caso crítico usuario más lejano</i>	82
3.3	Análisis de los valores obtenidos en simulación	82
3.4	Primer caso crítico usuario más cercano	83
3.5	Segundo caso crítico usuario más lejano	85
3.6	Resultados de los casos críticos de las 6 zonas	86
	CONCLUSIONES	88
	RECOMENDACIONES	90

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Comparación entre fibra óptica vs cobre.....	13
Tabla 2-1:	Propiedades y beneficios al utilizar una fibra óptica	13
Tabla 3-1:	Características de la tecnología GPON	27
Tabla 4-1:	Características de las tecnologías EPON, BPON, GPON	30
Tabla 5-1:	Clases de la tecnología GPON	31
Tabla 6-1:	Niveles de potencias ópticos de clase C+.....	31
Tabla 1-2:	Métodos de investigación	33
Tabla 2-2:	Medios de comunicación en el domicilio.....	38
Tabla 3-2:	Empresas que brindan los servicios	39
Tabla 4-2:	Inconvenientes con los servicios de telecomunicaciones	40
Tabla 5-2:	Porcentaje de satisfacción	41
Tabla 6-2:	Valores que se cancelan por los servicios	42
Tabla 7-2:	Aceptación por un incremento	43
Tabla 8-2:	Porcentaje residencial y	44
Tabla 9-2:	Porcentajes de contratar	45
Tabla 10-2:	Cambio de tecnología	46
Tabla 11-2:	Ubicación de las redes feeder.....	55
Tabla 12-2:	Características de los diferentes modelos de OLT	59
Tabla 13-2:	Características del modelo de la ONT.....	60
Tabla 14-2:	Características de los diferentes tipos de fibra óptica monomodo.....	61
Tabla 15-2:	Características de la manga óptica	61
Tabla 16-2:	Características de los dos splitter ópticos.....	62
Tabla 17-2:	Cantidad de recursos materiales.....	63
Tabla 18-2:	Costo referencial de la inversión para la red GPON.....	63
Tabla 19-2:	Distribución de usuarios zona 1,2,3,4,5 y 6	64
Tabla 20-2:	Plantilla de presupuesto óptico usuario más cercano	67
Tabla 21-2:	Usuarios más cercanos	69
Tabla 22-2:	Plantilla de presupuesto óptico usuario más lejano	70
Tabla 23-2:	Usuarios más lejanos	71
Tabla 1-3:	Balance de potencias usuarios más cercano	81
Tabla 2-3:	Balance de potencias usuarios más lejano.....	82
Tabla 3-3:	Resultados de los casos más críticos de cada una de las zonas.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Esquema de un enlace de comunicaciones ópticas.....	10
Figura 2-1.	Espectro de luz	11
Figura 3-1.	Composición de la fibra óptica	12
Figura 4-1.	Trayectoria de un rayo de luz en fibra óptica.....	14
Figura 5-1.	Curva de atenuación de la fibra óptica.....	17
Figura 6-1.	Conector ST.....	18
Figura 7-1.	Conector SC	18
Figura 8-1.	Conector FC	19
Figura 9-1.	Conector LC	19
Figura 10-1.	Patch cords	20
Figura 11-1.	Pigtail	20
Figura 12-1.	Longitudes de onda de emisores tipo LED	22
Figura 13-1.	Espectro de láser y diodo led	22
Figura 14-1.	Tipos de acceso de redes FTTX.....	25
Figura 15-1.	Transmisión de la red GPON.....	26
Figura 16-1.	Diagrama de ojo	28
Figura 17-2.	Entrevista en el sector de Huambaló.....	34
Figura 1-2.	Mapa urbanístico de Huambaló	37
Figura 2-2.	Zonas de Huambaló	48
Figura 3-2.	Mapa político de Huambaló.....	49
Figura 4-2.	Zona 1.....	49
Figura 5-2.	Zona 2.....	50
Figura 6-2.	Zona 3.....	50
Figura 7-2.	Zona 4.....	51
Figura 8-2.	Zona 5.....	51
Figura 9-2.	Zona 6.....	52
Figura 10-2.	Arquitectura de red tipo árbol.....	53
Figura 11-2.	Etapas de la arquitectura de la red	53
Figura 12-2.	Posición de la OLT en la parroquia Huambaló.	54
Figura 13-2.	Red feeder en diseño de la red	55
Figura 14-2.	Ubicación de la red feeder N° 1(Zona 1 y 3)	55
Figura 15-2.	Ubicación de la red feeder N° 2 (Zona 2 y 6)	56
Figura 16-2.	Ubicación de la red feeder N° 3 (Zona 4 y 5)	56
Figura 17-2.	Primer nivel de splitter.....	57

Figura 18-2.	Red de dispersión	57
Figura 19-2.	Red interna	58
Figura 20-2.	Elementos pasivos que actúan en el cálculo de pérdidas.....	66
Figura 21-2.	Distancia del usuario más cercano	67
Figura 22-2.	Distancia del usuario más distante	69
Figura 23-2.	Software Optisystem.....	72
Figura 24-2.	Interfaz gráfica del área de trabajo del software	73
Figura 25-2.	Configuración de los parámetros de la red GPON	73
Figura 26-2.	Diseño de la red GPON	74
Figura 27-2.	Configuración de la OLT del primer caso.....	75
Figura 28-2.	Configuración de la ODN del primer caso.....	75
Figura 29-2.	Configuración de la fibra del primer caso	76
Figura 30-2.	Configuración de la ONT del segundo caso.....	77
Figura 31-2.	Configuración de la ODN del segundo caso	77
Figura 32-2.	Configuración de la fibra óptica del segundo caso.....	78
Figura 33-2.	Componentes de la ONT de la Red GON	78
Figura 34-2.	Elementos del subsistema de la ONT	79
Figura 1-3.	Diagrama de ojo ideal.....	83
Figura 2-3.	Diagrama del ojo para el primer caso	84
Figura 3-3.	Potencia recibida en la ONT del primer caso.....	84
Figura 4-3.	Diagrama del ojo del segundo caso.....	85
Figura 5-3.	Potencia recibida en la ONT del segundo caso	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2.	Sectores de activa económica.....	35
Gráfico 2-2.	Respuestas de la pregunta 1	39
Gráfico 3-2.	Respuestas de la pregunta 2	40
Gráfico 4-2.	Respuestas de la pregunta 3	41
Gráfico 5-2.	Respuestas de la pregunta 4	42
Gráfico 6-2.	Respuestas de la pregunta 5	43
Gráfico 7-2.	Respuestas de la pregunta 6	44
Gráfico 8-2.	Respuestas de la pregunta 7	45
Gráfico 9-2.	Respuestas de la pregunta 8	46
Gráfico 10-2.	Respuestas de la pregunta 9	47
Gráfico 1-3.	Respuestas de la pregunta 8	80
Gráfico 2-3.	Respuestas de la pregunta 9	80

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Encuesta realizadas en la parroquia de Huambaló

ANEXO B: Mapa de diseño de la red de acceso GPON en la parroquia Huambaló

ANEXO C: Simulación de red GPON en el software OptiSystem

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue diseñar una red de acceso de fibra óptica para proveer los servicios de video y datos, evaluar el funcionamiento de la red en el sector de Huambaló. Lo cual se realizó con un enfoque cuantitativo, ya que se tomó como punto de partida encuestas para recopilar información del estado actual de la zona y posteriormente se tabuló la información obtenida. Con los planos del sector se diseñó una red que se adecue a los estándares de Red Óptica con Capacidad Gigabit (GPON), donde se analizó ventajas y desventajas con la red actual, número de posibles clientes, distancia del usuario más lejano y cercano, en base a estos antecedentes se diseñó un plano de una red óptica convergente con fibra de tipo monomodo, que contiene las redes: feeder, de distribución y dispersión. Mediante la utilización del software de OptiSystem se simuló la red con los dos casos más críticos evaluando los parámetros técnicos de transmisión: atenuación, tasa de error de bits (BER) y factor de calidad Q. El primer caso corresponde al usuario más cercano 1.34 Km con pérdidas mínimas y potencia máxima, el segundo caso al usuario más lejano 4.2 Km con pérdidas máximas y potencia mínima del equipo OLT. Donde se obtuvo: $-17.43dBm$ y $-22.57dBm$ en atenuación, 16.61 y 6.03 de factor Q y $2.57e^{-62}$ y $8.13e^{-10}$ de BER para el primer y segundo caso correspondientemente, como resultado, los valores de los dos casos se encuentran dentro de la recomendación ITU G.984.2 clase C+, siendo la más óptima, ya que se tiene un margen mayor de sensibilidad mínima y máxima en la OLT como en el terminal de red óptica (ONT). Se recomienda que los equipos a utilizar cumplan con las características técnicas de la normativa para un correcto funcionamiento de la red.

Palabras clave: <TELECOMUNICACIONES>, <RED DE DISTRIBUCIÓN DE CONTENIDOS>, <RED ÓPTICA CON CAPACIDAD DE GIGABIT>, <PARÁMETROS TÉCNICOS DE TRANSMISIÓN>, <ATENUACIÓN DE SEÑAL>, <TASA DE ERROR DE BITS>, <FACTOR DE CALIDAD>, <HUAMBALÓ (PARROQUIA)>.



0111-DBRAI-UPT-2020

SUMMARY

The aim of this study was to design a fiber-optic access network to provide video and data services, test the operation of the network in the Huambaló sector. This was done with a quantitative approach since surveys were taken as a starting point to collect information on the current state of the area and subsequently, the information gotten was tabulated. With the maps of the sector, a network was designed adapted to the standards of Optical Network with Gigabit Capacity (GPON). Advantages and disadvantages with the current network, some possible clients, the distance of the most distant and near the user, were analyzed. Based on these antecedents a map of a converging optical network with single-mode fiber was designed, which contains the networks: feeder, distribution, and dispersion. Using the OptiSystem software, the network was simulated with the two most critical cases testing the technical transmission parameters: attenuation, bit error rate (BER), and quality factor Q. The first case corresponds to the closest user 1.34 Km with minimum losses and maximum power, the second case to the farthest user 4.2 Km with maximum losses and minimum power of the OLT equipment. It was got: $-17.43dBm$ and $-22.57dBm$ in attenuation, 16.61 and 6.03 of Q factor and $2.57e^{-62}$ y $8.13e^{-10}$ of BER for the first and second case correspondingly, as a result, the values of both cases are within the ITU G.984.2 class C+, being the most optimal, since it has a greater margin of minimum and maximum sensitivity in the OLT as in the optical network terminal (ONT). It is recommended that the equipment to be used complies with the technical characteristics of the regulations for the correct operation of the network.

Keywords: <TELECOMMUNICATIONS>, <CONTENT DISTRIBUTION NETWORK>, <OPTICAL NETWORK WITH GIGABIT CAPACITY>, <TRANSMISSION TECHNICAL PARAMETERS>, <SIGNAL ATTENUATION>, <BIT ERROR RATE>, <QUALITY FACTOR>, <HUAMBALO (MUNICIPALITY)>

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El acceso a los servicios de televisión pagada e internet con mejores prestaciones como una tasa alta de transferencia de datos es un problema que se presenta en las zonas rurales en la actualidad. Existen diferentes proyectos técnicos que dan solución a este problema desde el aumento de ancho de banda hasta soluciones más efectivas como el cambio de infraestructura de la red de cobre a fibra óptica.

Debido al crecimiento comercial de las industrias y la tecnología GPON (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit) las empresas buscan expandir sus servicios como televisión e internet a través de un mismo medio de transmisión. Por lo que la fibra óptica permite utilizar una sola infraestructura de acceso reduciendo el consumo de recursos.

En 1820, Augustin-Jean Fresnel ya sabía de las leyes matemáticas que presidían sobre la recepción de luz en muestras de vidrio. En el año 1870 el físico John Tyndall que provenía del país de Irlanda encontró los efectos que se presentaban a la luz como la reflexión interior que se da en el agua al momento que la misma viaja a través de ella. Desde entonces se seguían presentando estudios donde exponían acerca del potencial que tenía el vidrio para transportar la luz a largas distancias de una manera eficiente. (Vargas, 2014, p. 5)

A nivel mundial los principales operadores de servicios de telecomunicaciones tales como: AT&T que en 1980 fue una de las primeras empresas de telecomunicaciones en utilizar el medio óptico para sus transmisiones en ese entonces, se conectó de la ciudad de Boston hasta Washington.

Telefónica otra empresa grande de las telecomunicaciones a nivel mundial, por el año 2005 inicio sus pruebas piloto, se dio cuenta que su gran red de cobre fue insuficiente para proveer la velocidad necesaria a sus usuarios finales de banda ancha así que comenzó sus primeros estudios de red FTTH (Fibra hasta el hogar) en la ciudad madrileña de Pozuelo Alarcón, brindando en ese entonces una conexión de 50 Mbps de bajada. (Joskowicz, 2013, p. 43)

Así estas empresas están definiendo y ejecutando avanzadas redes convergentes de banda ancha basadas en redes IP (Protocolo de Internet), que permiten ofrecer más servicios sobre la misma infraestructura de transporte, a unos precios cada vez más competitivos. Además de reducir la inversión necesaria en equipos de red, esta convergencia trae consigo para los operadores una

reducción de la complejidad de la gestión y costos operativos más bajos. (Vaca and Margarita, 2011, p. 8)

A nivel del país han sido varias empresas que han migrado su medio de comunicación a F.O (Fibra Óptica) por sus mejores prestaciones de servicios menor latencia, gran ancho de banda entre otras. La empresa CNT E.P. (Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública) que ahora brindan sus servicios de telecomunicaciones voz e internet por este medio F.O. a la gran parte de las zonas urbanas de las principales ciudades del Ecuador. Otra empresa es el Grupo TV cable que también migraron sus servicios al mismo medio de transmisión óptico.

Actualmente en la parroquia rural Huambaló de la ciudad de Pelileo en la provincia de Tungurahua, la empresa American Cable S.A. mantienen su servicio de televisión pagada y desea realizar la convergencia de su servicio de video e incrementar el de internet para brindar los dos con mayor beneficio para los usuarios finales y la empresa.

PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo se puede diseñar una red de acceso de fibra óptica para proveer video e internet y evaluar el funcionamiento de la red en el sector de Huambaló?

Sistematización del problema

¿Cómo se puede realizar un estudio de la red actual en la zona de Huambaló?

¿Cuál sería el análisis los estándares actuales de red de acceso GPON para determinar que normativa se adecua mejor a las características de la zona y comparar ventajas y desventajas respecto a la ITU-T G.984.x?

¿Cómo se puede diseñar una red convergente para proveer los servicios de video e internet en la empresa American Cable S.A. utilizando la normativa ITU-T G.984.x?

¿Cómo se puede evaluar los parámetros técnicos de transmisión: Atenuación, BER y Factor Q para cumplir con la normativa ITU-T G.984.x utilizando el software de simulación OptiSystem?

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Justificación Teórica

La empresa American Cable brinda el servicio de televisión por suscripción en la ciudad de Pelileo con una red de cobre y planea hacer una migración de su tecnología hacia una nueva.

En investigaciones se conoció que existe un estudio previo no perteneciente a la empresa realizados por terceros de un diseño de red GPON para la ciudad de Pelileo es por eso que se ha tomado a la parroquia de Huambaló como base, desde el punto de vista técnico donde se ha planteado un análisis desde un enfoque a los servicios de telecomunicaciones con mayor demanda como son internet y televisión, por su importancia de manera local como global debido que hoy en día la mayoría de actividades se realizan de una manera online y el entretenimiento digital va en aumento.

Es por eso por lo que se desea transmitir estos servicios en las ventanas de transmisión que presentan menor atenuación de la tecnología de fibra óptica donde se ha utilizado una normativa diferente que se adapte a las necesidades de los servicios y de la parroquia donde se va a realizar el diseño de red.

La parroquia rural Huambaló donde habitan alrededor de 16000 habitantes (INEC 2018) de los cuales 11200 se dedican a la fabricación y comercialización de muebles finos siendo así su principal actividad económica. Donde actualmente acceden al servicio de internet por el medio de transmisión de cobre, donde se alcanzan velocidades de transmisión de hasta 15 Mbps en un plan elevado que ofrece CNT E.P. en la zona.

Debido al crecimiento exponencial de las tecnologías y de los servicios que hoy en día se brinda por internet muchos de los comerciantes están siguiendo la tendencia de las ventas en línea necesitando así un gran ancho de banda para cubrir todas las necesidades que exige realizar dichas ventas a través de una plataforma virtual.

La empresa American Cable S.A. quiere adaptar los servicios de telecomunicaciones tradicionales para que formen parte de una nueva red convergente que ofrezca mejores prestaciones tecnológicas para los usuarios y mayores beneficios económicos para el proveedor utilizando una misma infraestructura.

Ya que actualmente en el sector se accede al servicio de internet por el medio de transmisión de cobre teniendo tasas de transferencias inferiores a las que brinda el medio óptico y con mayor compartición de ancho de banda.

El proyecto se basa en diseñar y evaluar una red de acceso FTTH a través de fibra óptica determinando el estándar que mejor se adapte al sector buscando los requerimientos de las normas establecidas por los estatutos de regulación para llegar a los clientes finales con los dos servicios de televisión e internet.

La investigación está orientada al establecimiento de los requerimientos técnicos que se adapten mejor al diseño y evaluación de la red de fibra óptica, así como también indicar cuales serían las ventajas y desventajas que presentara el proyecto para la empresa al tener mayores velocidades para la transmisión de video e internet. Es así como cuando se realice la migración de la infraestructura de cobre a fibra óptica se alcanzarán velocidades de transmisión de hasta 2.5 Gbps, donde a los usuarios finales se les ofrecerá planes desde 15 Mbps como mínimo en adelante.

Justificación Aplicativa

La migración de los medios de transmisión tradicionales a los actuales dentro de la infraestructura que utilizan las diversas entidades que se dedican a brindar los servicios de telecomunicaciones han ido incrementando sustancialmente, siendo así que las múltiples empresas que trabajan con estos medios tradicionales se ven en la necesidad de cambiar su infraestructura para brindar mayores prestaciones a los usuarios finales.

Tal es el caso que la empresa American Cable S.A. que es la única que brinda el servicio de televisión por suscripción en medios guiados en sector de Huambaló y al desear incrementar otro servicio es necesario que se disponga de altas tasas de transferencia de datos, es por ello por lo que a continuación se muestra el principio del diseño del sistema de F.O que busca ampliar su prestación de servicios a la ciudadanía de Huambaló.

Este diseño está integrado por varios elementos que se integran en las tres partes fundamentales de la red. La red feeder o troncal que será la fibra óptica encargada de salir de la oficina central hasta el primer nivel de división de la señal.

De ahí se seguirá con la segunda parte que es a red de distribución que va desde el primer nivel de división de la señal hasta el segundo nivel de división. Por último, se tiene la red de dispersión que es aquella que llega al usuario final desde el segundo nivel de división de señal siendo has la

ONT (Terminal de Red Óptica) ubicado que cada residencia esta es la última parte de la red de distribución óptica existiendo componente cumplen con funciones son específicas dentro de la red de F.O. Uno de los elementos principales es el OLT (Terminal de Línea Óptica) que es el encargado de multiplexar las señales a ser transmitidas previo a la recepción de estas emitidas por los proveedores, en el caso particular de la empresa American Cable S.A. se multiplexara las señales de los servicios de telecomunicaciones que brindara esta entidad tales como televisión e internet.

Estas señales serán enviadas a través de la fibra óptica a todos los usuarios finales, para ello se considera la característica principal de este medio de transmisión que es el poder mediante un único hilo de fibra óptica llegar a varios usuarios finales.

Otro elemento empleado en el sistema será el Divisor Óptico o Splitter Óptico que es el encargado de dividir el único hilo que recibe del OLT en 64 nuevos hilos de fibra óptica los cuales son distribuidos para cada usuario final, es decir por cada hilo enviado por el OLT máximo se puede dividir en 64 nuevos hilos para la transmisión de los servicios ofertados.

El elemento final que conforma el sistema es la ONT que es un dispositivo que debe ser instalado en los hogares de los usuarios que contraten estos servicios.

Este dispositivo cumple la función de demultiplexar las señales que provienen del ONT ya que este dispositivo puede recibir un único hilo un hilo de fibra óptica, y dispone de dos diferentes terminales que son utilizados uno para la conexión al servicio de internet y el otro para el acceso al servicio de televisión.

Ya un ves diseñada toda la red se realizará la evaluación de los parámetros técnicos como son: la tasa de error binario (BER) que se indica el número de bits recibidos incorrectamente, el nivel de atenuación de la señal que llega al usuario final desde la oficina central y por último el factor Q que se indica una estimación del comportamiento de la señal como la distorsión todos estos indicadores serán evaluados mediante el software de simulación OptiSystem.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar de una red de acceso de fibra óptica para proveer video e internet y evaluar el funcionamiento de la red en el sector de Huambaló

Objetivos específicos

- Realizar un estudio de la red actual en la zona de Huambaló
- Analizar los estándares actuales de red de acceso GPON para determinar que normativa se adecua mejor a las características de la zona y comparar ventajas y desventajas respecto a la ITU-T G984.x
- Diseñar una red convergente para proveer los servicios de video e internet en la empresa American Cable S.A utilizando la normativa ITU-T G.984.x
- Evaluar los parámetros técnicos de transmisión: Atenuación, BER y Factor Q para cumplir con la normativa ITU-T G.984.x utilizando el software de simulación OptiSystem.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Estado del arte

La comunicación entre personas es una exigencia muy necesaria para tener acceso a los datos informativos desde personales hasta globales, por tal razón las telecomunicaciones se permiten realizar esta tarea a pequeñas y largas distancias de decenas de kilómetros. La tecnología ha ido evolucionando cada día más con un gran impacto representativo en la población, desde la primera comunicación que se dio con los teléfonos comunes, que en un inicio empleaban a personas que ejecutaban manualmente la conexión desde el origen hasta el destino final.

Se ha ido accediendo a un intercambio de información multifuncional que ha ido evolucionando donde se han insertado nuevos servicios de telefonía, video e internet, esto gracias al uso de equipos y medios de transmisión más eficaces como el coaxial o el par trenzado ambos elaborados en cobre. Y actualmente la fibra óptica como tecnología de última milla este fabricada en material de vidrio o de plástico. (Medina, 2010, p. 5)

En los últimos años, las infraestructuras de las redes de comunicación guiada han sufrido un desarrollo exponencial debido a que cada día el acceso a internet ya no es un lujo, se ha convertido en una necesidad básica tanto como para personas naturales como para el sector empresarial y con la popularidad que tienen hoy en día las redes sociales, el volumen del tráfico de datos que se envían o se reciben a diario es mucho mayor.

Desde un punto de vista global el lanzamiento de nuevas tecnologías, las comunicaciones inalámbricas han tenido una mayor acogida, desde un periférico personal que se conecte sin la necesidad de un cable hasta la comunicación celular que cada día tienes más usuarios y no necesariamente personas si no equipos domésticos que envía información continua a cada momento hacia la red.

Es necesario brindar una comunicación confiable rápida y robusta donde han ido migrando los enlaces microondas por conexiones que presenten mejores cualidades como menor perdida de información y velocidades más altas que brinda la fibra óptica.

Los novedosos avances al acceso del internet de las cosas IoT por sus siglas en ingles internet of things será posible la comunicación entre equipos sensores entre otros, obteniendo una conexión en tiempo real con los mismos equipos haciéndoles cada vez inteligentes.

En Perú la Red Nacional del Estado Peruano (REDNACE) impulsa en el año 2012 y con la promulgación de la Ley 29904, promocionan la construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica desplegando la Red por los principales estados de Perú con una extensión de alrededor de 13400 Km equivalente a cinco veces la distancia entre la frontera con Chile hasta la frontera de Ecuador. (Díaz Ataucuri et al., 2014, p. 2)

En Chile se expuso la relevancia que tienen la creación de nuevos planes de telecomunicaciones enfocados en fibra óptica describiendo el avance significativo en las características militares ya que con una mejor conexión se auxiliara las labores de rescate, catástrofes, control de emergencias, comunicaciones y de información, en los sistemas de mando, los cuales necesitan de una mayor tiempo de respuesta desde el momento que se informa del evento hasta la actuación del mismo por lo cual es necesario una mayor velocidad la transmisión de la información para atender dichos servicios.(Austral, 2015, p. 1)

A nivel nacional muchas empresas que se dedican a brindar servicios de telecomunicaciones como internet y televisión, una de ellas es la cooperación nacional de telecomunicaciones (CNT EP) que tiene una gran cobertura nacional enfocándose en los sectores con mayor densidad poblacional y zonas principales de la ciudades capitales de cada provincia del país, por ejemplo en la ciudad de Riobamba donde es una ciudad geográficamente con un relieve muy bajo lo que facilita su implementación y donde ha tenido una acogida muy buena por parte de los usuarios finales debidos las benéficos que pre presenta la tecnología.

A nivel de la provincia de Tungurahua la cobertura de uno de sus anillos de red de fibra óptica de CNT E.P. tiene un alcance hasta el cantón de Pelileo ofreciendo su servicio de internet a través de su red GPON enfocando su cobertura en el centro de la ciudad, el servicio de televisión mediante tecnología satelital. La parroquia de Huambaló que pertenece al cantón de Pelileo se encuentra a 8.3 Km de distancia. (CNT EP, 2019, p. 1)

Otra empresa que brinda el servicio de internet mediante tecnología de fibra óptica es Speedy de la ciudad de Ambato que recientemente amplio la cobertura de su red GPON hacia la ciudad de Pelileo, enfocándose brindar sus servicios en la parte central de la ciudad y aun no en las parroquias rurales del Cantón de Pelileo. (Speedy, 2019, p. 1)

En el siguiente capítulo se detallará acerca del diseño de una red de fibra óptica y los servicios que se puede brindar a través de esta, sus modelos de comunicación, se realizará una breve descripción de los tipos de red óptica y sus características más importantes, además se realizará un detalle más profundo de los sistemas de la Red de fibra óptica GPON su definición, características, arquitectura, elementos, tipos de sistemas y los estándares de esta tecnología

1.2 Bases teóricas

En el siguiente apartado se expondrá los estudios teóricos relacionados al diseño de red de acceso de fibra óptica para proveer video e internet.

1.3 Introducción

En la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) se planifica que para el año 2020, alrededor 25 mil millones de dispositivos estarán conectados al internet de una manera independiente sin la necesidad de que exista un módulo de conexión entre el dispositivo final y el acceso a internet ya directamente, como lavadoras neveras más artefactos convencionales con salida a la red, debido a que este tipo de prototipos necesitaran redes que faciliten la transmisión a un mayor volumen de datos, tasas altas de velocidad y redes más fiables. (ITU, 2018)

La red que se diseñara en el presente trabajo de titulación posee una tecnología que se está usando actualmente en el país, mediante el uso de la fibra óptica como medio de transmisión en todas las fases desde la oficina central hasta el consumidor final que se denomina FTTH (Fiber to the Home) fibra hasta el hogar,

En el cual se transmiten video e internet, hoy en día estos servicios se transmiten por diferentes infraestructuras. Al diseñar una red que brinda estos dos servicios se presentan mayores beneficios para las empresas como para los usuarios finales y al ser una red escalable con facilidades de manejo de la red, Es por eso por lo que se detalla como mayor profundidad todos los aspectos del diseño de Red.

1.4 Sistemas de comunicaciones ópticas

El sistema de comunicaciones ópticas difiere muy poco conceptualmente con los otros sistemas, básicamente en la longitud de onda que se utiliza. En un enlace microondas puede encontrarse en torno a los centímetros, mientras las que van a ser utilizadas en los sistemas ópticos se encontrara alrededor de las micras. (Pereda, 2004, pp. 157–159)

En un esquema sencillo con los elementos más esenciales de un enlace punto a punto, deben existir tres elementos básicos transmisor canal y receptor. El transmisor es el encargado de enviar la información previamente procesada con una modulación, el canal es el enlace entre el transmisor y el receptor que se caracteriza por la pérdida progresiva de la señal conforme la distancia aumenta y el receptor su función es la de extraer la señal ya que esta llega con una pérdida significativa donde es necesario realizar una preamplificación, después se ejecuta una demodulación para así obtener la señal deseada

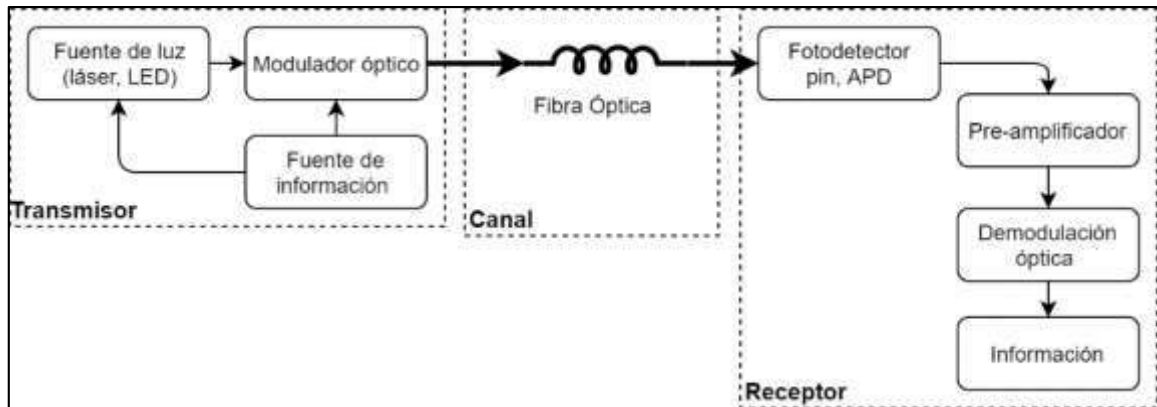


Figura 1-1. Esquema de un enlace de comunicaciones ópticas

Realizado por: Oscar Parra M. 2019

1.5 Red óptica

La luz es uno de tantos fenómenos físicos que forman parte del espectro electromagnético, tiene su principal característica que es a la frecuencia en la que esta se emite. Donde se transmite la información en base a haces de luz a una determinada frecuencia y longitud de onda que están relacionadas entre sí en función a la velocidad que están se propagan en el medio como lo menciona (Seoane Pujol, 2012, pp. 10–11), que se expresa en la siguiente fórmula:

$$v = \lambda * f$$

Donde:

- v = Velocidad de propagación en el medio
- λ = Longitud de onda
- f = Frecuencia

Las señales de longitud de onda baja como el espectro de luz visible para el ser humano, los rayos ultravioletas demuestran un diferente color o longitudes de onda distintas como se muestra en la figura 2-1. (Seoane Pujol, 2012, pp. 10–11)

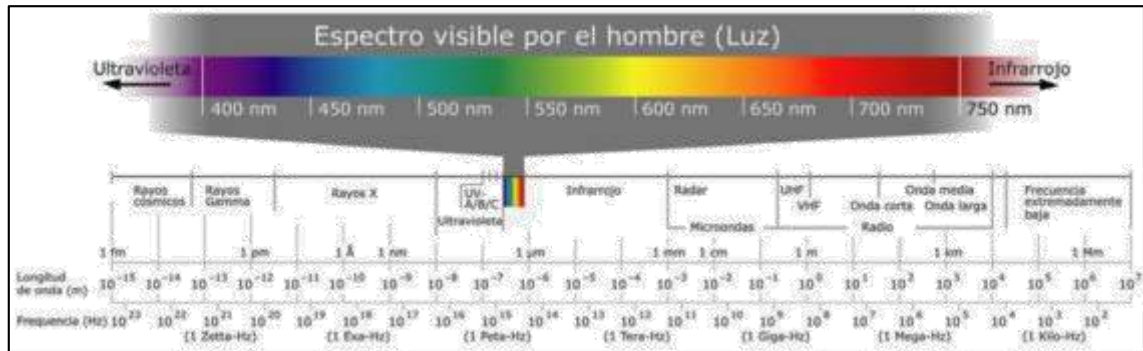


Figura 2-1. Espectro de luz

Realizado por: Jovani Jimenez, 2008

1.6 Índice de Refracción

Es la modificación en la velocidad y dirección del rayo de luz al ingresar en dos diferentes medios dieléctricos para ser más precisos “es el cambio de la fase por unidad de longitud”. Se define como índice de refracción a la disminución de la velocidad de la luz por causa de transmitirse en un medio homogéneo. (Melgar Castillo, 2015, p. 2)

1.7 Índice de Reflexión

Se establece como la modificación en la dirección que soporta un rayo de luz cuando este incide en la superficie límite entre dos medios. Existe dos principios importantes en la ley de reflexión, el primero se basa en que el rayo de luz incidente debe estar en el mismo plano que el reflejado, el segundo principio es que el ángulo de incidencia debe ser igual al ángulo de reflexión. (Melgar Castillo, 2015, p. 3)

1.8 Fibra Óptica

En el año de 1840 en París la fibra óptica fue investigado por Jackes Babinet y Daniel Colladón donde descubrieron el principio del funcionamiento. Su estructura se base en tres componentes principales: núcleo, revestimiento y color. (Pereda, 2004, p. 39)

- **Núcleo.** - Es el interior de la fibra que está elaborado en un material dieléctrico, por lo general vidrio de sílice (SiO_2), “dopado para ajustar su índice de refracción cuyo diámetro oscila entre 4 μm y 1000 μm dependiendo del tipo de fibra (típicamente entre 4 μm y 62.5 μm)” como lo expresa. (López et al., 2015, p. 45)

- **Revestimiento.** – Es la cubierta que está envuelta al núcleo, elaborado con materiales similares al núcleo, pero con la característica de un índice de refracción menor para obtener una reflexión interna total. (López et al., 2015, p. 45)
- **Color.** – Elaborado con materiales de plástico que protegen al revestimiento y al color.

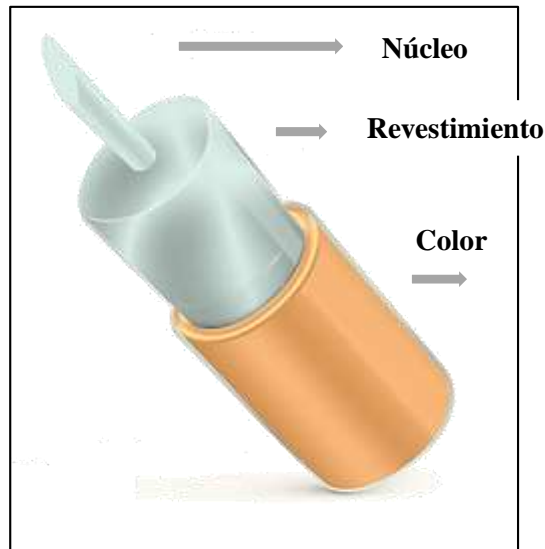


Figura 3-1. Composición de la fibra óptica

Realizado por: Oscar Parra M. 2019

1.9 Comparación entre fibra óptica vs cobre

Se analizará las características más importantes del medio de transmisión de cobre con respecto a la fibra óptica que es que se propone utilizar en el diseño.

La fibra óptica es un medio de transmisión que presta mejores características al momento de decidir por cual elegir. Como podemos observar en la tabla 1-1.

Tabla 1-1: Comparación entre fibra óptica vs cobre

Fibra Óptica	Cobre
Conexiones troncales de distancias grandes	Susceptible a obstrucciones
Gran resistencia contra las interferencias electromagnéticas	Facilidad de robos de señal
Indispensable en redes de alto rendimiento	No recomendable para redes de alta velocidad
Inmunidad a interferencias electromagnéticas y ausencias de radiaciones	Alta atenuación
No es un material corrosivo	Se corroe expuesto al ambiente

Fuente: (Arosemena,2015)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

En los data center de hoy en día se ha comenzado a controlar de manera significativa el consumo de energía de los servidores. Por cada watt de electricidad ahorrado en un servidor se ahorra un watt de electricidad en el aire acondicionado, “En los transceptores de fibra óptica especialmente a 10 gigabits por segundo, se necesita solo una fracción de la potencia eléctrica consumida por los transceptores de cobre”. (Hayes and Rosenberg, 2009, pp. 215–218)

1.9.1 Propiedades y beneficios al utilizar fibra óptica

La fibra óptica tiene muchas características que la hacen única al igual que los beneficios entre los más importantes se mencionan a continuación.

Tabla 2-1: Propiedades y beneficios al utilizar una fibra óptica

PROPIEDADES	BENEFICIOS
Bajas pérdidas	Menor número de repetidoras
Alto ancho de banda	Bajo costo por canal
Pequeño en tamaño, bajo precio y flexibilidad	Facilidad de instalación y transporte
Inmunidad a interferencias electromagnéticas y ausencias de radiaciones	Confiabilidad
Alta estabilidad con la temperatura	Viabilidad como medio de transmisión en condiciones adversas
Dificultad para capturar sus emisiones	Seguridad

Fuente: (López et al., 2015)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

1.9.2 Propagación dentro de la fibra óptica

La luz puede conducirse en un núcleo o en un cilindro dieléctrico transparente que son fabricados en materiales como el vidrio y el plástico, mediante el fenómeno de la reflexión total interna y usando múltiples reflexiones. (Malacara, 2015, p. 17)

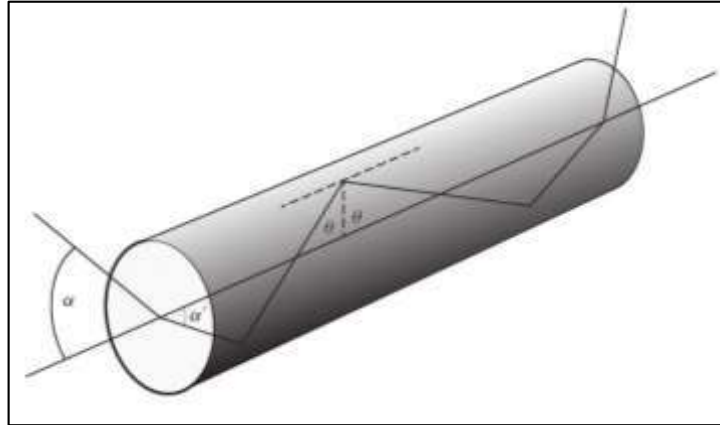


Figura 4-1. Trayectoria de un rayo de luz en fibra óptica

Realizado por: Daniel Malacara, 2015

El mayor cono de luz que se logra transmitir a través de la fibra tiene un semidiámetro α por lo cual el ángulo de reflexión interior será igual al ángulo crítico θ . Se representa en la siguiente fórmula:

$$n_e \sin \alpha = n_i \sin \alpha'$$
$$\alpha' + \theta = 90$$

Donde:

- n_e = Índice de refracción exterior
- n_i = Índice de refracción interior
- θ = Ángulo crítico

Por consiguiente:

$$\sin \alpha = \sin \alpha'$$

Como θ es el ángulo crítico,

$$\sin \theta = \frac{n_e}{n_i}$$

De donde se obtiene que:

$$\sin \alpha = \sqrt{\left[\frac{n_i}{n_e}\right]^2 - 1}$$

1.9.2.1 Apertura numérica

Si se define actualmente la abertura numérica NA de la fibra, como un parámetro que establece la cantidad de la luz que a la fibra puede ingresar y en eso se refleja el volumen de energía que esta puede transportar. Generalmente oscila entre los valores de 0.1 – 0.5. (Caizaguano and Santiago, 2015, p. 9)

$$NA = n_e \sin \alpha$$

Se obtiene:

$$NA = \sqrt{n_i^2 - n_e^2}$$

Con el fin de evitar que la fibra óptica no se contamine, la superficie exterior se recubre con una cubierta dieléctrica con índice de refracción n_e menor que el índice de refracción n_i conocida como revestimiento. (Malacara, 2015, p. 49)

1.10 Tipos de Fibra Óptica

Según su modo de propagación existen dos grupos de fibra óptica: fibra multimodo y fibra monomodo.

1.10.1 Fibra Multimodo

El grupo de fibra multimodo tiene la característica que la luz puede viajar por más de un camino dentro del núcleo, de ahí su nombre multimodo. Esta fibra es usada comúnmente para aplicaciones de distancias cortas menores a los mil metros, es más simple de diseñar y a la vez económica. Su distancia máxima de transmisión es hasta los dos mil metros y utilizando diodos láser de baja intensidad. Ya que el diámetro de su núcleo es mayor que la de una fibra monomodo facilita su conexión, su fusión y por ende posee más tolerancia a componentes no tan precisos para su manejo. (Vargas, 2014, p. 18)

Sus características son:

- Núcleo de vidrio igual a los 50 o 62.5 μm de diámetro
- Revestimiento de vidrio de 125 μm de diámetro
- Mayor dispersión, por lo tanto, pérdida de la señal
- Adecuado para aplicaciones de corta distancia
- Usa led como fuente de luz
- Empleado comúnmente para conexiones de red de área local

1.10.2 Fibra Monomodo

El grupo de fibra monomodo tiene la característica que tiene la mayor capacidad de transmisión de datos que ofrece el fabricante actualmente, posee un ancho de banda muy desde la ventana 1300nm hasta la ventana 1500nm.

Este tipo de fibra es la que menor atenuación presenta con respecto con las demás ventanas de transmisión y debido al volumen de transporte de información esta fibra es la más utilizada ya que se puede transmitir video y datos por estas ventanas. Esta fibra solo puede transmitirse rayos de luz que siguen el eje de la fibra es decir rayos directos con casi nada de ángulo de reflexión sobre el núcleo por lo cual se les denomina fibra monomodo por un único camino de haz de luz. (Vargas, 2014, pp. 16–17)

Sus características son:

- Núcleo de vidrio de 9 μm por ende un núcleo pequeño
- Revestimiento de vidrio de 125 μm
- Menos dispersión y atenuación
- Mayor volumen de capacidad para transmitir información
- Utiliza láser como fuente de luz
- Usualmente empleado en las conexiones troncales de varios kilómetros

1.11 Efectos en la fibra óptica

En los efectos sobre la fibra óptica existen dos que resaltan debido a que están presente en todos los casos de transmisión como son la atenuación y la dispersión.

1.11.1 Atenuación

Básicamente es la reducción de la señal a medida que la distancia aumenta. La atenuación está presente debido a las características físicas que existen en los materiales con los que está fabricado afectando directamente a la transferencia de los datos de forma aceptable se presenta después de varios kilómetros.

Existen rangos de longitud de onda o ventanas apropiadas para la transmisión, por el efecto que tiene la atenuación en la frecuencia se utiliza diferentes ventanas ya que no va a hacer la misma, para ello se maneja con la curva de atenuación como se muestra en la siguiente figura 5-1. (Seoane Pujol, 2012, pp. 14–15)

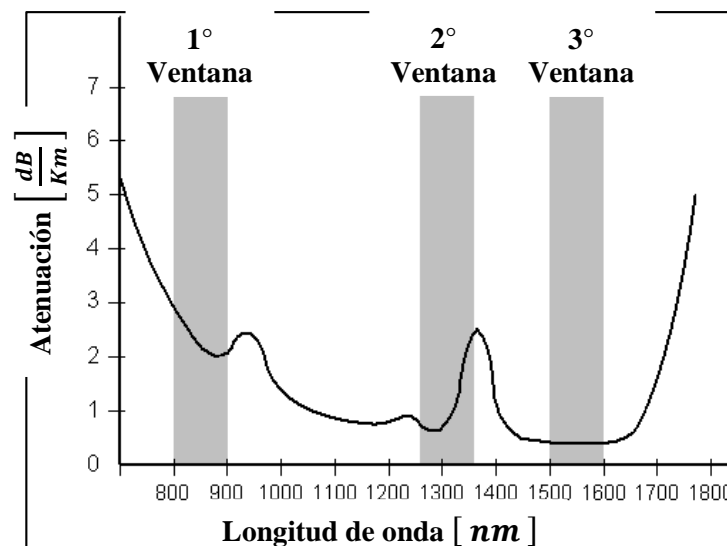


Figura 5-1. Curva de atenuación de la fibra óptica

Realizado por: Oscar Parra M., 2019

1.11.2 Dispersión

Se produce cuando en la señal a transmitirse viajan por diferentes caminos en el medio produciendo un retraso de la propagación distinta de inicio a fin, este efecto que se almacena a lo largo de la fibra, resulta que en la recepción va a ser una señal ensanchada en relación con la que se transmite, formando interferencias con señales adyacentes, que se la de la denominada interferencia Inter símbolo. (Seoane Pujol, 2012, p. 15)

1.12 Componentes de conexión

1.12.1 Conectores

Son los elementos mecánicos que se instalan a los extremos de la fibra óptica, con el propósito de facilitar la conexión con los equipos de transmisión y los dispositivos finales. Actualmente existen en el mercado diferentes tipos de conectores como son: (Reyes and Fernando, 2015, pp. 8–9)

1.12.1.1 ST

El conector ST soporta fibras monomodo y multimodo, así como son los más utilizados, su instalación no es compleja y es empleado en redes de área local o sistemas de seguridad. Posee alrededor de los 0.1 a 0.4 *dB* de pérdidas por conector.



Figura 6-1. Conector ST

Realizado por: UNIMAX, 2019

1.12.1.2 SC

Este tipo de conectores solo son utilizados en fibra monomodo para transmisión de datos, sus pérdidas son mínimas menores a los 0.5 *dB*



Figura 7-1. Conector SC

Realizado por: UNIMAX, 2019

1.12.1.3 FC

El conector FC es utilizado en telecomunicaciones para transmitir datos, tiene bajas pérdidas en promedio de los 0.2 *dB*.

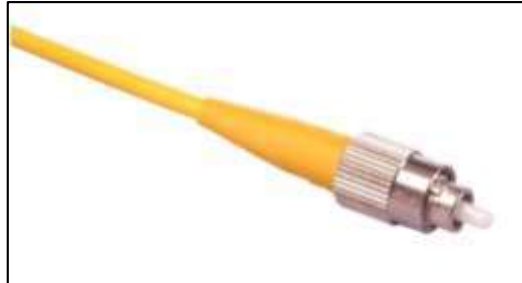


Figura 8-1. Conector FC

Realizado por: (UNIMAX, 2019)

1.12.1.4 LC

Se caracterizan por su tamaño reducido, por su gran capacidad para transmitir datos y sus pérdidas en fibras monomodo es de 0.15 *dB* y en multimodo es de 0.1 *dB*.



Figura 9-1. Conector LC

Realizado por: (UNIMAX, 2019)

1.12.2 Patch Cords

Los patch cords son cables de fibra óptica de alrededor de 1 y 29 metros que son usados en ambientes interiores. Tienen conectores simplex o dúplex a sus extremos dependiendo de los hilos de fibra por lo general dos hilos. Su principal uso es para la conexión entre equipos



Figura 10-1. Patch cords

Realizado por: (UNIMAX, 2019)

1.12.3 Pigtail

Este es un cable de fibra óptica que se caracterizan por tener un conector solo en uno de sus extremos siendo hembra o macho y al otro extremo solo es el cable de fibra para realizar un empalme con otra fibra de una red externa.



Figura 11-1. Pigtail

Fuente: (UNIMAX, 2019)

1.13 Empalmes

Se define a empalme a la unión de dos cables. En fibra óptica se utilizan métodos diferentes a los tradicionales ya sea para ampliar o ubicar conectores, existen algunos métodos de empalme pueden ser por: adhesión, fusión, mecánicos, los dos últimos son los más utilizados en el campo laboral.

1.13.1 Fusión

Consiste en la unión de dos fibras con el equipo denominado fusionadora, el cual realiza la fusión con la ayuda de unos electrodos que calientan el núcleo de la fibra hasta unirlos. El posicionamiento de la fibra es muy importante, debido al tamaño ya que el núcleo se asemeja al

de un cabello humano, por lo que se utiliza unos motores para alinear las fibras antes de su fusión, las pérdidas se aproximan entre los 0.03 a 0.05 *dB*.(Camacho, 2015, p. 86)

1.13.2 Mecánicos

Usados para instalaciones temporales o de corto tiempo. Comprende en alinear las fibras mediante presión para su unión, es el mecanismo más utilizado ya que no es necesario de un equipo para realizar el empalme, sus pérdidas están alrededor de los 0.2 a 1 *dB* dependiendo del fabricante. (Camacho, 2015, p. 86)

1.14 Transmisores y receptores ópticos

La generación de la señal óptica se basa en distintos componentes electrónicos los mismo que realizan la modulación y demodulación de la señal. Para la transmisión de utilizan dos componentes más utilizados que son láseres y LED's. En la recepción se emplean foto detectores.

Existen diferentes equipos para la que generan la luz a la frecuencia deseada estos son láseres y LED (Light Emitting Diode) que ellos se encargan de los diferentes modos de la luz ingresan a la fibra dependiendo de las características de esta, ya sea las dimensiones del núcleo, el material con el que están fabricados, los índices de refracción, la frecuencia y la distancia que se desea transmitir la información.

1.14.1 LEDs

Se definen como diodos foto emisores de luz de rango de longitud de onda muy limitada con una eficiencia muy alta es por eso por lo que es muy utilizado en transmisiones de corta distancia y una tasa de transferencia baja (Seoane Pujol, 2012, p. 18). A continuación, se muestra a las longitudes de onda que trabajan los Leds.

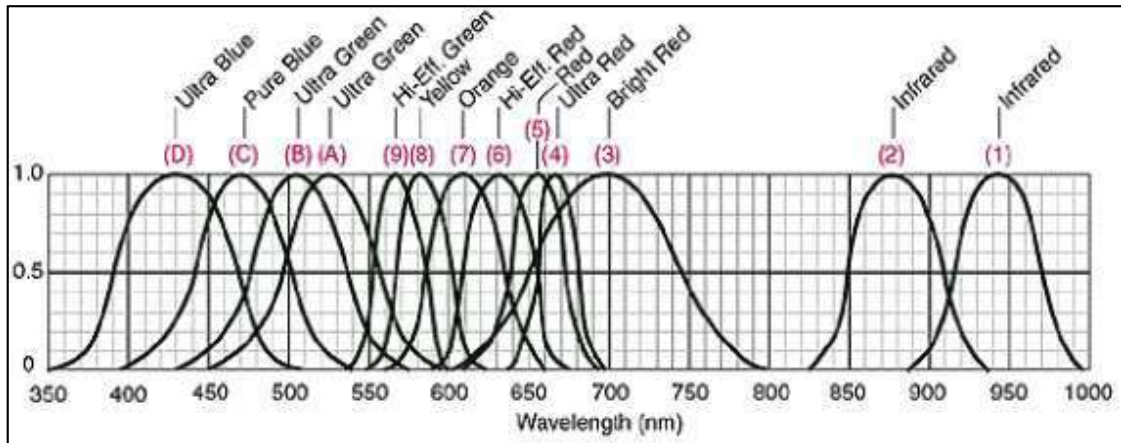


Figura 12-1. Longitudes de onda de emisoros tipo LED

Realizado por: The Fiber Optic Association, Inc., 2014

1.14.2 Láseres

La expresión láser significa amplificar el rayo de luz utilizando la radiación por emisión estimulada que es un “proceso por el cual la energía eléctrica es convertida en energía lumínica, originada por la excitación de los átomos de un material láser” (Castellanos et al., 2016, p. 2), que posibilita la generación de pequeños haces de luz estrechos directivos y de alta potencia a una longitud de onda específica. Su característica más importante es que posee una curva de intensidad espectral mucho más estrecha que la de un diodo LED. Hoy en día los emisoros láser trabajan a un rango de longitud de onda aptas para las fibras ópticas de venta actual. (Seoane Pujol, 2012, p. 19)

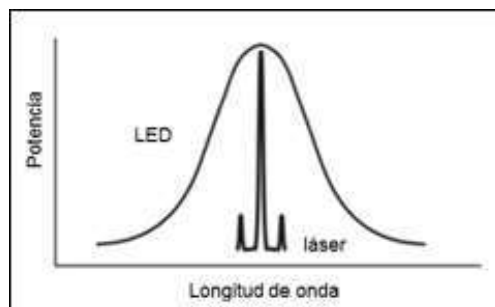


Figura 13-1. Espectro de láser y diodo led

Realizado por: The Fiber Optic Association, Inc., 2014

1.14.3 Fotodetectores

Son conocidos como “fotodiodos o receptores ópticos, son dispositivos transductores óptico-eléctrico, transforman la señal óptica en eléctrica” (Andrés Garrido, 2017, p. 44). Actualmente existen dos clases de fotodiodos los PIN y APD.

1.14.3.1 PIN

Estos dispositivos ópticos son los más empleados actualmente en el mercado comercial debido a su fabricación sencilla, fiable y de bajo ruido Su característica importante es que es más sensible a modificaciones de temperatura y se utilizan en enlaces de corta distancia. (Andrés Garrido, 2017, p. 45)

1.14.3.2 APD

Este tipo de fotodetectores son muy sensibles que los PIN debido a la relación de fotones a electrones de 1 a n. En cambio, los PIN tienen una relación de 1 a 1. Los APD su respuesta de recepción es muy rápida en relación con los PIN. Son utilizados en transmisiones de larga distancia, donde la señal óptica es baja y se necesita una respuesta mayor. (Andrés Garrido, 2017, p. 45)

1.15 Técnicas de Multiplexación

Las técnicas de multiplexación son aquellas que permiten que varias señales compartan el mismo medio de transmisión para transportar hacia los receptores. Para comunicaciones ópticas las técnicas de multiplexación más utilizadas son: WDM (Multiplexación por división de frecuencia), TDM (Multiplexación por división de tiempo) y SDM (Multiplexación por división de espacio).

1.15.1 WDM

Esta técnica posibilita a la red de tener más flexibilidad y ocupar de una manera muy efectiva el ancho de banda del medio óptico. WDM (Multiplexación por división de longitud de onda) se emplea con longitudes de onda diferentes para cada usuario final es muy parecido a la multiplexación por división de frecuencia FDM.

En los equipos fuente un multiplexor realiza la tarea de tomar la señal de cada portadora e ingresarla en el medio de transmisión óptico por ende en el receptor cuenta con un demultiplexor el cual se encarga de separar cada una de las longitudes de onda de cada usuario final. Así se obtiene que cada una de las longitudes de onda que se transmitan con un determinado número de canales que no se interfieran con las demás longitudes de onda o señales. (Seoane Pujol, 2012, p. 28)

1.16 Partes de redes ópticas

1.16.1 Red de acceso

Son llamadas aquellas redes que se ubican lo más cerca al cliente final. También es la que se encarga de todo el tráfico de diferentes niveles de usuarios que corresponden a una zona específica por lo general de un radio de dos a tres kilómetros de una ciudad.

1.16.2 Red de distribución

Comprende a la red urbana donde existen varias zonas de red de acceso que se interconectan con la red de la empresa o del proveedor del servicio. La red de distribución transporta todo el tráfico desde el proveedor hasta los clientes finales.

1.16.3 Red de Core

La red de Core o también conocida como red backbone es la estructura principal de la red donde se conectan las redes de distribución y los sistemas autónomos de jerarquía nacional e incluso hasta salidas internacionales de red (Seoane Pujol, 2012, p. 47), por ende su longitud se encuentra al redor de los miles de kilómetros.

1.17 Clasificación de redes ópticas

1.17.1 Redes FTTX

Son redes donde la fibra óptica conforma todo o la gran mayoría del medio de transmisión, por muchos años el par de cobre, como el coaxial han sido los medios guiados predominantes para transmitir la información, debido a las altas exigencias de hoy en día el ancho de banda requiere de un medio guiado con tasas de velocidad de transmisión más altas. La fibra óptica ha ingresado en este mercado para llegar con los servicios a los clientes debido que su constitución física le permita transmitir a mayor velocidad debido al ancho de banda que ofrece.

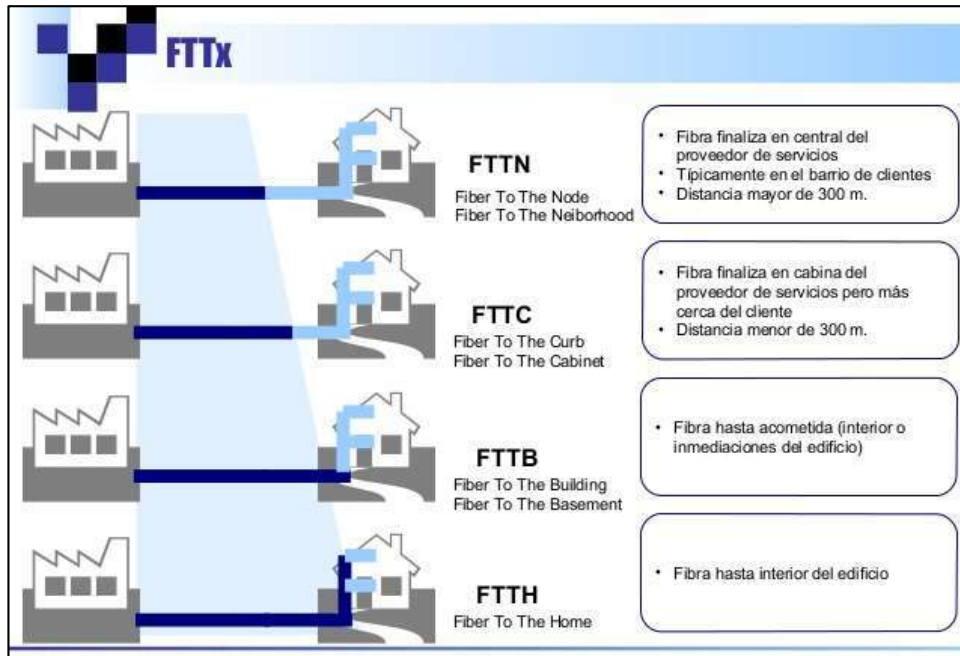


Figura 14-1. Tipos de acceso de redes FTTX

Realizado por: Gavilán, 2013

Todo el conjunto de redes FTTX reducen costos de tendido y mantenimiento gracias a la utilización de elementos ópticos pasivos, es decir aquellos que no necesitan de una fuente de alimentación propia para su funcionamiento adecuado, no cuenta con amplificadores y otros componentes de regeneración de señal, a este tipo de redes también se les denomina redes ópticas pasivas o PON.

1.17.2 Redes Ópticas Pasivas (PONS)

Anteriormente se indicó que esta clase de red únicamente se basa en elementos pasivos. Donde los principales componentes que forman la red son:

- **OLT.** – (Optical Line Terminal), Este es un elemento activo de la red a cuál conforma parte del proveedor, permite la conexión entre la red de acceso con el siguiente nivel de jerarquía la cual puede ser una red WAN o una red de área metropolitana, pero es aquella que posibilita el acceso de los clientes finales con todos los servicios con salida hacia el internet. (Seoane Pujol, 2012, p. 50)
- **ONT.** - (Optical Network Terminal), Son elementos receptores del tráfico descendente proveniente de la OLT, seleccionan el tráfico que les pertenece y envían en sentido ascendente sólo el tráfico que les corresponde (Seoane Pujol, 2012, p. 50). La conexión del OLT y las ONT se denominan redes de distribución óptica (ODN).

- **Fibra óptica.** - Es el medio de transmisión físico y es común para la mayor parte de la red es decir es el elemento que interconecta a los usuarios con la OLT, se usan diferentes fibras dependiendo del sitio y las características que se requieren en el sector.
- **Divisor óptico o splitter.** - Elemento encargado de dividir la señal que recibe del OLT en múltiples señales idénticas de menor potencia dirigidas a las ONT.

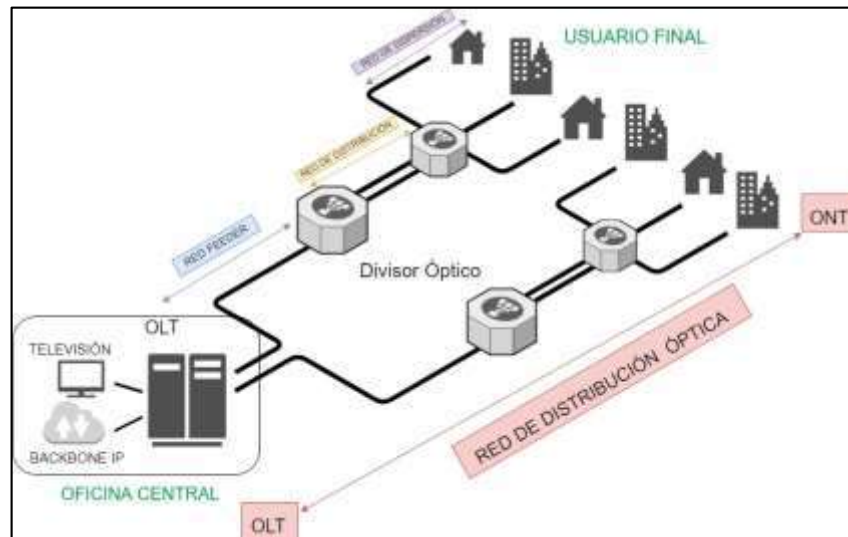


Figura 15-1. Transmisión de la red GPON

Realizado por: Oscar Parra M, 2020

En la figura 15-1 se muestra un ejemplo del tráfico enviado es sincronizado y agregado por la OLT de forma que todas las ONT discriminan mediante etiquetado o señalización los paquetes que corresponden a sus destinatarios, de cada canal.

1.18 Redes GPON

Este tipo de redes se caracteriza por su velocidad de transmisión superior al 1 Gbps, usando el mismo medio guiado para transmitir permitiendo que el tráfico de subida y de bajada gracias a la técnica multiplexación WDM, que permite un alcance de hasta los 60 Km con una sola fibra óptica donde se puede brindar los servicios de telecomunicaciones máximo a 64 usuarios en condiciones normales.

GPON es una norma desarrollada y estandarizado por la ITU-T G.984, donde sus velocidades llegan a los 1.25 Gbps de subida y 2.5 Gbps de bajada, en general, GPON define ciclos de transmisión fijos para las ONT cada 125 μ s implementando mecanismos que permitan dividir las tramas tanto en las ONT como en el OLT y al ser transmitidas en los slots de tiempo predefinidos

por el OLT. Este funcionamiento en ciclos fijos requiere de la sincronización global de toda la PON. (Seoane Pujol, 2012, p. 51)

Tabla 3-1: Características de la tecnología GPON

Característica	GPON
Capacidad (Mbps)	Subida: 2488, 1244 Bajada: 2488, 622, 155
Capacidad de escalabilidad	Si
Simétrico	Si
Asimétrico	Si
Eficiencia	83% de Flujo de Bajada 80% de Flujo de Subida
Codificación de línea	NRZ
Seguridad del flujo de bajada	AES
Alcance máximo (Km)	20
Divisor Óptico	1:32

Fuente: (Seoane Pujol, 2012)

Realizado por: Oscar Parra M, 2020

1.19 Servicios de video e internet

También conocido como servicios dúo Play por la integración de video e internet en el mismo medio guiado de transmisión. Lo servicios de video e internet es un modelo que brinda a las operadoras muchas ventajas, como: la fidelización de los clientes, la escalabilidad y amortización más rápida de su red y los flujos de caja (Siwko and Hall, 2018, p. 8). Los clientes se verán beneficiados por precios más competitivos, única factura, y mayor sencillez en las gestiones de incidencias.

1.19.1 Video

Para el servicio de video se transmiten grandes volúmenes de datos y, además, suele presentar ciertos requisitos sobre los retardos. Tradicionalmente este servicio suele ir acompañado de audio o de voz, con lo que además se necesita cierta sincronización entre el audio y el vídeo.

1.19.2 Datos

Se caracteriza por requerir anchos de banda bastante elevados. La pérdida de paquetes le afecta, pero es capaz de recuperarse ante estos efectos, y es muy confiable ante retardos.

1.20 Parámetros técnicos de transmisión

1.20.1 Señal a Ruido

Es una forma de medir el desempeño del enlace obteniendo en la red, la relación señal a ruido de éste (SNR) es la atenuación que experimenta una señal entre el extremo transmisor y el receptor, obteniendo así importantísimos datos, como la calidad de componentes utilizados en el enlace (equipos de transmisión, recepción, cables, etc.).

1.20.2 Tasa de bit errado (BER)

La tasa de bits errados es el resultado de los bits perdidos o aquellos que llegan con error del total de los bits transmitidos, usualmente los valores de BER en las redes DWDM es de 10^{-15} es decir 1 bit errado por cada 10^{15} bits que han sido transmitidos. (Peñarredonda et al., 2010, p. 73)

1.20.3 Diagrama del ojo

El diagrama de ojo es una forma muy útil y exitosa para medir la calidad de una señal digital y por ende la integridad del sistema que lo transmite. Aunque la técnica sea en gran parte cualitativa esto puede proporcionar algunos datos cuantitativos útiles como la amplitud, inestabilidad, en términos de tendencias y si un sistema funciona según la especificación. (López et al., 2015, p. 50)

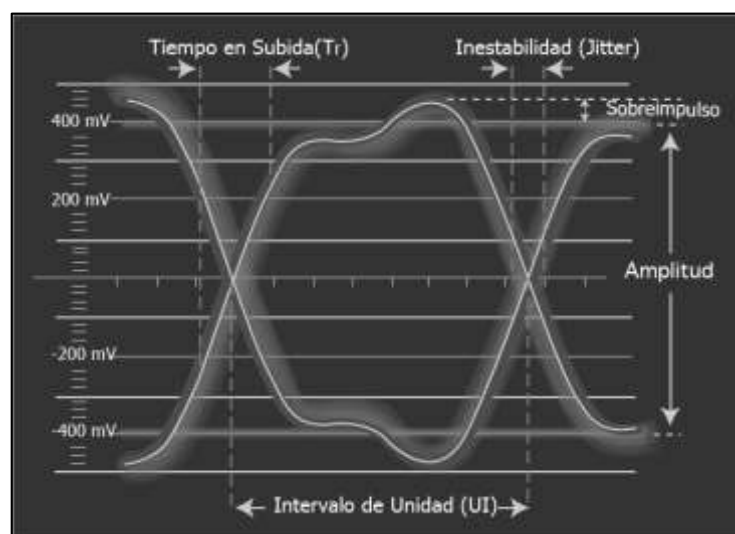


Figura 16-1. Diagrama de ojo

Realizado por: López et al., 2017

1.20.4 Factor Q

Es un parámetro de calidad de las redes ópticas WDM que brinda información cualitativa sobre el funcionamiento del receptor y está en función de la OSNR. El factor Q brinda la mínima relación señal a ruido óptica (OSNR) requerida para obtener una BER específica tomando como referencia la señal eléctrica transmitida, la señal óptica transmitida y la señal eléctrica recibida. (Reyes and Fernando, 2015, p. 55)

1.21 Marco legal

En el marco legal se expondrá la base legal en la que se sustenta la investigación, recurriendo a las normativas de la norma suprema de la ITU-T (Internacional Telecommunication Union), vigentes actualmente.

1.21.1 Normativa ITU-T G.984.x

Es desarrollado y estandarizado por la ITU-T (Internacional Telecommunication Union) para la tecnología GPON, que cubre desde los servicios de transporte TDM, como información datos y video, utilizando tramas ATM o a su vez Ethernet llegando a una velocidad de 1.25 Gbps en el canal upstream y 2.5 Gbps en el canal downstream. Se establecen ciclos de transmisión definidos con un tiempo en 125 μ s, donde se fijaron mecanismos de fragmentación cada una de las tramas ethernet para las ONT así como para el OLT, que serán transmitidos en los slots de tiempos ya preestablecidos por el OLT. Para el correcto funcionamiento de toda la red PON se necesitan ciclos fijos de sincronización. (Quisnancela et al., 2016, p. 17)

Tabla 4-1: Características de las tecnologías EPON, BPON, GPON

	EPON	BPON	GPON
Capacidad de escalabilidad	NO	SI	SI
Asimétrico	NO	SI	SI
Simétrico	SI	SI	SI
Codificación de línea	8B / 10B	NRZ	NRZ
Seguridad en el canal de bajada	No definida	AES	AES
Eficiencia	Subida: 73% Bajada: 61%	Subida: 80% Bajada: 83%	Subida: 94% Bajada: 93%
Splitter Óptico	1:32	1:32	1:64
Distancia máxima en Km	10 a 20	20	20
Capacidad en Mbps	Subida: 1250 Bajada: 1250	Subida: 155, 622 Bajada: 155, 622, 1244	Subida: 155, 622, 2488 Bajada: 1244, 2488

Fuente:(Quisnancela et al., 2016)

Realizado por: Oscar Parra M, 2020

De lo que se muestra en la tabla 4-1 se decide que la tecnología GPON resulta ser la óptima debido a la capacidad, eficiencia, niveles de splitter y distancia en kilómetros. Si se toma como referencia un splitter de 1:64, donde en velocidad de bajada que se va a tener es de 390.6 Mbps y en velocidad de subida 18,75 Mbps por usuario final, estos valores cumplen la capacidad requerida y escalabilidad de la red establecida por el estándar.

La tecnología GPON brinda una facilidad de la configuración de tasas de velocidad, con respecto a la demanda de servicios con modos de transmisión simétrico o asimétrico sin presentar un grado de complejidad mayor, siendo una transmisión más eficiencia. Se elige la tecnología GPON como la más apropiada. (ITU G.984.2, 2019, p. 22)

En la tecnología GPON se definen clases que se encuentran las especificadas de las recomendaciones ITU particularmente el estándar G.984.2 y analizando cada una de las clases se tomará en cuenta para el diseño y las características de cada uno de los equipos.

Tabla 5-1: Clases de la tecnología GPON

Clases	Estándar ITU	Perdidas mínimas	Perdidas máximas
A	G.984.2 / G.982	5 dB	20 dB
B	G.984.2 / G.982	10 dB	25 dB
B+	G.984.2 enmienda 1 (2006)	13 dB	28 dB
C	G.984.2 / G.982	15 dB	30 dB
C+	G.984.2 enmienda 2 (2008)	17 dB	32 dB

Fuente: (TELNET, 2014)

Realizado por: Oscar Parra M, 2020

De lo que se muestra en la tabla 5-1 anterior existe un amplio catálogo de equipos y de elementos activos que manejan esos niveles de pérdidas mínimas y máximas.

Donde los equipos que se utilizan para la transmisión y recepción la recomendación ITU G.984.2 clase C+ se da los parámetros de potencia máxima de transmisión de +7 dBm en la OLT y +3 dBm potencia mínima de transmisión en la OLT, una sensibilidad mínima en la ONT de -30 dBm y una sobrecarga mínima -8 dBm en la ONT. Siendo este estándar el más óptimo que se utilizara para el diseño de la red ya que se tiene un margen mayor de potencia mínima y máxima en respecto a las demás clases y en la siguiente tabla 6-1 se respalda esta información.

Tabla 6-1: Niveles de potencias ópticos de clase C+.

Item	Unit	Single fibre
Reach-extended OLT:		OLT
Mean launched power MIN	dBm	+3
Mean launched power MAX	dBm	+7
Downstream optical penalty	dB	1
Bit error ratio (pre-FEC) [Note 1]		10 ⁻⁴
Minimum sensitivity [Note 1]	dBm	-32
Minimum overload	dBm	-12
Upstream wavelength range [ITU-T G.984.5]	nm	1 290-1 330
ONU:	-	ONU
Mean launched power MIN	dBm	+0.5
Mean launched power MAX	dBm	+5
Upstream optical penalty	dB	0.5
Upstream wavelength range [ITU-T G.984.5]	nm	1 290-1 330
Bit error ratio (pre-FEC) [Note 2]	-	10 ⁻⁴
Minimum sensitivity [Note 2]	dBm	-30
Minimum overload [Note 3]	dBm	-8

Fuente: (ITU G.984.2, 2019)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

En el siguiente capítulo se puntualizan los métodos y procesos de cómo se realizó el proyecto, empleados en para proveer los servicios de video y datos presentados en el diseño de la red de acceso de fibra óptica para el sector de Huambaló.

2.1 Diseño

Se realizó una investigación no experimental, debido a que los equipos no se pueden implementar en esta investigación por su elevado costo de adquisición, por ser de una estructura muy extensa debido a al factor demográfico que presenta el sector al ser una zona rural de 3 kilómetros de radio aproximadamente y con un relieve bastante irregular.

Se propone una innovación a la tecnología existente de cobre remplazándola con fibra óptica tipo monomodo ya que presta mejores características como se analizó en la sección 1.11.2 y utilizando escenarios de pruebas mediante software de simulación. Es un diseño transversal debido a que se realiza el análisis, la incidencia e interrelación de la tecnología actual a la nueva que se propone.

2.2 Enfoque

Se tiene un enfoque cuantitativo ya que se tomó como punto de partida algo que no fue medible, es decir que está relacionada con los planos de la zona referentemente al acceso a servicios de telecomunicaciones y después se pasara a algo que se pueda cuantificar, en base a entrevistas en la zona, cuantas personas acceden a estos servicios, en otras palabras son datos que al término de esta investigación aportaran conclusiones.

2.3 Métodos de investigación

Se utilizaron los siguientes métodos; Deductivos, inductivo, analítico y de síntesis.

Tabla 1-2: Métodos de investigación

Método	Característica
Deductivo	Se utiliza para la comprensión de conceptos, principios de funcionamiento, uso de tecnologías; necesarios para realizar los diseños de la red de acceso de fibra óptica
Inductivo	Usado para determinar la problemática mediante el estudio de casos, hechos o fenómenos relativos al acceso de la información, haciendo el uso de enlaces de internet se llegó a diagnosticar la situación actual y por ende presentar la propuesta formulada en el presente trabajo de titulación.
Analítico	Permite analizar extensivamente las ventajas del uso de la fibra óptica, diseño entre otras que son objeto de estudio de la presente investigación, posibilitando la comprensión, descripción, determinación de causas y efectos de los hechos o fenómenos relativos al objeto de estudio
Síntesis	Posibilita la reconstrucción de ideas en relación con el problema de investigación facilitando la comprensión y establecimiento de la propuesta

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.4 Alcance Investigativo

Es una relación recíproca debido a la existencia de las variables ya establecidas como son la distancia, potencias de recepción y transmisión, mismas que se encuentran sujetas a la variación debido al recorrido que éstas tendrán y diversidad de las características técnicas de los distintos equipos que se utilizara equipos para ser analizadas.

2.5 Técnicas

Son todos los procedimientos y herramientas utilizados para recoger, generar, analizar y presentar información valida, fiable y objetiva. Se utilizaron las siguientes técnicas para realizar la presente propuesta tecnológica.

2.5.1 Entrevista

Esta técnica se empleó con la ayuda de profesionales que ejercen algún cargo en el sector de las empresas de telecomunicaciones para comunicar los beneficios del cambio de tecnología y que esta se adapta mejor a los usuarios finales con las demandas actuales de las tecnologías de

información y saber si estarían dispuestos a contratar los servicios de video e internet para sus hogares.

Este proceso se desarrolló gracias a la elaboración de encuestas realizadas con anterioridad que se detalla en el anexo A, de manera presencial a los hogares del sector de Huambaló, aleatoriamente interactuando con las personas que accedieron a responder las preguntas planteadas.



Figura 17-2. Entrevista en el sector de Huambaló

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.5.2 Observación

Utilizada para recopilar los datos y contrastar con los puntos tipificados con los planos del sector, requisito necesario para que el diseño se acople a las necesidades de los clientes finales y a la proyección de la red.

2.5.3 Encuesta

Esta técnica se empleó para recopilación de la información de la población del sector de Huambaló para realizar el estudio del diseño de la red y la proyección de esta, mediante la aplicación de un cuestionario que se encuentra en el anexo A.

2.6 Localización

El sector de Huambaló perteneciente al cantón de Pelileo de la provincia de Tungurahua, está situado a 7 Km de la ciudad antes mencionada con una extensión de 25.87 km² y posee una

población estimada de 10034 habitantes (Pavón and GADPR Huambaló, 2015, p. 1) Para este estudio se tomó en cuenta el número viviendas por sector debido a que los servicios de telecomunicaciones son contratados un contrato por todos los integrantes de la familia y por el sector económicamente más activa donde se ha dividido en 8 sectores principales.

- Huambaló centro
- La Florida
- La Merced
- San Antonio
- San Francisco
- San José
- Segovia
- Surangay

Donde se evidencia en el siguiente gráfico 1-2 que 7 de los 8 sectores presentan se encuentran económicamente activo, dejando solo al sector de San Antonio en una actividad más baja en relación con la demás.

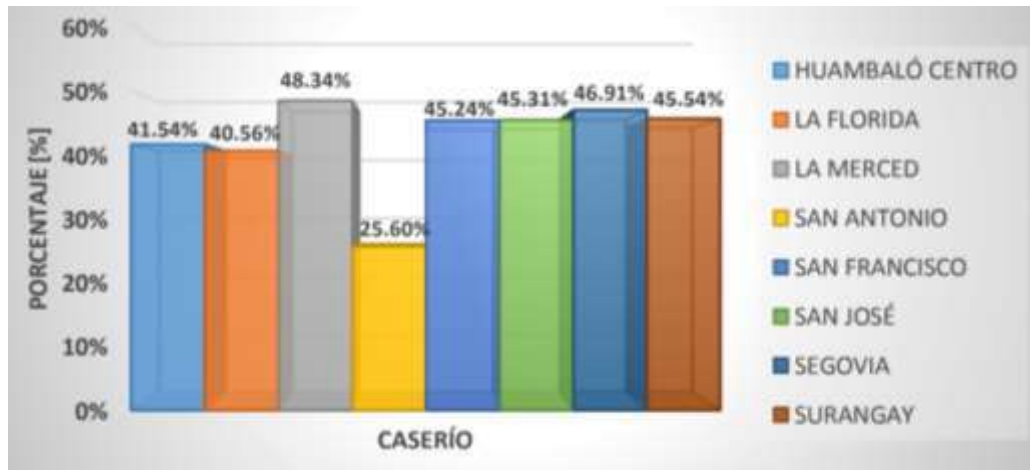


Gráfico 1-2. Sectores de activa económica

Realizado por: (Pavón and GADPR Huambaló, 2015, p. 25)

Alrededor de 921 personas se dedican a la industria de manufactura de muebles finos de alta calidad siendo la segunda activada económica más importante de la parroquia solo por detrás de la agricultura ganadería, silvicultura y pesca. Donde existen alrededor de 40 talleres dedicados a la fabricación y 80 locales comerciales dedicados a la venta de los mismo. (Pavón and GADPR Huambaló, 2015, p. 57)

Como establecimientos importantes en el sector de Huambaló se tiene ubicados en su mayoría en la zona céntrica de la parroquia.

- 7 unidades educativas
- centros infantiles del buen vivir
- 1 subcentro de salud
- 1 dispensario, medico campesino del IESS
- sucursales de cooperativas de ahorro y crédito
- restaurantes
- centros de computo

En el estudio realizado por un equipo consultor para Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Huambaló evidencio un punto muy “crítico que es la escasa población que posee internet, únicamente el 2% de la población generado limites en el acceso de información”. (Pavón and GADPR Huambaló, 2015, p. 119). En la actualidad el acceso a internet es una herramienta que abra muchas puertas ya sea en le educación, en consulta y un ámbito que está generando mucha acogida es la compra y venta de productos a través de un sitio web conocido como e-commerce.

2.7 Estudio de la Demanda

En la elaboración del diseño, se partió con encuestas en el sector de estudio para establecer una población inicial, las necesidades que tienen los clientes finales ya sea en sector residencial como el sector industrial donde ellos serán los usuarios los que se pueda brindar los servicios de telecomunicaciones y en base a ello establecer la tecnología y elementos para la red para cada uno de ellos.

2.7.1 Análisis Urbanístico del sector

Para el análisis del diseño un factor a tomar en cuenta es identificar el número de viviendas que cuenta el sector, donde para calcular cuentas existen se realizó un conteo del número de casas construidas en la en base al mapa urbanístico de la parroquia proporcionado por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Pelileo.



Figura 1-2. Mapa urbanístico de Huambaló

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Donde se contabilizase cada uno de los rectángulos rojos del mapa como resultado se obtuvo 2508 construcciones.

2.7.2 *Análisis demográfico*

La parroquia de Huambaló cuenta con alrededor 10034 habitantes, donde para realizar los análisis se realizó en base al número de hogares. Se determinó que el promedio de número de habitantes por familia es de 3.815 personas. (Pavón and GADPR Huambaló, 2015, p. 20)

$$\frac{10034}{4} = 2508.5 \text{ Hogares}$$

Como resultado se tiene 2508 hogares, lo cual se va a convertir en la población para el cálculo de la muestra.

2.8 **Tamaño de la muestra**

Ya que en el sector se cuenta con un número de población bastante elevada se debe realizar una muestra para así analizar las necesidades y requerimientos en un futuro de los clientes finales de los servicios de internet. (Naula and Estefanía, 2019, p. 32)

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

n	Número de encuestas
N	Número de viviendas
e	Error muestral 95%

$$n = \frac{2508}{0.05^2(2508 - 1) + 1}$$

$$n = 345.09$$

Entonces como resultado se tiene que se deben realizar 345 encuestas, cada encuesta se realizara a un integrante del hogar que correspondería a usuario final de la parroquia.

2.9 Análisis de los datos de las encuestas

A continuación, se analiza los resultados de cada una de las preguntas de la encuesta que en total se realizaron 345, en la parroquia de Huambaló, en donde cada una de las encuestas que se encuentra en el anexo A, consta de 9 preguntas. Donde se consultó sobre los servicios de telecomunicaciones que cuenta cada una de las viviendas, como acceden al servicio, cuanto pagan por el mismo entre otras preguntas que se detalla a continuación. Posteriormente se mostrará cada una de las preguntas con el análisis de cada una y sus resultados.

- **Pregunta 1**

En la primera pregunta se consultó lo siguiente. 1. “¿Cuál de el/los siguiente/s medio/s de comunicación utiliza en su domicilio y por qué medio de transmisión llega a su hogar?” Donde se reunirá información para saber el número de hogares que tienen acceso al servicio de televisión pagada e internet donde se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 2-2: Medios de comunicación en el domicilio

Pregunta 1	Respuestas	Porcentaje
Internet FO	0	0,00%
Internet Cobre	100	28,99%
TV por Cable	0	0,00%
TV satelital	45	13,04%
Internet Cobre y Tv Satelital	89	25,80%
Ninguno	111	32,17%
Total	345	100,00%

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

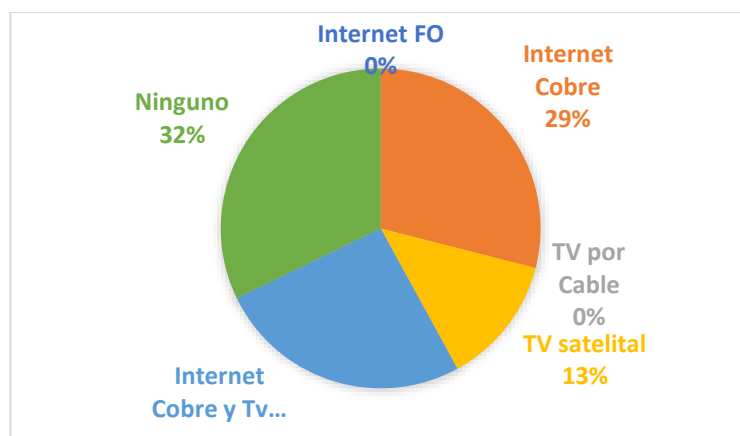


Gráfico 2-2. Respuestas de la pregunta 1

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Como se observa en el gráfico 2-2 se analiza de que la gran mayoría de los encuestados no posee ningún servicio de telecomunicaciones, seguido por el 29% que si posee servicio de internet y de igual manera de los que dispone de ambos servicios por el medio de transmisión de cobre y satelital respectivamente y un pequeño porcentaje tiene televisión pagada

- **Pregunta 2**

En la segunda pregunta se consultó lo siguiente. “¿Qué empresa brinda alguno de el/los servicio/s en Huambaló?” Donde lo que se desea saber con esta pregunta es si alguna empresa ya brinda algunos de el o los servicios y conocer que empresa o empresas son aquellas que ofrece los mismos servicios, donde se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 3-2 Empresas que brindan los servicios

Pregunta 2	Respuestas	Porcentaje
CNT(Internet)	169	72,22%
DirecTV	52	22,22%
CntTV (Televisión)	13	5,56%
Total	234	100,00%

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

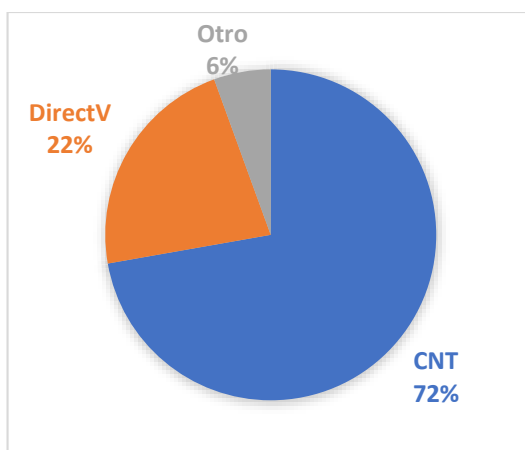


Gráfico 3-2. Respuestas de la pregunta 2

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

De lo observado en el gráfico 3-2 se determina como proveedor de servicio de internet a la corporación nacional de telecomunicaciones CNT EP, mientras que en el servicio de televisión pagada la empresa DirecTv y CntTV de la misma corporación que brinda el servicio de internet son los principales proveedores de televisión pagada y un porcentaje muy bajo del 6% que correspondería a otras empresas de televisión pagada en especial la de televisión prepago.

- **Pregunta 3**

En la tercera pregunta se consultó lo siguiente “¿Tuvo algún problema ya sea con el o los servicio/s de la empresa que los brinda.? Escoja que tipo de inconveniente tuvo”. Donde se desea conocer que tipos de problemas tiene actualmente o presentan las empresas con su servicio prestado a los usuarios finales donde se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 4-2: Inconvenientes con los servicios de telecomunicaciones

Pregunta 3	Mala calidad del servicio	Tiempo de Respuesta	Ninguno	Total
Internet	96	31	62	189
Porcentaje	50,79%	16,40%	32,80%	100,00%
TV	18	39	77	134
Porcentaje	13,43%	29,10%	57,46%	100,00%

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

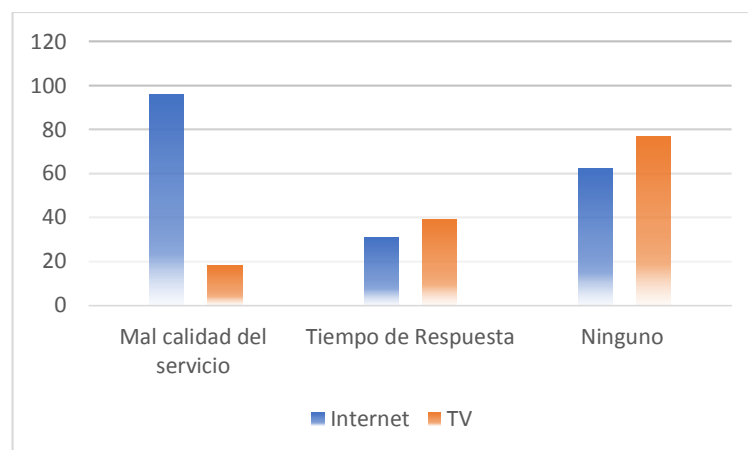


Gráfico 4-2. Respuestas de la pregunta 3

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Se puede observar en el gráfico 4-2 que el principal inconveniente que indican los usuarios encuestados es la mala calidad del servicio en internet, mientras tanto en televisión indican que presentan problemas con los tiempos de resolver el problema que presento su servicio en los clientes y el restante de personas mencionó que no presentan ningún inconveniente.

- **Pregunta 4**

En la cuarta pregunta se consultó lo siguiente, “¿Qué nivel de satisfacción siente con los él/los servicios brindados?” Para saber si las personas se encuentran conforme o no con el servicio tanto para internet como para televisión pagada donde se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 5-2: Porcentaje de satisfacción

Pregunta 4	Alto	Medio	Bajo	Total
Internet	43	113	33	189
Porcentaje	22,75%	59,79%	17,46%	100,00%
TV	69	54	11	134
Porcentaje	51,49%	40,30%	8,21%	100,00%

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

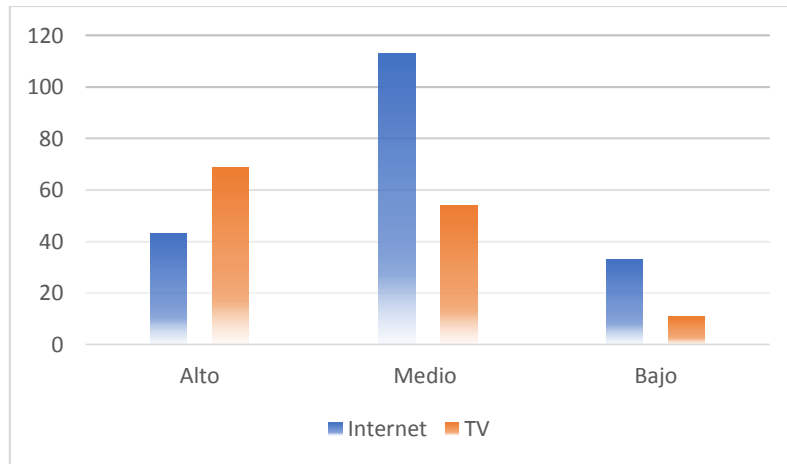


Gráfico 5-2. Respuestas de la pregunta 4

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

En el gráfico 5-2 de barras con respecto a la quinta pregunta se observa que los niveles de satisfacción que tiene las personas con respecto a sus servicios de telecomunicaciones no son altos sobresale un nivel medio de aceptación del servicio de internet, mientras que en televisión el nivel alto es un poco más que el nivel de satisfacción medio y un porcentaje bajo se encontraba inconforme con los servicios.

- **Pregunta 5**

En la quinta pregunta se consultó lo siguiente. “¿Qué valor aproximadamente cancela por el/los servicios que dispone?” Donde se conocerá el valor que actualmente pagan los clientes que poseen los servicios para así saber el valor que ofrecen las empresas actualmente que prestan los servicios de televisión pagada, donde se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 6-2: Valores que se cancelan por los servicios

Pregunta 5	\$15-\$25	\$25-\$35	Más de \$35	Total
Internet	158	24	7	189
Porcentaje	83,60%	12,70%	3,70%	100,00%
TV	94	35	5	134
Porcentaje	70,15%	26,12%	3,73%	100,00%

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

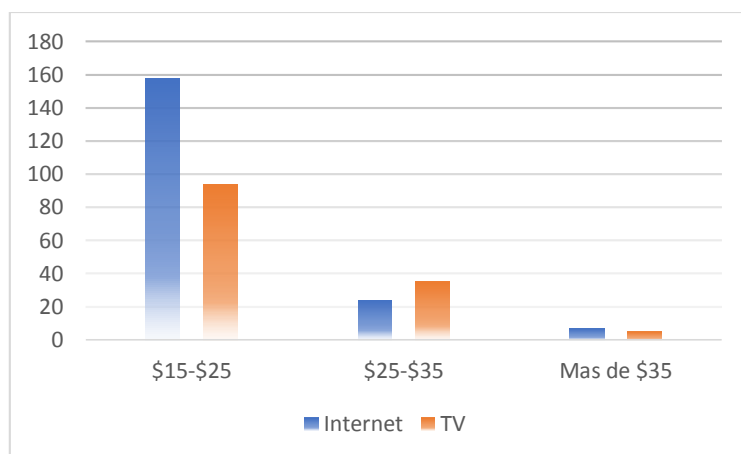


Gráfico 6-2. Respuestas de la pregunta 5

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Se observa en el gráfico 6-2 de barras anterior que la gran mayoría de clientes cancelo por sus servicios en un rango de \$15 a \$25 dólares americanos, que refleja que los usuarios pagan por el plan básico que ofrecen las empresas, y muy pocos pagan un plan con un valor más alto o un plan premium.

- **Pregunta 6**

En la sexta pregunta se consultó lo siguiente. “¿Estaría de acuerdo en pagar un 20% más para un mejor servicio?”, Esta pregunta se realizó con el fin de saber si las personas tienen algún inconveniente o están dispuestas a pagar un 15% más del valor que cancelan actualmente a cambio de un mejoramiento en la calidad del servicio de telecomunicaciones. Donde se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 7-2: Aceptacion por un incremento en el pago

Pregunta 6	Respuestas	Porcentaje
Si	159	67,95%
No	75	32,05%
Total	234	100,00%

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

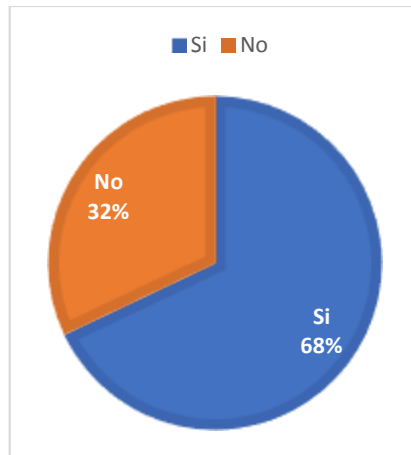


Gráfico 7-2. Respuestas de la pregunta 6

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

En el gráfico 7-2 un 68% por ciento de estuvo de acuerdo en que no tendría ningún inconveniente en cancelar un valor del 15% más con relación al valor que pagan actualmente por una mejora en la calidad de sus servicios de telecomunicaciones.

- **Pregunta 7**

En la séptima pregunta se consultó lo siguiente. “¿De el/los servicios contratados de que tipo son residencial o empresarial?”, para saber para qué tipo de clientes son ya sea del sector residencial o del sector productivo ya que Huambaló es una zona con una gran cantidad de talleres me fabricación de muebles en relación con su extensión territorial donde se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 8-2: Porcentaje residencial y productivo

Pregunta 7	Respuestas	Porcentaje
Residencial	178	76,07%
Empresarial	56	23,93%
Total	234	100,00%

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

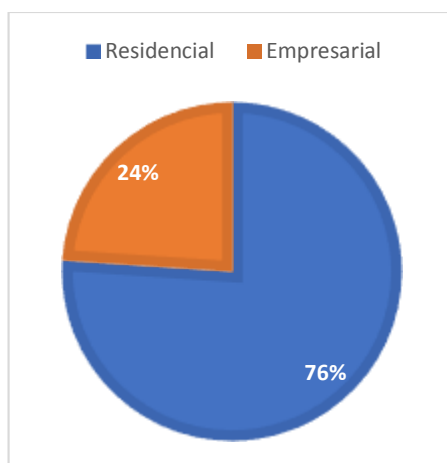


Gráfico 8-2. Responderes de la pregunta 7

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Se observa del gráfico 8-2 que tres cuartas partes de los encuestados pertenecen al sector residencial y una cuarta parata para el sector productivo, teniendo un gran porcentaje de sector productivo en Huambaló.

- **Pregunta 8**

En la octava pregunta se consultó lo siguiente. “¿Si en la primera pregunta Ud. contesto ninguno? ¿Tiene pensado en un futuro contratar alguno de los servicios o ambos?”, donde se realizó esta consulta para conocer si los usuarios tienen una proyección futura de adquirir los servicios de telecomunicaciones, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 9-2: Porcentajes de contratar un servicio a futuro

Pregunta 8	Respuestas	Porcentaje
Internet	67	60,36%
Televisión	13	11,71%
Ambos	31	27,93%
Total	111	100,00%

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

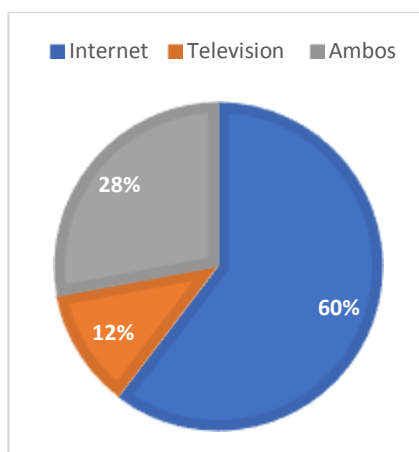


Gráfico 9-2. Responderes de la pregunta 8

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Del gráfico 9-2 un 60% de los encuestados ha pensado en adquirir los ambos servicios, mientras que el 28% ha considerado en ambos televisión e internet y solo un 12% ha considerado en poseer el servicio de televisión, evidenciándose así la necesidad de satisfacer a los clientes de la parroquia de Huambaló.

- **Pregunta 9**

En la última pregunta de la encuesta se consultó lo siguiente. “¿Estaría de acuerdo en cambiarse de tecnología a fibra óptica?” Donde se reúne la información para saber si los usuarios finales deciden en cambiarse de tecnología obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 10-2: Cambio de tecnología

Pregunta 9	Responderes	Porcentaje
Si	197	84,19%
No	37	15,81%
Total	234	100,00%

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

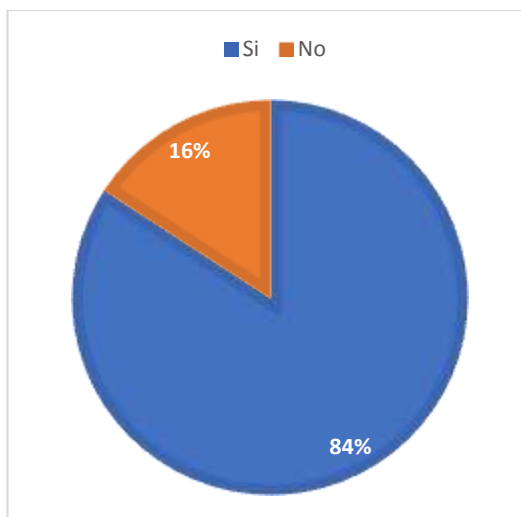


Gráfico 10-2. Respuestas de la pregunta 9

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

En el gráfico 10-2 evidentemente las personas están de acuerdo en cambiarse de tecnología de cobre que cuentan actualmente hacia la tecnología de fibra de óptica teniendo con un 84% de aceptación y tan solo el 16% no estaría de acuerdo con el cambio tal vez por desconocimiento acerca de la fibra óptica.

2.10 Análisis de los resultados de las encuestas

Posteriormente de que se estudió cada una de las respuestas del cuestionario se puede comprobar que el 84% de las personas encuestadas están de acuerdo con un cambio de tecnología, así mismo se puede observar que del 60% de futuros clientes ha pensado en contratar el servicio de internet y el 27% en contratar ambos servicios televisión e internet.

Después de que se determinó y se analizó las respuestas se puede evidenciar que existe una necesidad para un cambio de tecnología de cobre con el que cuentan actualmente hacia fibra óptica, ya que las encuestas realizadas aleatoriamente en la parroquia rural de Huambaló respaldan y aseveran que es imprescindible la migración de los servicios a la propuesta tecnología del trabajo de investigación.

2.11 Propuesta tecnológica de diseño de la red

Consiste en identificar los componentes que estarán presentes en la red y en la cual se aplicara la tecnología GPON, donde estará dividida en dos partes principales: la parte del diseño lógico y el diseño físico

En el diseño lógico se toma en cuenta la delimitación de la parroquia Huambaló, su relieve, arquitectura, topología y los requerimientos velocidad para cada zona del usuario.

2.11.1 Límites de la zona

Para la limitación de las zonas se tomará en cuenta varios aspectos importantes como son: la ubicación de la OLT, accesos viales, mayor presencia poblacional, potenciales clientes corporativos y la escalabilidad de la red.



Figura 2-2. Zonas de Huambaló

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

La parroquia de Huambaló se ha dividido en 6 zonas para un control apropiado de cada posible usuario y seguimiento de la red, debido a que presenta una extensión territorial bastante alta, con una ubicación residencial muy poco uniforme, por su ubicación rural en la provincia de Tungurahua.

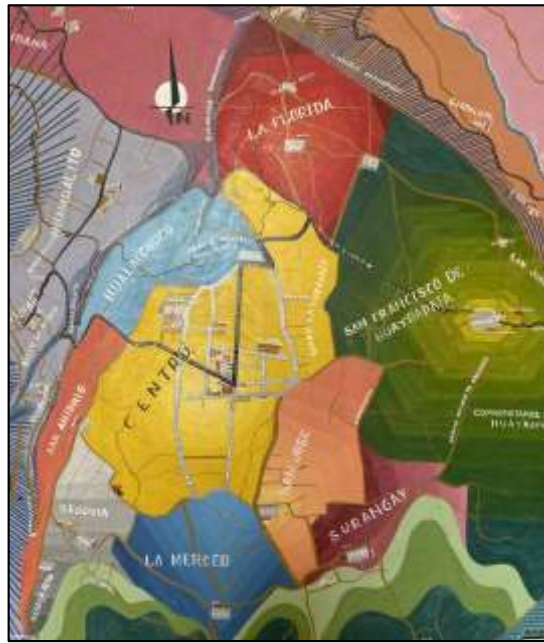


Figura 3-2. Mapa político de Huambaló
Realizado por: GAD Huambaló

La zona 1 está conformada por la Florida y San Francisco de Huayrapata.



Figura 4-2. Zona 1
Realizado por: Oscar Parra M., 2020

La zona 2 está conformada por Hualacchuco y parte central de la parroquia.



Figura 5-2. Zona 2

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

La zona 3 está conformada por la parte central de la parroquia, San Francisco de Huayrapata y San José.

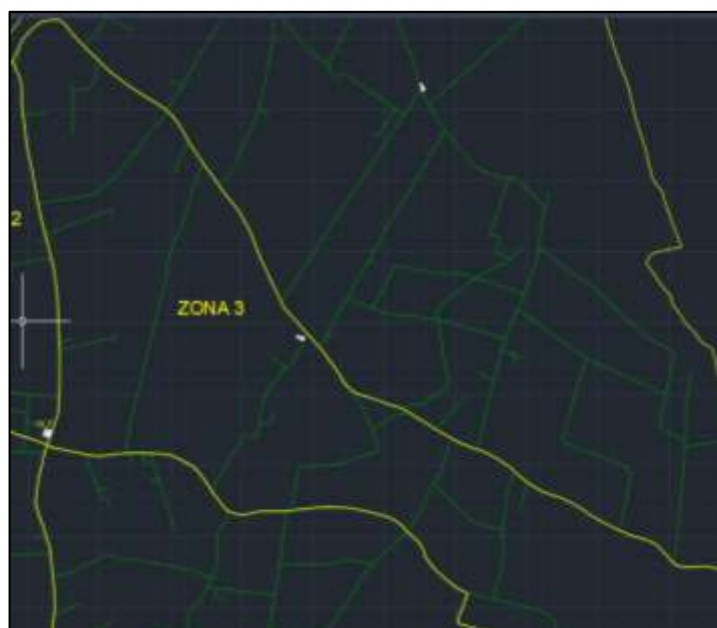


Figura 6-2. Zona 3

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

La zona 4 está conformada por San José y Sunrangay.



Figura 7-2. Zona 4

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

La zona 5 está conformada por la parte central

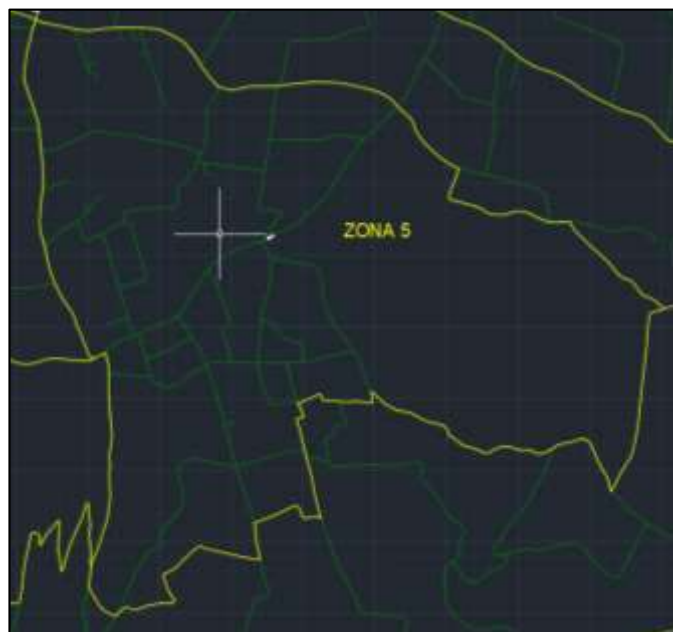


Figura 8-2. Zona 5

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Zona 6 está conformada por San Antonio



Figura 9-2. Zona 6

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.12 Arquitectura de la red

En el diseño de redes GPON existen varias arquitecturas de red como son: Punto a punto, punto multipunto, bus, anillo y árbol. En el diseño de la red de acceso para Huambaló se utilizará la arquitectura tipo árbol ya que es la más utilizada en las redes FTTH debido a su bajo coste de instalación y presenta una eficiencia muy alta.

2.12.1 Arquitectura tipo árbol

Su estructura consiste básicamente empieza en la OLT como punto central de la red va hacia un primer divisor óptico, en un solo segmento de la fibra óptica hasta alcanzar al segundo divisor óptico, que esto lo que va haciendo que de un solo hilo de fibra óptica obtengamos más hilos y hacia la red va expandiendo en un tipo árbol espesando en el centro y existiendo ramificaciones que salen de esta hasta llegar a los usuarios finales. (Zapata and Abel, 2019, p. 11)

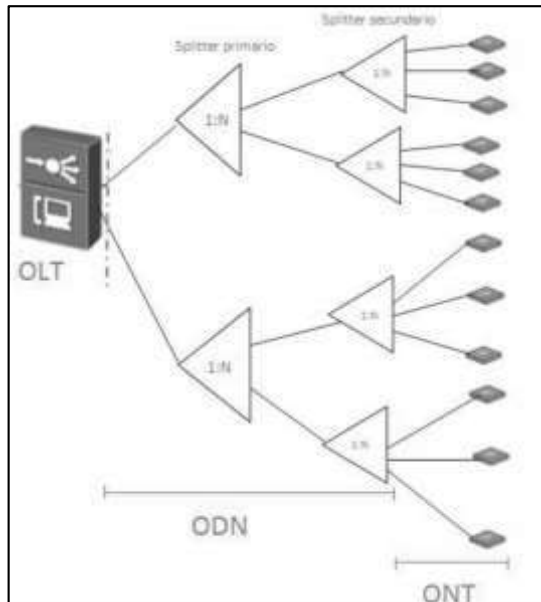


Figura 10-2. Arquitectura de red tipo árbol

Realizado por: Cruz, Nataly, 2018

A continuación, se hace una representación gráfica de la red mediante bloques, iniciando desde la OLT pasando por el armario de distribución óptica ODF continuando por la red feeder, la red de distribución, la red de dispersión, red interna y concluyendo en la ONT

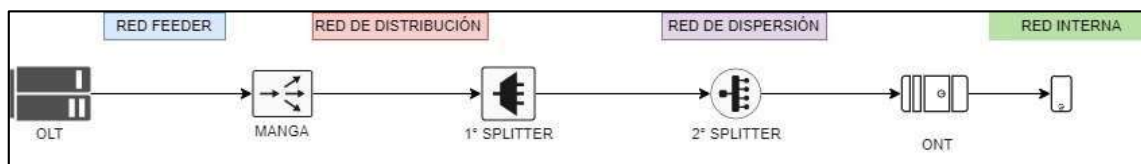


Figura 11-2. Etapas de la arquitectura de la red

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.12.2 OLT

El Terminal de línea óptico (OLT) se localiza en la parte central de la parroquia teniendo una posición estratégica de una manera equidistante con todas las zonas y una ubicación adecuada en el sector con alta afluencia poblacional, como comercial y futuros clientes corporativos como son las cooperativas de ahorro y crédito que se encuentran en el casco central de la parroquia.

Como se observa en la figura 12-2, está señalada la infraestructura donde la empresa American Cable instalara los equipos de la OLT y oficinas de la empresa para el funcionamiento. Está ubicada en las siguientes coordenadas 1°23'19.6"S 78°31'46.6"W.

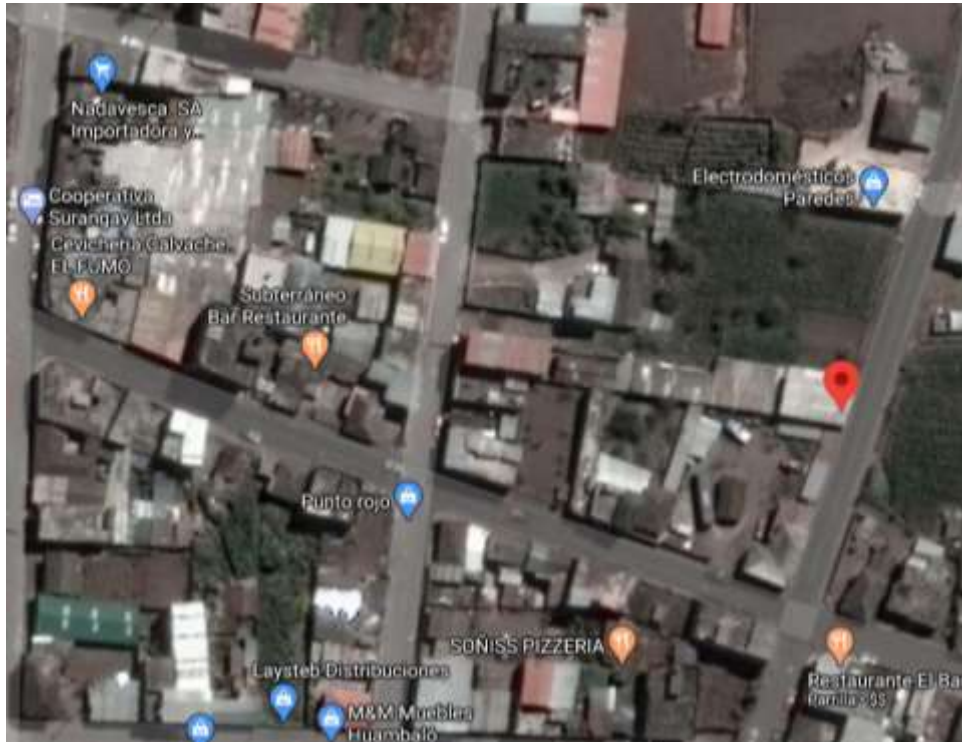


Figura 12-2. Posición de la OLT en la parroquia Huambaló.

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.12.3 ODF

El ODF (Distribuidor de Fibra Óptica) es un elemento pasivo de la red, llamado fuente repartidora de líneas físicas de fibra o bandeja ópticas, este elemento facilita la interconexión de cables de fibra óptica de la red externa con el OLT. (Zapata and Abel, 2019, p. 34)

2.12.4 Red Feeder

Para el diseño de red se utilizó 3 red feeder o también conocidas como redes troncales. Es aquella que se conecta desde el armario de distribución óptica ubicado en la OLT hasta la maga de sangrado llamado así por qué se hace un corte en la fibra principal donde solo se toma solo un número de hilos necesarios para cubrir una determinada zona. En la figura 13-2 se muestra el inicio y fin de la red feeder en el mapa, en el anexo B se puede observar con mayor detalle.

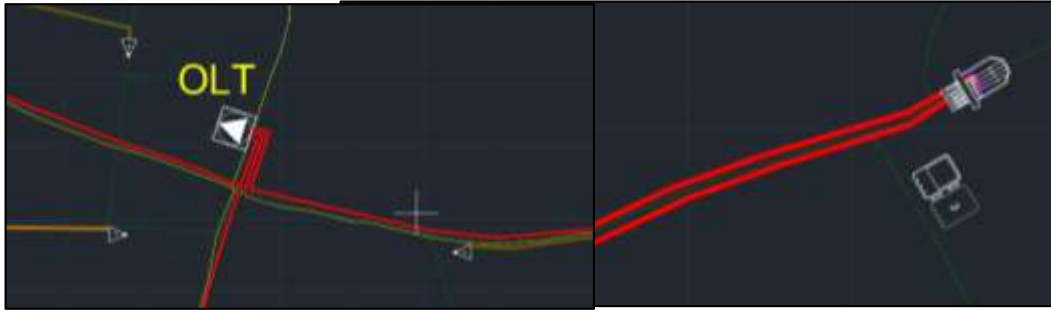


Figura 13-2. Red feeder en diseño de la red

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Cada una de las redes feeder cubrirán dos zonas para una mejor distribución de usuarios en la tabla 11-2 se detalla cada una en la posición donde serán ubicadas en la parroquia de Huambaló.

Tabla 11-2: Ubicación de las redes feeder.

Red Feeder	Zonas	Distancia con la OLT	Ubicación
1	Zona 1	2.50 Km	1°23'08.9"S 78°31'17.5"W
	Zona 3	1.40 Km	1°22'40.7"S 78°31'04.5"W
2	Zona 2	0.75 Km	1°23'03.2"S 78°31'55.2"W
	Zona 6	2.35 Km	1°23'38.0"S 78°32'40.1"W
3	Zona 4	1.00 Km	1°23'32.2"S 78°32'01.0"W
	Zona 5	3.20 Km	1°23'46.1"S 78°31'21.3"W

Realizado por: Oscar Parra M., 2020



Figura 14-2. Ubicación de la red feeder N° 1 (Zona 1 y 3)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020



Figura 15-2. Ubicación de la red feeder N° 2 (Zona 2 y 6)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

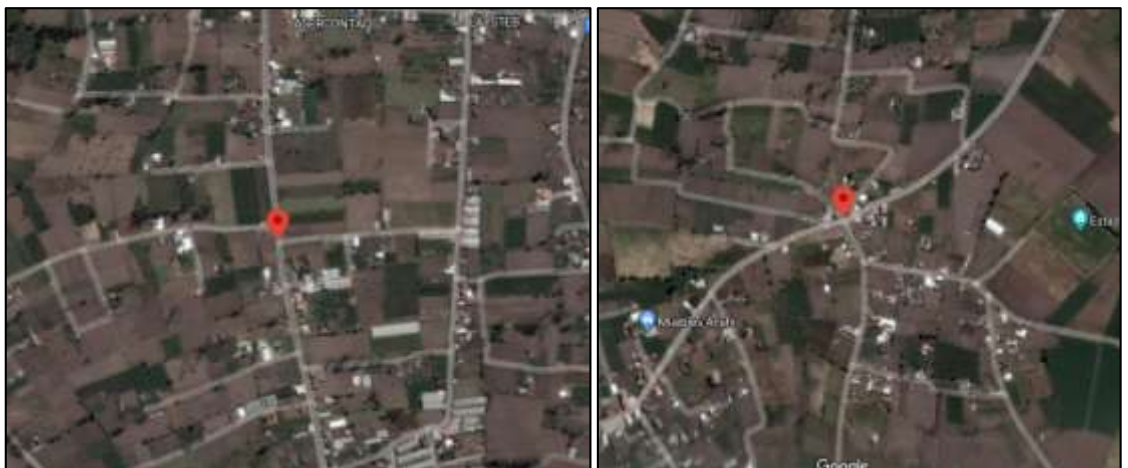


Figura 16-2. Ubicación de la red feeder N° 3 (Zona 4 y 5)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.12.5 Red de Distribución

Esta red es la encargada de distribuir todos los hilos asignados a la zona desde la maga hasta cada una de las NAP (Punto de acceso de red) que se encuentran en segundo nivel de splitter y con el primer nivel de splitter. Su función principal es de cubrir un sector específico de la zona, por lo general son ubicadas por una manzana o dos específicamente dependiendo de las dimensiones de cada una.



Figura 17-2. Primer nivel de splitter

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Donde se observa en la figura 17-2 la red de distribución con el primer nivel de splitter en la ubicación $1^{\circ}22'53.9''S$ $78^{\circ}31'59.6''W$ y el segundo nivel de splitter ubicado en $1^{\circ}22'57.2''S$ $78^{\circ}32'09.6''W$. Esto corresponde a la red de distribución de una parte de la zona 2.

2.12.6 Red de Dispersión

Esta es la última parte de la de la red, es la que llega hasta el usuario final desde el segundo nivel de splitter hasta cada una de las ONT de las viviendas de los futuros clientes.



Figura 18-2. Red de dispersión

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Observamos la NAP que es el segundo nivel de splitter que llega de la red de distribución de la zona 2 que se encuentra la ubicación $1^{\circ}23'10.0''S$ $78^{\circ}32'00.5''W$ cerca al estadio de la parroquia de Huambaló donde esta abarca hasta 32 usuario finales.

2.12.7 Red Interna

Es la red donde los dispositivos finales podrían ser celulares, computadores entre otros dispositivos inteligente que se conectan a la ONT, sea de una manera inalámbrica o a través de cable.

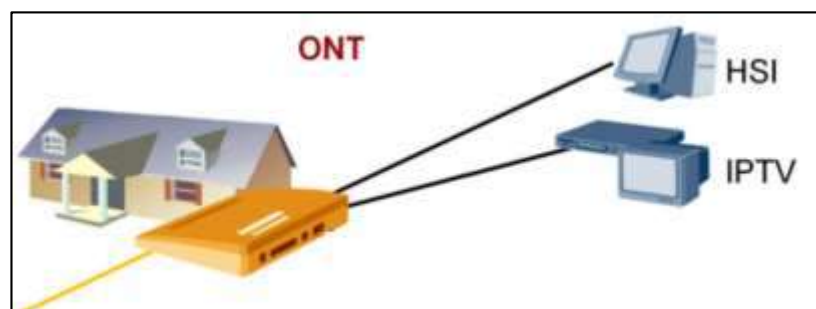


Figura 19-2. Red interna

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.13 Gestión del proyecto del diseño Red

En esta sección se detallará los recursos materiales, el presupuesto que intervendrán en el diseño de la red.

2.13.1 Recursos Materiales

Continuación se va a analizar cada uno de los materiales de la red, las características físicas y técnicas de los equipos que se propone utilizar para el diseño de la red, se ha separado en dos los elementos, activos y pasivos.

2.13.1.1 Elementos activos

Son aquellos elementos que se diferencian básicamente por su funcionamiento por la existencia de una fuente de poder o de energía, es decir estos equipos necesitan estar conectados a la red eléctrica para su funcionamiento en los que se tiene a:

- OLT

Es el elemento principal de la red, este debe contar con las características técnica especificadas por la normativa ITU-T G.984.2. clase C+ para un correcto funcionamiento, además de propiedades fundamentales de escalabilidad de la red para cumplir con todos los usuarios potenciales y futuros, compatibilidad con los demás equipos finales de la red, seguridad, QoS (calidad de servicio) y control de usuarios.

Se ha tomado en cuenta dos modelos de equipos OLT que actualmente se encuentra en el mercado ecuatoriano para analizar cada uno de ellos y determinar cuál es el más adecuado para el diseño de la red.

Tabla 12-2: Características de los diferentes modelos de OLT

Equipo	HUAWEI MA5680T	ZTE C300
Categoría GPON	Class B+ and Class C+	Class B+ and Class C+
Longitud de onda operativa	Tx: 1550nm Rx:1310nm	Tx: 1550nm Rx:1310nm
Tipo de encapsulación	SFP	SPF
Tazas de velocidades	Tx: 2.49 Gbps Rx: 1.25Gbps	Tx: 2.49 Gbps Rx: 1.25Gbps
Potencia óptica de salida mínima	3 dBm	4.5 dBm
Potencia óptica de salida máxima	7 dBm	8 dBm
Sensibilidad máxima del receptor	-32 dBm	-32 dBm
Tipo de conector	SC/PC	SC/PC
Fibra Óptica	Monomodo	Monomodo
Relación de división	Min:16 Max:128 Sugerida: 64	Min:16 Max:128 Sugerida: 64
Distancia	20 Km	20 Km
Precio	\$18 000.00	\$19 500.00

Fuente: (“Huawei MA5680T Price and Datasheet,” 2020; “ZTE C300 Price and Datasheet,” 2020)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Se ha elegido el equipo HUAWEI MA5680T, desde el punto de vista de potencia ya que lo que se desea saber es comprobar uno de los casos críticos de la red del usuario más lejano, con la mínima potencia que se puede encontrar en el mercado para garantizar un correcto funcionamiento de la red y por su menor costo con respecto al equipo ZTE C300.

- ONT

La ONT es el equipo que debe cumplir con características de compatibilidad con la OLT debido en que si todos es un solo conjunto y para una mayor facilidad al momento de configurar los equipos además de recibir y analizar los datos de origen de la OLT e inversamente de enviar la información. (García Tomás, 2019, p. 14) Además de cumplir con las características técnica especificadas por la normativa ITU-T G.984.2. clase C+.

Tabla 13-2: Características del modelo de la ONT

Equipo	Tp-Link TX-6610
Categoría GPON	GPON Class C+
Longitud de onda operativa	Tx: 1310nm Rx:1550nm
Tasas de velocidades	Tx: 2.488 Gbps Rx: 1.244Gbps
Potencia óptica de salida mínima	0.5 dBm
Potencia óptica de salida máxima	5 dBm
Tipo de conector	SC/APC
Fibra Óptica	Monomodo
Distancia	20 Km
Precio	\$54,99

Fuente: (“TX-6610 | Terminal GPON de 1 Puerto Gigabit | TP-Link Iberia,” 2019)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.13.1.2 Elementos pasivos

Estos elementos a diferencia de los activos es que básicamente no necesitan de una fuente de energía para su funcionamiento, su forma trabajo como su nombre lo indica es pasivamente es decir solo es necesario conectar, unir o fusionar los elementos adecuados y de manera correcta para que función perfectamente.

- Fibra óptica

Para todo el diseño de la red se tomará en cuenta varios tipos de fibra óptica monomodo para cada etapa sea la red feder, de distribución o de dispersión. Donde a continuación se detalla cada una de las características técnicas de las mismas.

Tabla 14-2: Características de los diferentes tipos de fibra óptica monomodo

Fibra Óptica	Red Feeder	Red de distribución	Red de dispersión
Normativa	G.652.D	G.652.D	G.657.A
Longitud de onda	1310nm a 1550nm	1310nm a 1550nm	1310nm a 1625nm
Perdidas / Km	0.35dB/Km 0.25dB/Km	0.35dB/Km 0.25dB/Km	0.35dB/Km 0.25dB/Km
Velocidad de transmisión	2.5Gbps, 10Gbps, 40Gbps	2.5Gbps, 10Gbps, 40Gbps	2.5Gbps, 10Gbps, 40Gbps
Numero de hilos	96	48	2
Precio (m)	\$4.21	\$284(Carrete 1Km)	\$104(Carrete 1Km)

Fuente: (Rivera and Leandro, 2018)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

- Manga

Este equipo se lo utiliza por protección ya que la fibra óptica al ser un material de vidrio y muy delicado a su manipulación, es por esos que este elemento se ubica al momento de realizar el sangrado en la red feeder para así tomar solo el numero necesario de fibras a utilizar y proteger las fusiones como los demás hilos.

Tabla 15-2: Características de la manga óptica

Manga



Manga GJS03-M8AX-JX-144D

Capacidad de hilos	12, 24, 48, 96, 144
Puertos	1 oval y 4 redondos
Tipo de Instalación	Aérea, canalizada
Método de sellado	Mecánico
Precio	\$84.99


Fuente: (OptyTECH, 2020)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

- Splitter

Se detallará las características técnicas de los splitter a utilizar en el diseño de la red GPON que son para el primer nivel 1:2 y para el segundo nivel 1:32. Estos elementos son los que realizan la relación de división hasta de 1:64. Como el avance es continuo y la evolución de los equipos ópticos cambia día tras día, se deberá prever la utilización de relaciones de división hasta de 1:128. (Zapata and Abel, 2019)

Tabla 16-2: Características de los dos splitter ópticos

Splitter por Fusión	Primer nivel	Segundo nivel
		
Relación de división	1:2	1:32
Tipo de conector	SC/APC	SC/APC
Perdidas por inserción	3.5dB	17.5 dB
Precio	\$8.99	\$32.99

Fuente: ("Splitter para fusión 1×32 – Las Telecomunicaciones del Ecuador," 2019)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Se ha elegido el splitter por fusión ya que presenta una cantidad mínima de perdidas en relación con el otro tipo de splitter por conector, es por eso por lo que se ha decidido utilizar los splitter por fusión para el diseño de la red GPON.

2.13.2 Cantidad de recursos materiales

En tabla 17-2 de detalla la cantidad de cada uno de los materiales que se necesitara para el diseño de la red con fibra óptica de tipo monomodo tomando en cuenta todos los equipos activos y pasivos que son indispensable para la parroquia de Huambaló

Tabla 17-2: Cantidad de recursos materiales

Equipos	Cantidad
OLT	1
Puertos de la OLT	32
ONT	2048
Fibra Óptica G.652.D (m)	5840
Fibra Óptica G.652.D(1000m)	6
Fibra Óptica G.657.A (1000m)	10
Conectores OLT	16
Pigtail ONT	2048
Manga	6
1° Splitter 1:2	32
2° Splitter 1:32	64
Caja terminal de 4	32
Caja terminal de 48	64
Roseta óptica	2048

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.13.3 Presupuesto comercial de los recursos materiales

A continuación se detallará los costos de cada uno de los equipos activos como pasivos que intervendrán en el diseño de la red GPON para conocer cuál sería la inversión de este proyecto, donde se especifica cada uno de los precios unitarios de los equipos y el precio total. Estos precios se han averiguado en varias empresas de telecomunicación que se dedican a la venta y distribución de equipos y material de fibra óptica.

Tabla 18-2: Costo referencial de la inversión para la red GPON

Equipos	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
OLT	1	\$ 18.000,00	\$ 18.000,00
ONT	2048	\$ 54,99	\$112.619,52
Fibra Óptica G.652.D (m)	5840	\$ 4,21	\$ 24.586,40
Fibra Óptica G.652.D (1000m)	6	\$ 284,00	\$ 1.704,00
Fibra Óptica G.657.A (1000m)	10	\$ 104,00	\$ 1.040,00
Conectores OLT	16	\$ 1,60	\$ 25,60
Pigtail ONT	2048	\$ 1,60	\$ 3.276,80
Manga	6	\$ 84,99	\$ 509,94
1° Splitter 1:2	32	\$ 8,99	\$ 287,68
2° Splitter 1:32	64	\$ 32,99	\$ 2.111,36
Caja terminal de 4	32	\$ 13,20	\$ 422,40
Caja terminal de 48	64	\$ 16,20	\$ 1.036,80
Roseta Óptica	2048	\$ 6,30	\$ 12.902,40
Total			\$178.522,90

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Como resultado se obtuvo un costo referencial total de \$178.522,90 dólares americanos para la inversión de la red GPON en la parroquia Huambaló.

2.14 Distribución de usuarios en la red

Para la distribución de los usuarios de la red se tomó en cuenta el nivel máximo de usuarios por puerto de la OLT los niveles de splitter, la extensión y cantidad de usuarios potenciales que existe en cada una de las zonas y escalabilidad de red para futuro usuarios. A continuación, se detalla cada zona indicando a que distribuidor óptico pertenece, número de puerto en la OLT, número de red troncal, numero de splitter de primer nivel, numero de splitter de segundo nivel y la cantidad de usuario potenciales de las 6 zonas.

Tabla 19-2: Distribución de usuarios zona 1,2,3,4,5 y 6

N° de Puerto OLT	Red Troncal	N° Manga	1° Splitter 1:2	2° Splitter 1:32	Usuarios	Zona				
1	1	1	1	1	1,2,3...32	Zona 1 (384)				
2				2	1,2,3...32					
3			2	3	1,2,3...32					
4				4	1,2,3...32					
5			3	5	1,2,3...32					
6				6	1,2,3...32					
7		2	1	1	1,2,3...32		Zona 3 (256)			
8				2	1,2,3...32					
9			2	3	1,2,3...32					
10				4	1,2,3...32					
11			2	1	1			1	1,2,3...32	Zona 2 (256)
12								2	1,2,3...32	
13	2	3			1,2,3...32					
14		4			1,2,3...32					

15	2	1	1	1	1,2,3...32	Zona 4 (384)	
					2		1,2,3...32
16				2	3		1,2,3...32
					4		1,2,3...32
17				3	5		1,2,3...32
					6		1,2,3...32
18				4	7		1,2,3...32
					8		1,2,3...32
19				5	9		1,2,3...32
					10		1,2,3...32
20				6	11		1,2,3...32
					12		1,2,3...32
21	3	1	1	1	1,2,3...32	Zona 5 (384)	
					2		1,2,3...32
22				2	3		1,2,3...32
					4		1,2,3...32
23				3	5		1,2,3...32
					6		1,2,3...32
24			4	7	1,2,3...32		
				8	1,2,3...32		
25			5	9	1,2,3...32		
				10	1,2,3...32		
26			6	11	1,2,3...32		
				12	1,2,3...32		
27	2	1	1	1	1,2,3...32	Zona 6 (384)	
					2		1,2,3...32
28				2	3		1,2,3...32
					4		1,2,3...32
29				3	5		1,2,3...32
					6		1,2,3...32
30		4	7	1,2,3...32			
			8	1,2,3...32			
31		5	9	1,2,3...32			
			10	1,2,3...32			
32		6	11	1,2,3...32			
			12	1,2,3...32			

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.15 Balance de potencia de la red Óptica

Para calcular el enlace se debe tomar en cuenta las pérdidas ópticas por cada uno de los conectores y fusiones conociendo su valor de pérdida y el número de veces que estas mismas se empleen en la fibra óptica de tipo monomodo, desde la OLT hasta la ONT.

Debido al gran número de clientes potenciales se analizará para los dos casos más críticos de cada una de las zonas de red, para este análisis se tomará en cuenta el usuario más cercano que se encuentra en la zona 2 y en el usuario más lejano que se encuentra en la zona 6. Ya que si se comprueba que los valores obtenidos para estos dos casos están dentro de los parámetros del estándar ITU G984.2 clase C+ indicados en la Tabla 5-1 se garantizará que funcionará adecuadamente para los demás casos.

Se debe tomar en cuenta todos los elementos pasivos y en qué momento de la red son utilizados durante todo el enlace.

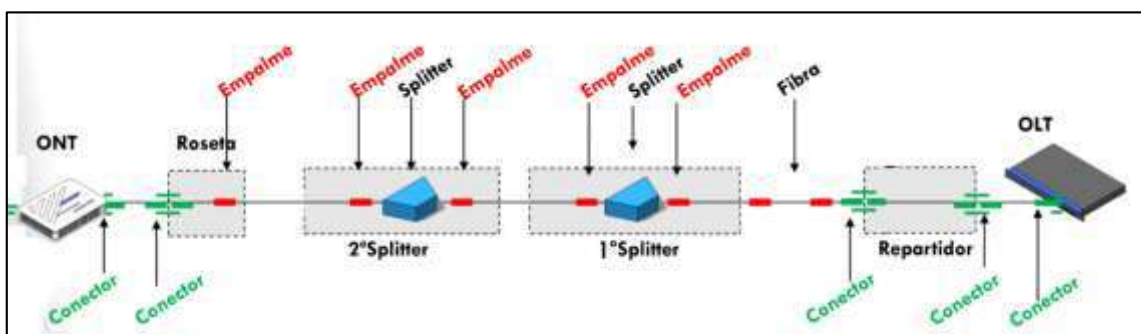


Figura 20-2. Elementos pasivos que actúan en el cálculo de pérdidas

Realizado por: (TELNET, 2014)

2.15.1 Pérdidas totales del enlace del usuario más cercano

Para el cálculo se realizará con las pérdidas mínimas que se tendrá en la red, donde se utilizará una fibra óptica de tipo monomodo con una longitud de onda de 1550 nm debido a que es la que menor pérdidas presenta por kilómetro y la distancia que recorre la fibra óptica es la más cercana desde la OLT pasando por todos los demás componentes hasta llegar a la ONT del usuario más cercano.

2.15.1.1 Distancia del usuario más cercano

Para calcular la distancia de la OLT hasta el usuario más lejano se realizará con el software Google Maps, ya que brinda una herramienta muy útil como es la de medir la distancia entre dos puntos, pudiendo así modificar la trayectoria de la ruta en el mapa de la parroquia Huambaló, donde se obtuvo que el cliente final más cercano de todas las 6 zonas se encuentra aproximadamente a unos 1348 metros de la OLT y pertenece a la zona 2.



Figura 21-2. Distancia del usuario más cercano

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Tabla 20-2: Plantilla de presupuesto óptico usuario más cercano

Elementos de la red de fibra Óptica	Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)	
Conectores de acople ITU 671	5	0,50	2,5	
Empalmes de fusión ITU 751	7	0,10	0,7	
Empalmes mecánicos ITU 751		0,20		
Conector Mecánico Armado en campo		0,60		
Splitters	1x2	1	3,50	3,5
	1x4		7,00	
	1x8		10,50	
	1x16		14,00	
	1x32	1	17,50	17,5
	1x64		21,00	
	2x4		21,30	
Longitud de Fibra (Km) / Longitudes de onda	1310 nm		0,35	
	1490 nm		0,30	
	1550 nm	1,348	0,25	0,337
Pérdidas totales del enlace (dB)			24,537	

Fuente: (Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT-EP, 2017)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Como resultado se tiene una pérdida del enlace del usuario más cercano de 24.537 dB con esto valor se procederá calcular la potencia de recepción del enlace en la ONT.

2.15.2 Potencia de recepción del usuario más cercano

Para calcular la potencia de recepción del usuario más cercano se necesita dos variables que son las pérdidas totales del enlace calculadas anteriormente y la potencia de transmisión del equipo OLT.

Para este caso se calcula con la potencia máxima que el equipo OLT proporciona debido a que se desea saber cuál es la potencia que es recibida en la ONT y que esta no sature al equipo ya que puede llegar a causar daños en el detector óptico causando un mal funcionamiento de la red.

P_{RX} : Potencia de recepción en la ONT

P_{TX} : Potencia de transmisión de la OLT

L : Pérdidas totales del enlace

$$\begin{aligned}P_{RX} &= P_{TX} - L \\P_{RX} &= 7\text{dBm} - 24.537\text{dB} \\P_{RX} &= -17.537\text{ dBm}\end{aligned}$$

Para la obtención de la potencia de recepción se calculó la potencia máxima suministrada por la OLT menos las pérdidas totales del enlace, como resultado se obtiene que es de 17.537 dbm la potencia recibida en la en la ONT se observa que este valor se encuentra dentro de los parámetros del estándar ITU G984.2 clase C+ indicados en la Tabla 5-1.

2.15.3 Balance de pérdidas y potencias de usuarios más cercano por zonas

En el balance de pérdidas y potencias de cada una de las zonas el procedimiento es el mismo como se hizo anteriormente para el usuario más cercano de la zona 2.

En la tabla 21-2 se observa los resultados obtenido tanto en pérdidas totales como en potencia recibida del usuario más cercano de cada una de las 6 zonas.

Tabla 21-2: Usuarios más cercanos

Zonas	Distancia	Pérdidas Totales	Potencia Recibida
Zona 1	3,54 Km	25,085 dB	-18,085 dBm
Zona 2	1,34 Km	24,530 dB	-17,537 dBm
Zona 3	1,95 Km	24,687 dB	-17,687 dBm
Zona 4	1,48 Km	24,570 dB	-17,570 dBm
Zona 5	3,22 Km	25,005 dB	-18,005 dBm
Zona 6	3,61 Km	25,102 dB	-18,102 dBm

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.15.4 Pérdidas totales del enlace del usuario más lejano

Para el cálculo se realizará con las pérdidas máximas que se tendrá en la red, donde se utilizará una fibra óptica de tipo monomodo con una longitud de onda de 1310 nm debido a que es la que mayor pérdida presenta por kilómetro y la distancia que recorre la fibra óptica es la más alejada desde la OLT pasando por todos lo demás componentes hasta llegar a la ONT del usuario más distante.

2.15.4.1 Distancia del usuario más lejano

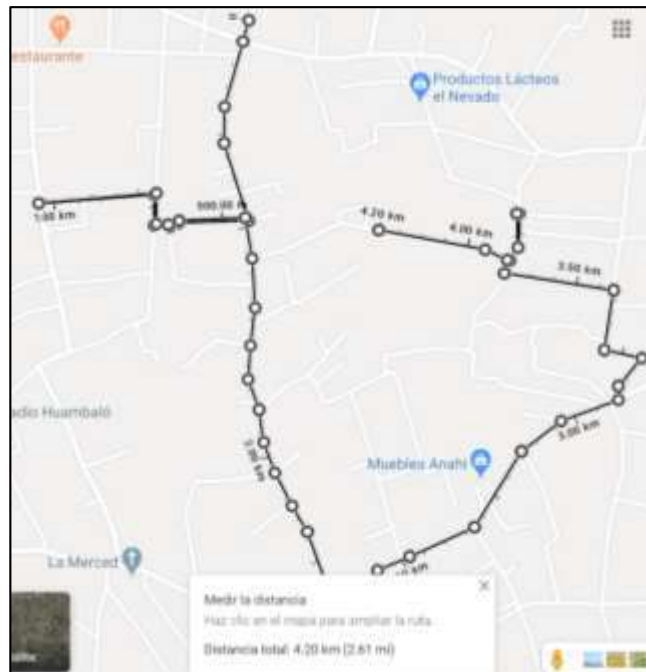


Figura 22-2. Distancia del usuario más distante

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Para calcular la distancia de la OLT hasta el usuario más lejano se realizará con el software Google Maps, ya que brinda una herramienta muy útil como es la de medir la distancia entre dos puntos,

se puede modificar la trayectoria de la ruta en el mapa de la parroquia Huambaló, donde se obtuvo que el cliente final más lejano de toda la red se encuentra aproximadamente a unos 4200 metros de la OLT y pertenece a la zona 5.

Tabla 22-2: Plantilla de presupuesto óptico usuario más lejano

Elementos de la red de fibra Óptica		Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)
Conectores de acople ITU 671		5	0,50	2,5
Empalmes de fusión ITU 751		7	0,10	0,7
Empalmes mecánicos ITU 751			0,20	
Conector Mecánico Armado en campo			0,60	
Splitters	1x2	1	3,50	3,5
	1x4		7,00	
	1x8		10,50	
	1x16		14,00	
	1x32	1	17,50	17,5
	1x64		21,00	
	2x4		7,90	
Longitud de Fibra (Km) / Longitudes de onda	1310 nm	4.20	0,35	1,47
	1490 nm		0,30	
	1550 nm		0,25	
Pérdidas totales del enlace (dB)				25,67

Fuente: (Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT-EP, 2017)

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Como resultado se tiene una pérdida del enlace del usuario más lejano de 25.67 dB con esto valor se procederá calcular la potencia de recepción del enlace en la ONT

2.15.5 Potencia de recepción del usuario más lejano

Para calcular la potencia de recepción del usuario más lejano se necesita dos variables que son las pérdidas totales del enlace calculadas anteriormente y la potencia de transmisión del equipo OLT. Para este caso se calcula con la potencia mínima que el equipo OLT proporciona debido a que se desea saber que la potencia que es recibida en la ONT es la suficiente para un correcto funcionamiento de la red.

P_{RX} : Potencia de recepción en la ONT

P_{TX} : Potencia de transmisión de la OLT

L : Pérdidas totales del enlace

$$P_{RX} = P_{TX} - L$$

$$P_{RX} = 3dBm - 25.67dB$$

$$P_{RX} = -22.67 dbm$$

Para la obtención de la potencia de recepción se calculó con la potencia mínima suministrada por la OLT menos las pérdidas totales del enlace, como resultado se obtiene que es de $-22.67 dbm$ la potencia recibida en la en la ONT se observa que este valor se encuentra dentro de los parámetros del estándar ITU G984.2 clase C+ indicados en la Tabla 5-1.

2.15.6 Balance de pérdidas y potencias de usuario más lejanos por zonas

En el balance de pérdidas y potencias de cada una de las zonas el procedimiento es el mismo como se hizo anteriormente para el usuario más lejano de la zona 5.

En la tabla 23-2 se observa los resultados obtenido tanto en pérdidas totales como en potencia recibida del usuario más cercano de cada una de las 6 zonas.

Tabla 23-2: Usuarios más lejanos

Zonas	Distancia	Pérdidas Totales	Potencia Recibida
Zona 1	4,01 Km	25,6035 dB	-22,6035 dBm
Zona 2	1,63 Km	24,7705 dB	-21,7705 dBm
Zona 3	3,27 Km	25,3445 dB	-22,3445 dBm
Zona 4	2,72 Km	25,1520 dB	-22,1520 dBm
Zona 5	4,20 Km	25,7995 dB	-22,7995 dBm
Zona 6	4,17 Km	25,8205 dB	-22,8205 dBm

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.16 Margen de seguridad de la red del usuario más lejano

EL margen de seguridad corresponde a al valor de 6 dB, que se suele dejar como garantía para posibles incrementos de perdidas en la red. Pueden ser por cambios de splitter o si posteriormente se presenta una ruptura en algún segmento de la fibra óptica y que al momento de que estos imprevistos se sean reparados no afecte las perdidas máximas que recomienda la norma ITU G.984.2 clase C+ que es de 32 dB, y así no dañar los equipos. (García Tomás, 2019, p. 29)

Como se observa en la tabla 21-2 y la tabla 23-2 se está respetando el margen de seguridad en todos los usuarios más críticos de cada una de las zonas granizando un correcto funcionamiento de la red.

2.17 Simulación

Para el desarrollo de la simulación de la red se trabajará con el software Optisystem de la compañía Optiwave, donde este es de uso gratuito con 30 días de vigencia desde el momento de su instalación.

Debido al gran número de clientes potenciales como ya se mencionó en la sección 2.15 se desarrollara la simulación de la red para el usuario más cercano a la OLT que será el primer caso y para el más lejano de la OLT el segundo caso, debido a que si se realiza la simulación de toda la red representaría una sobrecarga de datos a procesar para el software y hardware.

Es por eso por lo que serán los dos casos más críticos donde se simulara con pérdidas mínimas para el primer caso y pérdidas máximas para el segundo caso, y así se comprueba el desempeño de la red ya que si funciona y se encuentran dentro del estándar para estos dos casos más críticos funcionara correctamente para todos los demás usuarios.

2.17.1 Optisystem



Figura 23-2. Software Optisystem

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Es un software especializado para el diseño de redes de fibra óptica que permite a los usuarios planificar, probar y simular. Fue creado para satisfacer las necesidades de los investigadores científicos, ingenieros de telecomunicaciones ópticas, integradores de sistemas, estudiantes y una amplia variedad de otros usuarios. ("OptiSystem Overview," 2019., P. 1)

2.17.2 Área de trabajo de Simulación

La manera de simular la red es una forma gráfica es decir con los elementos que se encuentran en la ventana de la parte izquierda, previamente se realiza la búsqueda del componente a utilizar se arrastra al área de trabajo para luego ser conectados entre sí.

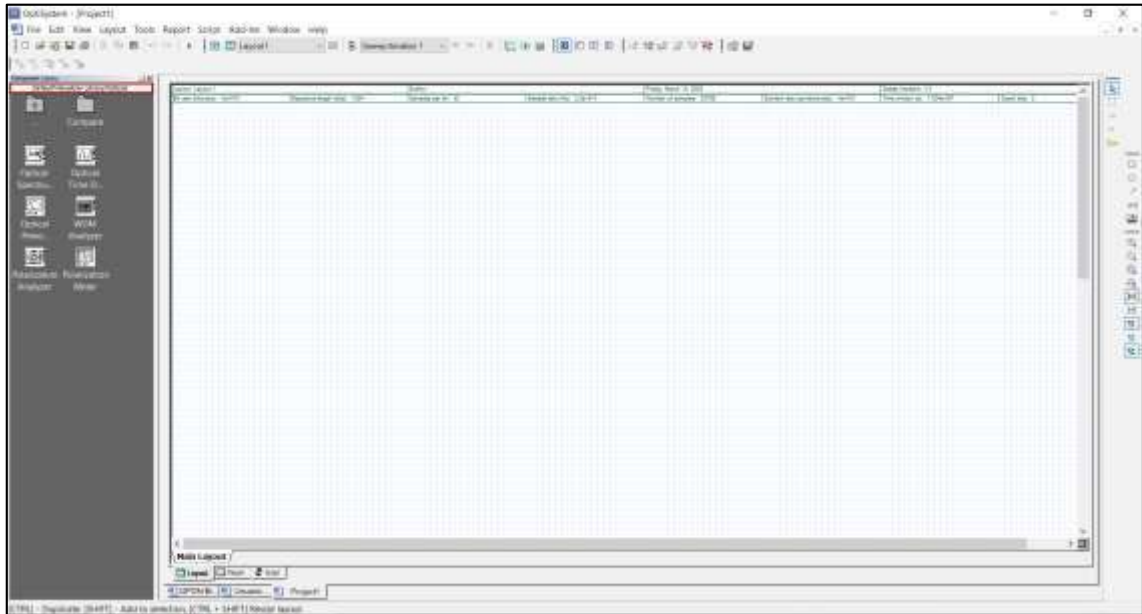


Figura 24-2. Interfaz gráfica del área de trabajo del software

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Para realizar la simulación de la red se configura los parámetros generales en los cuales la red va a trabajar como son: el bit rate definido en 2.5 Gbps que es el canal de bajada, determinado por el (ITU G.984.2, 2019) la longitud de la secuencia de bits, el número de muestras, la longitud de onda de la señal.



Figura 25-2. Configuración de los parámetros de la red GPON

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

El diseño de la red está compuesto por tres partes principales que son la OLT, ODN y la ONT, donde a continuación detallares con profundidad cada una de ellas sus características de configuración, elementos que componen cada una de las partes y función que cumple dentro de la red. En la figura 21-2 se tiene el diseño de la red completo donde en el anexo C se observa de una mejor manera y a mayor detalle.

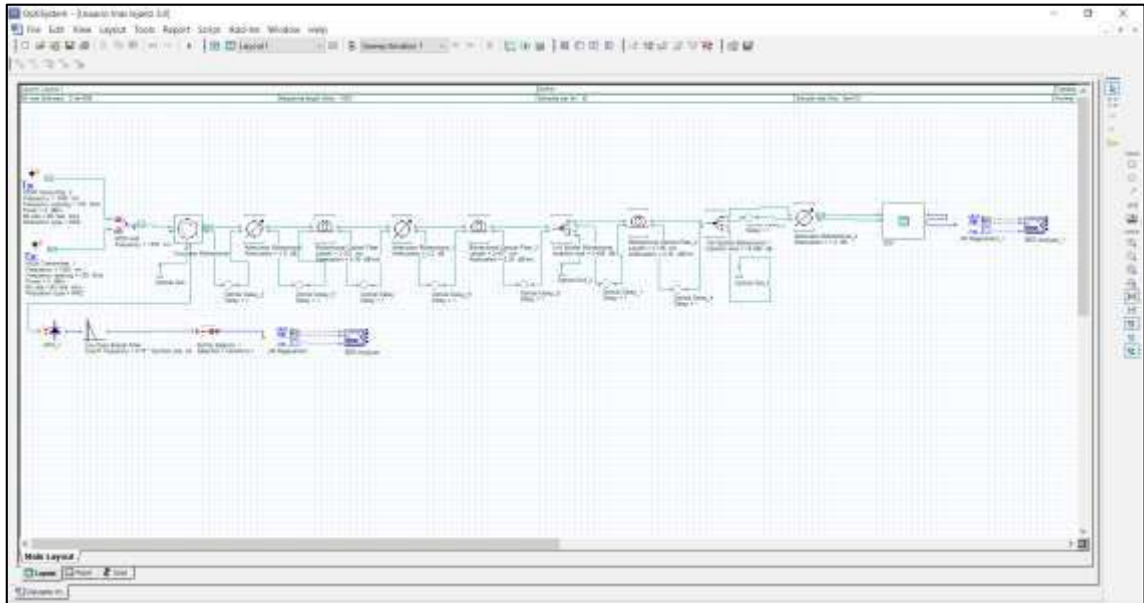


Figura 26-2. Diseño de la red GPON

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.17.3 Simulación para el primer caso del usuario más cercano

Para la configuración de la simulación del usuario más cercano se debe tomar en cuenta dos factores muy importantes, la OLT que debe proporcionar la potencia máxima y la fibra óptica de tipo monomodo con menores pérdidas que es la de longitud de 1550 nm. Como se realizó en el análisis del cálculo de pérdidas y potencia del usuario más cercano.

- Configuración de la OLT

La OLT está compuesta por un transmisor a la frecuencia de 1550nm que representará la señal de video, otro transmisor a la frecuencia de 1490nm que será señal de internet, ambos transmisores configurados con una potencia de 7dBm, Un bit rate igual al del sistema 2.5Gbps y una modulación NRZ. Las dos señales se juntan en el multiplexor por división de longitud de onda WDM Add para obtener una única señal a transmitir, esta ingresa al *Circulator Bidirectional*

que se encarga de obtener el canal downstream y upstream, un *Atenuador Bidireccional* que representa las pérdidas de conectores y fusiones en cada etapa de la red.

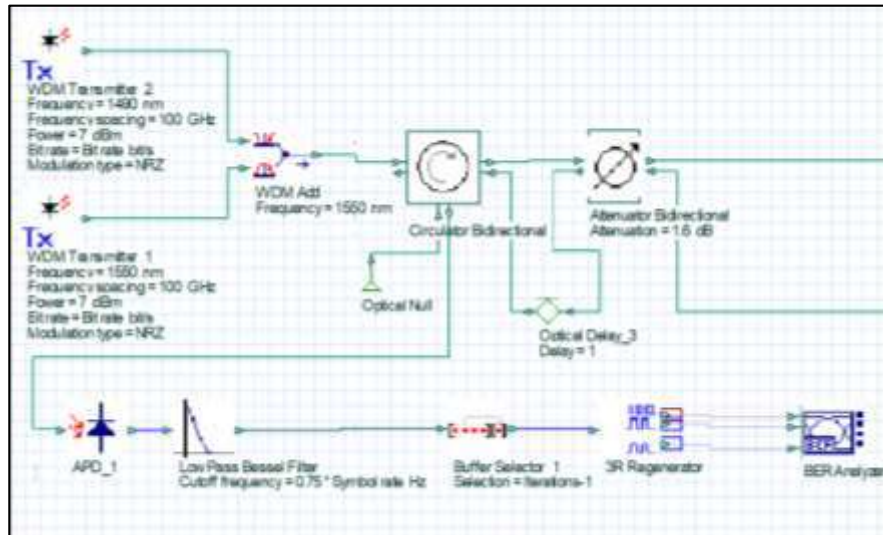


Figura 27-2. Configuración de la OLT del primer caso

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

- Configuración de la ODN

La red ODN está compuesta por: Bidireccional Optical Fiber, Attenuator Bidireccional, dos Splitter Bidireccional de 1:2 y de 1:32 el software por defecto da una pérdida de 3.011 dBm es por eso por lo que se inserta manualmente pérdidas de 0.489 dBm y 14.489 dBm respectivamente para alcanzar las perdidas reales de los splitter como se muestra en la en la tabla 20-2. Con una distancia total de 1.34 km.

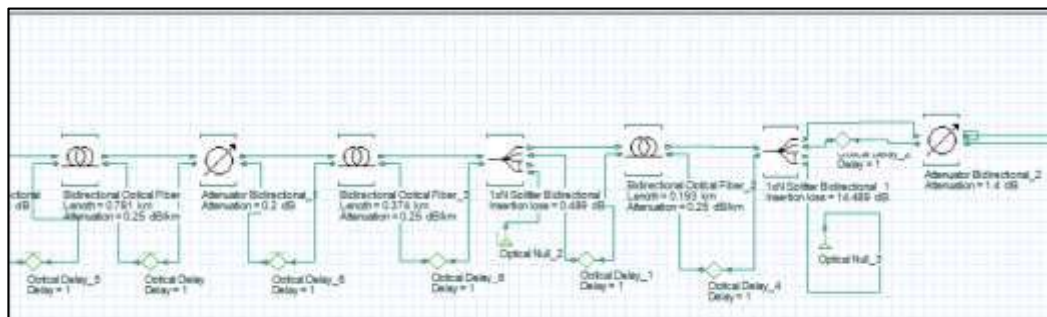


Figura 28-2. Configuración de la ODN del primer caso

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

A continuación en la figura 24-2 muestra configuración de la fibra óptica de tipo monomodo utilizada en este caso, con una atenuación de 0.25dB/km con longitud de onda de 1550nm y una

distancia de 781m de la red feeder del usuario más cercano, esta distancia se ira modificando en cada etapa de la simulación.

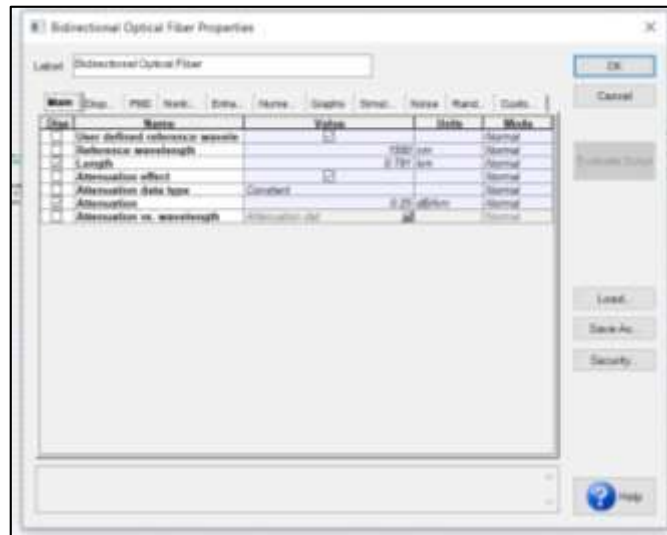


Figura 29-2. Configuración de la fibra del primer caso

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

2.17.4 Simulación para el segundo caso del usuario más lejano

Para la configuración de la simulación del usuario más lejano se debe tomar en cuenta dos factores muy importantes, la OLT que debe proporcionar la potencia mínima y la fibra óptica de tipo monomodo con la característica de pérdidas mayores que esta posee. Como se realizó en el análisis del cálculo de pérdidas y potencia del usuario más lejano.

- Configuración de la OLT

La OLT va a tener la misma configuración que en el usuario más cercano de la zona 2 ahora lo que va a diferenciar es la potencia de transición para simular la red con pérdidas máximas, esta potencia va a ser ahora de 3 dBm.

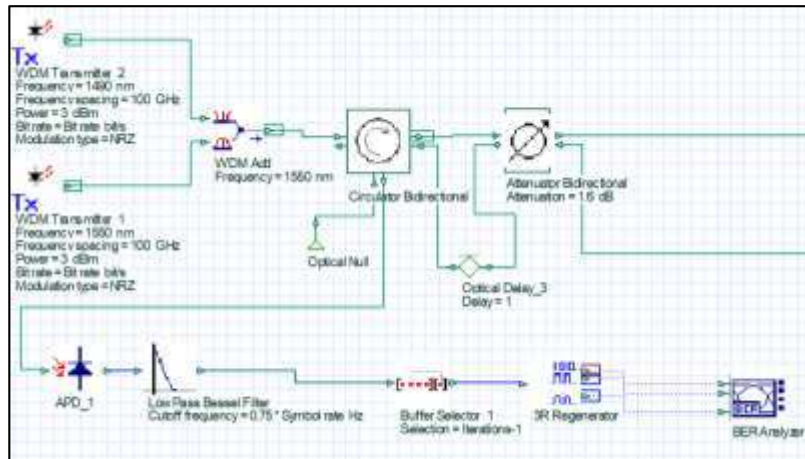


Figura 30-2. Configuración de la ONT del segundo caso

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

- Configuración de la ODN

La red ODN está compuesta por: *Bidirectional Optical Fiber*, *Attenuator Bidireccional*, dos *Splitter Bidirectional* de 1:2 y de 1:32 el software por defecto da una pérdida de 3.011 dBm es por eso por lo que se inserta manualmente pérdidas de 0.489 dBm y 14.489 dBm respectivamente para alcanzar las pérdidas reales de los splitter como se muestra en la tabla 22-2. Con una distancia total de 4.20 km.

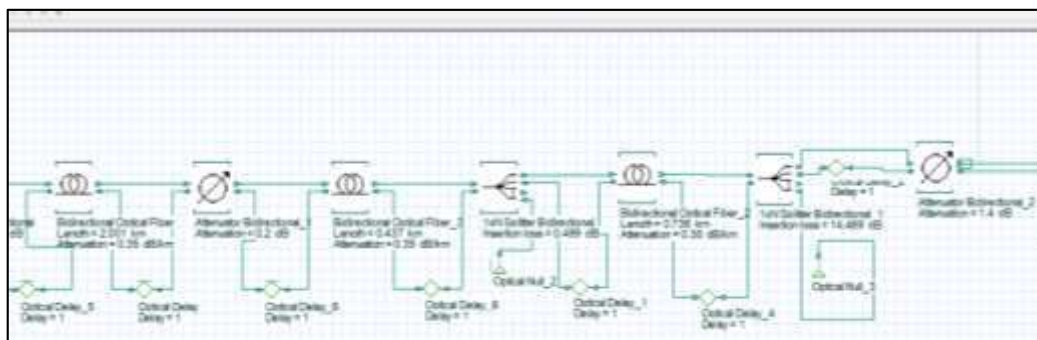


Figura 31-2. Configuración de la ODN del segundo caso

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

A continuación en la figura 32-2 se muestra configuración de la fibra óptica de tipo monomodo utilizada en este caso, con una atenuación de 0.35dB/km con longitud de onda de 1550nm de transmisión una distancia de 2.001km de la red feeder del usuario más lejano, esta distancia se ira modificando en cada etapa de la simulación.

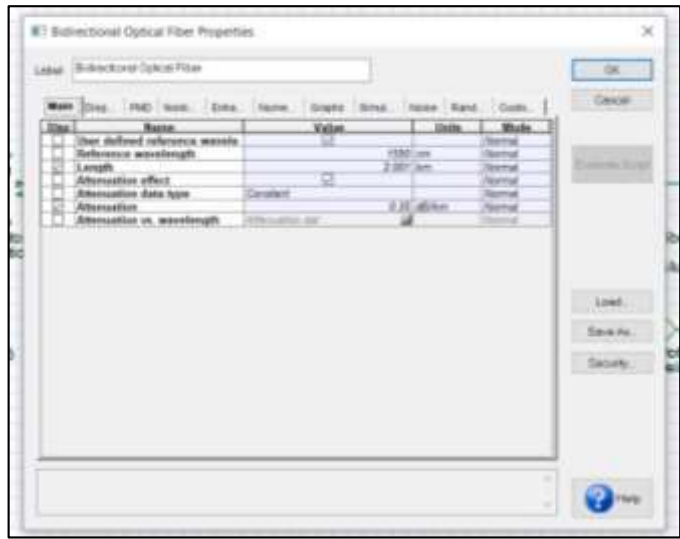


Figura 32-2. Configuración de la fibra óptica del segundo caso

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

- Configuración de la ONT de la Red GPON

La ONT está conformado por un subsistema y un *3R Generator* que es el encargado de reconstruir la señal para observar los resultados obtenidos en el *BER Analyzer*.

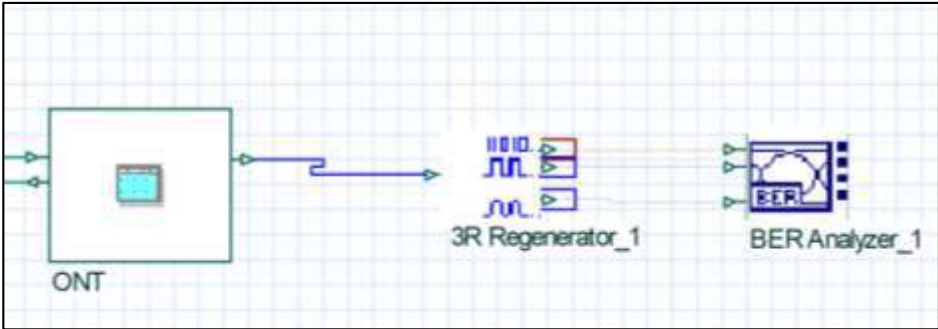


Figura 33-2. Componentes de la ONT de la Red GON

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

El subsistema de la ONT está conformado por un *Pin APD* que detecta la señal óptica y la transforma en eléctrica es por eso por lo que el color de línea de conexión cambia pasa por un *Low Pass Bessel Filter* encargado de separar las señales de video e internet y eliminar el ruido introducido del sistema.

También consta de una etapa de transmisión que representa el canal de subida de internet donde se utiliza *WDM Transmitter* con una potencia de 5 dBm suministrada por el fabricante del equipo ONT, la longitud de onda a 1310 nm . Para simular el acceso múltiple por división de tiempo

(TDMA) se emplearon *Dynamic Y Select* con un intervalo de tiempo que se le asigna a cada cliente final para que los datos puedan ser transmitidos por el canal upstream hacia la OLT.

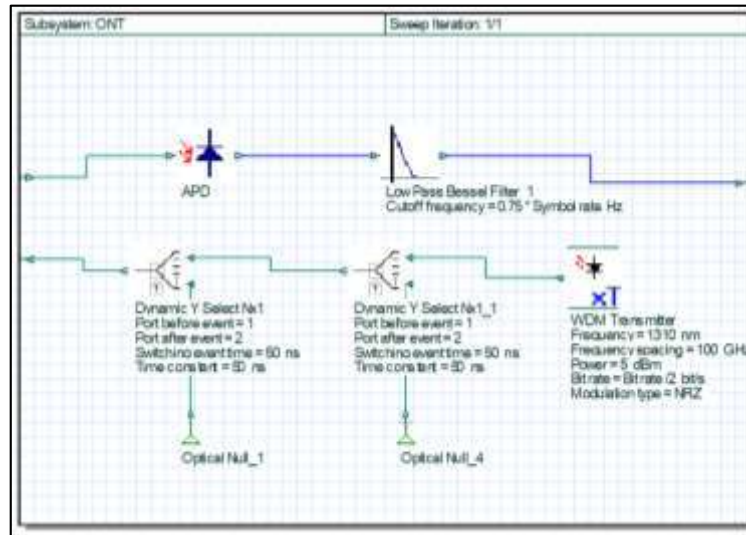


Figura 34-2. Elementos del subsistema de la ONT

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

CAPÍTULO III

3. Análisis y resultados

En el presente capítulo III se realizará un análisis de los datos obtenidos en las encuestas, los resultados de las pruebas hechas en la red comparando los valores de obtenido teóricamente con los valores conseguidos en la simulación de los casos críticos de cada una de las 6 zonas de la red de fibra óptica.

3.1 Análisis de las respuestas de las encuestas

Después de que se estudió cada una de las respuestas del cuestionario se puede comprobar que el 60% de futuros clientes ha pensado en contratar el servicio de internet y el 27% en contratar ambos servicios televisión e internet como se observa en el gráfico 1-3, de igual manera el 84% de las personas encuestadas están de acuerdo con un cambio de tecnología hacia fibra óptica en el gráfico 2-3, se visualiza la aceptación obtenida.

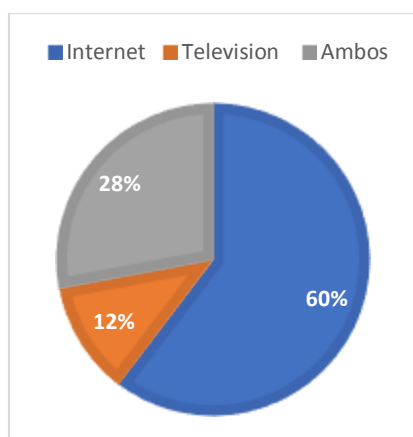


Gráfico 1-3. Respuestas de la pregunta 8

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

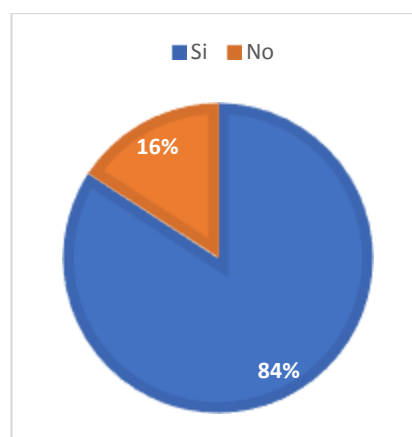


Gráfico 2-3. Respuestas de la pregunta 9

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Posteriormente al análisis de las respuestas se puede evidenciar que es necesario un cambio de tecnología de cobre hacia fibra óptica ya que las encuestas realizadas aleatoriamente en la parroquia rural de Huambaló respaldan y aseveran que es aceptada la propuesta tecnológica del trabajo de investigación.

3.2 Análisis del balance de potencias de los casos críticos

Se analizará los dos casos críticos de cada zona de la red siendo el usuario más cercano y el usuario más lejano, ya que una vez comprado que funciona para estos dos casos de garantiza un correcto funcionamiento de la red para los demás casos de las zonas.

3.2.1 Primer caso critico usuario más cercano

Se analizo el balance de potencias de cada uno de los usuarios más críticos de las 6 zonas, es decir cuál es el usuario más cercano.

Para el primer caso crítico del usuario más cercano es importante detallar que lo que deseamos analizar es que se obtenga la cantidad de perdidas mínimas que hay en el enlace, ya que si un caso fortuito la potencia del trasmisor aumentara por encima del promedio que trabaja en condiciones normales que es en el rango de 3 a 7 *dBm*. Este aumento no afecte a los equipos receptores es por eso por lo que el balance de potencia se realiza con la potencia máxima que puede suministrar el equipo transmisor de 7 *dBm*.

Tabla 1-3: Balance de potencias usuarios más cercano

Zona	Distancia	Perdidas	Potencia recibida
Zona 1	3,54 Km	25,085 dB	-18,085 dBm
Zona 2	1,34 Km	24,530 dB	-17,537 dBm
Zona 3	1,95 Km	24,688 dB	-17,688 dBm
Zona 4	1,48 Km	24,570 dB	-17,570 dBm
Zona 5	3,22 Km	25,005 dB	-18,005 dBm
Zona 6	3,61 Km	25,103 dB	-18,103 dBm

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Se observa en la tabla 1-3 que la atenuación recibida de los usuarios más cercano de cada una de las 6 zonas, con potencia máxima suministrada por el equipo transmisor se encuentra dentro de la recomendación del estándar es decir debe estar por encima de los 17 *dB* y no debe sobrepasar los 32 *dB*, manteniendo el margen de seguridad de 3 *dB*.

Comprobamos que cada uno de los valores obtenidos se encuentra dentro del rango de funcionamiento garantizando un correcto funcionamiento de la red

3.2.2 Segundo caso crítico usuario más lejano

Se analizó el balance de potencias de cada uno de los usuarios más críticos de las 6 zonas, es decir cuál es el usuario más lejano.

Para el segundo caso crítico del usuario más lejano es importante detallar que lo que deseamos analizar es que se obtenga la cantidad de pérdidas máximas que hay en el enlace, ya que si un caso fortuito la potencia del transmisor disminuyera por debajo del promedio que trabaja en condiciones normales que es en el rango de 3 a 7 dBm. Esta disminución no afecte a los equipos receptores es por eso por lo que el balance de potencia se realiza con la potencia mínima que puede suministrar el equipo transmisor de 3 dBm.

Tabla 2-3: Balance de potencias usuarios más lejano

Zona	Distancia	Pérdidas	Potencia recibida
Zona 1	4,01 Km	25,604 dB	-22,604 dBm
Zona 2	1,63 Km	24,771 dB	-21,771 dBm
Zona 3	3,27 Km	25,345 dB	-22,345 dBm
Zona 4	2,72 Km	25,152 dB	-22,152 dBm
Zona 5	4,20 Km	25,670 dB	-22,670 dBm
Zona 6	4,17 Km	25,660 dB	-22,957 dBm

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Se observa en la tabla 2-3 que la atenuación recibida de los usuarios más lejano de cada una de las 6 zonas, con potencia mínima suministrada por el equipo transmisor se encuentra dentro de la recomendación del estándar es decir debe estar por encima de los 17 dB y no debe sobrepasar los 32 dB, manteniendo el margen de seguridad de 3 dB.

Comprobamos que cada uno de los valores obtenidos se encuentra dentro del rango de funcionamiento garantizando un correcto funcionamiento de la red

3.3 Análisis de los valores obtenidos en simulación

Se procederá a analizar cada uno los valores de atenuación y los diagramas de ojo que se obtiene como resultado del software OptiSystem que contiene los valores BER y factor Q.

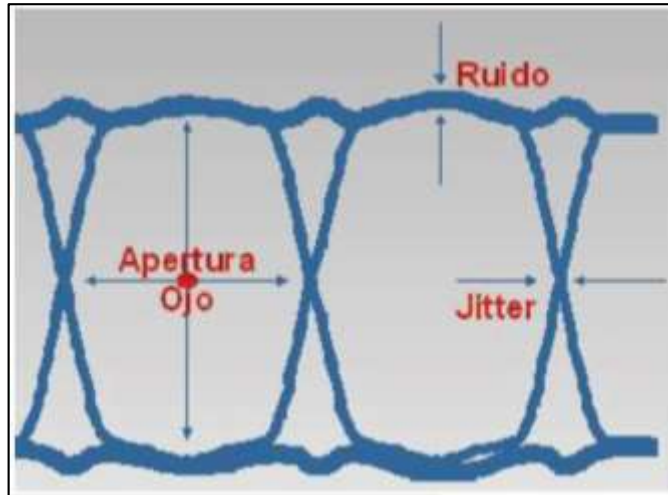


Figura 1-3. Diagrama de ojo ideal

Realizado por: (Rivera and Leandro, 2018)

Se utilizará como referencia la figura 1-3 de un diagrama de ojo ideal con una apertura mas amplia y poco ruido en los bordes del ojo para comparar con los diagramas de ojo de los casos críticos y saber si se acercan a aun diagrama ideal.

En los resultados de los casos más críticos obtenidos en las diferentes ONT de cada una de las zonas se verificara que estos se encuentren dentro de los parámetros que establecidos por la normativa (ITU G.984.2, 2019) donde el factor Q que es acerca de la calidad de la conexión, debe tener un valor igual a 6 o mayor y el BER debe ser igual a $1 * 10^{-10}$ o menor, esto quiere decir que se puede generar un bit errado por cada 10 mil millones de bits que se transmitieron por la OLT.

3.4 Primer caso crítico usuario más cercano

A continuación se realizará el análisis paso a paso del usuario más crítico de toda la red que ese encuentra en la zona 2, ya que para los demás casos de las demás zonas se analizará de manera similar.

Los resultados del usuario más cercano de la zona 2 están representados en el diagrama de ojo obtenido de la simulación de la red del primer caso donde se representa de una manera visual el factor Q y el BER combinados en este diagrama, es decir muestra una posición aleatoria de combinaciones de bits unos y ceros que fueron transmitidos por la OLT.

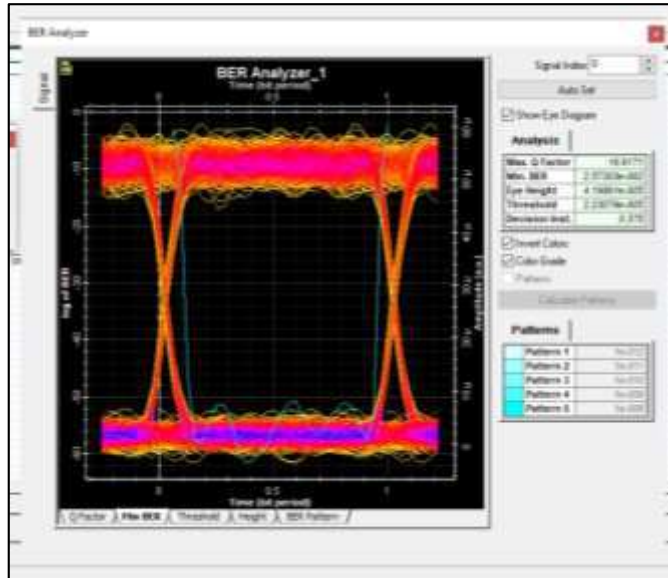


Figura 2-3. Diagrama del ojo para el primer caso

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

En el primer caso del usuario más cercano de la zona 2 se obtiene como resultado que el diagrama del ojo tiene una abertura amplia y un ruido aceptable haciendo una comparación con la figura 1-3 se tiene un diagrama de ojo que se acerca al ideal y los valores obtenidos lo demuestra, donde su factor Q 16.6171 y su BER de 2.57303×10^{-62} comprobando que los valores se encuentran dentro de los parámetros de la normativa.



Figura 3-3. Potencia recibida en la ONT del primer caso

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Ahora se va a analizar la atenuación obtenida de la simulación con pérdidas mínimas del primer caso es decir la potencia máxima de la OLT y la menor cantidad de pérdidas presentes en el enlace y compararla con la potencia de recepción que se calculó en la sección 2.15.2 donde se obtuvo una atenuación de -17.537 dBm

En la simulación se obtuvo una atenuación de -17.439 dbm que se acerca bastante a la calculada solo con un 0.09 dbm de diferencia donde se comprueba que los valores conseguidos se encuentran por encima del valor que recomienda el estándar (ITU G.984.2, 2019) clase C+ que es de

–17.00 dbm conde con este valor se garantiza un correcto funcionamiento de la red en el primer caso más crítico de la zona 2.

3.5 Segundo caso critico usuario más lejano

Los resultados del usuario más lejano que se encuentra en la zona 5 están representados en el diagrama de ojo obtenido de la simulación de la red del segundo caso, donde se representa de una manera visual el factor Q y el BER combinados en este diagrama, es decir muestra una posición aleatoria de combinaciones de bits unos y ceros que fueron transmitidos por la OLT.

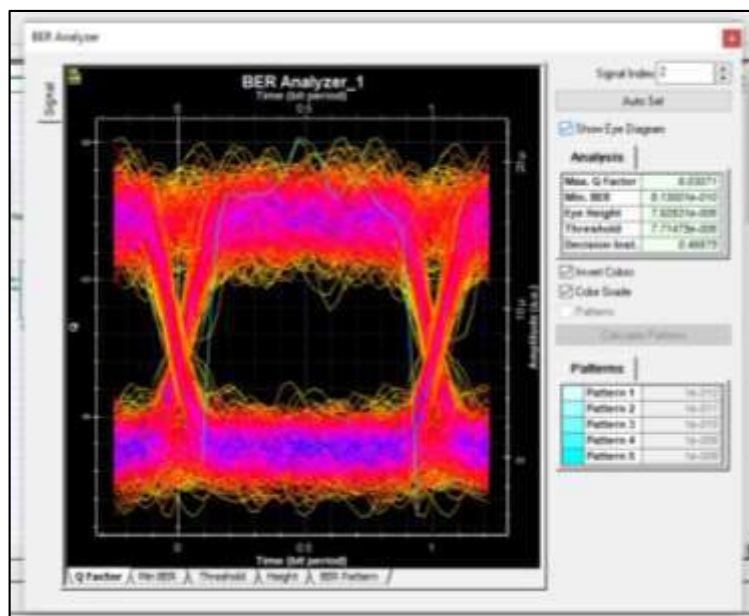


Figura 4-3. Diagrama del ojo del segundo caso

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

En el segundo caso del usuario más lejano se obtiene como resultado que el diagrama del ojo tiene una abertura considerable y mucho ruido pero es aceptable ya que estamos evaluando a la red en un caso extremo haciendo una comparación con la figura 1-3 se tiene que el diagrama de ojo que aún conserva su forma original pese al ruido presente y la calidad de la señal en comparación con el ideal y los valores obtenidos lo demuestra donde su factor Q es mayor a 6 6.03071 y un BER de 8.13001×10^{-10} comprobando que los valores se encuentran dentro de los parámetros de la normativa.



Figura 5-3. Potencia recibida en la ONT del segundo caso

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Ahora se ha analizado la atenuación obtenida de la simulación con pérdidas máximas del segundo caso es decir la potencia mínima de la OLT y la mayor cantidad de pérdidas del enlace y compararla con la potencia de recepción que se calculó en la sección 2.15.5 donde se obtuvo una atenuación de -22.67 dbm .

En la simulación se obtuvo una atenuación de -22.573 dbm que se acerca bastante a la calculada solo con un 0.09 dbm de diferencia donde se comprueba que los valores conseguidos se encuentran por debajo del valor que recomienda el estándar (ITU G.984.2, 2019) clase C+ que es de -32.00 dbm donde con este valor se garantiza un correcto funcionamiento de la red en el segundo caso más crítico de la zona 5. Por ende una vez comprobados los valores de los dos casos más críticos se garantiza un correcto funcionamiento de la red para todos los demás casos.

3.6 Resultados de los casos críticos de las 6 zonas

A continuación se muestra en la tabla 3-3 todos los valores obtenidos de la simulación de todos los casos críticos de cada una de las 6 zonas. Se tiene como primer dato una comparación de la atenuación obtenida con la atenuación simulada donde los valores obtenidos son casi iguales tan solo con un margen de error del 0.5% aproximadamente ya que la atenuación obtenida con la simulada existe una diferencia de 0.09 dBm en promedio.

Ahora comparando estos datos con la recomendación ITU G.984.2 clase C+ se observa que para todos los casos críticos lejano y cercano de las 6 zonas están dentro del rango, mayor a -17 dBm y menor a -32 dBm manteniendo el margen de seguridad de 6 dB en todos los casos.

Tabla 3-3: Resultados de los casos más críticos de cada una de las zonas

Usuario más cercano			Usuario más lejano		
Zonas	Distancia	Atenuación Obtenida	Atenuación Simulada	Factor Q	BER
Zona 1	3,54 Km	-18,085 dBm	-17,988 dBm	14,8238	5,0740e-50
	4,01 Km	-22,604 dBm	-22,507 dBm	6,0236	8,5209e-10
Zona 2	1,34 Km	-17,537 dBm	-17,439 dBm	16,6171	2,5730e-62
	1,63 Km	-21,771 dBm	-21,674 dBm	7,2299	2,4119e-13
Zona 3	1,95 Km	-17,688 dBm	-17,591 dBm	16,0891	1,4969e-58
	3,27 Km	-22,345 dBm	-22,248 dBm	6,4133	7,1035e-11
Zona 4	1,48 Km	-17,570 dBm	-17,474 dBm	16,5516	7,6557e-62
	2,72 Km	-22,152 dBm	-22,055 dBm	6,5583	2,7160e-11
Zona 5	3,22 Km	-18,005 dBm	-17,954 dBm	14,6466	6,9210e-49
	4,20 Km	-22,670 dBm	-22,573 dBm	6,0307	8,1300e10
Zona 6	3,61 Km	-18,103 dBm	-18,006 dBm	15,0417	1,9320e-51
	4,17 Km	-22,690 dBm	-22,563 dBm	6,0439	7,4902e10

Realizado por: Oscar Parra M., 2020

Ahora revisando los valores de factor Q todos los datos son mayor a 6, en los usuarios más cercanos en mucho mayor llegando hasta 16 donde se tienen una calidad de conexión excelente a diferencia de los usuarios más lejanos que no es excelente pero es aceptable. De igual manera analizo los valores de BER que se encuentran muy por debajo de $1 \cdot 10^{-10}$ que es excelente ya que no se pierde casi nada de bits en los usuarios más cercanos a diferencia de los lejanos que no es tan bajo se pierde menos de un bit por cada mil millones de bits transmitidos es aceptable.

Cabe recalcar que estos son casos críticos es decir con condiciones extremas que se puedan presentar en la red potencia mínima suministrada por la OLT y la mayor cantidad de pérdidas, con todas estas condiciones se mantienen por encima del valor de la recomendación que es 6 para el factor Q y por debajo $1 \cdot 10^{-10}$ con respecto al BER.

Es por esos que los valores se diferencian bastante del usuario más cercano del usuario más lejano ya el primero es con máxima que potencia y segundo es con potencia mínima.

CONCLUSIONES

- Se realizó el estudio de la red actual de la parroquia Huambaló donde en base a las encuestas se obtuvo como resultado que su red de acceso actual para los usuarios finales para servicio de internet es el medio guiado de cobre y el de video mediante televisión satelital, evidenciándose la necesidad de una migración de tecnología hacia fibra óptica de tipo monomodo que permita tener mejores beneficios como: velocidades de transmisión más altas, una menor latencia entre otras.
- Se analizo los estándares vigentes por la unión internacional de telecomunicaciones recomendación ITU-T G984.x, donde se eligió la tecnología GPON como la más apropiada por sus características principales: capacidad, niveles de splitter y distancia en kilómetros, siendo la normativa adoptada la recomendación ITU G.984.2 clase C+, ya que esta es la más optima que se empleó para el diseño de la red, debido a su un margen mayor de sensibilidad mínima y máxima en la OLT como en la ONT con respectos con las demás clases, teniendo así un amplio catálogo de equipos que se ofertan en el mercado y cumplen con estas características al momento que sea implementada el diseño de red en la parroquia Huambaló.
- Se diseño una red convergente duoplay con la integración de los servicios de video e internet que serán provistos por la empresa American Cable S.A. en base a los planos de infraestructura predial y acceso vial de la parroquia Huambaló, que se acoplaron a las necesidades y requerimientos de cada uno de los posibles clientes finales, donde a la parroquia se dividió en 6 zonas específicas donde 4 de las 6 zonas están en la parte central debido a que presenta mayor concentración demográfica como comercial, ubicando a la OLT en el parte central de las zonas de la cual saldrán las redes feeder, de distribución y dispersión, obteniendo una mejor distribución de usuarios y control de los mismo.
- Mediante la utilización del software de OptiSystem se evaluó la red de acceso GPON para los dos casos más críticos, donde se obtuvo los siguientes datos, en el primer caso que corresponde al usuario más cercano que se encuentra en la zona 2 se simulo con la menor cantidad de pérdidas que se podría presentar y potencia máxima del equipo de transmisión OLT, donde se obtuvo los siguientes resultados: en atenuación -17.439 dbm , factor Q 16.6171 y un BER de $2.57303 * 10^{-62}$ y para en el segundo caso que corresponde al usuario más lejano que se encuentra en la zona 5, se simulo con la mayor cantidad de pérdidas que se podría presentar y potencia al mínimo del equipo de transmisión OLT, donde se obtuvo los siguientes resultados:

en atenuación -22.573 dbm , factor Q 6.03071 y un BER de $8.13001 * 10^{-10}$ comprobando que los valores se encuentran dentro de los parámetros de la normativa ITU G.984.2 Clases C+ afianzando así un correcto funcionamiento de la red para todos los demás usuarios.

RECOMENDACIONES

- Para el diseño de la red es muy importante tener en cuenta el acceso vial y el de la red eléctrica de la zona ya que al ser un tendido aéreo de los cables su instalación se la realizara en los postes de alumbrado público, los cables de fibra óptica de tipo monomodo seguirán el mismo camino que la red eléctrica ya establecida es por ser que se recomienda utilizar mapas de la zona actualizado con información catastral y vial debidamente obtenidos por el GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) al que pertenece la zona en la que se va a realizar el diseño, ya que los mapas que se encuentran actualmente en internet son de varios años atrás a diferencia de los mapas con los que cuenta el GAD son actualizados constantemente.
- Al momento que se planifique ya realizar una implementación del estudio del diseño de la red GPON se recomienda verificar que los equipos a utilizar, que se mencionan en este trabajo de titulación aún se encuentren disponibles debido a que estos equipos van actualizando constantemente año tras año o también se recomienda adquirir equipos que cuenten con las características técnicas similares para que se encuentre dentro de los parámetros que define la normativa y así garantizar un correcto funcionamiento de la red.
- En la etapa de simulación es fundamental que los valores de perdidas por inserción de cada elemento sean exactos, es por eso por lo que se recomienda comprobar constante los datos que se obtiene, es decir con que valor de pérdidas que ingreso al elementos activo o pasivo y cuál es el valor de perdidas final, se debe realizarlo con cada elemento de la red debido a que en ocasiones ciertos componentes ya tienen valores pre establecidos por el software y no serán los mismo de las características técnicas de los equipos físicos que se utilizara y el resultado final se verá afectado.

BIBLIOGRAFÍA

CAIZAGUANO CRIOLLO, Santiago Luis. *Diseño de una red convergente de fibra óptica para interconectar los Campus de la Universidad de la Américas* [en ligne]. [S. l.]: [s. n.], 2015. [Consulté le 6 janvier 2020]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/8078>

CAMACHO JIMÉNEZ, Rafael. *Análisis del mercado de productos de comunicaciones. IFCT0410.* [S. l.]: IC Editorial, 29 octubre 2015. ISBN 978-84-16433-48-3. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=nDTTCgAAQBAJ>. Google-Books-ID: nDTTCgAAQBAJ

CASTELLANOS BRICEÑO, Jhon Fredy, BEITIA GAVIRIA, Diego Alejandro & RODRÍGUEZ CARRANZA, Yurani Angélica. Láser en odontología: fundamentos físicos y biológicos / Laser in Dentistry: Physical and Biological Foundations. *Universitas Odontologica* [en ligne]. 2016, Vol. 35, n° 75. [Consulté le 6 janvier 2020]. DOI 10.11144/Javeriana.uo35-75.loff. Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revUnivOdontologica/article/view/18125>

CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT-EP. *Escuela técnica integral modulo GPON.* 2017

DÍAZ ATAUCURI, Daniel, SIFUENTES, Isabel Guadalupe, CHAMORRO, Rudy, TUCTO, Tucto & CURIOSO, Walter H. *Despliegue de infraestructura de fibra óptica para formar la Red Nacional de Investigación y Educación en el Perú.* 2014. Disponible en: <https://docplayer.es/2343221-Despliegue-de-infraestructura-de-fibra-optica-para-formar-la-red-nacional-de-investigacion-y-educacion-en-el-peru.html>

GARCÍA TOMÁS, Javier. *Configuración de servicios de usuario con QoS sobre una red GPON real* [en ligne]. [S. l.]: [s. n.], 6 mai 2019. [Consulté le 28 mai 2020]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/119968>. Accepted: 2019-05-06T09:45:20Z

GARRIDO, Rocío. *Desarrollo de modelos y simulación de sistemas de comunicaciones ópticas utilizando Matlab* [en ligne]. info:eu-repo/semantics/bachelorThesis. [S. l.]: [s. n.], 4 octubre 2017. [Consulté le 6 janvier 2020]. Disponible en: <http://oa.upm.es/53006/>

HAYES, Jim & ROSENBERG, Paul. *Cableado de redes para voz, video y datos/Data, Voice.* [S. l.]: [s. n.], 2009. ISBN 987-1486-18-9

ITU G.984.2, G.984.2. G.984.2: *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits:* [en ligne]. août 2019. [Consulté le 14 janvier 2020]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2-201908-I/es>

JOSKOWICZ, José. Breve historia de las telecomunicaciones. *Instituto de Ingeniería Eléctrica de la republica de Uruguay* [en ligne]. 2013. Disponible en: <http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/ccu/material/docs/Historia%20de%20las%20Telecomunicaciones.pdf>

LA PRENSA AUSTRAL. Avances del proyecto de fibra óptica austral serán expuestos hoy por el subsecretario de Telecomunicaciones. Dans: *La Prensa Austral* [en ligne]. 25 novembre 2015. [Consulté le 6 janvier 2020]. Disponible en: <https://laprensaaustral.cl/cronica/avances-del-proyecto-de-fibra-optica-austral-seran-expuestos-esta-manana-por-el-subsecretario-de-telecomunicaciones/>

LÓPEZ GÓMEZ, Fabián, LÓPEZ PUERTO, Karla Cecilia & IBARRA GUEVARA, Daniel. La fibra óptica y el fenómeno no lineal mezcla de cuarta onda. *Mundo FESC*. Décembre 2015, Vol. 5, n° 9, p. 43- 59. Disponible en: <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/58>

MALACARA, Daniel. *Óptica básica.* [S. l.]: Fondo de Cultura Economica, 2 décembre 2015. ISBN 978-607-16-3413-9. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=TqASDQAAQBAJ>. Google-Books-ID: TqASDQAAQBAJ

MEDINA, Carlos. Telecomunicaciones Móviles cambiando el tiempo y el espacio. *Revista Prisma Tecnológico*. 2010, Vol. 2, n° 1, p. 5- 8. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/526>

MELGAR CASTILLO, Javier Eduardo. *Diseño de la capa física de un sistema de red óptica pasiva (PON), con topología orientadas a soluciones corporativas para optimización del uso de fibra óptica.* [en ligne]. other. [S. l.]: Universidad de San Carlos de Guatemala, novembre 2015. [Consulté le 6 janvier 2020]. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3323/1/Javier%20Eduardo%20Melgar%20Castillo.pdf>

NAULA CRUZ, Estefania Nataly. *Diseño de una red FTTx utilizando estándar G.984.x para proveer servicio Triple Play en la zona urbana del cantón Chambo.* [en ligne]. [S. l.]: [s. n.], avril 2019. [Consulté le 15 janvier 2020]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/handle123456789/11020>

OPTIWAVE SYSTEMS INC. OptiSystem Overview. Dans: *Optiwave* [en ligne]. 9 février 2020. [Consulté le 8 février 2020]. Disponible en: <https://optiwave.com/optisystem-overview/>

OPTYTECH. *GJS03-M8AX-JX-144D* [en ligne]. 2020. [Consulté le 22 mars 2020]. Disponible en: <https://www.optytech.com.ec/fibra-optica/manga-de-empalme-de-fibra-optica-tipo-domo-con-sellos-mecanicos-modelo-gjs03-m8ax-jx-144d.html>

PAVÓN, Cristian Marcelo & GADPR HUAMBALÓ. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural Huambaló.* Octobre 2015, p. 245. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1865015860001_PDOT_HUAMBALO_OCTUBRE_2015_FINAL_30-10-2015_21-21-19.pdf

PEÑARRREDONDA, Dulio Arnulfo Buelvas, SILVA, Iván Darío Téllez & MATEUS, Edgar Amado. REDES ÓPTICAS DWDM: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN. *Visión electrónica* [en ligne]. Juin 2010, Vol. 4, n° 1, p. 70- 80. DOI 10.14483/22484728.272. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele/article/view/272>

PEREDA, José Antonio Martín. *Sistemas y redes ópticas de comunicaciones.* [S. l.]: Pearson Educación, 2004. ISBN 84-205-4008-0

QUISNANCELA, Edison & ESPINOSA, Nikolai. GPON networks certification, standard ITU G.984.x. *Enfoque UTE* [en ligne]. Décembre 2016, Vol. 7, n° 4, p. 16- 30. DOI 10.29019/enfoque ute. v7n4.111. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?Script=sci_abstract&pid=S1390-65422016000400016&lng=en&nrm=iso&tlng=en

REYES GUAYGUA, Fernando Pául. *Diseño de un Sistema de fibra óptica y de un Sistema de Telepresencia para el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato (GADMA)* [en ligne]. [S. l.]: [s. n.], 26 novembre 2015. [Consulté le 6 janvier 2020]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/12025>

RIVERA VELASCO, Leandro Bruno. *Diseño y simulación de una red GPON para ofrecer el servicio de Triple Play en el sector de San Antonio de Ibarra para la CNT-EP* [en ligne]. [S. l.]:

Quito, 2018., 14 mars 2018. [Consulté le 20 mars 2020]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19291>. Accepted: 2018-03-14T14:17:30Z

SEOANE PUJOL, Isaac. *Contribución al diseño de redes ópticas de nueva generación: protección, calidad de servicio y eficiencia energética* [en ligne]. Avril 2012. [Consulté le 6 janvier 2020]. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/14949>

TELNET, Garcia. Soluciones y casos de éxito. Dans: *TELNET Redes Inteligentes* [en ligne]. 2014. [Consulté le 17 mars 2020]. Disponible en: <https://www.telnet-ri.es/soluciones-y-casos-de-exito/>

VARGAS, Ibrahín Alonso. Sistemas de fibra óptica. Lima: *Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica* [en ligne]. 2014. Disponible à en: https://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/43740274/SISTEMAS_DE_FIBRA_OPTICA_-_Ibrahin_Alonso_Vargas.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DSISTEMAS_DE_FIBRA_OPTICA.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAI_WOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200106%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200106T173632Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=2577bc1c4ab70f52cb6d9ef7915e77d177119e4f2d21d2e3344bfc5a53c2819e

ZAPATA, Ramírez & ABEL, Sergio. Diseño de una red de FTTH para el acceso de banda ancha en el Condominio Galilea - Castilla, utilizando tecnología GPON. *Universidad Nacional de Piura / UNP* [en ligne]. 2019. [Consulté le 5 février 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1962>

Huawei MA5680T. *Price and Datasheet* [en ligne]. 2020. [Consulté le 20 mars 2020]. Disponible en: https://www.thunder-link.com/HUAWEI-MA5680T_p575.html

John SIWKO & Andrew Jeffrey HALL. *Method and apparatus for transporting deterministic traffic in a gigabit passive optical network* [en ligne]. Inventeur(s): US10051351B2, 14 août 2018. [Consulté le 6 janvier 2020]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US10051351B2/en.US15/599,007>

Splitter para fusión 1x32 – Las Telecomunicaciones del Ecuador [en ligne]. 2019. [Consulté le 28 mai 2020]. Disponible en: <https://www.arpatel.com.ec/producto/splitter-para-fusion-1x32/>

TX-6610 / *Terminal GPON de 1 Puerto Gigabit* / *TP-Link Iberia* [en ligne]. 2019. [Consulté le 28 mai 2020]. Disponible en: <https://www.tp-link.com/es/home-networking/pon-sfuhgu/tx-6610/#specifications>

ZTE C300 *Price and Datasheet*, [en ligne]. 2020. [Consulté le 20 mars 2020]. Disponible en: <https://www.thunder-link.com/gtgh-c-plus2.html>

ANEXOS

ANEXO A: Encuesta realizadas en la parroquia de Huambaló



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

1. ¿Cuál de el/los siguiente/s medio/s de comunicación utiliza en su domicilio y por qué medio de transmisión llega a su hogar?

	Servicios	Cobre	Fibra	Satelital
<input type="radio"/>	Internet			
<input type="radio"/>	Televisión pagada			
<input type="radio"/>	Ninguno			

2. ¿Qué empresa brinda alguno de el/los servicio/s en Huambaló?

- CNT
- Direct TV
- Otro: _____

3. ¿Tuvo algún problema ya sea con el o los servicio/s o con la empresa que los brinda. Seleccione que tipo de inconveniente tuvo?

	Ninguno	Mala calidad de la señal	Tiempos de respuesta para resolver el problema	
Internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Televisión	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

4. ¿Qué nivel de satisfacción siente con los él/los servicios brindados?

	Alto	Medio	Bajo
Internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Televisión	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. ¿Qué valor aproximadamente cancela por el/los servicios que dispone?

	\$15 – \$25	\$25 - \$35	Más de \$35
Internet			
Televisión			

6. ¿Estaría de acuerdo en pagar un 20% más para un mejor servicio?

- Si
 No

7. ¿De el/los servicios contratados de que clase son?

- Residencial
 Empresarial

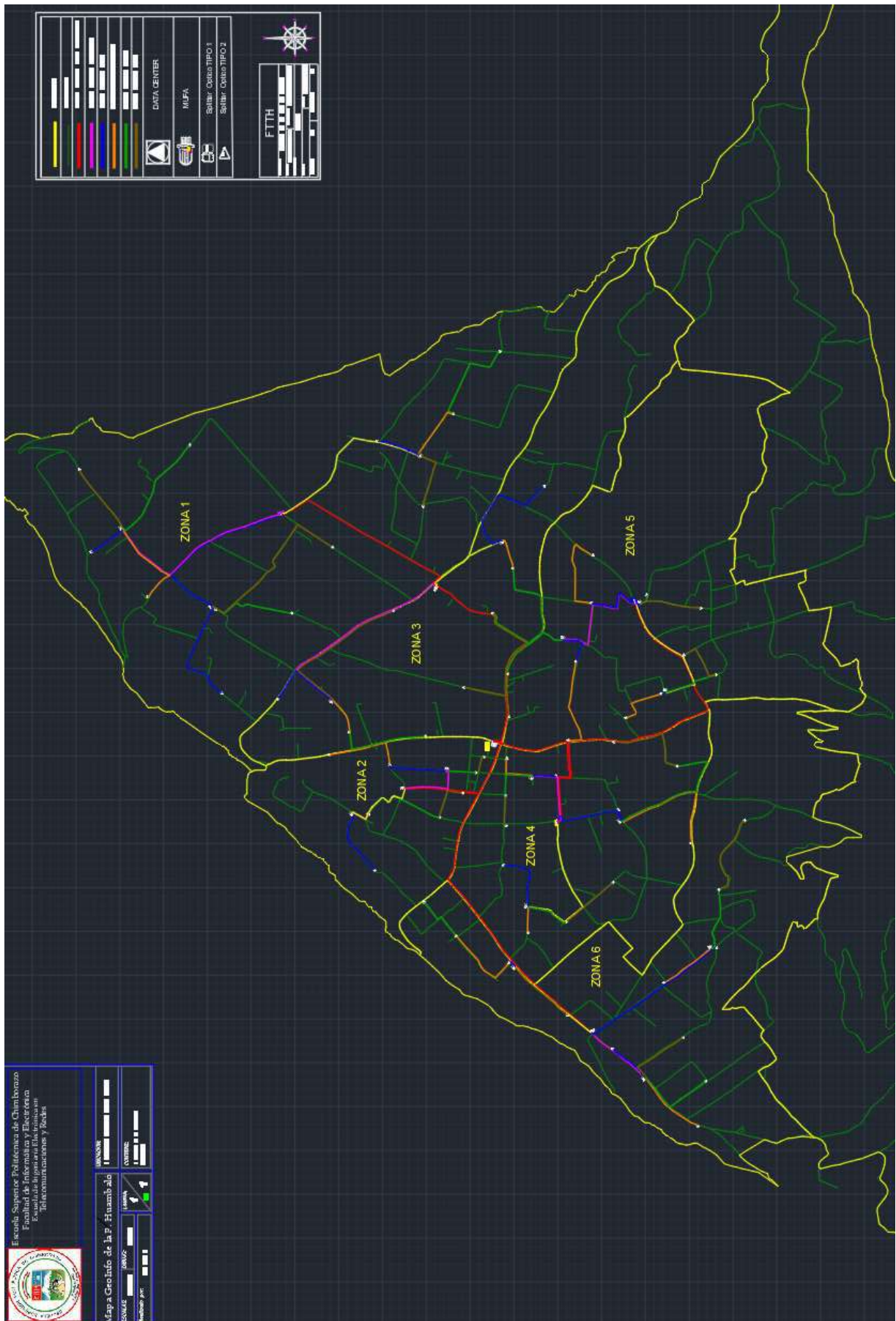
8. ¿Si en la primera pregunta Ud. contesto ninguno? ¿Tiene pensado en un futuro contratar alguno de los servicios o ambos?

- Internet
 Televisión
 Ambos servicios

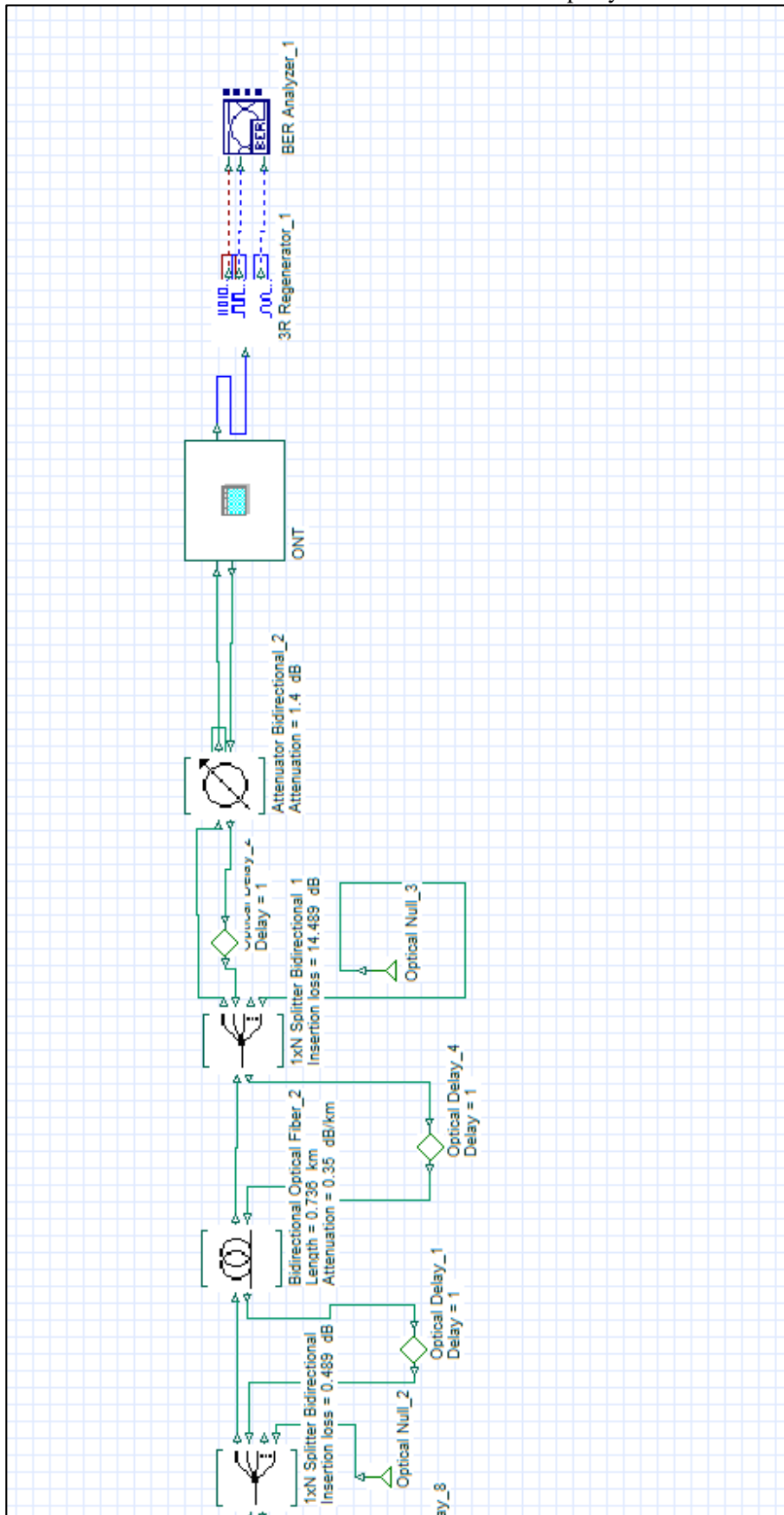
9. ¿Estaría de acuerdo en cambiarse de tecnología a fibra óptica?

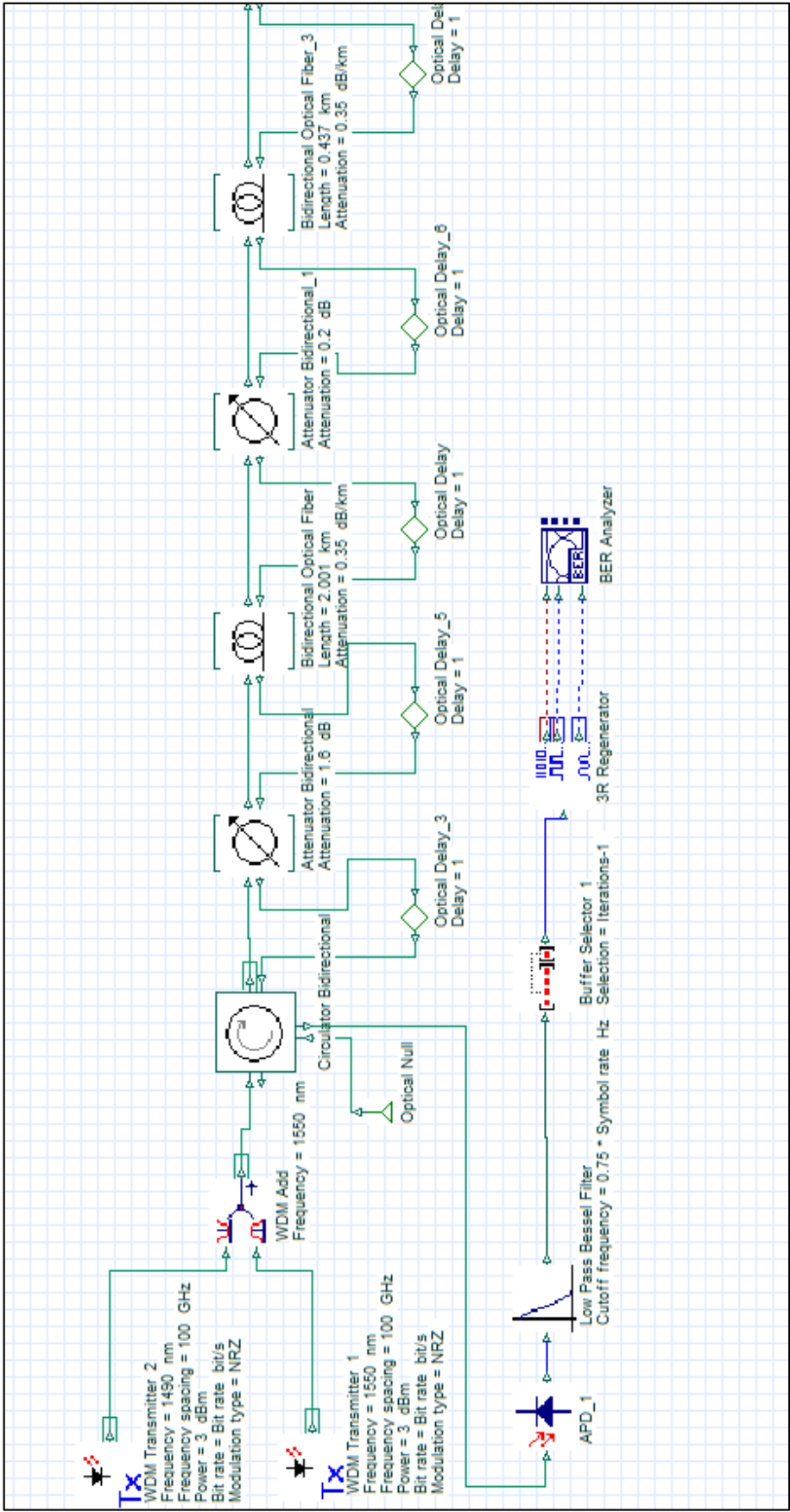
- Si
 No

ANEXO B: Mapa de diseño de la red de acceso GPON en la parroquia Huambaló



ANEXO C: Simulación de red GPON en el software OptiSystem







**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 30 / julio / 2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR	
Nombres – Apellidos:	OSCAR SEBASTIÁN PARRA MAYORGA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad:	INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera:	INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES
Título a optar:	INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES
f. Analista de Biblioteca responsable:	