

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERA E INGENIERO DE SISTEMAS**

**TEMA:  
PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN PARA DOTAR DE SERVICIOS  
TRIPLE-PLAY POR MEDIO DE LA TECNOLOGÍA GPON A LA  
PARROQUIA DE NONO – PROVINCIA DE PICHINCHA**

**AUTORES:  
ANDREA GABRIELA MORILLO RUANO  
HENRY DAVID SÁNCHEZ HERRERA**

**TUTOR:  
JORGE ENRIQUE LÓPEZ LOGACHO**

**Quito, marzo del 2017**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Henry David Sánchez Herrera, con documento de identificación N°.1718122391, y Andrea Gabriela Morillo Ruano con documento de identificación N°.1723568471, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores de titulación con el tema **“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN PARA DOTAR DE SERVICIOS TRIPLE-PLAY POR MEDIO DE LA TECNOLOGÍA GPON A LA PARROQUIA DE NONO – PROVINCIA DE PICHINCHA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIEROS DE SISTEMAS en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada.

En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

ANDREA GABRIELA  
MORILLO RUANO

CI: 1723568471

HENRY DAVID  
SÁNCHEZ HERRERA

CI: 1718122391

Quito, marzo del 2017

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico, con el tema: “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN PARA DOTAR DE SERVICIOS TRIPLE-PLAY POR MEDIO DE LA TECNOLOGÍA GPON A LA PARROQUIA DE NONO – PROVINCIA DE PICHINCHA”, realizado por Henry David Sánchez Herrera y Andrea Gabriela Morillo Ruano, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo del 2017



JORGE ENRIQUE LÓPEZ LOGACHO

CI: 1712082484

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis dos pilares fundamentales: mi madre Lily que a pesar de las adversidades de la vida nunca me ha dejado de apoyar y a quien le debo todo lo que soy, a mi abuelita Clarita que gracias a su paciencia y ayuda diaria he podido salir adelante y llegar a donde estoy.

A toda mi familia, tíos, primos, que siempre han estado pendientes de mí brindándome cariño y siempre dándome aliento para salir adelante desde que tengo memoria.

A Danny, mis amigos y amigas que han sido fuente fundamental en mis días de estudios y como olvidarme de los profes de la Universidad Politécnica Salesiana que me han compartido sus conocimientos y siempre han estado dispuestos ayudarme con cualquier inquietud o problema.

Y la persona más fundamental en mi vida, el compañero de mi niñez mi papi – abuelito Hipolito Ruano que desde arriba sé que siempre me ayuda y me da sus bendiciones y estaría muy feliz de verme lograr mis sueños.

**ANDREA MORILLO RUANO**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mis padres Martha y Jacinto quienes me dieron la vida y supieron guiarme por el buen camino, brindándome su amor, sus consejos y su educación.

También se lo dedico a mi hermano Danilo y la familia de mi hermano Edison quienes día a día estuvieron conmigo en buenos y malos momentos apoyándome y dándome ese apoyo emocional.

A mí enamorada Karlita quien siempre estuvo brindándome su apoyo incondicional.

Este proyecto se los dedico con todo mi corazón y agradecerles por nunca dejar de creer en mí.

**HENRY DAVID**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos principalmente a Dios y a la Virgen por la salud y las bendiciones que día a día nos brindan.

A la Universidad Politécnica Salesiana por permitirnos ser parte de una excelente formación académica y profesional.

Al ingeniero Jorge López como tutor del trabajo de titulación quien nos supo brindar su tiempo y apoyo incondicional al habernos guiado en el desarrollo del proyecto, gracias por habernos compartido sus conocimientos y experiencia.

A todos los ingenieros que fueron parte de este gran proceso, les quedamos eternamente agradecidos.

HENRY Y ANDREA

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>PROBLEMA DE ESTUDIO</b> .....	2
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	3
<b>OBJETIVOS</b> .....	4
<b>Objetivo General – Específicos</b> .....	4
<b>PROPUESTA DE SOLUCIÓN Y ALCANCE</b> .....	4
<b>CAPÍTULO I</b> .....	6
<b>1.1. ESTUDIO DE LA PARROQUIA DE NONO</b> .....	6
<b>1.1.1. Ubicación</b> .....	6
<b>1.1.2. Población</b> .....	7
<b>1.1.2.1. Muestreo de la Población</b> .....	8
<b>1.2. Servicios de Telecomunicaciones</b> .....	10
<b>1.3. Energía Eléctrica</b> .....	11
<b>1.4. Rutas de Acceso</b> .....	12
<b>CAPÍTULO II</b> .....	13
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	13
<b>2.1. Tecnologías PON</b> .....	13
<b>2.2. Arquitectura de la tecnología PON</b> .....	13
<b>2.3. Topologías usadas para las tecnologías PON</b> .....	14
<b>2.4. Tipos de redes PON</b> .....	14
<b>2.4.1. Redes APON</b> .....	15
<b>2.4.2. Redes BPON</b> .....	16
<b>2.4.3. Redes GPON</b> .....	17
<b>2.4.3.1. Arquitectura GPON</b> .....	17
<b>2.4.3.2. Tráfico DownStream</b> .....	19
<b>2.4.3.3. Tráfico UpStream</b> .....	20
<b>2.4.4. GEAPON</b> .....	21
<b>2.4.4.1. Elementos de una red GEAPON</b> .....	22
<b>2.4.4.2. Ventajas de las redes GE-PON</b> .....	22
<b>2.4.5. Comparación de las tecnologías PON</b> .....	22
<b>2.5. Tecnologías FTTx</b> .....	23
<b>2.5.1. FTTH</b> .....	24
<b>2.5.2. FTTB</b> .....	26
<b>2.5.3. FTTC</b> .....	27
<b>2.5.4. FTTN</b> .....	29

2.5.5.	Cuadro comparativo de las diferentes tecnologías de FTTx .....	29
2.6.	TIPOS DE FIBRA .....	29
2.6.1.	Fibra Multimodo .....	30
2.6.2.	Fibras Monomodo .....	32
2.7.	Tipos de Mecanismos de Provisión y Servicios .....	34
2.7.1.	Mecanismo de Provisión y Servicios Soterrado: .....	34
2.7.2.	Mecanismo de Provisión y Servicios Aérea: .....	35
2.7.2.1.	Cable ADSS concéntrico: .....	36
2.7.2.2.	Cable Figura 8: .....	36
2.8.	SERVICIOS TRIPLE PLAY .....	37
2.8.1.	Descripción de los servicios .....	37
2.8.1.1.	Servicios de Voz .....	37
2.8.1.2.	Servicios de Video .....	38
2.8.1.3.	Servicios de Datos .....	39
CAPÍTULO III .....		40
3.	METODOLOGÍA .....	40
3.1.	DISEÑO LÓGICO .....	40
3.1.1.	Multiplexación .....	40
3.1.1.1.	Ventana de transmisión óptica .....	40
3.1.2.	Configuración punto a multipunto .....	41
3.1.3.	Nivel de splitter .....	42
3.1.4.	Topología del diseño lógico .....	43
3.2.	DISEÑO FÍSICO .....	43
3.2.1.	Instalaciones .....	44
3.2.1.1.	Instalación en Torres de Alta Tensión .....	44
3.2.1.2.	Instalación en Postes .....	44
3.2.1.2.1.	Atadura de cables de fibra óptica y coaxiales juntos .....	46
3.2.2.	Acceso de la Fibra Óptica .....	47
3.2.3.	Servicios triple-play .....	47
3.2.3.1.	Internet .....	47
3.2.3.2.	Voz .....	48
3.2.3.3.	CATV (Televisión por cable) .....	48
3.2.4.	Elementos de la red GPON .....	48
3.2.4.1.	OLT .....	48
3.2.4.2.	ONU .....	49
3.2.4.3.	ONT .....	50

3.2.4.4.	Splitter óptico pasivo .....	50
3.2.4.5.	Empalmes.....	50
3.2.4.6.	Acopladores .....	51
3.2.5.	Distribución de los dispositivos.....	51
3.2.5.1.	Ubicación de la OLT.....	51
3.2.5.2.	Ubicación de los Splitters .....	51
3.2.5.3.	Zona de cobertura de la Parroquia de Nono .....	52
3.3.	SIMULACIÓN DE LA RED GPON .....	53
3.3.1.	Definición del software .....	54
3.3.2.	Ventajas .....	54
3.3.3.	Elementos utilizados en la simulación.....	55
3.3.4.	Desarrollo de la simulación .....	58
3.3.4.1.	OLT .....	59
3.3.4.2.	ONU.....	60
3.3.4.3.	Splitter.....	60
3.3.5.	Parámetros para la fibra óptica.....	61
3.3.6.	Cálculos teóricos.....	63
3.3.6.1.	Cálculo para el usuario más cercano.....	63
3.3.6.2.	Cálculo para el usuario más lejano. ....	65
3.4.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	66
3.4.1.	Resultados.....	66
3.4.2.	Diagrama de ojo .....	68
3.4.3.	Análisis.....	68
	CONCLUSIONES.....	71
	RECOMENDACIONES.....	72
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	73
	LISTA DE REFERENCIAS .....	76
	ANEXOS.....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la Parroquia de Nono .....	6
Figura 2. Perspectiva del mapa base de la Parroquia de Nono .....	7
Figura 3. Muestreo de la población.....	8
Figura 4. Rutas de Acceso a Nono.....	12
Figura 5: Arquitectura de una red A-PON.....	15
Figura 6: Arquitectura de las redes G-PON. ....	18
Figura 7: Tráfico DownStream. ....	19
Figura 8: Tráfico UpStream. ....	20
Figura 9. Red GE-PON. ....	21
Figura 10. Topología de FTTx.....	24
Figura 11. Arquitectura de una red FTTH. ....	25
Figura 12: Arquitectura de FTTB. ....	27
Figura 13: Arquitectura de FTTC. ....	28
Figura 14. Tipos de Fibra Óptica. ....	30
Figura 15. Fibra Óptica Multimodo. ....	30
Figura 16. Fibra Óptica Monomodo. ....	32
Figura 17: Cable ADSS concéntrico.....	36
Figura 18: Cable Figura 8. ....	37
Figura 19: Modelo de transmisión Unicast.....	38
Figura 20: Modelo de transmisión Multicast. ....	39
Figura 21: Características de la tecnología WDM.....	40
Figura 22: Esquema de una red punto a multipunto. ....	42
Figura 23. Topología de red GPON para la Parroquia de Nono .....	43
Figura 24. Enrollado retractable/fijo.....	45
Figura 25. Instalación con desplazamiento de bobinas o carretes. ....	46
Figura 26: Bucles de acceso y flojedad.....	47
Figura 27: Optical Line Termination (OLT).....	48
Figura 28: Optical Network Unit (ONU).....	49
Figura 29: Optical Network Termination.....	50
Figura 30: Splitter 1:32.....	50
Figura 31. Acoplador de fibra óptica .....	51
Figura 32: Parroquia de Nono y división de zonas. ....	52
Figura 33. Distancia de la fibra óptica desde el OLT hasta el primer nivel de splitting .....	53
Figura 34: Enlace de fibra óptica hasta las dos zonas de distribución .....	53
Figura 35:Dispositivo de simulación WDM Transmitter.....	55
Figura 36: Dispositivo de simulación de Fibra Óptica Bidireccional .....	56
Figura 37: Dispositivo de simulación del circulador bidireccional. ....	56
Figura 38: Dispositivo de simulación de un splitter .....	56
Figura 39: Dispositivo de simulación de ONU .....	57
Figura 40: Dispositivo de simulación de Regenerador .....	57
Figura 41: Dispositivo de simulación de Analizador BER .....	58
Figura 42: Dispositivo de simulación de 3R Regenerador - Analizador BER.....	58
Figura 43: Diseño de la red GPON .....	59

Figura 44: Detalle de los parámetros de configuración para OLT .....	60
Figura 45: Parámetros definidos para la ONU .....	60
Figura 46: Parámetros configurados en el primer Splitting .....	61
Figura 47: Parámetros configurados para el segundo nivel de splitting .....	61
Figura 48. Diagrama de red desde el OLT hasta el usuario final (usuario cercano) .....	63
Figura 49. Diagrama de red desde el OLT hasta el usuario final (usuario lejano).....	65
Figura 50. Diagrama de ojo obtenido en la simulación a 10.3 km.....	69
Figura 51 Diagrama de ojo obtenido en la simulación a 20.3 km.....	69
Figura 52 Diagrama de ojo obtenido en la simulación a 30.3 km.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de análisis demográfico.....	7
Tabla 2. Rangos para selección de la población objetivo .....	9
Tabla 3. Niveles de confiabilidad .....	9
Tabla 4. Servicios de acceso a servicios en telecomunicaciones .....	11
Tabla 5. Cobertura energía eléctrica .....	11
Tabla 6. Descripción de las topologías PON .....	14
Tabla 7. Estándares definidos para B-PON .....	17
Tabla 8. Cuadro comparativo de las tecnologías PON .....	22
Tabla 9: Velocidad de conexión desde el gabinete al usuario final .....	28
Tabla 10: Cuadro comparativo de las tecnologías FTTx. ....	29
Tabla 11: Tabla de aplicación de Fibra Óptica en enlaces Ethernet .....	32
Tabla 12: Tipos de fibra y especificaciones estándar.....	33
Tabla 13. Ventana de transmisión.....	41
Tabla 14. Características de la configuración de un splitter .....	43
Tabla 15. Suscriptores en CATV en Ecuador .....	48
Tabla 16. Descripción de cobertura de zonas en la parroquia.....	52
Tabla 17. Detalle de las distancias simuladas .....	62
Tabla 18: Distancia usuario más cercano y lejano .....	63
Tabla 19: Elementos pasivos – Usuario Cercano.....	64
Tabla 20: Cálculo de las atenuaciones - Usuario Cercano .....	64
Tabla 21: Elementos pasivos – Usuario Lejano.....	65
Tabla 22: Calculo de las atenuaciones - Usuario Lejano .....	66
Tabla 23: Detalle de la distancia de fibra óptica a la parroquia .....	67
Tabla 24. Detalle de la distancia de fibra óptica a la parroquia .....	67
Tabla 25. Detalle de la distancia de fibra óptica a la parroquia .....	67
Tabla 26. Diagramas de ojo en el punto cercano y punto lejano .....	68

## **RESUMEN**

En el presente documento se describe el diseño de una red de fibra óptica para la Parroquia de Nono – Provincia de Pichincha, que tiene como objetivo brindar servicios triple - play a los habitantes, es decir brindar servicios de Internet, telefonía y televisión, tomando en cuenta los siguientes parámetros: potencia, atenuaciones, distancias, niveles de splitting etc., por otro lado, se hace referencia a los dispositivos con los que hay que trabajar basándose en la arquitectura GPON.

Se realiza un análisis de campo para establecer el mejor método de acceso a la parroquia y se observará el detalle comparativo de las tecnologías PON y sus arquitecturas, conjuntamente con los estándares que se deben considerar para el diseño de dicha red.

Para la simulación de la red GPON se utiliza el software Optisystem el cual permite parametrizar los datos para realizar análisis comparativos a diferentes distancias, tomando en cuenta que el enlace total de fibra es de 20Km como estándar óptimo para redes GPON, para la distribución de equipos se ha separado en dos zonas a la parroquia, la zona 1 corresponde a la población central, donde se encuentra la mayor cantidad de habitantes y la zona 2 al sector de haciendas y hoteles, con las que se ha tomado puntos de referencia desde el OLT hasta el usuario más cercano y el usuario más lejano para realizar los cálculos en referencia a la atenuación y potencia de la señal.

Lo que se estima es facilitar al usuario el acceso a medios de comunicación y servicios (voz, video y datos) a una alta calidad.

## **ABSTRACT**

In this paper describe the design of a fiber optic network for the Parroquia of Nono - Province of Pichincha, which provide triple play services to the habitants, provide Internet, telephony and television services, considering the following parameters: power, attenuations, distances, division levels, etc., Too refer devices that work on GPON architecture.

It do analysis performed for establishing the best method of access to the parish and to observe the comparative detail of the PON technologies and their architectures, together with the standards that should be considered for the design of this network.

For the simulation of network GPON is used the Optisystem software, which allows data parameterization and analysis comparative to different distances, considering that total fiber link is 20Km like an optical standard for GPON, for the distribution of communications devices have splitted in two zones, zone 1 corresponds to the central population, where the most population habitant at this located and zone 2 included haciendas and hotels, these are the reference have been taken from the OLT Up the nearest user and the farthest user to perform the calculations in reference to the attenuation and the power of the signal.

The goal is provide access to de media services of the population that habitat in this sector, the services are voice, video and data to high quality.

## INTRODUCCIÓN

Los medios para la transmisión de comunicaciones se ha ido evolucionando a través de los años, el más utilizado ha sido el cable coaxial que se usa para transmitir señales eléctricas a alta frecuencia, está compuesto por el conductor vivo o central usado para transportar datos y el conductor exterior, blindaje o malla que es el que retorna la corriente y referencia de tierra, estos forman un par de conductores concéntricos, este cable ha sido utilizado por la mayor parte de proveedores para brindar servicio de televisión por cable, telefonía e Internet. La digitalización de las distintas transmisiones y las frecuencias más altas han hecho que este cable se vaya devaluando, tomando como reemplazo al cable de fibra óptica.

Hoy en día la fibra óptica es una nueva opción para la transmisión de datos por su baja atenuación permitiendo que la señal no pueda perder potencia, al transmitir fotones de luz y no corrientes eléctricas permite ser inmune a las interferencias electromagnéticas. Por otra parte, se tiene los requerimientos del usuario al pedir más ancho de banda y velocidades simétricas para subir y bajar archivos, mucho más allá de los 100, 200 o 300 Mbps que ofrecen los proveedores al trabajar con fibra.

La Parroquia de Nono tiene escasos de servicios de comunicación para sus habitantes, ya que por su ubicación geográfica no existen proveedores de servicios de comunicación que pueden acceder con facilidad al lugar, existen proveedores como es el caso de CNT, Claro y Movistar, que ofrecen servicios limitados para los usuarios, siendo esto telefonía fija y telefonía celular.

Al conocer que la Parroquia tiene un centro educativo y que está creciendo poblacionalmente y en el aspecto turístico, se propone realizar un estudio y diseño de factibilidad para dotar de servicios triple – play por medio de la tecnología GPON,

sabiendo que existen habitantes que cuentan con servicios de telefonía satelital y telefonía fija y pueden adquirir este servicio al mismo costo y a una alta calidad con la utilización de fibra óptica.

## **PROBLEMA DE ESTUDIO**

Los avances tecnológicos han creado cambios en la vida del ser humano, de tal forma que el uso de estas herramientas se ha vuelto indispensables en la vida cotidiana, uno de estos avances abarca el entorno educativo, permitiendo a los estudiantes la facilidad de obtener información de una forma inmediata. Para lograr una educación de calidad, las instituciones educativas han visto la necesidad de obtener acceso a Internet considerando como una herramienta básica para el desarrollo de actividades en el pensum académico.

Al realizar un estudio en la Provincia de Pichincha se detecta que en la actualidad existen centros educativos que requieren de estos servicios, es el caso de la Parroquia de Nono en el que se ha realizado un estudio más a fondo y se detecta que en este sitio no disponen de servicios de Internet, pese a que existe un centro de educación básica y secundaria que sirve como concentración de estudio del propio lugar y los sectores aledaños.

Por otro lado, también existen servicios de telefonía fija y televisión satelital, cuyos proveedores son CNT y DirecTV, respectivamente, el inconveniente con estos servicios se debe a que no todos los habitantes pueden adquirirlos conjuntamente debido a sus costos altos individuales y además la ubicación geográfica de la Parroquia permite que no sea tomada en cuenta por los proveedores de servicio, ya que el mecanismo de acceso para estos es complejo.

Analizando este problema, se considera la posibilidad de proveer a la Parroquia de Nono el servicio triple - play por medio de la tecnología GPON, teniendo en cuenta la capacidad de contratar un servicio combinado entre televisión, telefonía e Internet a un costo similar o más bajo.

## **JUSTIFICACIÓN**

La Parroquia de Nono tiene una institución educativa de nivel básico y secundario que imparte sus conocimientos a los niños y jóvenes de este lugar y de los sectores aledaños como los barrios de Pisuli, La Roldos, etc., donde por cuestiones de ubicación y asignación de un centro educativo por parte del Ministerio de Educación, ellos deben acudir a la institución más cercana a sus hogares. Sin embargo, la Parroquia de Nono no posee las implementaciones necesarias de servicios de Internet.

Ante esta situación se plantea una solución por medio de la creación de un diseño de una red GPON (fibra óptica) que proveerá de servicios triple - play (Internet, televisión y telefonía) a los habitantes, tomando en cuenta un proveedor que pueda brindar el mejor servicio, considerando el aspecto educativo, económico y social dentro de la parroquia.

Se plantea estos servicios debido a la gran cantidad de habitantes que actualmente residen y el beneficio que se obtendrá para la comunicación dentro y fuera del lugar considerando también que es un lugar turístico visitado por gente nacional y extranjera, por otra parte, se busca reducir costos en los servicios mediante el diseño de una red por fibra usando splitters, acopladores y atenuadores conjuntamente con los equipos finales, que se podrán utilizar para una futura implementación y así permitir que la señal pueda viajar sin ninguna interferencia, es decir, que tanto el centro educativo,

habitantes y turistas puedan adquirir los servicios de comunicación necesarios de buena calidad y a bajo costo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General – Específicos**

#### **Objetivo General**

Realizar un estudio y diseño de factibilidad de una red de acceso GPON (Gigabit Passive Optical Network) que permita proveer servicios triple - play en la Parroquia de Nono – Provincia de Pichincha.

#### **Objetivos Específicos**

Analizar el mecanismo de acometida más factible por donde ingresará la conexión a la Parroquia de Nono para brindar los servicios de televisión, telefonía e Internet.

Identificar las necesidades y restricciones de los habitantes de la Parroquia de Nono teniendo en cuenta el alcance máximo de cobertura y la arquitectura de FTTH

Evaluar y especificar el funcionamiento y configuración de la tecnología GPON que contenga todas las características (diseño lógico y físico) para la red con acceso a los servicios triple-play.

Identificar las condiciones técnicas y los equipos terminales necesarios para poder brindar los servicios triple-play al usuario final.

Crear una simulación de red FTTH GPON para dotar de servicios triple-play a mayor velocidad, eficiencia y QoS.

## **PROPUESTA DE SOLUCIÓN Y ALCANCE**

El diseño de una red mediante fibra óptica implica brindar al usuario servicios de comunicación de alta calidad, es decir, proveer de televisión, telefonía e Internet a altas

velocidades, gran ancho de banda y una transmisión de datos completamente seguros, considerando que la fibra óptica es difícil que sea interceptada.

Para realizar este diseño se hará un estudio de campo en la Parroquia de Nono, obteniendo datos relevantes tales como la ubicación geográfica, número de habitantes, número de viviendas, mecanismo de acometida para fibra óptica y un proveedor conveniente (CNT, Claro, TVCable). Dicho diseño de red se llevará a cabo en una herramienta de simulación llamada "OPTISYSTEM", la cual permite analizar y observar características del diseño y tráfico de la red.

El alcance del proyecto se obtendrá a partir de los beneficios para los habitantes que existen actualmente cubriendo sus expectativas, ya que con un diseño o propuesta de implementación se podrá proveer de servicios triple-play a la Parroquia de Nono.

## CAPÍTULO I

### 1.1. ESTUDIO DE LA PARROQUIA DE NONO

#### 1.1.1. Ubicación

La Parroquia de Nono se encuentra conformada por 9 barrios aledaños y 5 barrios en la cabecera parroquial se encuentra ubicada en la Provincia de Pichincha, a 18 kilómetros hacia el Noroccidente del Distrito Metropolitano de Quito aproximadamente a 35 minutos de la Ciudad de Quito. Latitud Sur  $0^{\circ}04'02.60''$  Longitud Oeste  $78^{\circ}34'36.25''$ .

Mapa de la Parroquia de Nono



Figura 1. Ubicación geográfica de la Parroquia de Nono  
Fuente: (Earth, 2016) Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

Su ubicación se encuentra en una zona denominada “Boca de Montaña” a una superficie de 213,59 km<sup>2</sup>, la temperatura media es de 14 a 15 grados centígrados y mínima de 7 a 8 grados centígrados.

### Mapa Base de la Parroquia de Nono

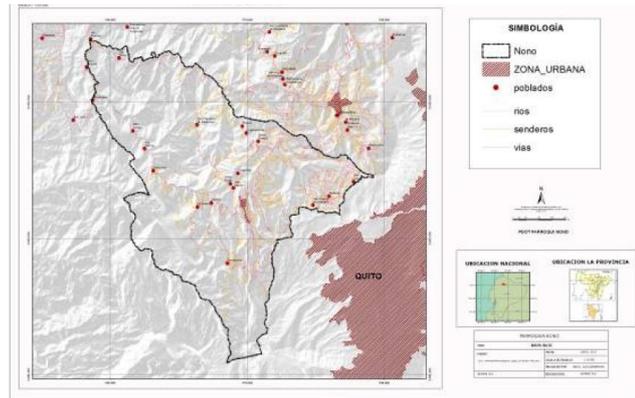


Figura 2. Perspectiva del mapa base de la Parroquia de Nono  
Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2016)

#### 1.1.2. Población

Según el censo realizado en el 2010 en la Parroquia existen 1.732 habitantes, en las proyecciones del INEC, la tasa de crecimiento poblacional al 2020 será de 1.05%, demostrándose que no es un crecimiento significativo de la población por la escasa provisión de servicios básicos, insuficiente calidad en educación y salud, bajas ofertas institucionales privadas y públicas, insuficiente diversificación de actividades económicas entre otros factores.

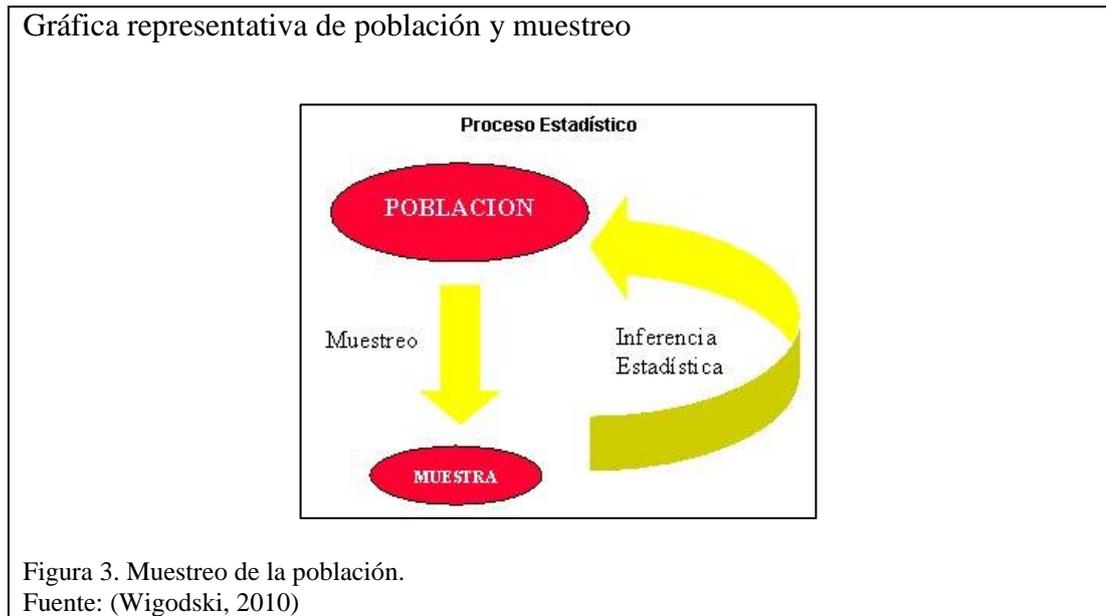
Tabla 1. Matriz de análisis demográfico

Item	Año 2010		
	Población	Superficie (km2)	Densidad poblacional (Ha/km2)
Pichincha	2.576.287	9.535,91	270,17
DMQ	2.239.191	4.217,95	530,87
Parroquia NONO	1732	214,28	8,08

Nota: Densidad poblacional en la Parroquia de Nono, Provincia de Pichincha. Fuente: (INEC, 2010)

### 1.1.2.1. Muestreo de la Población

Para obtener datos específicos se considera realizar una muestra estadística de la población, la muestra nos ayuda a determinar un porcentaje de la población que permita representar a la totalidad de los sujetos de la misma.



- ✓ **Población:** es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado. (Wigodski, 2010)
- ✓ **Muestra:** la muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población. (Wigodski, 2010)

En la tabla 2. Se encuentran datos de aproximación de la población objetivo, es decir, en el caso de la Parroquia de Nono que tiene una población 1732 habitantes por lo que se toma como referencia el rango de 10.000 en lo que respecta a población, se obtiene el margen de error y el nivel de confianza, dependiendo del caso.

Tabla 2. Rangos para selección de la población objetivo

Población	Margen de error			Nivel de confianza		
	10 %	5 %	1 %	90 %	95 %	99 %
<b>100</b>	50	80	99	74	80	88
<b>500</b>	81	218	476	176	218	286
<b>1,000</b>	88	278	906	215	278	400
<b>10,000</b>	96	370	4,900	264	370	623
<b>100,000</b>	96	383	8,763	270	383	660
<b>+ 1,000,000</b>	97	384	9,513	271	384	664

Nota: Tabla proporcional para el cálculo objetivo de la población según el margen de error. Fuente: (SurveyMonkey, 2016)

Para el cálculo de la muestra se tomará como referencia el margen de error del 5% siendo interpretado por la variable **e**, a un nivel de confianza de 95% que equivale a 1,96 que se toma como **k** y error muestral del 6%, según la tabla No. 2 y tabla No. 3.

Tabla 3. Niveles de confiabilidad

<b>K</b>	<b>1,15</b>	<b>1,28</b>	<b>1,44</b>	<b>1,65</b>	<b>1,96</b>	<b>2</b>	<b>2,58</b>
<b>Nivel de confianza</b>	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

Nota: Tabla de proporcionalidad de niveles de confiabilidad. Fuente: (Feedback Networks Technologies, 2013)

Los valores de p y q se referencian a la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio, en el mayor de los casos este dato es desconocido y se suele suponer que es 0.5 para ambos casos, tomando como una opción segura.

Se realizará los cálculos de la muestra con la siguiente fórmula:

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

En donde:

k = 1,65	N = 1732
p = 0.5	e = 7%
q = 0.5	

$$n = \frac{(1,65)^2 * 0,5 * 0,5 * 1732}{((0.07)^2 * (1732 - 1)) + (1,65)^2 * 0,5 * 0,5}$$

Entonces el total de la muestra es:

$$n = 129 \text{ Habitantes.}$$

Por lo tanto, el valor de la muestra es 129 habitantes que serán tomados como una representación del total de población.

## 1.2. Servicios de Telecomunicaciones

Para el acceso a servicios de telecomunicaciones, existe la necesidad de disponer de medios de comunicación como telefonía en las comunicadas, Internet, radio y televisión por cable, actualmente solo la cabecera parroquial dispone del servicio de telefonía fija y solo el 19.18% de las familias dispone de un teléfono fijo a través de la operadora del Estado CNT, el resto de la población se ven obligados a adquirir un teléfono celular para comunicarse, el 60.27% de hogares disponen de este tipo de servicio, sin embargo, el problema manifestado por la comunidad, es que no siempre se logra cubrir la señal de las operadoras de telefonía privada como es de los operadores de Movistar, Claro y CNT, esto debido a principalmente a la situación geográfica de la Parroquia, el 70% de los usuarios de telefonía celular es cubierta por la telefonía Claro.

Tabla 4. Servicios de acceso a servicios en telecomunicaciones

<b>Parroquia Nono</b>	<b>Acceso por hogares sí disponen</b>	<b>Acceso por hogares no disponen</b>	<b>Cobertura espacial</b>
<b>Telefonía fija</b>	98	413	19,18%
<b>Telefonía móvil</b>	308	203	60,27%
<b>Acceso a Internet</b>	6	505	1,17%

Nota: Cuadro de acceso de servicios en telecomunicaciones a servicios de la Parroquia.  
Fuente: (INEC, 2010)

El 1.17% de usuarios tiene acceso a Internet limitado y deben pagar mensualmente a las operadoras que prestan este servicio, los usuarios deben acudir al Infocentro, de esta manera los estudiantes pueden realizar sus tareas al igual que reciben capacitación en programas de computación, cabe recalcar que los sectores aledaños no tienen acceso a éste servicio.

Existe el 13.70% de usuarios que han podido contratar el servicio de televisión pagada ya que no existe repetidoras con las cuales les permita llegar señal de radio y televisión siendo este un limitante para los moradores que habitan en la zona.

### **1.3. Energía Eléctrica**

La cobertura de energía eléctrica en la parroquia de Nono se encuentra cubierta en el 95.28% de las viviendas, es decir que se encuentra dotado en la mayor parte de la parroquia, solamente 5% no dispone del servicio porque se encuentran en lugares dispersos a la zona, por lo general en las fincas.

Tabla 5. Cobertura energía eléctrica

<b>INDICADOR</b>	<b>TOTAL DE VIVIENDAS</b>	<b>%</b>
<b>Red Empresa Eléctrica</b>	<b>485</b>	<b>95,28 %</b>
<b>Panel Solar</b>	<b>1</b>	<b>0.20 %</b>
<b>Generador de luz</b>	<b>1</b>	<b>0.20 %</b>
<b>Otro</b>	<b>0</b>	<b>0.00 %</b>
<b>No tiene</b>	<b>22</b>	<b>4.32 %</b>
<b>TOTAL</b>	<b>509</b>	<b>100.00 %</b>

Nota: Cobertura de servicios de Energía Eléctrica en la Parroquia de Nono. Fuente: (INEC, 2010)

#### 1.4. Rutas de Acceso

En las rutas de acceso para el ingreso a la Parroquia de Nono se toma como primera opción el intercambiador de la avenida Machala y Av. Mariscal Sucre, a la altura de la Mena del Hierro, se continua por el barrio Rancho Alto y Rundupamba hasta llegar a Nono, dicha vía tiene una longitud de 32 kilómetros y un tiempo aproximado de 35 minutos. Se cuenta con una vía de asfalto en frío. Desde Nono por medio de lastre y tierra, la vía continúa en dirección a Tandayapa, lo que resulta un acceso y también la salida de la parroquia, finalmente esta se conecta con el km. 52 de la vía Calacalí - Nanegalito.

Otras vías de ingreso y salida para la parroquia es la vía Nono – Calacalí que se encuentra en buen estado.

Con el desarrollo de este proyecto se realizará una comparación de mecanismos de provisión y servicios para el ingreso de fibra óptica: soterrado y aéreo, para determinar cuál opción es más factible en el proceso del diseño de la red GPON para ofrecer servicios triple – play a los usuarios de la Parroquia. (INEC)

#### MAPA DE RUTAS DE ACCESO A LA PARROQUIA DE NONO



Figura 4. Rutas de Acceso a Nono.

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2016). Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Tecnologías PON

Las tecnologías PON también conocida como Redes Ópticas Pasivas, es una arquitectura de red que ha ido evolucionando con el tiempo, maneja estándares de calidad y operación definidos por la ITU y la IEEE.

Este tipo de tecnologías usan componentes ópticos pasivos, es decir no requieren energía para su funcionamiento y permiten ofrecer mayores anchos de banda ya sea para DownStream o UpStream. Los valores definidos para DownStream llegarían hasta 2.5Gbps, mientras que para UpStream sería de 1.2Gbps.

Una de las principales características de las tecnologías PON es brindar servicios Triple Play, así como también disminuir sustancialmente los costos de operación ya que su funcionamiento está basado en el uso de fibra óptica. (Silva)

#### 2.2. Arquitectura de la tecnología PON

La tecnología PON está compuesta por elementos como son: OAN, OLT, ODN, Splitter y ONU.

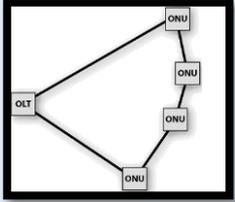
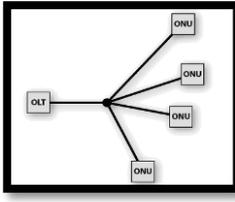
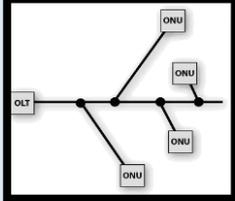
- **OAN:** es una Red de Acceso Óptico el cual está compuesto por un conjunto de enlaces de acceso.
- **OLT:** es definida como Terminación de Línea Óptica, su principal característica es brindar la interfaz de red entre la OAN y permitir la conexión entre una o varias ODN.
- **ODN:** también conocida como una Red de Distribución Óptica, es la encargada de brindar comunicación entre la OLT y el usuario final.

- **Splitter:** es el divisor óptico pasivo el cual se encarga de dividir la señal óptica y retransmitirla sin necesidad de alimentación.
- **ONU:** es la Unidad de Red Óptica, esta actúa como vínculo entre el usuario y la OAN. Es la que va conectada a la ODN.

### 2.3. Topologías usadas para las tecnologías PON

Existen varias topologías las cuales son usadas para las tecnologías PON, estas topologías pueden ser: Topologías Anillo, Árbol y Bus.

Tabla 6. Descripción de las topologías PON

TOPOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	ARQUITECTURA GRÁFICA
<b>ANILLO</b>	Las topologías anillo no son usadas comúnmente, pero están dirigidas para aplicaciones de negocios.	
<b>ÁRBOL</b>	Las topologías anillo no son usadas comúnmente, pero están dirigidas para aplicaciones de negocios.	
<b>BUS</b>	Las topologías en Bus son utilizadas para ambientes universitarios como puede ser la sede o un campus de una universidad.	

Nota: Detalles de las topologías y arquitectura de una red PON  
Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

### Tipos de redes PON

Existen varios tipos de redes PON, estas redes se dividen en: APON, BPON, GPON, EPON y GEAPON.

### 2.3.1. Redes APON

La tecnología A-PON también conocida como Redes ópticas Pasiva basadas en ATM (ATM-PON), son redes las cuales se encuentran definidas en el estándar de la ITU-T G.983. Esta fue la primera red desarrollada para el estándar de las redes PON.

Las redes APON fueron desarrolladas para la implementación de FTTH, permitiendo así que los usuarios residenciales puedan recibir servicios de banda ancha por parte de los proveedores.

Estas redes poseen especificaciones iniciales definidas por la FSN, en la cual define que el estándar utilizará ATM como un protocolo de señalización en la capa 2 del modelo OSI.

El estándar para las redes A-PON están constituidas al igual que PON:

- OLT: ubicada en el proveedor de servicio.
- ONU: ubicada en el domicilio de los usuarios finales.

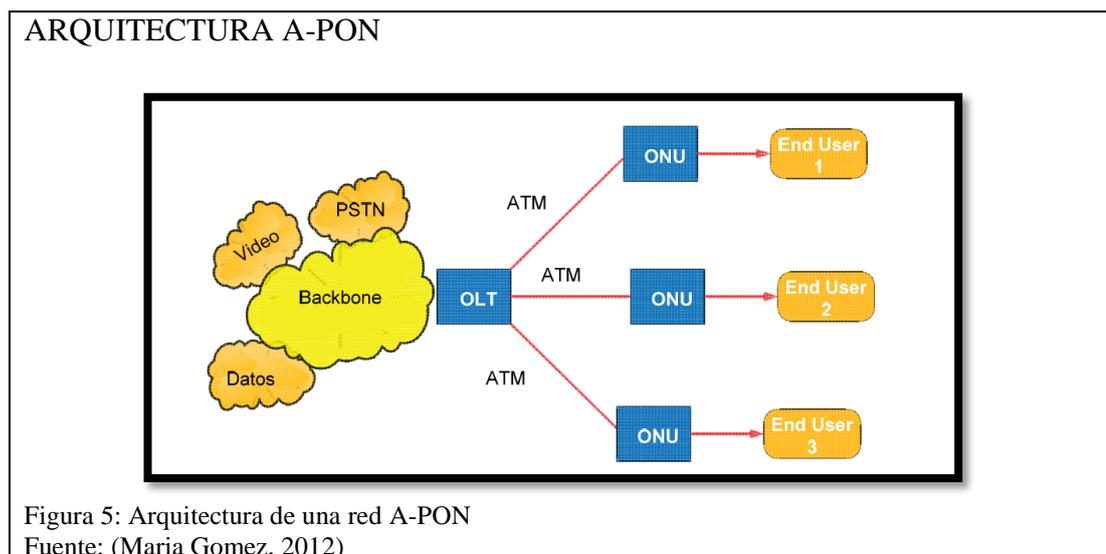


Figura 5: Arquitectura de una red A-PON  
Fuente: (Maria Gomez, 2012)

La tecnología A-PON está definida para operar en dos velocidades:

- 155 y 622 Mbps simétrico (Descendentes)
- 155 Mbps asimétrico (Ascendente)

Al igual que para la transmisión de datos de las redes A-PON se define tanto para un canal de bajada como para un canal de subida independientemente.

### **2.3.2. Redes BPON**

B-PON es una Red Óptica Pasiva de Banda Ancha, esta red surgió como una mejora de las redes A-PON, posee características mejoradas para integrar y obtener acceso a servicios Ethernet, distribución de video, VPL y una multiplicación por longitud de onda (WDM).

La arquitectura de B-PON es similar a la arquitectura propuesta para las redes A-PON. Estas redes están definidas en el estándar ITU-T G.983, en las cuales existen varias versiones definidas para dicha tecnología, estos estándares o versiones van desde la G.983.1 hasta la G.983.8, teniendo en cuenta que el estándar ITU-T G.983.1 es el estándar original definido para las redes B-PON.

Dentro de la arquitectura B-PON definida por el estándar G.983.1 se define una red de forma simétrica, es decir que posee una velocidad con un ancho de banda igual a 155 Mbps tanto para bajada (DownStream) como para subida (UpStream). Después de un tiempo el estándar tuvo modificaciones las cuales permitieron soportar configuraciones asimétricas y aumentar las velocidades tanto para los canales de bajada como para los canales de subida, las velocidades definidas fueron: 155 Mbps para el canal de subida y 622 Mbps para el canal de bajada. (Guevara Henao, 2010)

### 2.3.2.1. Descripción de los estándares definidos para las Redes B-PON

Tabla 7. Estándares definidos para B-PON

Estándar	Descripción
G.983.1	Estándar definido originalmente para las redes B-PON
G.983.2	Estándar definido para la capa de gestión y mantenimiento.
G.983.3	Estándar definido para la QoS (Calidad de servicio).
G.983.4	Estándar definido para la asignación de un ancho de banda dinámico.
G.983.5	Estándar definido para mecanismos de protección.
G.983.6	Estándar definido para la capa de control de red OTN
G.983.7	Estándar definido para la capa de gestión de red para el ancho de banda dinámico.
G.983.8	Estándar definido para dar soporte al protocolo IP, Video, VALN y VC.

Nota: Descripción de los estándares definidos para las redes B-PON. Fuente: (UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, s.f.)

### 2.3.3. Redes GPON

GPON es un estándar que se extiende de las redes PON, estas redes pueden alcanzar velocidades superiores a 1Gbps, así como también pueden soportar varias tasas de transferencia (Velocidades) con un mismo protocolo.

Estandarizada por ITU-T y denominada Gigabit-capable PON (GPON), fue aprobada en 2003-2004 y ha sido normalizada en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3 y G.984.4. Estas redes incluyen velocidades simétricas de 622 Mbps, 1.25Gbps, y asimétricas de 2.5Gbps en el enlace descendente y 1.25Gbps en el enlace ascendente. Las redes GPON tienen un alcance de 20 km, pero en la actualidad el estándar ha permitido aumentar su alcance a 60 km. (Capítulo 1, 2014)

#### 2.3.3.1. Arquitectura GPON

Se basa principalmente en 3 elementos básicos:

- **OLT:** Es el encargado de procesar información y enviar a su debido Splitter o incluso a otro OLT con la información necesaria para saber su destino.



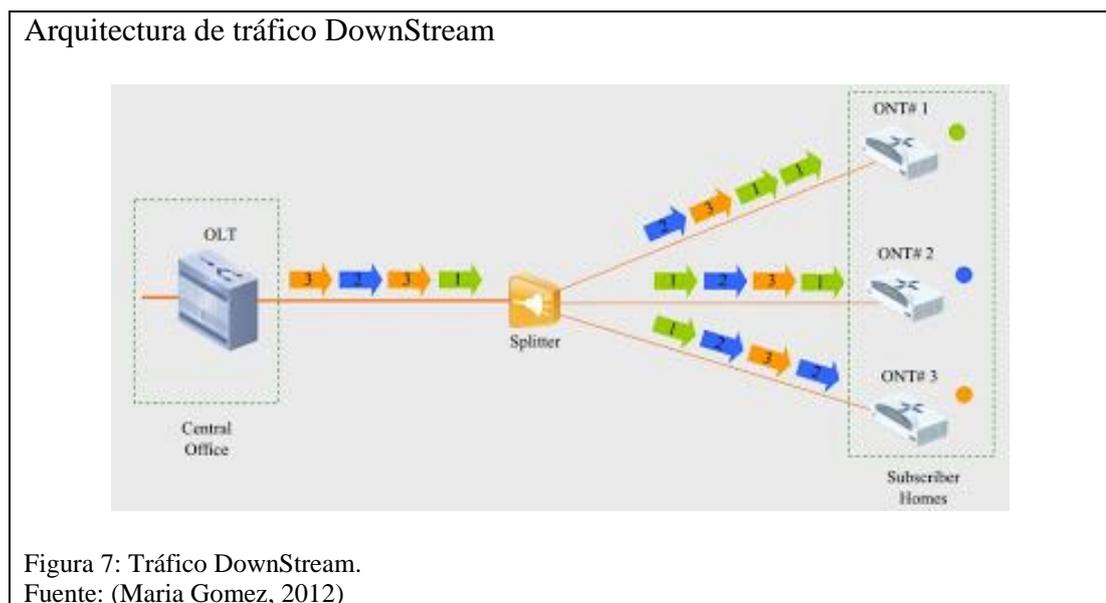
GPON ofrece servicios como:

- **Transporte Multiservicio:** Voz, Ethernet, ATM, Frame Relay y muchas más.
- **Alcance:** Máximo de 20 km
- **Multirate:** Soporte para varias tasas de transferencia
- **Importantes facilidades de gestión, operación y mantenimiento**
- **Seguridad:** nivel de protocolo (cifrado)

Por tal motivo en las redes GPON existen varias formas interpretar el tráfico que se genera. (LÓPEZ BONILLA & RUDGE BARBOSA, 2009)

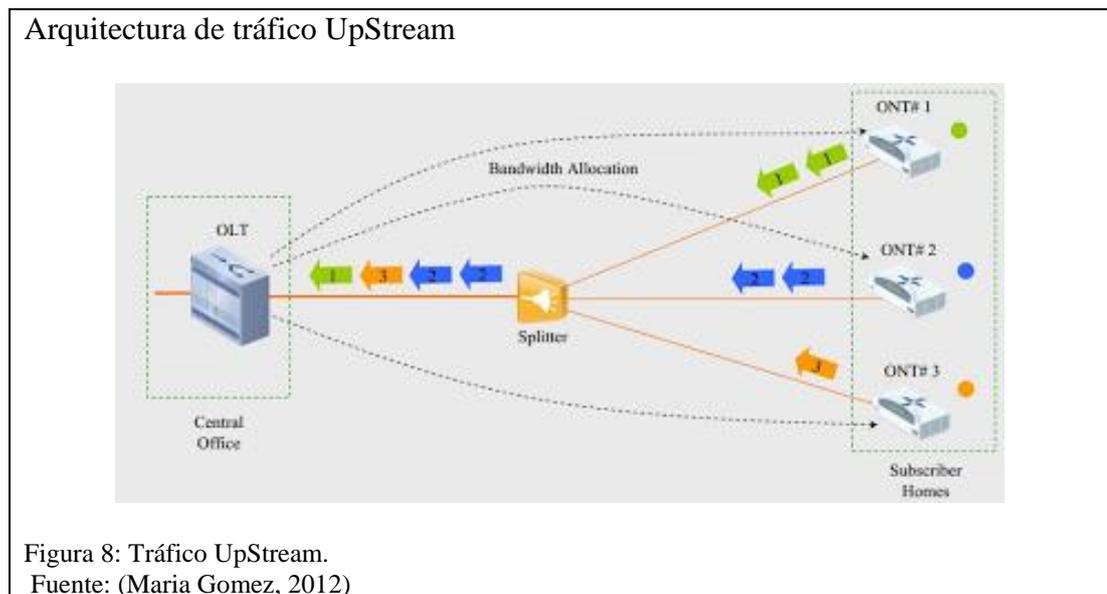
### 2.3.3.2. Tráfico DownStream

El OLT envía datos al ONT a través de una longitud de onda (1490nm) empleando un cable de fibra óptica, mediante un splitter pasivo la señal óptica entrante es dividida en varias señales de luz de salida para que el tráfico del OLT sea distribuido es una arquitectura punto-multipunto el tráfico DownStream es enviado mediante un broadcast óptico, en donde la información es común para todas las ONT's.



### 2.3.3.3. Tráfico UpStream

Las ONT envían tráfico a las OLT a través de una longitud de onda (1310nm) distinta, para evitar colisiones con el DownStream, el splitter pasivo actúa como combinador en la dirección del tráfico UpStream, permitiendo que el OLT recolecte datos sobre la fibra óptica. El tráfico UpStream se basa en TDMA que aseguran la transmisión sin colisiones desde el ONT hasta la OLT.



#### 2.3.3.4. Características de las Redes G-PON

- Soporte completo para voz (TDM, SONET y SDH), Ethernet (10/100 Base T), ATM.
- Alcance nominal de 20Km.
- Soporte de varias velocidades, las indicadas para APON/BPON y EPON
- Alto nivel de funciones de Operación, Administración, Mantenimiento y Suministro AM&P, de principio a fin en el manejo de los servicios.
- Seguridad en el tráfico debido a la operación en modo de broadcast para la transmisión en modo descendente heredado del estándar PON. (Tecnología al instante, 2008)

#### 2.3.4. GEPON

GEPON también conocida como Red Óptica Pasiva Gigabit Ethernet, es una tecnología creada para el uso de las telecomunicaciones, este sistema combina dos tecnologías como son: Gigabit Ethernet y Redes Ópticas Pasivas. Las redes GEPON facilitan a gran medida la llegada hacia los abonados mediante el uso de fibra óptica, sus equipos de acceso son más económicos, ya que usan interfaces Ethernet.

Arquitectura de una red GE-PON

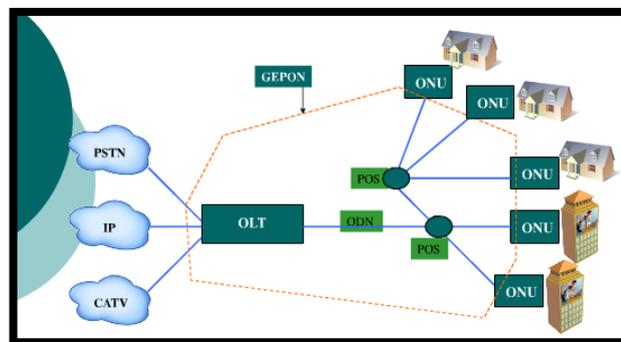


Figura 9. Red GE-PON.  
Fuente: (Maria Gomez, 2012)

### 2.3.4.1. Elementos de una red GEPON

GEPON es desarrollada como una aplicación punto-multipunto y está compuesta por:

- OLT: Terminal de Línea Óptica (Optical Line Terminal)
- ONU: Unidad Óptica de Red (Optical Network Unit)
- ODN: Red de Distribución Óptica (Optical Distribution Networks)
- OAN: Red Óptica de Acceso (Optical Network Access)
- POS: Splitter Óptica Pasiva (Passive Optical Splitter)

### 2.3.4.2. Ventajas de las redes GE-PON

- a) Ancho de banda seguro para diferentes servicios al ser el número de abonados por trayectoria de fibra de un máximo de 32.
- b) Gran alcance entre los equipos distribuidores y los suscriptores (20 Km).
- c) Soporte para datos, voz y video.
- d) Varios usuarios pueden usar una sola fibra ahorrando costos.
- e) Bajas tasas de administración y mantenimiento en la red al usarse equipos de fibra pasivos y no activos

### 2.3.5. Comparación de las tecnologías PON

Tabla 8. Cuadro comparativo de las tecnologías PON

Características	BPON	GPON	GEPON
<b>Estándar</b>	ITU-T G.983.x	ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah
<b>Velocidades de transmisión (Mbps)</b>	Down: 155, 622, 1244 Up: 155, 622	Down: 1244, 2488 Up: 622, 1244, 2488	Down: 1244 Up: 1244
<b>Tipo de fibra</b>	Monomodo (Estándar IUT-T G.652)	Monomodo (Estándar IUT-T G.652)	Monomodo (Estándar IUT-T G.652)
<b>Numero de fibras por ONT</b>	1 ó 2	1 ó 2	1

<b>Radio de división óptica</b>	1:32 (Puede aumentar a 1:64)	1:128 (En la practica 1:64)	1:16 (Puede aumentar a 1:32)
<b>Máxima longitud de fibra entre la OLT y ONT</b>	20 KM	10 – 20 KM	10 KM
<b>Modo de trafico</b>	ATM	ATM, Ethernet o TDM	Ethernet
<b>Arquitectura de transmisión</b>	Asimétrica, simétrica	Asimétrica, simétrica	Simétrica
<b>OAM</b>	PLOAM	PLOAM	Ethernet OAM
<b>Seguridad</b>	AES	AES	No Definida
<b>Eficiencia del servicio</b>	83% DownStream 80% UpStream	93% DownStream 94% UpStream	73% DownStream 61% UpStream

Nota: Cuadro comparativo de características de tecnologías PON. Fuente: (Marchukov, Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH, 2011)

## 2.4. Tecnologías FTTx

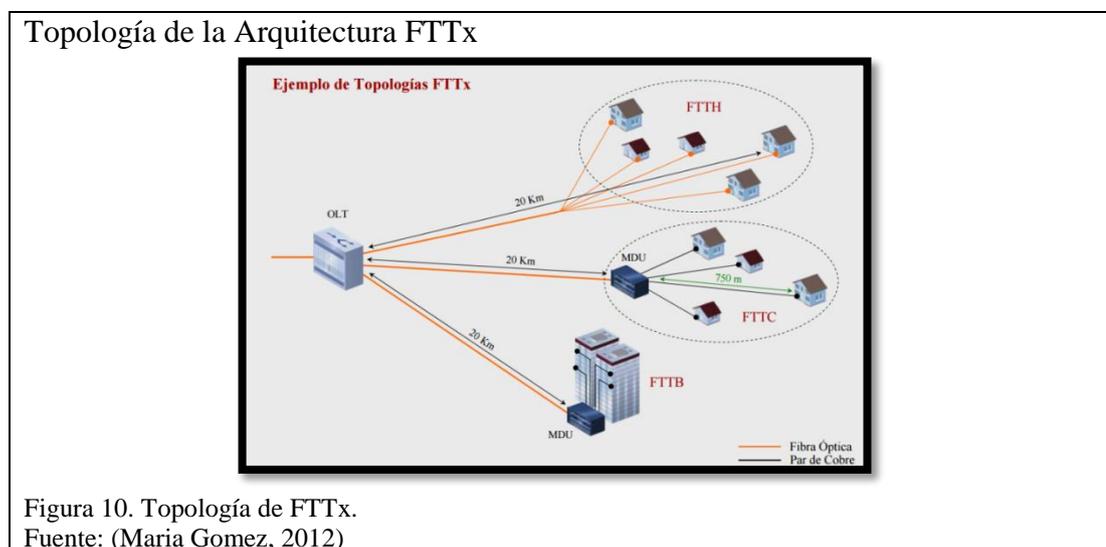
La tecnología de telecomunicaciones FTTx (del inglés Fiber To The x), es un término genérico que se utiliza para designar diferentes accesos de banda ancha mediante el uso de fibra.

En las tecnologías FTTx se toma muy en cuenta los elementos para determinar la clasificación. Estos elementos son:

- Alcance: Longitud de la fibra óptica.
- Medios de transmisión: Únicamente de fibra óptica y combinación de fibra óptica y par trenzado de cobre.
- Componentes de la red: Terminales de Usuario (ópticos) y equipos concentradores (DSL).

Existen diferentes arquitecturas de las tecnologías FTTx en las cuales dependen de la distancia entre la fibra óptica y el usuario final. Las más importantes en la actualidad son:

- FTTH (Fiber To The Home)
- FTTB (Fiber To The Bussines)
- FTTC (Fiber To The Curb)
- FTTN (Fiber To The Node).

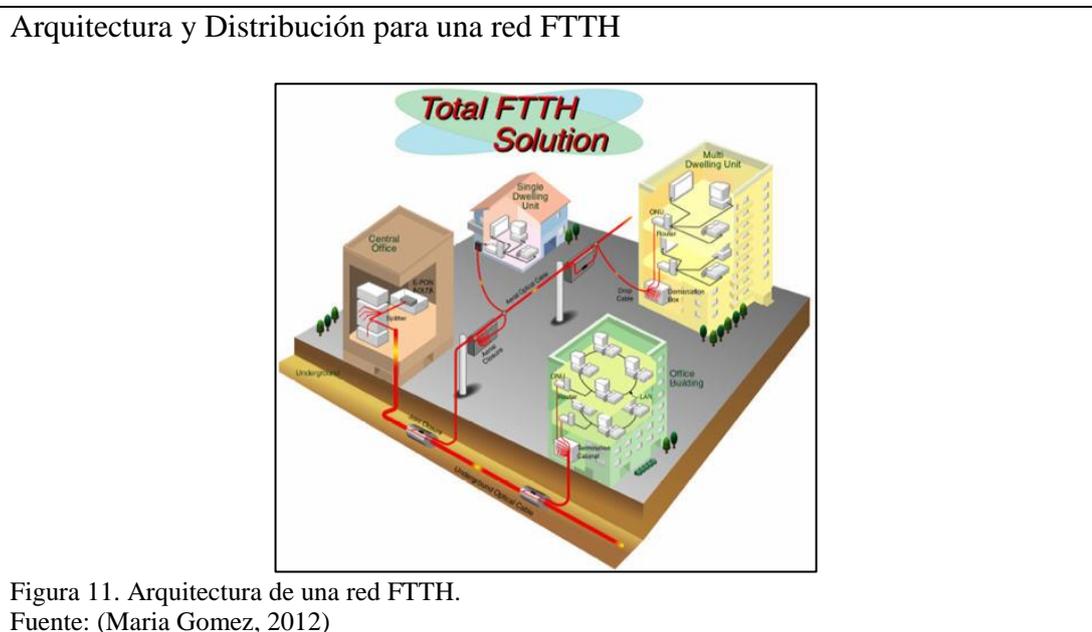


#### 2.4.1. FTTH

Es una tecnología de las telecomunicaciones, también conocida como como fibra hasta la casa o fibra hasta el hogar, está enmarcada en dentro de las tecnologías FTTx. Este tipo de tecnologías se basan en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología para la distribución de servicios avanzados, como el Triple-Play como son: telefonía, Internet de banda ancha y televisión, a los hogares y negocios de los abonados.

La arquitectura básica de una red FTTH se basa en una red de telecomunicaciones que utiliza como medio de transmisión la fibra óptica, la cual se compone en diferentes bloques de la siguiente manera:

- Transmisor
- Amplificador óptico
- Regenerador
- Amplificador óptico
- Receptor



Las redes FTTH son la base para las redes futuras de banda ancha, esto se debe gracias a que su capacidad es casi ilimitada comparada con los sistemas tradicionales de cobre, mayor ancho de banda en los servicios q a prestar. Estas redes están diseñadas para el uso e implementación en hogares debido a la gran demanda de servicios que se presentan en los usuarios.

Las características de las redes FTTH son:

- Tasa alta de división (>64)
- Alta velocidad (>1Gbps)
- Alto ancho de banda por usuario (>100mbps)
- Tasa bidireccional
- Largo alcance (>20km)
- Alta capacidad de actualización
- Manejo de sistemas centralizados
- Asignación dinámica de recursos
- Protección básica incorporada

#### **2.4.2. FTTB**

Tecnología conocida como Fibra Hasta el Edificio, es una tecnología que se caracteriza por su red, ya que termina en la distribución principal de los edificios ya sean estos comerciales o residenciales de los abonados, desde ese punto se permite el acceso a los usuarios finales mediante cableado estructurado.

La tecnología de FTTB proporciona capacidades ilimitadas en base al ancho de banda de su red, así como también ofrece servicio de alta velocidad (Conectividad de datos), permitiendo una gran variedad de servicios como son: aplicaciones web, aplicaciones en tiempo real, video conferencias, medicina (Telemedicina) y VoIP.

La arquitectura de FTTB está compuesta por 4 elementos principales:

- Cabecera
- Terminal de línea óptica (OLT)
- Fibra Óptica

- Terminal de red óptico (ONT)
- Edificio (Abonados)

#### Arquitectura y descripción para una red FTTB

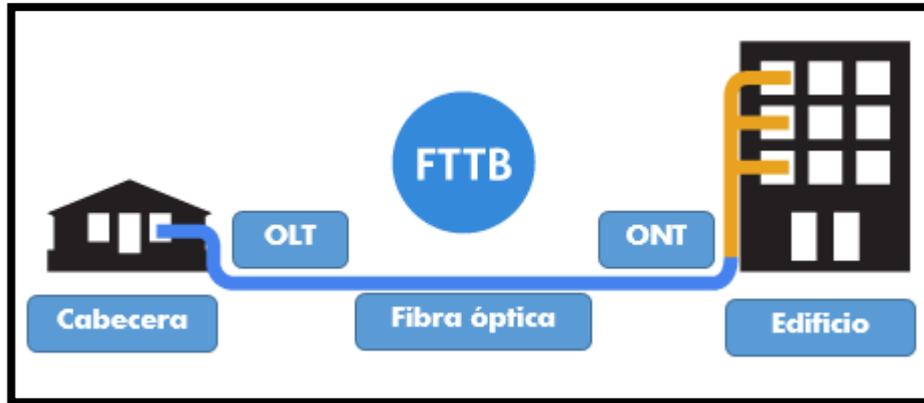


Figura 12: Arquitectura de FTTB.

Fuente: (Marchukov, Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH, 2011)

#### 2.4.3. FTTC

Esta tecnología también conocida como Fibra hasta el Gabinete, se caracteriza ya que su fibra óptica llega generalmente hasta un armario de telecomunicaciones, ubicado en la calle desde donde se distribuirá los servicios al usuario o abonado final. Esta red de acceso se considera una red híbrida ya que utiliza fibra óptica hasta el punto donde se termina la instalación óptica (gabinete) y a partir de ese punto se ofrecerá el servicio al usuario final mediante cable coaxial o cobre.

Una característica principal de esta tecnología se debe a su distancia en la cual se encuentra del usuario final, ya que la fibra puede llegar al gabinete más cercano al usuario y así poder brindar el servicio. La distancia máxima a la cual se puede encontrar el gabinete del usuario es 300 metros.

Existen varias velocidades de conexión que esta tecnología puede manejar en base a la distancia en la cual se encuentra el gabinete a los usuarios finales. Mientras más

cerca se encuentre el usuario final al gabinete de telecomunicaciones su velocidad de conexión será mejor.

Tabla 9: Velocidad de conexión desde el gabinete al usuario final

Distancia al gabinete (metros)	Velocidad estima de conexión (Mbps)
100m	100 Mbps
200m	65 Mbps
300m	45 Mbps
400m	42 Mbps
500m	38 Mbps
600m	35 Mbps
700m	32 Mbps
800m	28 Mbps
900m	25 Mbps
1000m	24 Mbps
1250m	17 Mbps
1500m	15 Mbps

Nota: Distancias y velocidades del equipo para la conexión. Fuente: (Communications, 2011)

FTTC posee una arquitectura cuyos elementos principales son: Oficina central (OLT), Gabinete (Distribución), Terminal remota, Usuario final (ONU).

Arquitectura y descripción para una red FTTC

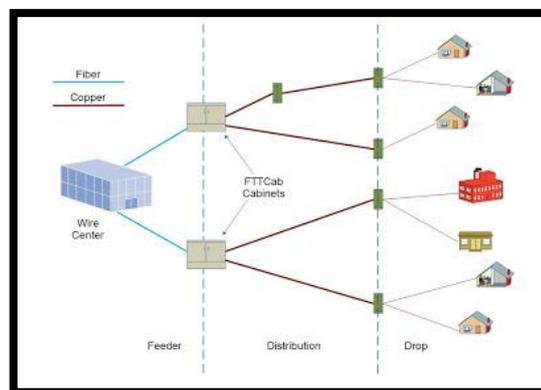


Figura 13: Arquitectura de FTTC.  
Fuente: (Alejandra Quishpe, 2010)

#### 2.4.4. FTTN

La tecnología FTTN también conocida como Fibra Hasta el Barrio o Hasta el Nodo, se caracteriza ya que su fibra termina en la central del operador de telecomunicaciones (ISP) que presta los servicios. Su característica principal es su ubicación ya que suele estar más lejos que los abonados en FTTH y FTTB.

Esta tecnología se usa frecuentemente como un paso intermedio para las tecnologías FTTH y es utilizado actualmente por los proveedores de servicios de telecomunicaciones.

#### 2.4.5. Cuadro comparativo de las diferentes tecnologías de FTTx

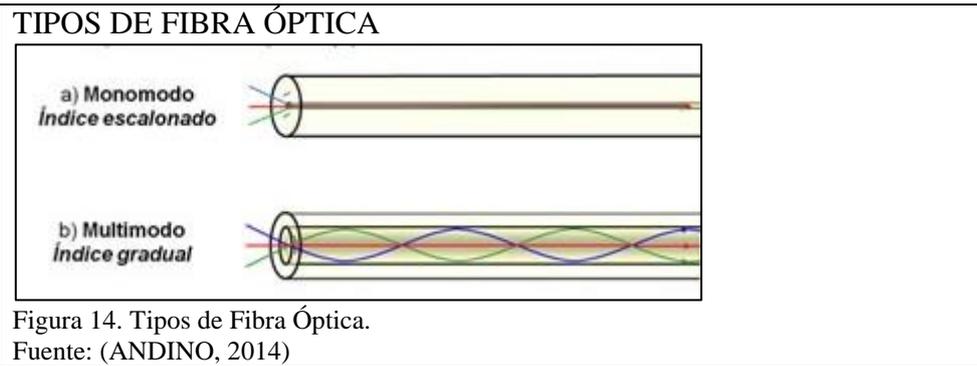
Tabla 10: Cuadro comparativo de las tecnologías FTTx.

Característica	FTTH	FTTB	FTTC	FTTN
Medio de Transmisión	Enteramente de fibra óptica	Fibra óptica (Outdoor) y par de cobre (Indoor)	Fibra óptica y par de cobre (Outdoor)	Fibra óptica y cable coaxial (Outdoor)
Cantidad de usuarios a cubrir	1 hogar por fibra	32 hogares por fibra	10 – 100 hogares por fibra	200 – 500 hogares por fibra
Velocidad del servicio	Mayores de 100 Mbps	100 Mbps	50 Mbps	30 bps

Nota: Cuadro detallado de características de las tecnologías FTTx. Fuente: (Miguel Lattanzi, s.f.)

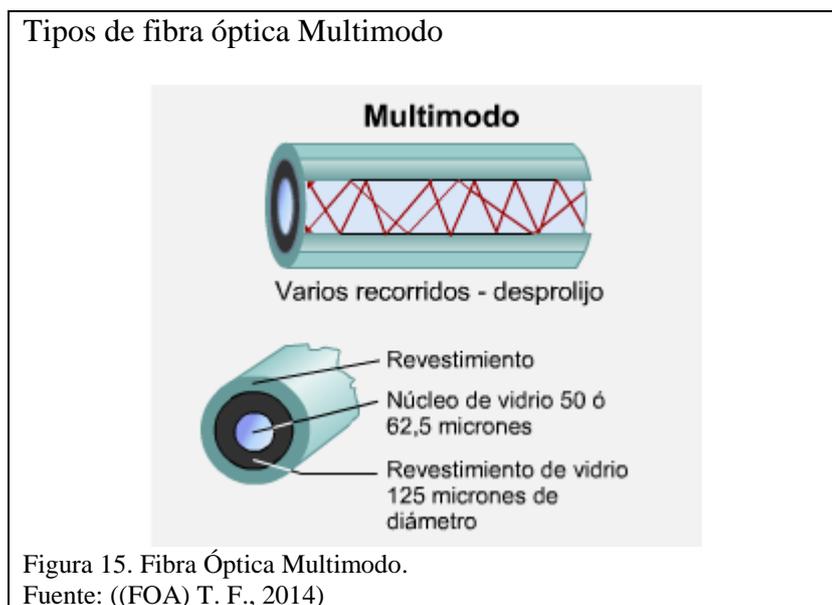
#### 2.5. TIPOS DE FIBRA

Existen dos tipos de fibra óptica que se identifican por los diámetros de su núcleo y de su revestimiento, la mayoría de las fibras tiene 125 micrones de diámetro exterior, posee un recubrimiento que la protege de la humedad y de daños físicos, estos tipos de fibra son insensibles a curvaturas y son usados para cables de conexión (patchcords) y para fibras contenidas en cierres de empalme con poco espacio, tienen diferentes características tanto de uso como en sus costos.



### 2.5.1. Fibra Multimodo

Su forma de propagación es de forma simultánea, es decir, los rayos de luz viajan en muchas direcciones, las que se denominan modos; posee un núcleo mayor (generalmente de 50 o 62.5 micrones) lo que soporta la transmisión de múltiples modos (rayos) de luz. ((FOA) T. F., 2014)



Las fibras multimodo de índice escalonado fueron las primeras en diseñarse. El núcleo de este tipo de fibra está realizado con un tipo de material óptico y el revestimiento (cladding) con otro tipo de material con características ópticas diferentes. Estas fibras tienen mayor atenuación y la información que viaja a través de ellas lo hace de forma demasiado lenta, por lo que no son útiles para muchas aplicaciones debido a la

dispersión causada por las diferentes distancias que recorren los diferentes modos a través del núcleo. Las fibras de índice escalonado se utilizan muy poco;

Las fibras multimodo de índice gradual utilizan variaciones en la composición del vidrio del núcleo para compensar las diferentes longitudes de las trayectorias de los modos; ofrecen un ancho de banda cientos de veces mayor que la fibra de índice escalonado, hasta 2Ghz aproximadamente; se utilizan dos tipos, de 50/125 y de 62.5/125, en dónde los números representan los diámetros del núcleo y del revestimiento (cladding) en micrones, respectivamente. La fibra multimodo de índice gradual se utiliza principalmente para redes en planta interna, de área local, de fibra hasta el escritorio, de CCTV y de otros sistemas de seguridad.

Esta fibra se fabrica en diferentes tamaños, y optimizadas para diversas redes y fuentes, existen diámetros del núcleo:

- **50/125um:** Fibra utilizada habitualmente en aplicaciones informáticas. Clasificada en varios tipos (OM1, OM2, OM3 y OM4) en función de su ancho de banda, de su aplicación y de la distancia cubierta por el enlace. La de tipo OM2 permite soluciones económicas al utilizarla para la transmisión analógica de señal banda base (CCTV) en distancias hasta 2 o 3 Km.
- **62,5/125um:** De aplicación frecuente en redes Ethernet 10/100. En instalaciones CCTV banda base, permite alcances de hasta 4 Km (850nm) o 10 Km (1300nm). (ANDINO, 2014).

Tabla 11: Tabla de aplicación de Fibra Óptica en enlaces Ethernet

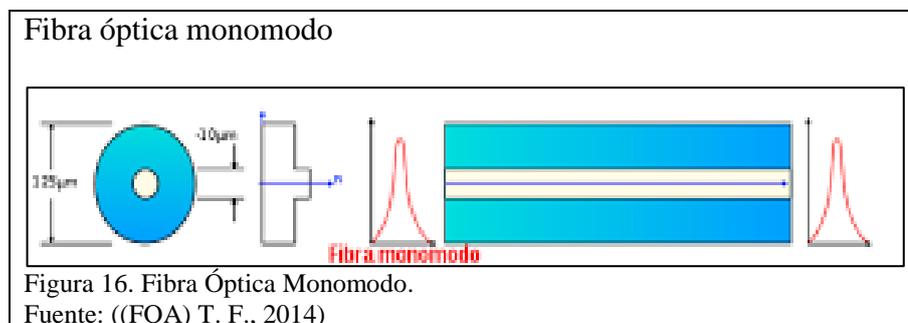
Canal de Fibra	Fast Ethernet 100 Base T	GigaBit Ethernet		10 Gigabit Ethernet 10 G Base SR/SW
		1000 Base SX 850 nm	1000 Base SX 1300 nm	
OF 300	OM1	OM2	OM1/OM2	OM3
OF 500	OM1	OM2	OM1/OM2	OS1
OF 2000	OM1	-	Especial	OS1

Nota: Descripción de enlaces de Ethernet para fibra óptica. Fuente: (ANDINO, 2014)

### 2.5.2. Fibras Monomodo

La fibra monomodo posee un núcleo mucho más pequeño, de solamente 9 micrones aproximadamente, por lo que la luz viaja en un sólo modo (rayo); se utiliza para telefonía y para televisión por cable (CATV) con fuentes de luz láser a 1300 y 1550nm ya que tiene poca pérdida y un ancho de banda infinito.

Este tipo de fibra se la utiliza para redes en planta externa, como, por ejemplo, redes de telecomunicaciones, FTTH, de televisión por cable y enlaces de datos de larga distancia como las de gestión de redes de servicios públicos.



Estándares para la fibra monomodo se tiene los siguientes estándares:

- **G.652 (C y D):** Utilizadas como fibra estándar en Telecom y para transmisión Ethernet a Gigabit y 10 Gigabit. La denominación OS1 es cubierta por las fibras tipo de G652a, b c y d. La fibra tipo OS2 (desde 2006) fija características para las longitudes de onda 1310nm 1550nm y 1383nm (fibras de bajo pico de

agua, válidas para CWDM). Asimismo, la fibra OS2 es de aplicación como f.o. SM para aplicaciones de larga distancia.

- **G.655:** Fibra con dispersión desplazada no nula. Optimizada para aplicaciones de larga distancia a 1550nm. Sus características se fijan a 1550nm y 1625nm, por lo que puede ser utilizada para multiplexación DWDM entre estas  $\lambda$ .
- **G-656:** Fibra con dispersión desplazada no nula. Optimizada para aplicaciones de banda ancha. Sus características se fijan entre 1460nm y 1625nm, estando especialmente indicada para multiplexación CWDM y DWDM en ese ámbito de  $\lambda$ .
- **G.657:** Fibra óptica con características especiales para su aplicación en FTTx (alta resistencia a la humedad y a las macrocurvaturas), permite la transmisión a 1310, 1490 y 1550nm. (ANDINO, 2014)

Tabla 12: Tipos de fibra y especificaciones estándar

Núcleo/revestimiento ( <i>cladding</i> )	Atenuación	Ancho de banda	Aplicaciones/Notas
Multimodo de índice gradual	<b>850/1300 nm</b>	<b>850/1300 nm</b>	
<b>50/125 micrones (OM2)</b>	3/1 dB/km	500/500 MHz-km	Para láser para redes LAN GbE
<b>50/125 micrones (OM3)</b>	3/1 dB/km	2000/500 MHz-km	Optimizada para VCSEL de 850nm
<b>50/125 micrones (OM4)</b>	3/1 dB/km	4700/500 MHz-km	Optimizada para VCSEL de 850nm >10Gb/s
<b>62.5/125 micrones (OM1)</b>	3/1 dB/km	160-200/500 MHz-km	Fibra para red LAN (FDDI)
<b>100/140 micrones</b>	3/1 dB/km	150/300 MHz-km	Obsoleto
Multimodo de índice escalonado	<b>850nm</b>	<b>850nm</b>	

<b>200/240 micrones</b>	4-6 dB/km	50 MHz-km	Núcleo de vidrio con revestimiento (cladding) de plástico
<b>Redes LAN y enlaces de baja velocidad</b>			
Monomodo	<b>1310/1550 nm</b>	<b>1310/1550 nm</b>	
<b>9/125 micrones (OS1, B1.1, o G.652)</b>	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra estándar monomodo, telecomunicaciones /TV por cable, redes LAN de larga distancia y alta velocidad
<b>9/125 micrones (OS2, B1.3, o G.652)</b>	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra de "pico de agua reducido" (LWP)
<b>9/125 micrones (B2, o G.653)</b>	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con dispersión desplazada (DSF)
<b>9/125 micrones (B1.2, o G.654)</b>	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con corte desplazado (CSF)
<b>9/125 micrones (B4, o G.654)</b>	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con dispersión desplazada no nula (NZ-DSF)

Nota: Características generales de los tipos de fibra óptica. Fuente: ((FOA) T. F., 2014)

## 2.6. Tipos de Mecanismos de Provisión y Servicios

### 2.6.1. Mecanismo de Provisión y Servicios Soterrado:

Para el mecanismo de acometida soterrado se considera el cable de fibra óptica para instalación subterránea PVP cuya cubierta primaria será protegida por un tubo de tipo "holgado", extruido, en material termoplástico y relleno con gel repelente de la humedad.

Las fibras ópticas se alojarán en estos tubos holgados con una sobre longitud tal, que ellas no queden expuestas a esfuerzos mecánicos cuando el cable se someta a las cargas de tracción especificadas. El conjunto de tubos será cableado alrededor de un elemento resistente no metálico y cubierto por una vaina de polietileno o PVC.

Las características de estos cables son similares a los ADSS con la diferencia que usan hilaturas de vidrio anti roedores en sustitución de las hilaturas de arámida, por lo que se mantendrá un mínimo de resistencia a la tracción y compresión suficientes para no verse afectado por las acciones de tendido y aplastamiento en las condiciones de servicio.

### **2.6.2. Mecanismo de Provisión y Servicios Aérea:**

Existe un tipo de cable denominado ADSS que es utilizado para el tendido aéreo, no posee de partes metálicas, este puede ser loose tube o central loose tube, está compuesto por:

- ✓ Elemento de fuerza central
- ✓ Fibras
- ✓ Buffers
- ✓ Hilos de aramida
- ✓ Chaqueta exterior (PEAD)
- ✓ Ripcord

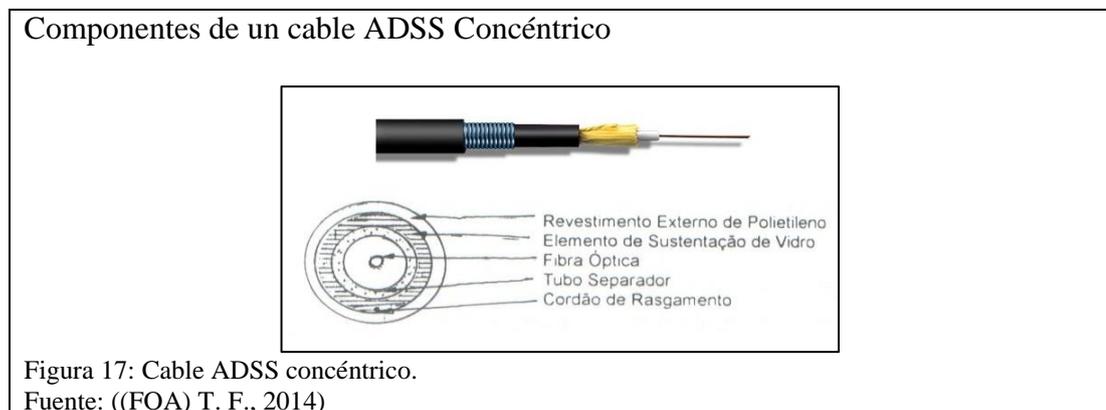
Entre los beneficios de uso del cable es considerado adecuado para todo tipo de líneas aéreas, el cable puede contar hasta 144 fibras, es independiente del sistema de telecomunicaciones, en el caso de existir implementación la instalación es rápida y sobre líneas eléctricas vivas, tiene disponibilidad para tramos de empalmes largos, medianos y cortos.

De igual manera cada tipo de cable tiene sus limitantes de uso en este caso se cuenta con que el cable se sitúa en el Campo Potencial, es decir, entre las fases, la corriente inducida sobre la cubierta del cable, existe daños al miembro tensor del cable y la amenaza la integridad del cable por “Arco de la banda seca”.

### 2.6.2.1. Cable ADSS concéntrico:

El cable ADSS concéntrico consiste en un tubo conductor con un núcleo en su interior que está aislado empleado en transmisiones telefónicas, digitales o de televisión. También llamado cable coaxial.

Este tipo de cables se utiliza en las líneas de distribución que carecen de línea de tierra y separados de la línea de transmisión de energía, haciendo uso de su característica mecánica de auto - soportados, estos cables brindan beneficios económicos en aplicaciones de vanos cortos, es de fácil instalación, fácil mantenimiento y posee mayor resistencia a daños.



### 2.6.2.2. Cable Figura 8:

El cable figura 8 tiene un revestimiento extra de polietileno que envuelve al cable óptico dieléctrico y al elemento de sustentación externo no metálico. Lo cual proporciona la necesaria resistencia a la tracción, la sección transversal tiene la forma de ocho, no se presta fácilmente para aplicaciones en ductos.

Entre las características se tiene que la mayor área es su sección transversal, por lo que el elemento de apoyo externo y el cable óptico están físicamente separados por una franja de polietileno que aumenta el diámetro del cable.

## Descripción del Cable Figura 8

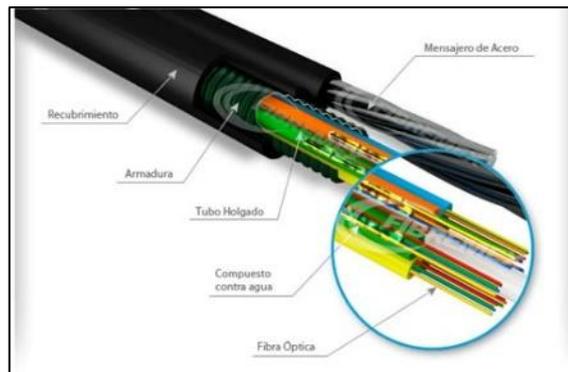


Figura 18: Cable Figura 8.  
Fuente: ((FOA) T. F., 2014)

## 2.7. SERVICIOS TRIPLE PLAY

Se define a los servicios triple-play como el empaquetamiento de servicios y contenidos audiovisuales (voz, datos y video). Es la comercialización de los servicios telefónicos de voz junto al acceso de banda ancha, añadiendo además los servicios audiovisuales (canales de tv y pago por visión). (Alejandra Quishpe, 2010)

Triple-play están compuestos de dos servicios: Servicios de banda ancha y uno de banda angosta, todos estos servicios sobre una misma conexión. Los servicios de banda ancha son: acceso de Internet de alta velocidad y televisión, mientras que el servicio de banda angosta es: telefonía.

### 2.7.1. Descripción de los servicios

Los servicios triple-play están compuestos por servicios de voz, video y datos los cuales tiene requisitos de calidad y poseen diferentes características entre ellos.

#### 2.7.1.1. Servicios de Voz

El servicio de voz se suele caracterizar por tener un ancho de banda bastante reducido. Desde el punto de vista de pérdidas de paquetes, eso supone pérdida de información y puede afectar severamente a la calidad de la información. Pero el factor que más puede

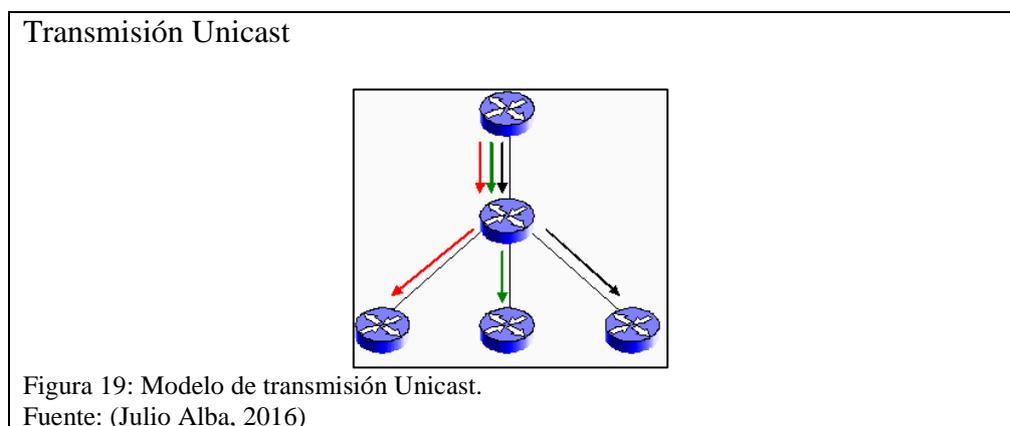
afectar a la calidad del servicio es el retraso y el jitter. Normalmente para el servicio telefónico se recomiendan retardos inferiores a 400 ms.

### 2.7.1.2. Servicios de Video

Los servicios de video se transmiten grandes volúmenes de datos y, además, suele presentar ciertos requisitos sobre el jitter y 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.

Dentro de los servicios de video, existen dos tipos de transmisión: transmisión Unicast y transmisión Multicast.

- **Transmisión Unicast:** Aquellos que sólo está viendo un cliente en un momento dado.



- **Transmisión Multicast:** Aquellos que pueden ser vistos por muchos clientes simultáneamente.

## Transmisión Multicast

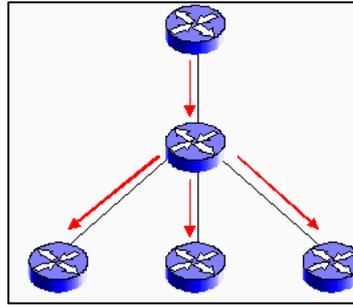


Figura 20: Modelo de transmisión Multicast.  
Fuente: (Julio Alba, 2016)

### 2.7.1.3. Servicios de 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 totalmente inmune ante retardos o jitter.

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

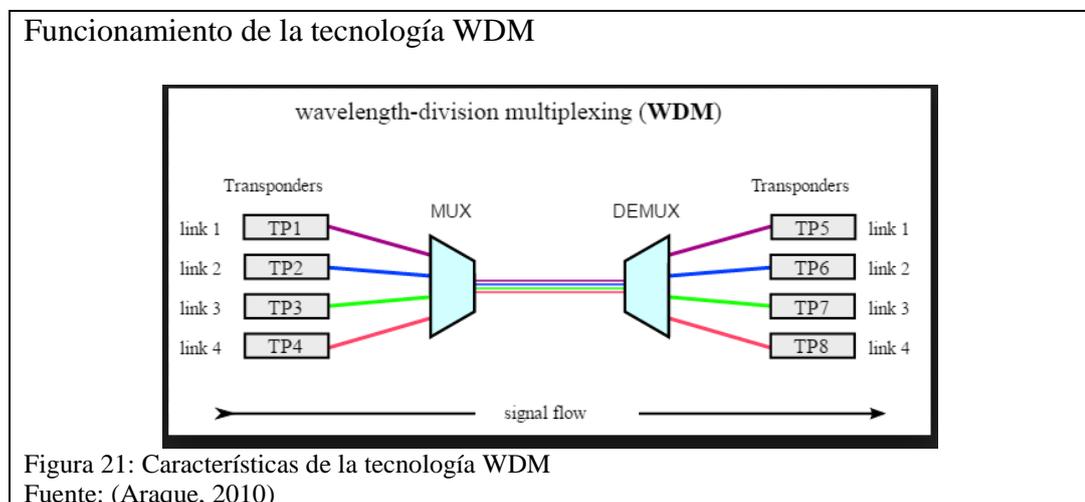
#### 3.1. DISEÑO LÓGICO

##### 3.1.1. Multiplexación

El OLT recoge todas las tramas de voz y datos y se usa WDM (Multiplexación por División de Longitud de Onda) para juntar dichas tramas con las tramas de vídeo, que tienen una longitud de onda distinta. Para la transmisión de voz y de los datos se utiliza la longitud de onda de 1490nm, mientras que para el envío de video se usa una longitud de onda de 1550nm. (Marchukov, Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH, 2011)

Las velocidades de transmisión varían desde los 150Mbps hasta los 2Gbps:

- Downstream: 1244 ó 2488Mbps
- Upstream: 155, 622, 1244 ó 2488Mbps



##### 3.1.1.1. Ventana de transmisión óptica

El término ventana se refiere a las distintas frecuencias o la longitud de onda que tiene el haz de luz para ser transmitido, son utilizadas para analizar la forma para poder obtener mejores resultados en las transmisiones de fibra óptica, del equipo óptico

dependiendo si es fibra monomodo o multimodo y a su vez obtener menos perdidas en la longitud de onda del equipo.

Estas ventanas de transmisión identificadas por la longitud de onda se obtienen de la siguiente relación:

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

Donde:

- $\lambda$ = Longitud de onda
- $C$ = Velocidad de la luz en el vacío ( $3 \times 10^8$  [m/s])
- $f$ = Frecuencia

Con lo que respecta a la demostración al diseño lógico se utiliza la tercera ventana correspondiente a la longitud de onda de 1550 nm como se muestra en la tabla

Tabla 13. Ventana de transmisión

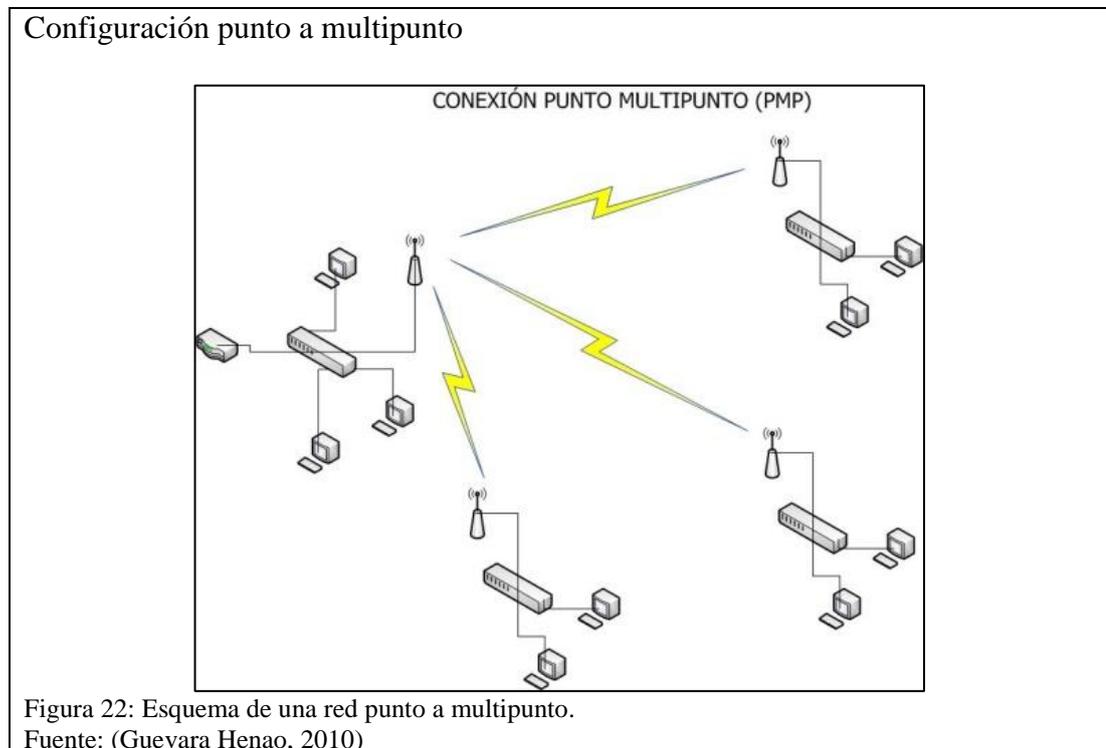
VENTANA	Rango de Longitud de Onda	L
<b>Primera</b>	800nm – 900nm	850nm
<b>Segunda</b>	1250nm – 1350nm	1310nm
<b>Tercera</b>	1500nm – 1600nm	1550nm

Nota: Descripción de valores de las ventanas de transmisión. Fuente: (Alejandra Quishpe, 2010)

### 3.1.2. Configuración punto a multipunto

Debido a la variación de costos se toma la configuración punto a multipunto para el diseño de red ya que en la configuración punto a punto mientras se aumenta el número de usuarios aumenta la implementación de equipos ONT, es por eso que el uso de la configuración punto a multipunto es más común para este tipo de redes ya que se usa dispositivos sencillos, repartiendo los costes entre varios segmentos de la red, de esta

manera los usuarios comparten un mismo cable de fibra óptica que llega al splitter y se realiza la distribución a sus respectivos destinos.



### 3.1.3. Nivel de splitter

Para este caso se utilizará 2 niveles de Splitter de 1x32 que aproximadamente se obtiene una pérdida de 17.45 dB, ya que estos dispositivos añaden pérdidas por que dividen la potencia de entrada, las pérdidas dependen del rango de splitteo siendo este el número de puertos de salida existentes por cada entrada (se pierde 3dB aproximadamente por cada splitter de 1x2).

En la siguiente tabla se muestra detalladamente las características de un tipo de fibra con diferentes tipos de configuración de puestos de splitter.

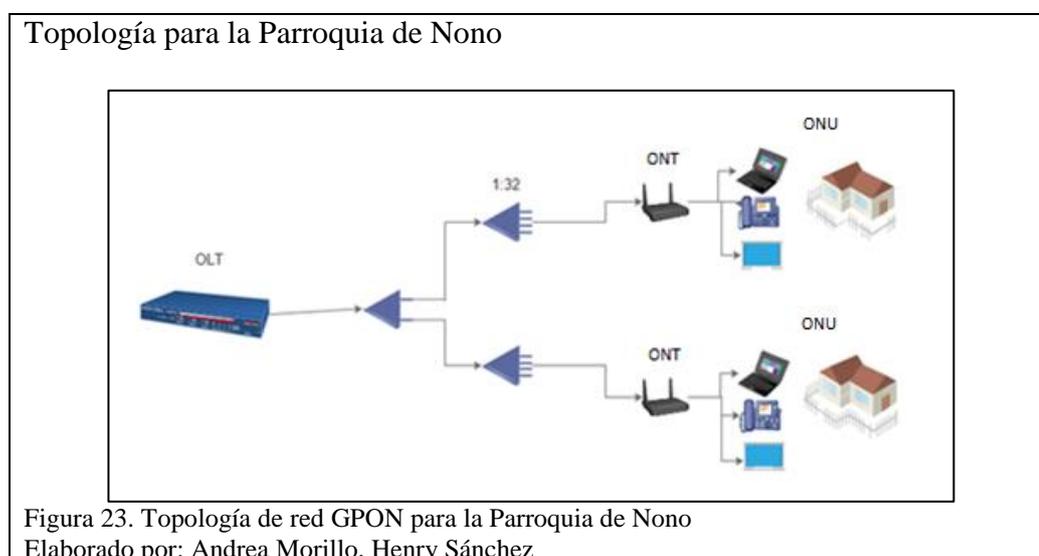
Tabla 14. Características de la configuración de un splitter

Parámetro		Configuración del puerto	
		1x2	1x32
Tipo de fibra		G.657A	
Longitud de onda de funcionamiento (nm)		1260 ~ 1650	
Pérdida de inserción (dB)	Típico	4.1	16.4
	Máx	4.4	17.3
Pérdida de uniformidad (dB)	Máx	0.4	1.5
Pérdidas de retorno (dB)	Mín	50	50
PDL (dB)	Máx	0.2	0.3
Directividad (dB)	Mín	55	55
Longitud de onda dependiente Pérdida (dB)	Máx	0.3	0.5
Dependiente de la temperatura Pérdida (-40 ~ +85 °C)	Máx	0.5	0.8

Nota: Detalle de características que deben cumplir un splitter tanto de 1x2 como de uno de 1x32.

Fuente: (Communications, 2011)

### 3.1.4. Topología del diseño lógico



## 3.2. DISEÑO FÍSICO

Existen diferentes mecanismos de instalación de una red fibra óptica, a continuación se detallará los elementos que se van a utilizar para realizar el diseño de la red de fibra óptica de servicios triple play con tecnología GPON.

### **3.2.1. Instalaciones**

Los cables aéreos de fibra óptica pueden ser instalados en torres de alta tensión o en postes de alumbrado eléctrico:

#### **3.2.1.1. Instalación en Torres de Alta Tensión**

Para la instalación en torres de alta tensión hay que tomar medidas de seguridad como es evaluar el estado del cable existente para utilizarlo como cable piloto en el tendido, analizar los cruces existentes con otras líneas de alta tensión y señalar zonas de seguridad y trabajo es considerable comprobar maquinaria, herramientas y equipos.

Lo indicado en el proceso de instalación sería tener un estricto cumplimiento de las distancias de seguridad, todo el proceso se realiza por lo general anulando el servicio de las instalaciones existentes, es decir, usando el cable existente para jalar el nuevo cable.

#### **3.2.1.2. Instalación en Postes**

Para este tipo de instalación se requiere usar un dinamómetro, que es un dispositivo monitor de tensión, esto ayuda a tener el cuidado correspondiente tanto del ser humano como del material con el que se va a trabajar.

La vida útil de los cables instalados en postes dependerá de la tensión que estos tengan, por PMD (Dispersión por cambio de modo de polarización), o por los cortes que les puedan ser propinados, o a su vez por la manipulación que tengan estos.

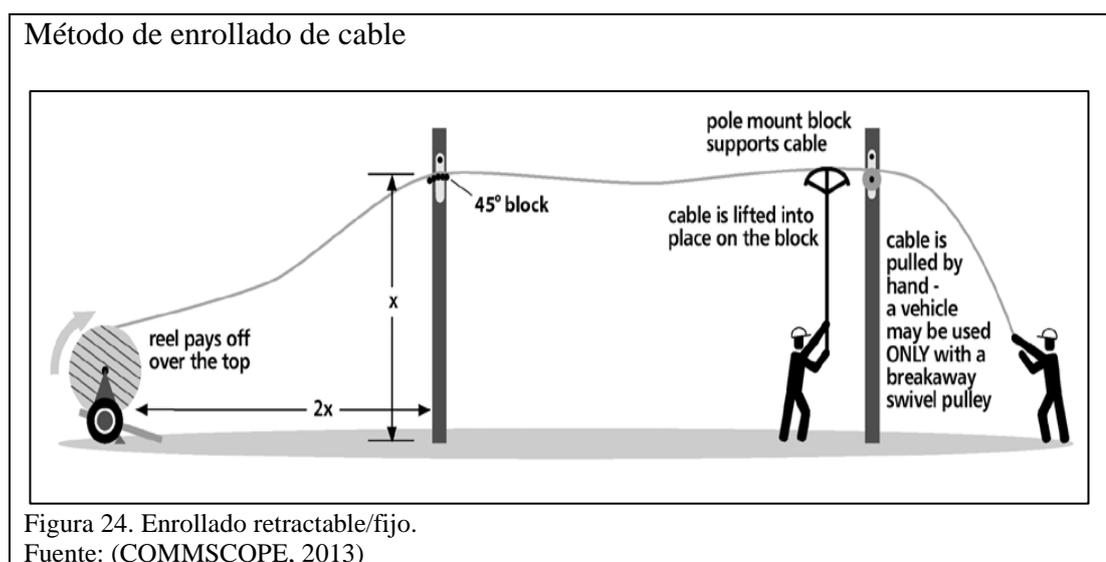
Por las condiciones de ingreso a la parroquia de Nono, sabiendo que es solo carretera de curvatura angosta y que su ubicación geográfica es hendida la probabilidad de usar el mecanismo de acometida soterrada es muy baja, se considera como mejor opción la acometida aérea, ya que como el camino de ingreso posee alumbrado eléctrico y se ve

más factible el pasar cable de fibra por los postes y las condiciones de uso del cable figura No. 8 es óptimo para vanos urbanos y los costos son más bajos.

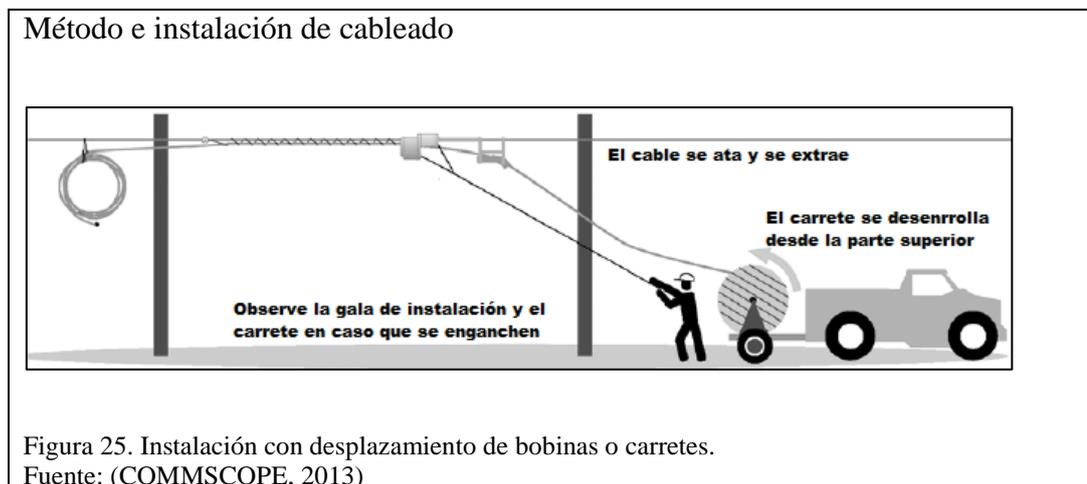
En cuanto a los beneficios del tendido aéreo la instalación del cable es rápido y menos costosa, su instalación y mantenimiento es fácil y se debe contratar un arriendo a la empresa eléctrica para la utilización de los postes.

Los dos métodos preferidos para la instalación aérea son el método de enrollado retractable/fijo y el método de instalación con desplazamiento de carretes o bobinas. Las circunstancias en el sitio de construcción y la disponibilidad del equipo/mano de obra dictarán el método de tendido de cables a usar.

- El método de enrollado retractable/fijo es el método más común de tendido de cables. El cable se coloca desde el carrete yendo hacia arriba por el alambre, tirado por un bloque que solamente viaja hacia adelante y es mantenido en alto por los soportes de cables. Los bucles de exceso (flojedad) se forman de inmediato. El atado de hilos de cables se realiza después de tender los cables. (COMMSCOPE, 2013)



- El método de instalación con desplazamiento de bobinas o carretes puede requerir menos mano de obra y ahorrar tiempo durante el tendido y atado de hilos de cables. En esto, el cable se acopla al alambre y se desenrolla de un carrete alejándose de él. El cable se ata a medida que se tira. Los bucles de exceso (flojedad) se forman durante el atado de hilos de cables. Es necesario que todos los cables de soporte de poste en las esquinas y los extremos terminales se instalen y tensionen antes del tendido del cable. (COMMSCOPE, 2013)



### 3.2.1.2.1. Atadura de cables de fibra óptica y coaxiales juntos

Los cables de fibra óptica que se atan en el mismo agrupamiento de cables con los cables coaxiales se pueden enrutar directamente a lo largo del alambre cuando se encuentra un bucle de expansión coaxial. Un simple bucle de 2 a 4pulg. (5 a 10 cm) proporcionará suficiente alivio de tensión. (COMMSCOPE, 2013)

### Bucles de expansión coaxial

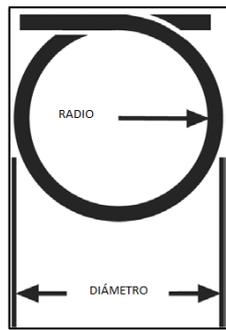


Figura 26: Bucles de acceso y flojedad.  
Fuente: (COMMSCOPE, 2013)

### 3.2.2. Acceso de la Fibra Óptica

La vía de acceso para la acometida del cable se la realizará a través de la Ruta Mena del Hierro – Parroquia de Nono como lo indica en la Figura No. 4 presentada en el Capítulo I, ya que por la posición del punto GPON que corresponde a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones y tomando en cuenta que la vía de acceso posee alumbrado público la factibilidad de acceso por acometida aérea es óptima para la red.

### 3.2.3. Servicios triple-play

#### 3.2.3.1. Internet

Con lo establecido por la Consejo Nacional de Telecomunicaciones en la Resolución\_TEL-431-13-CONATEL-2014 en la actualidad ARCOTEL, se establece como “Banda ancha: ancho de banda entregado a un usuario mediante una velocidad de transmisión de bajada (proveedor hacia usuario) mínima efectiva igual o superior a 1024kbps, en conexión permanente, que permita el suministro combinado de servicios de transmisión de voz, datos y video de manera simultánea”. (ARCOTEL, 2014)

### 3.2.3.2. Voz

Se aprueba instalaciones de telefonía fija, de banda ancha y terminales de uso público para las Áreas de Necesidad Prioritaria siendo estas las parroquias urbanas o rurales por parte de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL mediante RESOLUCIÓN ARCOTEL-2016-0243 (ARCOTEL, 2016)

### 3.2.3.3. CATV (Televisión por cable)

Según la Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones de Ecuador se reportó que la televisión paga llegó a 1.294.694 suscriptores hasta el segundo bimestre del 2015, esta penetración es del 35.75% de los hogares en todo el país.

En la tabla No. 12 se encuentra la descripción de los proveedores, siendo estos los más relevantes en la cantidad de suscriptores. (TECNOLOGÍA PROFESIONAL, 2015)

Tabla 15. Suscriptores en CATV en Ecuador

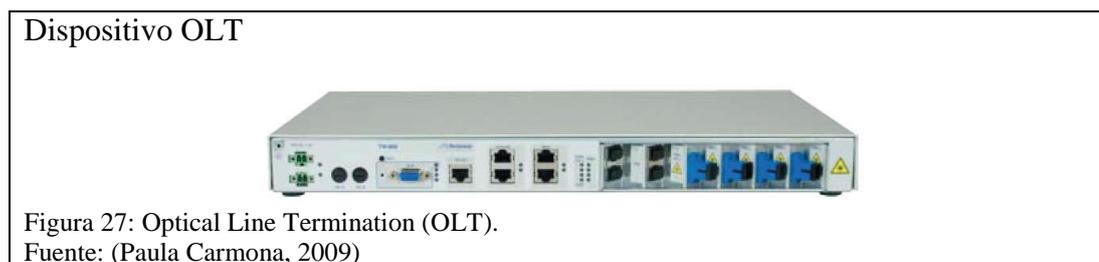
PROVEEDOR	CANTIDAD DE SUSCRIPTORES	CUOTA DE MERCADO
DirecTV	425.683	32.87%
CNT-TV	322.189	24.88%
Satelcom – TV Cable	200.938	15.52%

Nota: Proveedores de servicios de televisión por cable más relevantes.  
Elaborado: Andrea Morillo y Henry Sánchez

### 3.2.4. Elementos de la red GPON

#### 3.2.4.1. OLT

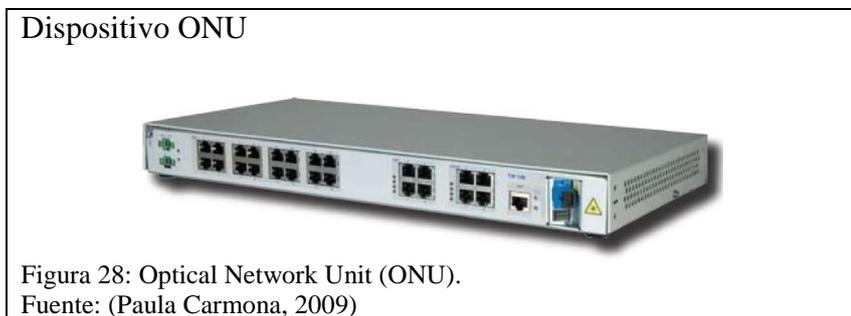
Elemento activo situado en la central telefónica



### Características:

- Posee 4 puertos GPON con velocidades de 2.4/1.2 Gbps
- Interfaces de uplink de 1Gbps
- Cumple con la norma ITU-T G984
- Redundancia de puertos PON, puertos de uplink y fuente de alimentación.
- Funcionalidad L2 y L3
- Servicios convergentes
- Fibra monomodo
- Aplicaciones: Servicios triple play, FTTH, FTTB.
- Posee una interfaz de gestión entre OLT y las ONUs.

### 3.2.4.2. ONU



### Características

- Ofrece voz sobre IP, Ethernet de datos y servicios de video IP
- Estándares UIT-T G.984
- Es sensible de 28 dB optical Budget
- Modelo TW-124G Terawave ONT

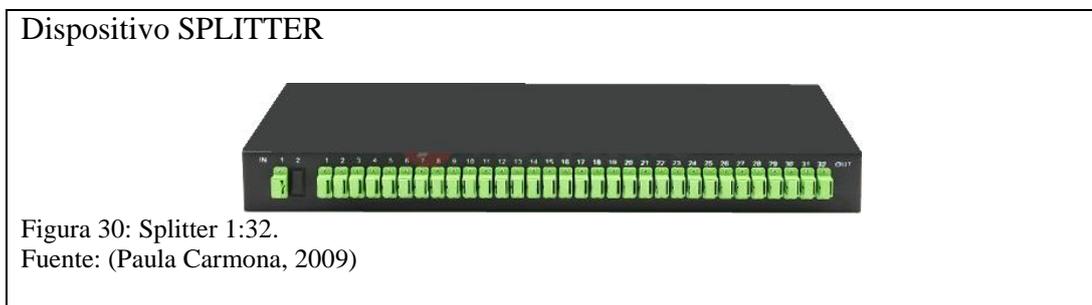
### 3.2.4.3. ONT

Elemento situado en la casa del usuario (Figura No. 26), que provee acceso a datos, voz, wifi, video, marca FK-ONT-G421W.



### 3.2.4.4. Splitter óptico pasivo

El splitter o caja separadora es una unidad especial de interconexión empleada en tomas de sonido, permite la división de la señal óptica original hacia distintas fibras de salida, como se muestra en la figura No. 27.

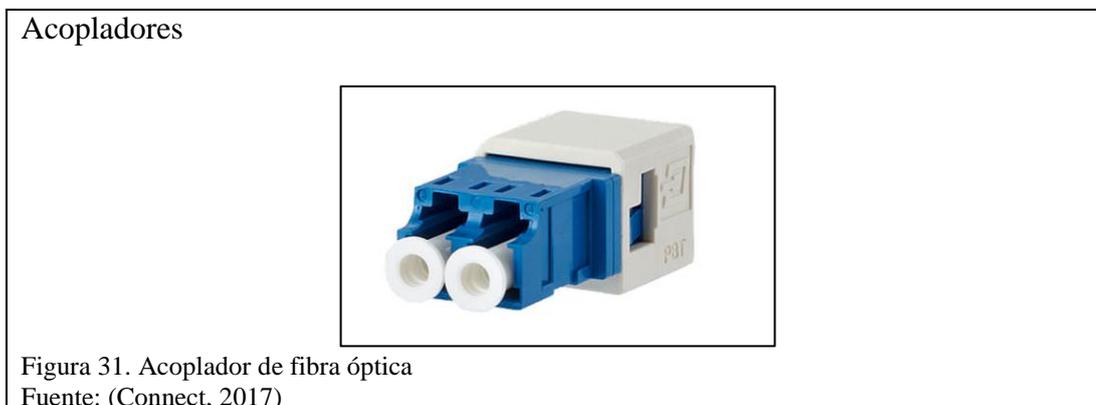


### 3.2.4.5. Empalmes

Se considera como las uniones o las terminaciones de fibra óptica, se realizan de dos maneras: con conectores, que unen dos fibras para crear una unión temporaria y/o conectar la fibra a un equipo de red, o con empalmes, que crean una unión permanente entre dos fibras. ((FOA) T. F., 2014)

### 3.2.4.6. Acopladores

En la figura No.30 se muestra un acoplador de fibra que permite el correcto enfrentamiento de dos conectores ópticos para el correcto alineamiento de las fibras, al poner varios acopladores juntos se hace referencia a un rack. (Cruz, 2015)



### 3.2.5. Distribución de los dispositivos

Para el diseño de la red GPON se debe considerar la ubicación de cada uno de los dispositivos en el área a la cual se realiza el estudio, este proceso se detalla a continuación:

#### 3.2.5.1. Ubicación de la OLT

La OLT se ubicará en el inicio de la vía de acceso a la parroquia (Mena del Hierro) teniendo en cuenta que tiene una cobertura de larga distancia desde el punto donde se encuentra la distribución de GPON.

#### 3.2.5.2. Ubicación de los Splitters

Para la ubicación de los Splitter, a razón de que el diseño de red tiene dos niveles de splitter los cuales reducen los costos de mantenimiento por el ahorro en cables de fibra óptica, se considera que el primer nivel se deberá ubicar a la entrada de la Parroquia, y segundo nivel se ubicará a 300 metros del primer nivel, siendo esto de fácil acceso

para la instalación y mantenimiento de los equipos, flexibilidad para el tendido, menores costos de despliegue y ahorro de cables de fibra óptica.

Se debe considerar que el aumento de splitter genera una atenuación de potencia, por lo que no se contraría con la potencia requerida en el equipo receptor (Cruz, 2015)

### 3.2.5.3. Zona de cobertura de la Parroquia de Nono

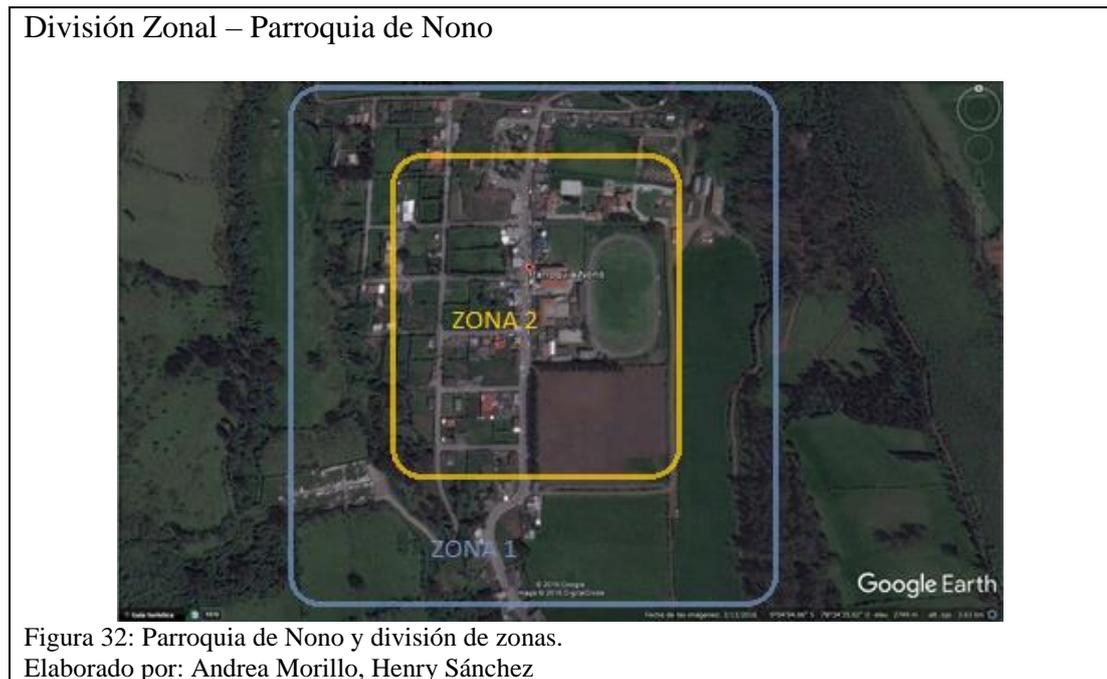


Tabla 16. Descripción de cobertura de zonas en la parroquia

ZONAS	DESCRIPCIÓN
<b>Zona 1</b>	Plaza Central, Escuela – Colegio,
<b>Zona 2</b>	Alrededores y Haciendas

Nota: distribución para la cobertura de red en la Parroquia de Nono. Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

### Conexión de la OLT al primer nivel de splitting



Figura 33. Distancia de la fibra óptica desde el OLT hasta el primer nivel de splitting  
Elaborado por: Andrea Morillo y Henry Sánchez

### Enlace desde el primer nivel de splitting a la Parroquia de Nono

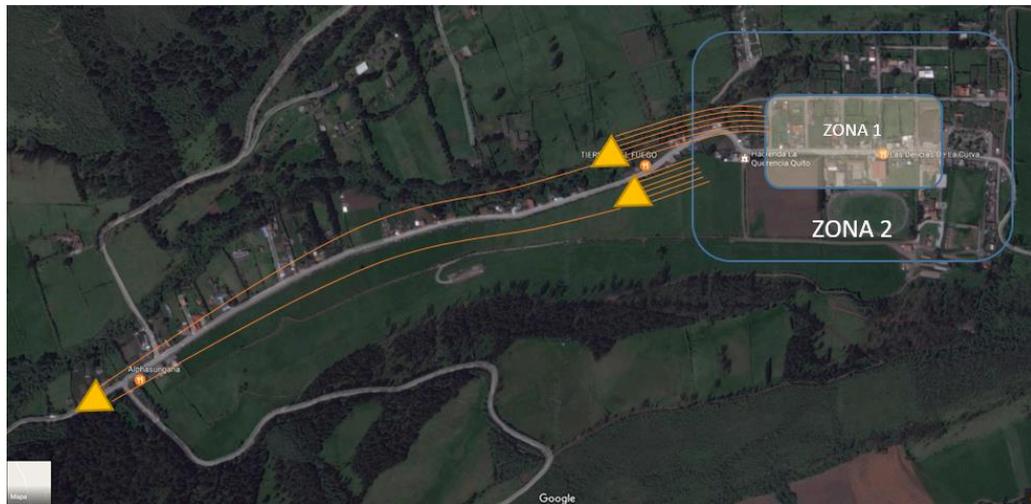


Figura 34: Enlace de fibra óptica hasta las dos zonas de distribución  
Elaborado por: Andrea Morillo y Henry Sánchez

### 3.3. SIMULACIÓN DE LA RED GPON

En este capítulo se desarrollará la simulación del diseño de red GPON para la Parroquia de NONO, con el fin de identificar los factores de diseño más factibles para

ofrecer servicios triple-play. Para la simulación se decidió utilizar el software OptiSystem 14.0 en una versión de prueba.

### **3.3.1. Definición del software**

OptiSystem es un software de diseño integral que permite a los usuarios realizar simulaciones de fibra óptica con ciertas características, con este software se puede planificar, realizar pruebas, simular enlaces ópticos con el fin de comprobar el funcionamiento de las redes ópticas.

OptiSystem es un programa con una interfaz gráfica similar a la herramienta Matlab, permite la simulación de varias tecnologías o sistemas. (Optiwave, 2016)

### **3.3.2. Ventajas**

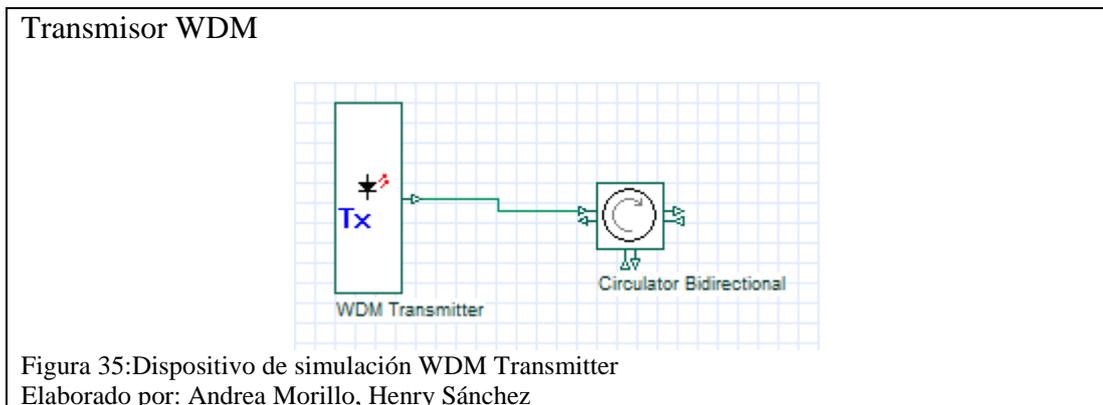
- El simulador posee una biblioteca que incluye cientos de componentes a los que se les permite introducir valores a los parámetros los cuales pueden ser medidos en dispositivos reales.
- Permite incorporar nuevos componentes e incluso interactuar con otras herramientas de simulación como MATLAB o SPICE.
- Permite calcular señales utilizando algoritmos apropiados, teniendo en cuenta la exactitud y la eficiencia requerida de la simulación.
- Permite predecir el rendimiento del sistema calculando parámetros como el BER y el Q-Factor.
- Posee herramientas de visualización avanzada como el diagrama de ojo.
- Utiliza el lenguaje Visual Basic Script.
- Permite a los usuarios planificar, probar y simular enlaces ópticos en la capa física de una variedad de redes ópticas pasivas como son: BPON, EPON y GPON.

### 3.3.3. Elementos utilizados en la simulación

Para la simulación de la red GPON en el software OptiSystem, se utilizaron varios elementos o componentes que permiten realizar un diseño eficiente. Según el diseño de fibra se usará la fibra monomodo por sus largas distancias y ya que es utilizada para telefonía y CATV, en referencia al estándar G.652 para transmisión Ethernet a Gigabit y 10 Gigabit y con este tipo de fibra se llega a FTTH. Los elementos se detallan a continuación:

- **Transmisor WDM (OLT)**

Este dispositivo tiene la funcionalidad de un OLT (Optical Line Terminal), es una matriz del transmisor que permite diferentes tipos de modulación y de sistemas, mediante el uso de diversos componentes agrupados en un solo elemento.



- **Fibra Óptica Bidireccional**

Este elemento permite simular la propagación bidireccional de señales ópticas. Este elemento o dispositivo se emplea para conectar todos los elementos del diseño.

## Fibra Óptica Bidireccional

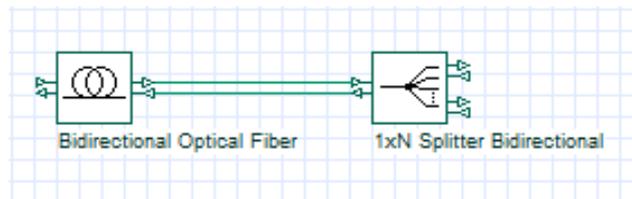


Figura 36: Dispositivo de simulación de Fibra Óptica Bidireccional  
Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

- **Circulador Bidireccional**

Este componente re direcciona la señal de un puerto a otro de forma secuencial dependiendo de la longitud de onda, la pérdida de inserción y pérdidas de retorno.

## Circulador Bidireccional

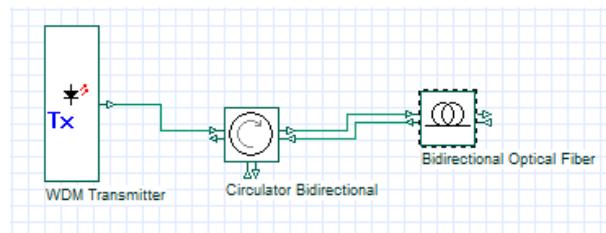


Figura 37: Dispositivo de simulación del circulador bidireccional.  
Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

- **Splitter**

Este dispositivo permite dividir la señal de entrada para N puertos de salida, existen splitter 1:2, 1:4 hasta 1:64. Para el diseño se utilizó un splitter de 1:32.

## SPLITTER

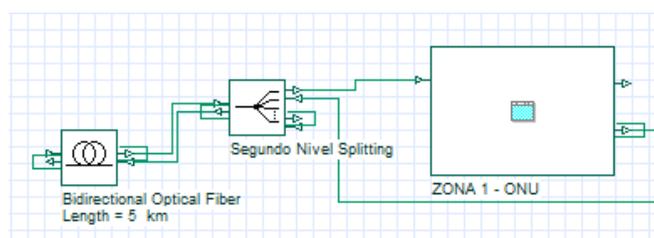
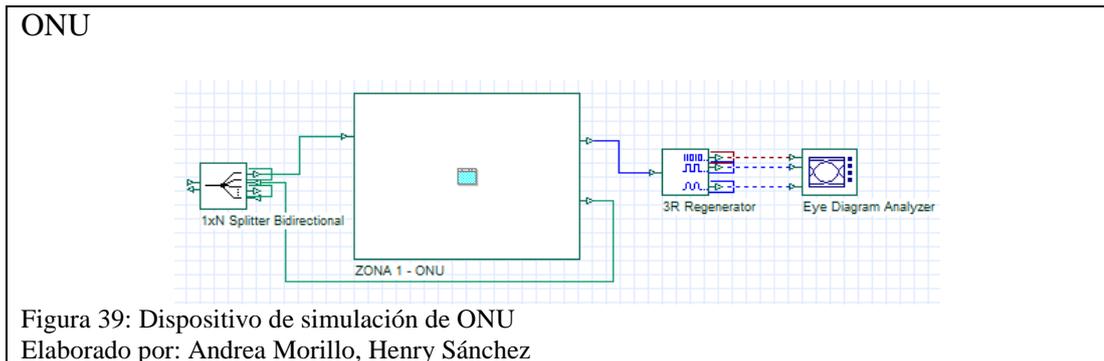


Figura 38: Dispositivo de simulación de un splitter  
Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

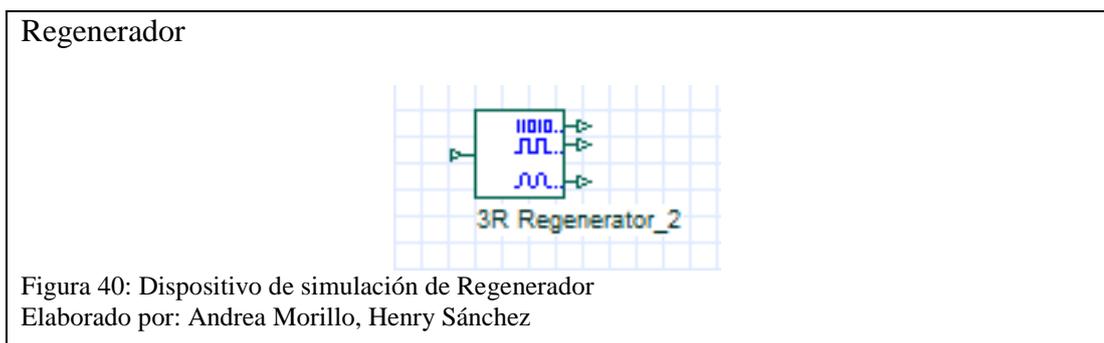
- **Unidad de red óptica (ONU)**

Sirve de interfaz entre la red de acceso y la red interna de comunicación dentro de la casa del usuario, este dispositivo está conectado a los divisores ópticos (splitter) y a la salida se conecta un analizador BER, para estudiar el comportamiento de la señal que este recibe.



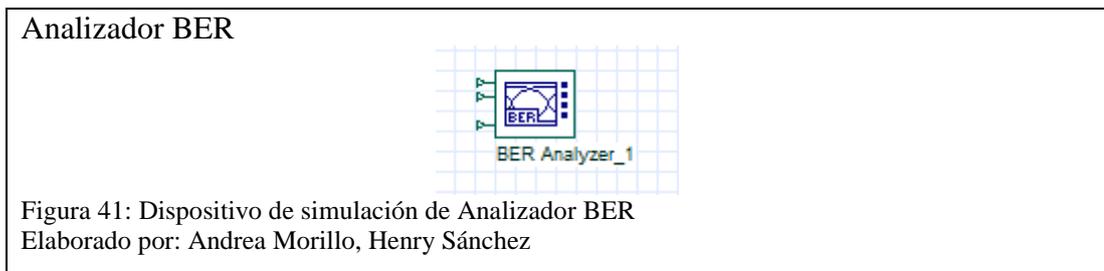
- **3R Regenerador**

Es un subsistema basado en el componente de recuperación de datos y un generador de pulsos NRZ que regenera la señal eléctrica creando una secuencia de bits que se utilizará para el análisis de BER.

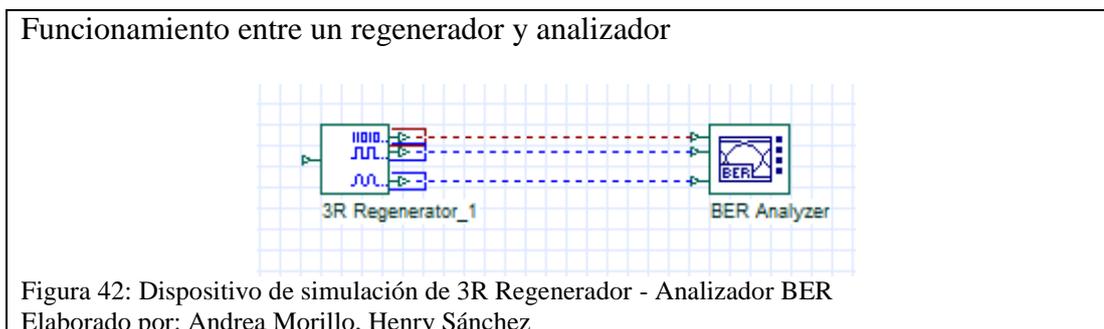


- **Analizador BER**

Es un visualizador que permite al usuario calcular y mostrar la tasa de error de bit (BER) de una señal eléctrica de forma automática. Este dispositivo permite visualizar el diagrama de Ojo de las señales generadas.



La siguiente imagen muestra el funcionamiento en conjunto de los dispositivos: Regenerador y el Analizador del BER.



### 3.3.4. Desarrollo de la simulación

Para la simulación de la red GPON para la parroquia de NONO se utilizó el siguiente diseño (Figura No. 9). En el diseño propuesto se utilizaron varios elementos como son: OLT, Splitter, ONUs, Cables de Fibras Ópticas los cuales se utilizaron para comprobar el funcionamiento.

## Simulación de red GPON en Optisystem

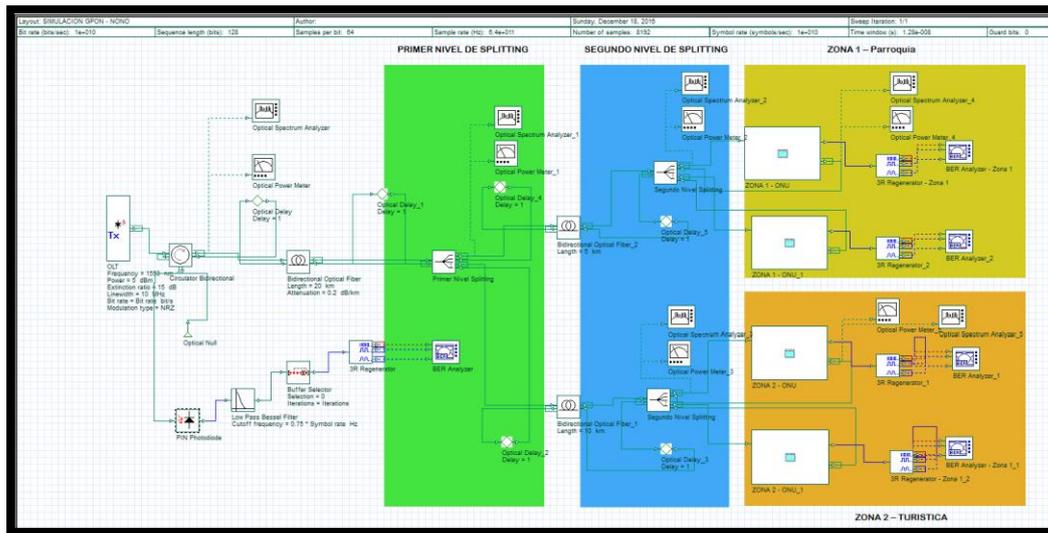


Figura 43: Diseño de la red GPON  
Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

A continuación, se detallarán los parámetros utilizados para la simulación.

### 3.3.4.1. OLT

Para la configuración del OLT es necesario tener en cuenta los valores para la potencia, frecuencia y longitud de onda, que son parámetros importantes para el buen funcionamiento de la red.

Los parámetros configurados de acuerdo al diseño propuesto son:

- Numero de puertos: 1
- Frecuencia: 1550nm
- Potencia: 10dBm
- Modulación: NRZ

### Parámetros de configuración para OLT

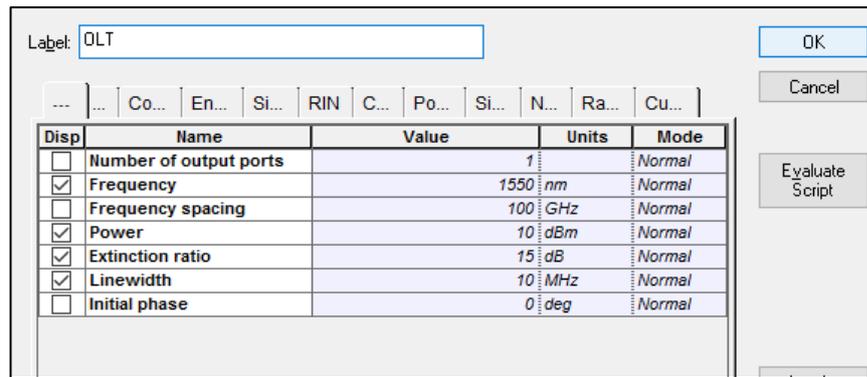


Figura 44: Detalle de los parámetros de configuración para OLT  
Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

### 3.3.4.2. ONU

Para el diseño de las unidades de red ópticas (ONU) se tuvo en cuenta las distancias a las cuales van a estar ubicadas de los splitter. Para este diseño se tomó de referencia dos distancias: 5Km (Punto más cercano) y 10 Km (Punto más lejano) respectivamente.

### Definición de parámetros ONU

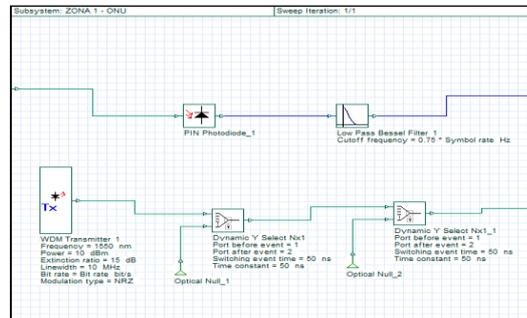


Figura 45: Parámetros definidos para la ONU  
Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

### 3.3.4.3. Splitter

Los valores que se deben tener en cuenta para la configuración de los splitter son: atenuación, longitud de onda operativa, ancho de banda, número de puertos entre otros.

Para este diseño se manejaron dos niveles de splitting. En el primer de nivel (1°) de

splitting se utilizó una configuración de 1:2, mientras que en el segundo nivel (2°) de splitting se manejó una configuración de 1:32 respectivamente.

#### Parámetros para el primer nivel de splitting

Label: Primer Nivel Splitting

Main | Graphs | Simulation | Noise | Custom order

Disp	Name	Value	Units	Mode
<input type="checkbox"/>	Number of output ports	2		Normal
<input type="checkbox"/>	Wavelength dependence	Independent		Normal
<input type="checkbox"/>	Operating wavelength	1550	nm	Normal
<input type="checkbox"/>	Bandwidth	130	nm	Normal
<input type="checkbox"/>	Insertion loss	0	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Max. insertion loss	3	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Return loss	65	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Min. return loss	60	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Phase shift	90	deg	Normal

Figura 46: Parámetros configurados en el primer Splitting

Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

#### Parámetros para el segundo nivel de splitting

Label: Segundo Nivel Splitting

Main | Graphs | Simulation | Noise | Custom order

Disp	Name	Value	Units	Mode
<input type="checkbox"/>	Number of output ports	32		Normal
<input type="checkbox"/>	Wavelength dependence	Independent		Normal
<input type="checkbox"/>	Operating wavelength	1550	nm	Normal
<input type="checkbox"/>	Bandwidth	130	nm	Normal
<input type="checkbox"/>	Insertion loss	0	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Max. insertion loss	3	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Return loss	65	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Min. return loss	60	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Phase shift	90	deg	Normal

Figura 47: Parámetros configurados para el segundo nivel de splitting

Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

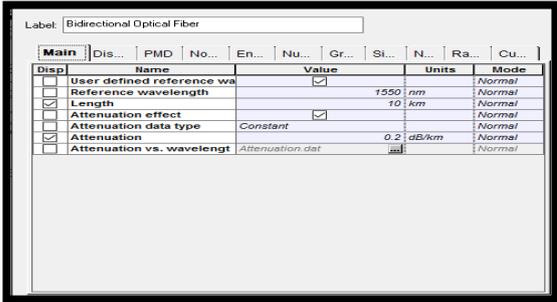
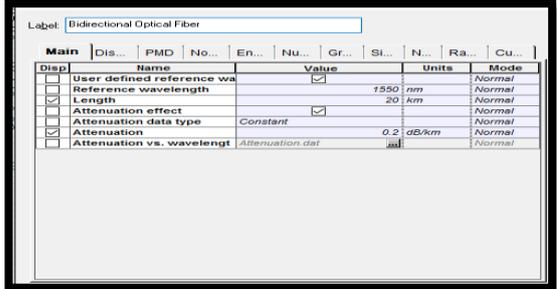
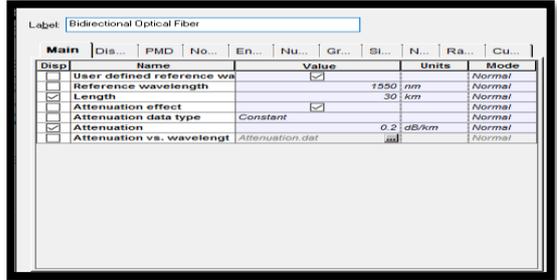
### 3.3.5. Parámetros para la fibra óptica

Para la configuración de la fibra óptica es necesario introducir los datos correspondientes a los parámetros para los cables de fibra que se desea utilizar en el diseño. Los parámetros importantes que se deben tener en cuenta para un diseño son: atenuación del cable, Frecuencia en las cuales se van a trabajar (Ventanas de trabajo), tipo de fibra óptica a utilizar (Mono-modo o Multi-modo), entre otros. Estos

parámetros son tomados en cuenta dependiendo del tipo de medio de transmisión a utilizar en el diseño.

Para este diseño se manejaron en dos ocasiones cables de fibra óptica. La primera ocasión se la utilizo para ingresar la fibra óptica desde el sector Mena del Hierro hacia la parroquia de Nono, para la simulación se utilizaron varias distancias que son: 10 Km, 20 Km y 30 Km. La segunda ocasión en la que se utilizó la fibra óptica fue para la distribución desde los splitter (segundo nivel de splitting) hacia las respectivas ONU y ONT.

Tabla 17. Detalle de las distancias simuladas

Distancia Fibra Óptica	Imagen
10 km	
20 km	
30 km	

Nota. Se muestra las imágenes de la simulación para las diferentes distancias.

Elaborado por: Henry Sánchez y Andrea Morillo

### 3.3.6. Cálculos teóricos

Se desarrollará los cálculos respectivos para el análisis de las pérdidas de potencia (Atenuaciones) del usuario más cercano y usuario más lejanos, tomando en cuenta la distancia que existe desde la OLT hacia el usuario final (ONU). Para el diseño propuesto se toma como referencia los datos que se muestran en la Tabla No. 17, en la cual indica las distancias a las cuales se realizaran los cálculos respectivos.

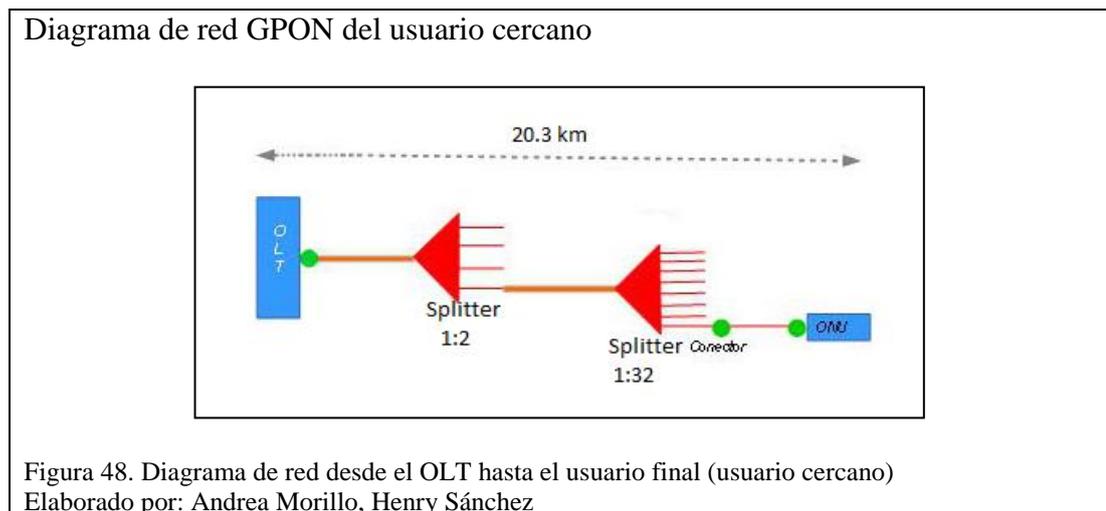
Tabla 18: Distancia usuario más cercano y lejano

USUARIO	DISTANCIA (Km)
Cercano	20.3
Lejano	23

Nota: Detalle de la distancia entre la OLT hasta el usuario más cercano y lejano  
Elaborado por: Andrea Morillo, Henry Sánchez

#### 3.3.6.1. Cálculo para el usuario más cercano.

En el caso del usuario más cercano se debe tener en cuenta que las señales recibidas no saturen el receptor, debido a potencias mayores insertadas en los dispositivos. Para el caso del usuario más cercano se utilizará el siguiente diagrama de red óptica pasiva.



Los elementos utilizados para el diagrama de red óptica se detallan en la Tabla No. 18, que son considerados para el cálculo de pérdidas de potencia de la red para el usuario más cercano.

Tabla 19: Elementos pasivos – Usuario Cercano

<b>Elementos pasivos para la red óptica</b>			
<b>Elementos</b>	<b>Ubicación</b>		<b>Cantidad</b>
	<b>Salida</b>	<b>Entrada</b>	
<b>Conectores</b>	OLT	1° SPLITTER (1:2)	1
	2° SPLITTER (1:32)	ONU	1
	ONU	2° SPLITTER (1:32)	1
<b>1° SPLITTER (1:2)</b>	-	-	1
<b>2° SPLITTER (1:32)</b>	-	-	1
<b>Fibra Óptica</b>	OLT	ONU	20.3 Km

Nota: Detalle de los elementos pasivos para una red GPON

Elaborado por: Andrea Morillo y Henry Sánchez

Se detalla a continuación el análisis de las pérdidas de potencia (Atenuaciones) para las transmisiones del usuario más cercano tomando como distancia 20.3 Km desde la OLT al usuario final (ONU), teniendo en cuenta la tercera ventana de transmisión (Frecuencia de 1550nm). En la Tabla No. 19 se muestran los cálculos respectivos y el valor total de las atenuaciones calculadas.

Tabla 20: Cálculo de las atenuaciones - Usuario Cercano

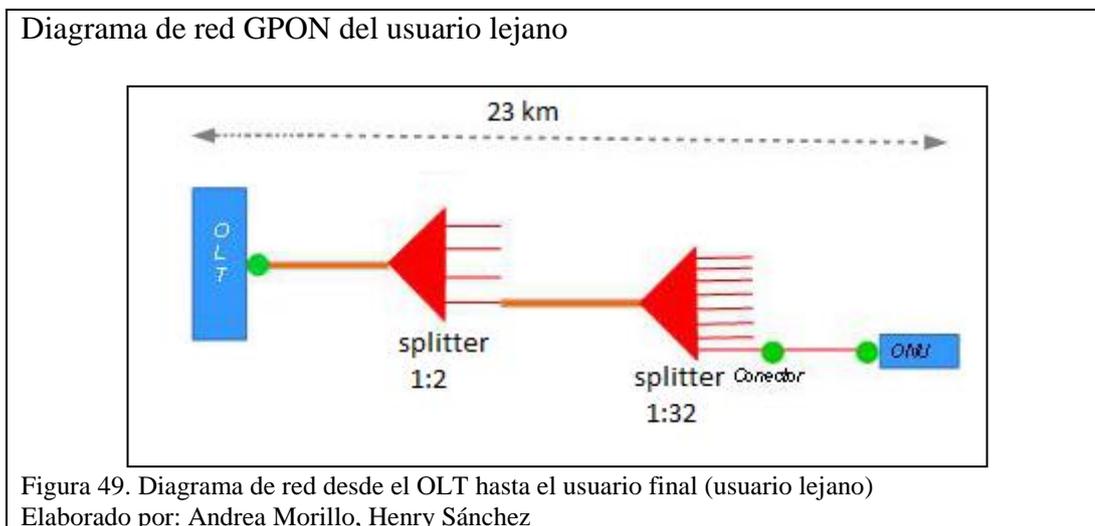
<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación(dB)</b>	<b>Atenuación Total (dB)</b>
<b>Conectores</b>	3	0.5	1.5
<b>1° SPLITTER (1:2)</b>	1	4.1	4.1
<b>2° SPLITTER (1:32)</b>	1	16.4	16.4
<b>Fibra Óptica</b>	20.3	0.35	7.105
		<b>TOTAL</b>	<b>29.365</b>

Nota: Detalle del cálculo de atenuaciones para el usuario cercano

Elaborado por: Andrea Morillo y Henry Sánchez

### 3.3.6.2. Cálculo para el usuario más lejano.

Para el caso del usuario más lejano se debe asegurar que la señal enviada desde el OLT llegue al usuario final (ONU). En la figura No. 49 se muestra el diagrama de red óptica utilizada para el usuario más lejano.



Los elementos utilizados para el diagrama de red óptica se detallan en la Tabla No. 20, que son considerados para el cálculo de pérdidas de potencia de la red para el usuario más cercano.

Tabla 21: Elementos pasivos – Usuario Lejano

Elementos pasivos para la red óptica			
Elementos	Ubicación		Cantidad
	Salida	Entrada	
Conectores	OLT	1° SPLITTER (1:2)	1
	2° SPLITTER (1:32)	ONU	1
	ONU	2° SPLITTER (1:32)	1
1° SPLITTER (1:2)	-	-	1
2° SPLITTER (1:32)	-	-	1
Fibra Óptica	OLT	ONU	23 Km

Nota: Detalle de los elementos pasivos para una red GPON  
Elaborado por: Andrea Morillo y Henry Sánchez

A continuación, se detalla el análisis de las pérdidas de potencia (Atenuaciones) para las transmisiones del usuario más lejano a 23 km de distancia desde la OLT al usuario final (ONU), teniendo en cuenta la tercera ventana de transmisión (Frecuencia de 1550nm). En la Tabla No. 21 se muestran los cálculos respectivos y el valor total de las atenuaciones calculadas.

Tabla 22: Calculo de las atenuaciones - Usuario Lejano

Elemento	Cantidad	Atenuación(dB)	Atenuación Total (dB)
<b>Conectores</b>	3	0.5	1.5
<b>1° SPLITTER (1:2)</b>	1	4.1	4.1
<b>2° SPLITTER (1:32)</b>	1	16.4	16.4
<b>Fibra Óptica</b>	23	0.35	8.05
		<b>TOTAL</b>	<b>30.5</b>

Nota: Detalle del cálculo de atenuaciones para el usuario lejano  
Elaborado por: Andrea Morillo y Henry Sánchez

### 3.4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 3.4.1. Resultados

Se realizó el análisis para tres casos de distancias, según la ITU-T la distancia adecuada para redes GPON es de 20km, los resultados obtenidos en la simulación en base a las distancias de 10 km, 20 km y 30 km se detallan a continuación:

- **CASO 1:** Distancia del enlace principal= 10 km

Se considera la distancia del punto más cercano y el más lejano.

- **PUNTO CERCANO:** 10.3 Km
- **PUNTO LEJANO:** 13 Km

Tabla 23: Detalle de la distancia de fibra óptica a la parroquia

Distancia (km)	Distancia 2 (km)	MAX. FACTOR Q	MIN. BER	JITTER
<b>10</b>	0.3	41.0606	0	0.000 77238
	3	32.258	1.3573 e-0228	0.000 62022

Nota: Detalle de distancia total del enlace desde el OLT al usuario final (10 km)

Elaborado por: Andrea Morillo y Henry Sánchez

- **CASO 2:** Distancia del enlace principal = 20 km

Se considera la distancia del punto más cercano y el más lejano.

- **PUNTO CERCANO:** 20.3 Km
- **PUNTO LEJANO:** 23 Km

Tabla 24. Detalle de la distancia de fibra óptica a la parroquia

Distancia (km)	Distancia 2 (km)	MAX. FACTOR Q	MIN. BER	JITTER
<b>20</b>	0.3	20.433	4.2183e-93	0.0003 6536
	3	19.1905	2.2112 e-02	0.0003 2599

Nota: Detalle de distancia total del enlace desde el OLT al usuario final (20 km)

Elaborado por: Andrea Morillo y Henry Sánchez

- **CASO 3:** Distancia del enlace principal = 30 km

Se considera la distancia del punto más cercano y el más lejano.

- **PUNTO CERCANO:** 30.3 Km
- **PUNTO LEJANO:** 33 Km

Tabla 25. Detalle de la distancia de fibra óptica a la parroquia

Distancia (km)	Distancia 2 (km)	MAX. FACTOR Q	MIN. BER	JITTER
<b>30</b>	0.3	14.5321	3.5209 e-048	0.0001 5825
	3	13.3056	9.2590 e-041	0.0001 1036

Nota: Detalle de distancia total del enlace desde el OLT al usuario final (30 km)

Elaborado por: Andrea Morillo y Henry Sánchez

### 3.4.2. Diagrama de ojo

En la tabla No. 26 se muestra el diagrama de ojo como resultado del simulador para las tres distancias propuestas.

Tabla 26. Diagramas de ojo en el punto cercano y punto lejano

DISTANCI A	PUNTO CERCANO	PUNTO LEJANO
10 Km	10.3 Km	13 Km
20 Km	20.3 Km	23 Km
30 Km	30.3 Km	33 Km

Nota: Detalle de la simulación a las tres distancias propuestas y resultados en el diagrama del ojo. Elaborado por: Andrea Morillo y Henry Sánchez.

### 3.4.3. Análisis

El diagrama de ojo del receptor con distancia de 10.3 km se muestra sin tasa de bit errado, con un valor de factor de calidad (Q factor) de 41.0606 dB y un desfase (Threshold) de 0.000772367 como se muestra en la figura No. 50.

## Diagrama de ojo

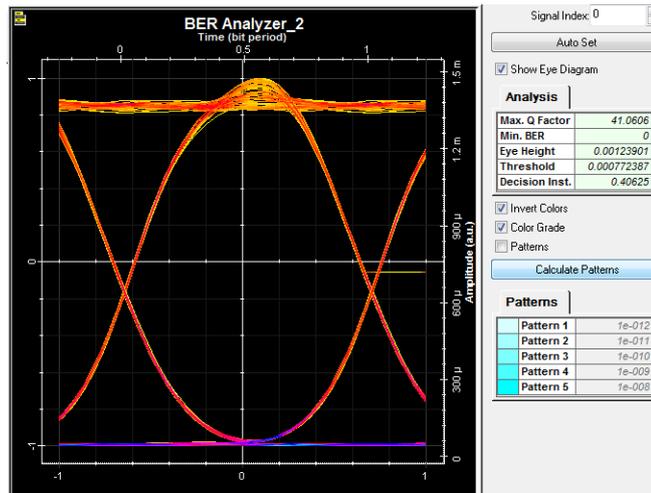


Figura 50. Diagrama de ojo obtenido en la simulación a 10.3 km  
Elaborado por Andrea Morillo y Henry Sánchez

En el diagrama de ojo del receptor con distancia de 20.3 km se muestra una tasa de bit errado de  $1e^{-93}$ , un valor de factor de calidad (Q factor) de 20.433 dB y un desfase (Threshold) de 0.00036536 como se muestra en la figura No. 51.

## Diagrama de ojo

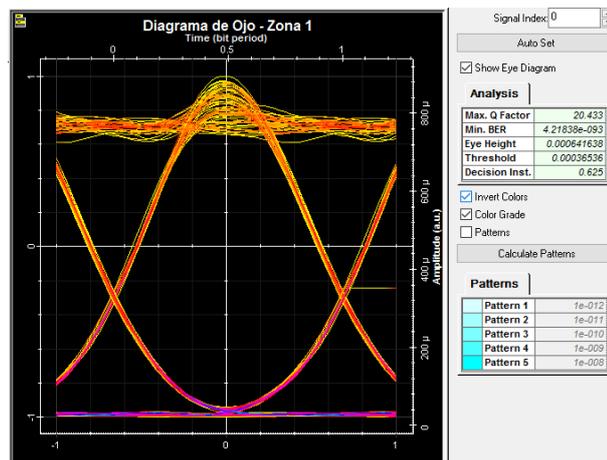
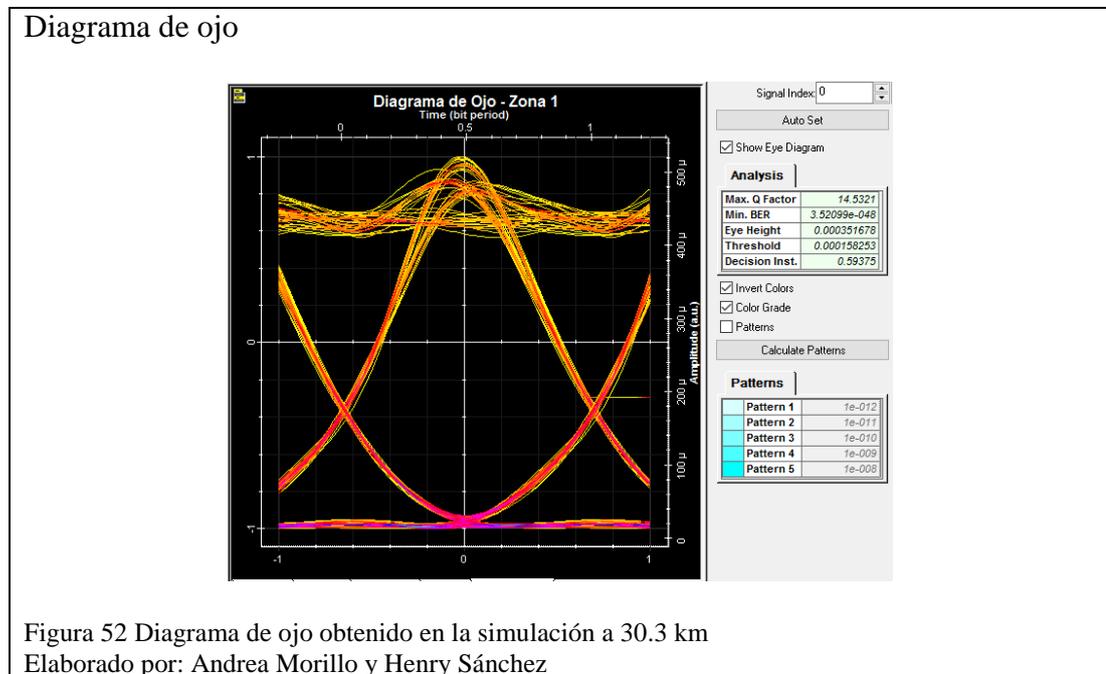


Figura 51 Diagrama de ojo obtenido en la simulación a 20.3 km  
Elaborado por: Andrea Morillo y Henry Sánchez

En el diagrama de ojo del receptor con distancia de 30.3 km se muestra una tasa de bit errado de  $1e^{-48}$ , un valor de factor de calidad (Q factor) de 14.5321 dB y un desfase (Threshold) de 0.000158253 como se muestra en la figura No. 52.



En base a los datos simulados para una menor distancia (10 km) las atenuaciones de las señales propagadas disminuyen, no existe bit errado, mientras menor sea el tramo de fibra óptica por el que se propaga la señal, la tasa de bit errado disminuye aumentando la eficiencia de la transmisión de datos, es decir, al disminuir la velocidad de transmisión la tasa de bit errado disminuye.

Para las distancias de 20 km y 30 km, se obtuvo un desfase en el diagrama de ojo debido a las atenuaciones en las señales propagadas, esto se debe al aumento de distancia en el enlace de fibra óptica y al ruido insertado en la señal transmitida, es decir mientras más largo sea el tramo de fibra óptica por el cual se propaga las señales, la tasa de bit errado aumentara degradando la eficiencia de la transmisión de datos, al aumentar la velocidad de transmisión la tasa de bit errado aumento.

## CONCLUSIONES

- Existe un déficit de proveedores de servicios para la parroquia de Nono por la ubicación geográfica en la que se encuentra, es por eso que se toma la alternativa de conectar a la parroquia mediante fibra óptica ocupando los recursos que posee, como en este caso tendido aéreo por medio de alumbrado público, es decir, se llegará al 95,48% de viviendas según el servicio de energía eléctrica que posee la parroquia y se tendrá el 4.52% de viviendas a las cuales no se podrá llegar.
- En referencia a la comparación entre las tecnologías PON se concluye que para la parroquia de Nono es considerable ofrecer servicio triple - play mediante la tecnología GPON ya que cumple con los requerimientos para cubrir las necesidades de la población.
- Según el estándar establecido para redes GPON (ITU-T) la distancia óptima para el enlace de fibra desde la OLT hasta el usuario final es de 20km, por lo que según la simulación y el análisis realizado se obtuvo un diagrama de ojo óptimo teniendo una interferencia aceptable para el diseño propuesto.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, durante el proceso de simulación de la red, se tome en cuenta diferentes parámetros de configuración ya sea en distancias, potencias o atenuaciones de los dispositivos a utilizar, con la finalidad de asegurar que los diseños de red simulados cumplan con condiciones óptimas en el servicio.
- En el caso de realizar una implementación se considera importante que todos los dispositivos de conexión de redes pertenezcan a un solo proveedor ya que al ser diferentes dificulta en el momento de acoplar los equipos.
- Es necesario para cualquier diseño de red tomar como referencias de los estándares para las tecnologías PON, dispositivos y sus conexiones, para obtener un alto grado de confiabilidad en la red.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **FTTH (Fiber to the home / Fibra hasta el hogar):** Es una tecnología que basa su red en cables de fibra óptica para la distribución de servicios como por ejemplo VoIP, Internet de banda ancha, streaming, música, vídeos, imágenes, etc.
- **GPON (Gigabit Passive Optical Network):** Es una tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza Fibra óptica para llegar hasta el suscriptor.
- **ONU (Unidad De Red Óptica):** Es un dispositivo que convierte las señales ópticas transmitidas a través de fibras a señales eléctricas. Estas señales eléctricas se envían a los abonados individuales.
- **ONT (Terminal de red óptica):** Presenta las interfaces de servicios nativos para el usuario (Cliente). Estos servicios pueden incluir VoIP, datos o video.
- **OLT (terminación de línea óptica):** Es un dispositivo que sirve como el punto final entre el proveedor de servicios de red óptica pasiva.
- **TOP-DOWN:** Es una metodología práctica y completa para el diseño de redes empresariales que sean fiables, seguras y manejables.
- **BRIDGING (Puente de Red):** Es un dispositivo de red informática que crea una única red global de múltiples redes de comunicación o segmentos de red.
- **SWITCHING (Conmutador):** Es un dispositivo de propósito especial diseñado para resolver problemas de rendimiento en la red, debido a anchos de banda pequeños y embotellamientos.
- **ROUTING (Enrutamiento):** Es la función de buscar un camino entre todos los posibles en una red de paquetes cuyas topologías poseen una gran conectividad.

- **LAN (Red de Área Local):** Es una red que conecta los ordenadores en un área relativamente pequeña y predeterminada (como una habitación, un edificio, o un conjunto de edificios).
- **WAN (Red de Área Amplia):** Es una red de computadoras capaz de cubrir distancias desde unos 100 hasta unos 1000 km, dando el servicio a un país o un continente.
- **SPLITTER:** Es un dispositivo que se utiliza para filtrar la señal de voz de la señal de ADSL.
- **SERVICIO TRIPLE-PLAY:** Se define como el empaquetamiento de servicios y contenidos. Son utilizados para la prestación de los servicios de voz, datos y video, sobre una infraestructura común de transmisión de datos o IP.
- **FIBRA ÓPTICA:** Es una delgada hebra de vidrio o silicio fundido que conduce la luz. Fabricado con material transparente y flexible, es empleado para la transmisión de información a grandes distancias mediante señales luminosas.
- **REPETIDORES:** Es un dispositivo sencillo utilizado para regenerar una señal entre dos nodos de una red.
- **ACOPLADORES:** También conocido como conector de fibra óptica, su principal función es proporcionar una terminación para un extremo de la fibra óptica, que sirve para conectar o desconectar rápidamente una fibra de otra.
- **PON (Passive Optical Network):** Es una configuración de red que por sus características provee una gran variedad de servicios de banda ancha a los usuarios mediante accesos de fibra óptica.

- **ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones y Telefonía):** Reúnen a expertos de todo el mundo para elaborar normas internacionales conocidas como recomendaciones UIT, que actúan como elementos definitorios de la infraestructura mundial de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).
- **ADSS: All Dielectric Self Supported (Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico).** Cables dieléctricos auto soportados. Se trata de cables de estructura holgada, multitubo, con una o dos cubiertas de Polietileno, contando con hilaturas de Aramida como elemento de tracción.

## LISTA DE REFERENCIAS

- (FOA), T. F. (2014). *Guide To Fiber Optics & Premises Cabling*. Retrieved from Fibra Óptica:  
[http://www.thefoa.org/ESP/Fibra\\_optica.htm](http://www.thefoa.org/ESP/Fibra_optica.htm)
- (FOA), T. F. (2014). *Guide To Fiber Optics & Premises Cabling*. Retrieved from  
<http://www.thefoa.org/ESP/Conectores.htm>
- Alejandra Quishpe, N. V. (2010, 05). *Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (Fiber to the X)*. Retrieved from  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2072/1/CD-2875.pdf>
- ANDINO, G. C. (2014). *Tipos de fibra óptica actualizados*. Retrieved from Tipos de fibra óptica actualizados: <http://www.c3comunicaciones.es/tipos-de-fibra-optica-actualizados/>
- Araque, L. (2010, 07 24). *64 DWDM Technology*. Retrieved from  
<http://conocimientosdwdmtechnology.blogspot.com/2010/07/tecnologia-wdm-multiplexacion-por.html>
- ARCOTEL. (2014, 05 30). *Consejo Nacional de Telecomunicaciones*. Retrieved from Resolución\_TEL-431-13-CONATEL: [http://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/Resoluci%C3%B3n\\_TEL-431-13-CONATEL-2014.pdf](http://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/Resoluci%C3%B3n_TEL-431-13-CONATEL-2014.pdf)
- ARCOTEL. (2016, 03 11). *RESOLUCION ARCOTEL-2016-0243*. Retrieved from  
<http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/Resolucion-0243-ARCOTEL-2016.pdf>
- COMMSCOPE. (2013, 08). *Manual de construcción y aplicaciones de banda ancha*. Retrieved from Cable de fibra óptica:  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwIj4bTxscTQAhXI7SYKHT\\_2AV0QFgghMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.commscope.com%2FDocs%2FFiber\\_Optics\\_Const\\_Manual\\_CO-107147\\_ES-MX.pdf&usg=AFQjCNHB0aIsINs8Jv0k9\\_VB2zjX3G8T0Q](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwIj4bTxscTQAhXI7SYKHT_2AV0QFgghMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.commscope.com%2FDocs%2FFiber_Optics_Const_Manual_CO-107147_ES-MX.pdf&usg=AFQjCNHB0aIsINs8Jv0k9_VB2zjX3G8T0Q)
- Communications, a. (2011). *ADCfiber optic*. Retrieved from  
<http://www.adcfiber.com/show.asp?nid=132>
- Connect, M. (2017). *Direct Industry* . Retrieved from Lista de distribuidores:  
<http://www.directindustry.es/prod/metz-connect/product-56840-1520833.html>
- Cruz, A. (2015, 03). *Diseño de una red multiservicios para la empresa Cabless & Wireless en Santo Domingo*. Retrieved from  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10167/1/UPS%20-%20ST001801.pdf>
- Earth, G. (2016, 11 10). Quito, Pichincha.
- Feedback Networks Technologies. (2013). Retrieved from Feedbacknetworks:  
<http://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calculador.html>
- Guevara Henao, J. (2010, 06). *Tecnología-Technology*. Retrieved from  
<http://www.tecnologia.technology/wp->

content/uploads/2010/06/Definicion\_caracteristicas\_PON\_APOn\_BPON\_GEPON\_G  
PON\_EPON.pdf

INEC. (2010). *Resusltados del Censo de Población y Vivienda*. Retrieved from Resusltados del Censo de Población y Vivienda: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

Instituto Geográfico Militar, G. d. (2016). *GEO PORTAL*. Retrieved from GEO PORTAL: <http://www.igm.gob.ec/index.php/en/>

Julio Alba, R. M. (2016). *Triple play*. Retrieved from <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/tripleplay.php>

LÓPEZ BONILLA, M., & RUDGE BARBOSA, F. (2009, 05). *Scientia Et Technica*. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84916680058>

Marchukov, Y. (2011). Retrieved from Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf?sequence=1>

Marchukov, Y. (2011). *Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH*. Retrieved from Universidad Politécnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/handle/10251/13413>

Maria Gomez, A. M. (2012). *“ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO GPON PARA LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES TRIPLE PLAY*. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2911>

Miguel Lattanzi, A. G. (n.d.). *Redes FTTx*. Retrieved from <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/tutorial%20%20lattanzi%20y%20graf-%20ieee.pdf>

Optiwave. (2016, 02 16). *Optiwave*. Retrieved from <https://optiwave.com/>

Paula Carmona, P. M. (2009, Octubre 19). *Diseño y simulación de una RED ÓPTICA PASIVA (PON) para prestar servicios Triple*. Retrieved from <http://ribuc.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10785/1530/CDMIST8.pdf?sequence=1>

Silva, L. I. (n.d.). *TECNOLOGÍA X-PON (PASSIVE OPTICAL NETWORKS)*. Retrieved from <http://www.eventos.ula.ve/sitel/pdf/LS-Conf2.pdf>

Technologies, F. N. (2013). *Calcular la muestra correcta*. Retrieved from <http://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calcular.html>

*Tecnología al instante*. (2008, 07 18). Retrieved from [http://tecnologiahechapalabra.com/tecnologia/glosario\\_tecnico/articulo.asp?i=2686](http://tecnologiahechapalabra.com/tecnologia/glosario_tecnico/articulo.asp?i=2686)

TECNOLOGÍA PROFESIONAL. (2015). Retrieved from <http://www.tecnologiaprofesional.com/tecnopro/?cat=5>

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. (n.d.). *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales*. Retrieved from <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&>

uact=8&ved=0ahUKEwiShuGfpr\_RAhWCVyYKHVkeDT4QFggoMAI&url=https%3A%2F%2Fwww.itu.int%2Frec%2Fdologin\_pub.asp%3Flang%3De%26id%3DT-REC-G.984.1-200303-S!!PDF-S%26type%3Ditems&usg=AFQjCNGs8e

*Universida Católica de Cuenca.* (2014). Retrieved from <http://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/reducacue/4248/4/CAP%C3%8DTULO%20I%20Y%20II%203.pdf>

Wigodski, J. (2010, 07 14). *Metodología de la Investigación*. Retrieved from Metodología de la Investigación: <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>

ANEXOS

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES



**T UIT-**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.984.1**

(03/2003)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,  
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Secciones digitales y sistemas digitales de línea –  
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y  
redes locales

---

**Redes ópticas pasivas con capacidad de  
Gigabits: Características generales**

Recomendación UIT-T G.984.1

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES  
DIGITALES**

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS	G.200–G.299
DE PORTADORAS	
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON	G.400–G.449
LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.920–G.929
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.930–G.939
Sistemas de línea digital	G.940–G.949
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.950–G.959
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.960–G.969
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales	G.970–G.979
Redes de acceso	<b>G.980–G.989</b>
Redes de acceso	G.990–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN - ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS	G.1000–G.1999
RELACIONADOS AL USUARIO	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

- [7] Recomendación UIT-T I.112 (1993), *Vocabulario de términos relativos a las redes digitales de servicios integrados*.

### 3 Definiciones

En esta Recomendación se utilizan continuamente los términos definidos en las Recomendaciones UIT-T G.983.1 [4] y G.983.3 [6]; además, se han añadido algunos otros términos. Por razones prácticas, en esta cláusula se repiten las definiciones más importantes relacionadas con los requisitos de servicio de la GPON.

**3.1 función de adaptación (AF, *adaptation function*):** Equipo adicional que convierte la interfaz de abonado ONT/ONU en una interfaz UNI necesaria para el operador o para convertir una interfaz UNI en una interfaz de abonado ONT/ONU. Las funciones de la AF dependerán de la interfaz de abonado ONT/ONU y de la interfaz UNI. Además, la AF es útil también para convertir una interfaz de red OLT en una interfaz SNI necesaria para el operador o para convertir una interfaz SNI en una interfaz de red OLT.

**3.2 alcance lógico:** Se define como la distancia máxima que puede alcanzar un sistema de transmisión particular, independientemente de la potencia óptica.

**3.3 distancia de fibra diferencial:** Una OLT se conecta a varias ONU/ONT. La distancia de fibra diferencial es la diferencia de distancia entre la ONU/ONT más próxima y la más distante a partir de la OLT.

**3.4 retardo medio de transferencia de la señal:** Los valores medios en transmisión hacia el origen y hacia el destino entre puntos de referencia "V" y "T"; un valor dado se determina midiendo el retardo de ida y retorno y dividiendo por dos el valor obtenido.

**3.5 red de acceso óptico (OAN, *optical access network*):** El conjunto de enlaces de acceso que comparten las mismas interfaces del lado red y están soportados por sistemas de transmisión de acceso óptico. La OAN puede incluir varias ODN conectadas a la misma OLT.

**3.6 red de distribución óptica (ODN, *optical distribution network*):** Una ODN proporciona el medio de transmisión óptica desde la OLT hasta los usuarios, y viceversa. Utiliza componentes ópticos pasivos.

**3.7 terminación de línea óptica (OLT, *optical line termination*):** Una OLT proporciona la interfaz en el lado de la red de la OAN, y está conectada a una o varias ODN.

**3.8 terminación de red óptica (ONT, *optical network termination*):** Una ONU utilizada para FTTH y que incluye la función de puerto de usuario.

**3.9 unidad de red óptica (ONU, *optical network unit*):** Una ONU proporciona (directamente o a distancia) la interfaz lado usuario de la OAN, y está conectada a la ODN.

**3.10 alcance físico:** Se define como la distancia física máxima que puede alcanzar un sistema de transmisión particular.

**3.11 servicio:** Se define como un servicio de red que es necesario para los operadores. El servicio se describe mediante un nombre fácilmente reconocible por

cualquier persona, independientemente de que se trate de un nombre de estructura de trama o de un nombre genérico.

**3.12 interfaz de nodo de servicio (SNI, *service node interface*):** véase la Rec. UIT-T G.902.

**3.13 interfaz usuario-red (UNI, *user network interface*):** véase la Rec. UIT-T I.112.

#### 4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas:

AF	Función de adaptación ( <i>adaptation function</i> )
BRI	Interfaz de velocidad básica ( <i>basic rate interface</i> )
DSL	Línea de abonado digital ( <i>digital subscriber line</i> )
FTTB	Fibra al edificio ( <i>fibre to the building</i> )
FTTCab/C	Fibra al armario/a la cometida ( <i>fibre to the cabinet/curb</i> )
FTTH	Fibra a la vivienda ( <i>fibre to the home</i> )
LT	Terminal de línea ( <i>line terminal</i> )
MDU	Unidad multivivienda ( <i>multi-dwelling unit</i> )
NT	Terminación de red ( <i>network termination</i> )
OAM	Operaciones, administración y mantenimiento
OAN	Red de acceso óptico ( <i>optical access network</i> )
ODN	Red de distribución óptica ( <i>optical distribution network</i> )
OLT	Terminación de línea óptica ( <i>optical line termination</i> )
ONT	Terminación de red óptica ( <i>optical network termination</i> )
ONU	Unidad de red óptica ( <i>optical network unit</i> )
OpS	Sistemas de operaciones ( <i>operations system</i> )
PDH	Jerarquía digital plesiócrona ( <i>plesiochronous digital hierarchy</i> )
PON	Red óptica pasiva ( <i>passive optical network</i> )
POTS	Servicio telefónico ordinario ( <i>plain old telephone service</i> )
PRI	Interfaz de velocidad primaria ( <i>primary rate interface</i> )
RDSI	Red digital de servicios integrados
RTPC	Red telefónica pública conmutada
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SN	Número de serie ( <i>serial number</i> )
SNI	Interfaz de nodo de servicio ( <i>service node interface</i> )
TC	Convergencia de transmisión ( <i>transmission convergence</i> )
UNI	Interfaz usuario-red ( <i>user network interface</i> )
VOD	Vídeo por demanda ( <i>video-on-demand</i> )
WDM	Multiplexación por división de longitud de onda ( <i>wavelength division multiplexing</i> )

## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

- Serie A Organización del trabajo del UIT-T
- Serie B Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación Serie C Estadísticas generales de telecomunicaciones
- Serie D Principios generales de tarificación
- Serie E Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos Serie F Servicios de telecomunicación no telefónicos
- Serie G Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales**
- Serie H Sistemas audiovisuales y multimedios Serie I Red digital de servicios integrados
- Serie J Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
- Serie K Protección contra las interferencias
- Serie L Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
- Serie M RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
- Serie N Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión Serie O Especificaciones de los aparatos de medida
- Serie P Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales Serie Q Conmutación y señalización
- Serie R Transmisión telegráfica
- Serie S Equipos terminales para servicios de telegrafía Serie T Terminales para servicios de telemática
- Serie U Conmutación telegráfica
- Serie V Comunicación de datos por la red telefónica
- Serie X Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
- Serie Y Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
- Serie Z Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación

Impreso en Suiza  
Ginebra, 2003

