

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
ECUADOR**



**FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

TEMA:

**“REDISEÑO DE LA RED DE ACCESO PARA LA CORPORACIÓN
NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES EN EL CENTRO DE AZOGUES”**

PAÚL FERNANDO CHÉRREZ VINTIMILLA

**TRABAJO PREVIO LA OBTENCION DEL TÍTULO DE:
MASTER EN REDES DE COMUNICACIÓN**

Quito – 2015

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a mi querida esposa María Fernanda, por su amor, apoyo y sacrificio para la consecución de esta meta. A mis preciosos hijos: Juan Fernando y María Emilia, por ser el eje central de mi vida y la razón que motiva el esfuerzo diario para seguir avanzado día a día.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por la vida y sus bendiciones, a la Universidad Pontificia Católica del Ecuador por el gran aporte académico en el transcurso de esta maestría, a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones en Azogues por permitir la realización de este proyecto, a la Ingeniera María Soledad Jiménez Msc. por sus orientaciones y predisposición en el desarrollo de este trabajo y a todas las personas que colaboraron y brindaron su contribución. A mi familia por apoyarme siempre y de forma incondicional, lo que me impulsa a cumplir nuevas metas y objetivos.

Índice de Contenido

CAPITULO I.....	1
Introducción	1
1.1. Justificación	2
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivo General	7
1.3.2. Objetivos Específicos	7
CAPITULO II.....	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Fibra Óptica	8
2.1.1. Propiedades de la Fibra Óptica.....	8
2.1.2. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica.....	9
2.1.3. Tipos de Fibra Óptica	10
2.2. Redes PON.....	26
2.2.1. Tipos de Redes PON	28
2.2.2. Red EPON	28
2.2.3. Red GPON	31
2.2.4. Comparativa EPON/GPON	33
2.3. Tecnologías de acceso	35

2.3.1. FTTX	35
2.3.2. FTTH	36
2.3.3. FTTB	36
CAPITULO III	38
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE ACCESO CNT – AZOGUES	38
3. Análisis de la situación Actual	38
3.1. Características Generales de la Ciudad de Azogues	38
4. Estudio de demanda	39
4.1. Área de estudio.....	39
4.2. Servicios a ofertar	43
4.3. Proyección de usuarios.....	45
4.4. Análisis de requerimientos.....	56
CAPÍTULO IV.....	58
REDISEÑO DE LA RED DE ACCESO CNT - AZOGUES	58
4.1. Tipo de red PON para el diseño	58
4.2. Sector seleccionado para el diseño	60
4.3. Componentes de la red de acceso	62
4.3.1. OLT	64
4.3.2. ONT.....	66

4.3.3.	Splitter	66
4.3.4.	Cable de fibra óptica	72
4.4.	Capacidad.....	76
4.5.	Área a ser cubierta por la red	76
4.6.	Cálculo de pérdidas	77
4.7.	Selección de los equipos	83
4.7.1.	Equipos OLT consultados	83
4.7.2.	Equipos ONT consultados.....	86
4.7.3.	Splitters Consultados	88
4.8.	Estimación de costos referenciales	90
4.8.1.	Costos de los equipos de la red:	90
4.8.2.	Depreciación	91
4.8.3.	Flujo de Caja	92
4.8.4.	El valor actual neto (VAN)	93
4.8.5.	Tasa mínima de rendimiento (TMAR)	94
4.8.6.	Tasa interna de retorno (TIR).....	95
4.8.7.	Costo del servicio	95
4.8.8.	Cálculo del Flujo de caja	96
CAPITULO IV.....		98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		98

5.1. Conclusiones	98
5.2. Recomendaciones	99
BIBLIOGRAFÍA.....	101
ANEXOS.....	106
ANEXO 1: Modelo de encuesta.....	107
ANEXO 2: Autorización de la CNT para realizar el trabajo.....	109
ANEXO 3: Normativa de diseño de la ODN.....	110

Índice de Gráficos

Capítulo II	Página
2.1. Composición de la Fibra Óptica	9
2.2. Apertura numérica	9
2.3. Fibra óptica Multimodo	11
2.4. Multimodo de índice escalonado	11
2.5. Multimodo de índice gradual	12
2.6. Transmisión en una fibra Monomodo	13
2.7. Cable de estructura holgada	13
2.8. Cable de estructura ajustada	14
2.9. Cable OPGW	14
2.10. Cable ADSS	15
2.11. Cables tipo subgrupo	16

2.12. Cables ópticos zipcord	16
2.13. Cable tipo cinta	17
2.14. Cable aéreo	17
2.15. Cable blindado	18
2.16. Redes pasivas	27
2.17. Arquitectura de capas Ethernet P2P (Punto a Punto) y EPON P2MP(Punto a Multipunto)	29
2.18. Canal descendente EPON	30
2.19. Canal ascendente EPON	30
2.20. Funcionamiento de GPON	32
2.21. Tecnología FTTx	35
2.22. Tecnología FTTH y FTTB	37
Capítulo III	
3.1. Área de Estudio	40
3.2. Requerimiento de capacidad para servicios triple play	44
3.3. Plan del área de estudio	56
Capítulo IV	
4.1. Distribución de la población de Azogues (por zonas censales)	61
4.2. Área de estudio en las zonas censales	62
4.3. Ubicación de la OLT (Oficina Central CNT)	64
4.4 Distribución del Feeder (red primaria).	69
4.5. Distribución Armarios.	70
4.6. Distribución Armarios en el área de estudio	71

4.7. Modelo de diseño Masivos/Casas	83
4.8. OLT MA5600T	83
4.9. OLT ME 4600	85
4.10. ONT HG8245	86
4.11. ONT Cisco ME 4600	87
4.12. SPL9103	88
4.13. SPL1101	89

Índice de Tablas

Capítulo II	Página
2.1. Fibra G.652.A	19
2.2. Fibra G.652.B	20
2.3. Fibra G.652.C	20
2.4. Fibra G.652.D	21
2.5. Fibra G.653.A	22
2.6. Fibra G.654.A	23
2.7. Fibra G.655.C	24
2.8. Fibra G.655.D	25
2.9. Fibra G.655.E	25
2.10. Características de GPON y EPON	34
Capítulo III	
3.1. Datos del Censo 2010	39
3.2. Servicio de televisión por cable	41

3.3. Empresas de servicio de Televisión codificada satelital en Azogues	41
3.4. Empresas de servicio de Internet en Azogues	41
3.5. Tarifa promedio de internet (enero-junio 2014)	42
3.6. Tarifa promedio de internet (2012, 2013, 2014)	42
3.7. Registro histórico del número de usuarios de internet en la provincia del Cañar de los últimos 4 años	43
3.8. Registro histórico del número de usuarios de TV en la provincia del Cañar de los últimos 3 años	43
3.9. Incremento de usuarios de internet-CNT en la provincia del Cañar	53
3.10. Proyección de usuarios de internet-CNT en la provincia del Cañar	53
3.11. Incremento de usuarios de TV-CNT en la provincia del Cañar	53
3.12. Proyección de usuarios de TV-CNT en la provincia del Cañar	54
3.13. Tasas de crecimiento de usuarios de internet y TV en CNT para la provincia del Cañar	54
3.14. Proyección de usuarios de internet en el área de estudio	55
3.15. Proyección de usuarios de Tv en el área de estudio	55
Capítulo IV	
4.1. Número de clientes en el área de estudios	68
4.2. Número de armarios a utilizar y clientes	69
4.3. Ubicación de los armarios y distancia a la OLT	71

4.4. Resumen (G.652, G.653, G.654, G.655)	73
4.5. Subcategorías de la fibra G652	74
4.6. Valores típicos de atenuación y coeficiente PMDQ	74
4.7. Tipos de conectores de fibra óptica	77
4.8. Rangos de atenuación para GPON	81
4.9. Especificaciones de ONT HG8245	87
4.10 Especificaciones de ONT Cisco ME 4600	88
4.11. Costos de los equipos	91
4.12. Depreciación de los equipos	91
4.13. Costos de personal	92
4.14. Cálculo del TMAR	94
4.15. Planes Triple Play	96
4.16. Flujo de caja	96

CAPITULO I

Introducción

Este trabajo de investigación realiza un levantamiento de la red que tiene la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) en el centro de Azogues, el objetivo principal de esta investigación es proporcionar una visión clara del estado actual de la red y en base a esto realizar un diseño que permita su transformación basada en criterios sustentables de posible demanda de servicios y un costo estimado para la toma de decisiones.

El estudio analizará la red que tiene aproximadamente unos 5000 abonados, y que continúa en crecimiento. Se pretende realizar una propuesta con un diseño de una Red Óptica Pasiva (PON) de acceso que permita proporcionar más ancho de banda para los clientes residenciales y corporativos de la zona, con el objetivo de potenciar los servicios que se ofrecen actualmente, para esto, será necesario realizar un estudio de demanda de servicios con los que estarían dispuestos a contar los usuarios y que haga viable la propuesta a desarrollar.

La primera parte de este anteproyecto de tesis de maestría en redes de comunicación presenta una visión de los tipos de fibra óptica que se puede utilizar, análisis de las redes PON más relevantes en la actualidad y los tipos de acceso al bucle de abonado con fibra óptica (FTTX, FTTH, FTTB). Seguidamente se realizará un análisis de la situación actual y un estudio de demanda.

La tercera parte de este trabajo comprenderá el rediseño de la red de acceso con una estimación de costos referenciales, finalmente se podrán establecer

las conclusiones y recomendaciones para que la empresa pueda implementar el diseño en el futuro.

1.1. Justificación

En la actualidad la tecnología se ha convertido en parte fundamental en la vida de las personas y en las actividades que éstas realizan a diario, el servicio de Internet se ha vuelto una necesidad, y el manejo de información así como los diferentes servicios que se pueden proveer exigen cada vez más un mayor ancho de banda no solamente por usuarios corporativos sino de los clientes en el hogar, quienes cuentan con soluciones en su mayoría xDSL, las cuales tienen limitaciones importantes de ancho de banda y de distancia.

El nivel de acceso a Internet en el Ecuador va en aumento, consecuentemente las prestaciones que requieren los usuarios. De acuerdo a cifras publicadas por la SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones), el nivel de acceso a Internet en la provincia del Cañar a diciembre del 2012 tenía un estimado de 52.869 usuarios; cantidad que a diciembre del 2013 aumentó a un estimado de 72.141 usuarios, lo que demuestra ese incremento importante de personas que buscan tener una conexión a Internet.

De acuerdo con datos publicados por la SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones) a diciembre del 2013 en número de usuarios de banda ancha (es decir desde los 256 Kbps) en la provincia del Cañar fue de 66.334 y solamente 2117 usuarios de banda estrecha; cifras que permiten considerar el hecho de que el 96,90% de los usuarios tienen mayores requerimientos de ancho de banda.

Existen en el mercado diferentes servicios que se ofertan y que necesitan una conexión de alta velocidad. Entre los servicios que ofrece la CNT están:

- VOZZY, para la comunicación a cualquier parte del mundo (llamadas, video llamadas y mensajes escritos).
- CNT TV, con planes desde 58 hasta 107 canales.
- CNT PLAY, con el que se puede tener acceso a: Películas, Series, Deportes, Documentales.

Además existe una oferta de Internet inteligente, el cual empaqueta el Internet fijo y el móvil para que el usuario pueda conectarse de acuerdo a sus necesidades.

Estas nuevas posibilidades y preferencias de los usuarios, como ver series de televisión, películas y reproducir videos en línea, son factores determinantes para que los internautas nacionales requieran una banda de navegación que les brinde mayor agilidad.

La CNT busca estar a la vanguardia tecnológica y realizar los cambios necesarios que permitan mejorar los servicios actuales, este estudio permitirá en base a los resultados que se obtengan, establecer las estrategias necesarias para el desarrollo de nuevas propuestas, optimización de recursos, mejora de servicio y adelanto a nivel tecnológico en la ciudad.

La importancia de este proyecto radica en que a través de un estudio técnico se puede proveer a la empresa de Telecomunicaciones el sustento necesario para emprender un proceso de transformación que apunta hacia el desarrollo y cumplimiento de las exigencias que se plantean en la sociedad actual; ofrecer

un tipo de conexión que se usa en diferentes partes del mundo como Europa, Norteamérica y que se está ofertando en algunas ciudades del país.

1.2. Antecedentes

Dentro de los objetivos planteados por el Gobierno Nacional en el Plan Nacional del Buen Vivir 2013 -2017, destacamos el objetivo 11, que entre sus estrategias plantea: Impulsar la calidad, la seguridad y la cobertura en la prestación de servicios públicos, a través del uso de las telecomunicaciones y de las TIC; especialmente para promover el acceso a servicios financieros, asistencia técnica para la producción, educación y salud [1]. Por lo que buscar mejorar el servicio que se ofrece en el centro de Azogues estaría impulsando el cumplimiento de una estrategia fundamental, tomando en consideración que la mayoría de entidades públicas e instituciones educativas, funcionan en el centro de la ciudad.

De igual manera el documento de trabajo “Zona de planificación 6” para el buen vivir que comprende las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago, dentro de los problemas que se evidencian menciona: la Baja capacidad tecnológica y de gestión. Su visión busca alcanzar un desarrollo integral con servicios de telecomunicaciones eficientes, de calidad y cobertura adecuada. [2]

Finalmente uno de los Objetivos zonales de esta planificación pretende: Mejorar el sistema de conectividad y garantizar el acceso a los servicios de telefonía, internet, TIC, a nivel de las parroquias, cantones y provincias. [2]

Por lo anteriormente descrito, este estudio constituye de interés colectivo para el cumplimiento de los objetivos que se plantean a nivel Nacional para el desarrollo de la sociedad y el País.

En el área de las telecomunicaciones, las redes de acceso han evolucionado y sufrido grandes cambios para poder adaptarse a las necesidades que se tienen en la actualidad, estas redes en su mayoría utilizan soluciones xDSL para la conexión a internet, la más utilizada ADSL, sin embargo estas tecnologías tienen limitaciones en lo que se refiere a el ancho de banda y alcance. Las limitaciones están determinadas por factores como la sensibilidad en cuanto al ruido y la atenuación, la distancia máxima de enlace del bucle de abonado, estado del cable y por la velocidad de transmisión del sistema, además de los problemas mencionados, están factores que tienen los medios de transmisión de cobre, las interferencias electromagnéticas y el clima.

El avance tecnológico hace que las personas necesiten tener internet de alta velocidad, un ancho de banda mayor, en sus empresas y hogares, dado el uso corriente de: Smart phones, tablets, Smart tvs, transmisión de televisión bajo demanda, canales en HD, películas en 3D, videoconferencias, etc.

Para proporcionar este mayor ancho de banda en el Ecuador se utilizan redes de acceso con fibra óptica, un medio de transmisión que permite un ancho de banda muy grande, baja atenuación, inmunidad electromagnética, alta velocidad de transmisión a largas distancias, adicionalmente es delgada, ligera, fuerte y flexible [3].

Este medio de transmisión guiado es el mejor en comparación con los tradicionales, pero su uso no se ha hecho efectivo en forma total por los costos que representan a corto plazo y el personal capacitado que es necesario para su instalación. Existen diferentes tipos de cables y conectores que presentan una variedad de propiedades y funciones que se adaptan a las necesidades del entorno de instalación [4].

Según la revista IT ahora (en un artículo del 18 de noviembre de 2013), entre el 2012 y 2013 el crecimiento del mercado de suscriptores de Internet fue del 40%. Del mismo modo el crecimiento de suscriptores de Internet de Alta Velocidad fue del 1,7% al 4,2% del total de suscriptores de Internet. Lo que muestra un importante crecimiento.

Para conseguir un ancho de banda mayor se precisa el uso de Redes Ópticas Pasivas (PON), que permiten reemplazar los elementos activos en una red por elementos pasivos, lo que reduce los costos de la red ya que en la implementación se deben instalar menos componentes. Existen diferentes tipos de redes ópticas pasivas dependiendo de su estándar y bajo qué protocolo fue desarrollado como: APON, BPON, GPON, GEPON y EPON, sin embargo consideraremos la tecnologías GPON y EPON para este estudio ya que son las que actualmente lideran el mercado y tienen mejores características que sus predecesoras [5].

En el centro de la ciudad de Azogues existe una diversidad de tipos de abonados: empresas públicas, privadas, establecimientos educativos, negocios y residencias, por lo que será necesario conocer el tipo de requerimientos que existen. En concordancia a este estudio se podrá determinar qué tipo de tecnología es la más adecuada para utilizar con la red óptica pasiva, es decir: FTTX, FTTB o FTTH.

En la actualidad en el Ecuador, empresas como Netlife ofertan desde el año 2010 conexiones de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) teniendo gran cobertura en la ciudad de Quito y ahora en Guayaquil. Razón por la que se considera como la mejor solución para mejorar el servicio actual.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Realizar el rediseño para la red de acceso de CNT en el centro de Azogues, para mejorar el servicio a los clientes con un mayor ancho de banda, a través de un estudio del estado actual de la red y demanda de servicios por parte de los usuarios.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento de la Red de CNT en Azogues a través de un análisis en cada uno de los armarios de distribución para tener un diagnóstico de la situación actual.
- Hacer un estudio de demanda de servicios en los usuarios del sector por medio de encuestas que permitan establecer la viabilidad de la propuesta.
- Diseñar una propuesta de una Red Óptica Pasiva en base al estudio realizado para conseguir mejorar y potenciar la velocidad del Internet para los usuarios.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Fibra Óptica

La Fibra óptica es el medio de transmisión más utilizado para la transmisión de grandes cantidades de datos a largas distancias y a velocidades muy altas. Consiste en un hilo muy fino, flexible y fabricado con vidrios o materiales plásticos que permite propagar ondas luminosas que viajan completamente en el interior de la misma hasta su destino.

La señal eléctrica es convertida en señal óptica en el transmisor gracias a un diodo led o láser, y luego se convierte nuevamente en la señal eléctrica original en el receptor a través de un elemento fotodetector, es decir, un elemento sensible a la luz. Este medio de transmisión es mucho mejor que los medios convencionales por sus prestaciones.

2.1.1. Propiedades de la Fibra Óptica

La fibra óptica es una guía de ondas dieléctrica que opera a frecuencias ópticas.

Los hilos de la fibra tienen un núcleo (*core*) de plástico o cristal a través del cual se propaga la luz con un alto índice de refracción, rodeado con un revestimiento (*cladding*) que tiene un índice de refracción un poco menor al del núcleo, con el fin de mantener toda la luz en el núcleo. Luego está una cubierta de plástico (*plastic coating*) que protege el revestimiento.

A continuación el gráfico 2.1 muestra la composición de una fibra óptica descrita anteriormente.



Gráfico 2.1. Composición de la Fibra Óptica¹

En una fibra óptica la señal es guiada contra las paredes con ángulos muy abiertos que permiten reflejar completamente el haz de luz evitando pérdidas.

El gráfico 2.2. Muestra la apertura numérica necesaria para que el haz de luz se refleje completamente.

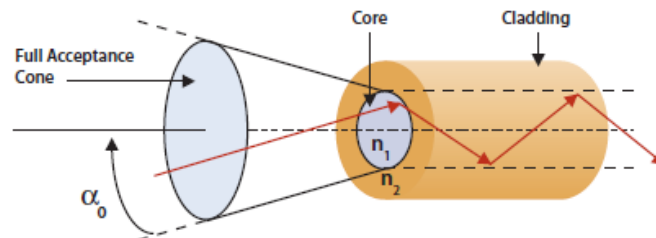


Gráfico 2.2. Apertura numérica²

2.1.2. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica

El uso de Fibra Óptica en las redes de comunicación tiene grandes ventajas, pero también existen algunas desventajas.

Ventajas:

- Gran ancho de banda y consecuentemente elevadas velocidades de transmisión.
- Por su resistencia se puede utilizar tanto en interior como en exterior.
- Resistencia al agua puesto que cuenta con múltiples capas de protección.
- Mayor tiempo de vida útil en relación a otros medios.

¹ J Laferrière, G Lietaert, R Taws, and S Wolszczak, "Reference Guide to Fiber Optic Testing," Saint-Etienne, 2007.

² J Laferrière, G Lietaert, R Taws, and S Wolszczak, "Reference Guide to Fiber Optic Testing," Saint-Etienne, 2007.

- Fácil de manejar en lugares donde es necesario realizar dobleces y atravesar espacios estrechos.
- Puede ser instalada en un parque industrial por su Inmunidad a la interferencia electromagnética.
- Existe poca atenuación por lo que se puede transmitir a mayores distancias.
- Posee un potencial de ancho de banda aumentado, lo que permite velocidades de transmisión muy elevadas en Tbps.
- Cada fibra puede transportar diversos canales (hasta 320) multiplexados y cada uno con una longitud de onda diferente.
- Diámetro pequeño por lo que se pueden agrupar varios hilos.
- Poco peso que permite una facilidad de manipulación e instalación.
- Economía a largo plazo.

Desventajas:

- El costo inicial es mayor que el cobre.
- Es de fácil manipulación, sin embargo, resiste menos el abuso que el cable de cobre.
- Los conectores de fibra son más delicados.
- La conexión de la fibra óptica requiere un mayor nivel de capacitación y conocimiento lo que encarece el costo de instalación.
- Los medidores y las herramientas de instalación son más costosas

2.1.3. Tipos de Fibra Óptica

Existen dos tipos de fibra óptica, en función de la forma en la que viaja la luz a través de ellas: multimodo y monomodo. La primera es adecuada para

distancias cortas mientras que la segunda está diseñada para cubrir largas distancias.

Fibra Multimodo: Transmite varios haces de luz simultáneamente. El diámetro del núcleo es mayor que el de las fibras monomodo; en estos la luz experimenta reflexiones a lo largo de su camino y puede seguir diversas trayectorias.

El gráfico 2.3 muestra la transmisión a través de una fibra multimodo.

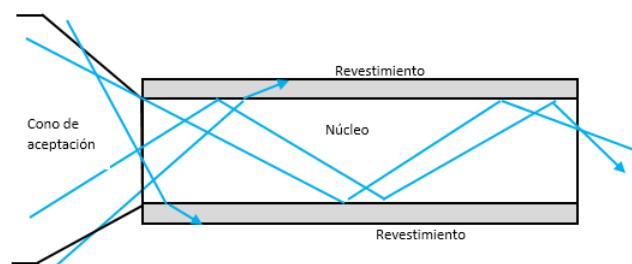


Gráfico 2.3. Fibra óptica Multimodo³

Este tipo de fibras tienen un bajo costo pero también un ancho de banda reducido como consecuencia de la dispersión modal.

Existen dos tipos de fibras multimodo: de índice escalonado como se muestra en el gráfico 2.4 y de índice gradual como se muestra en el gráfico 2.5.

En el primer caso, existe una discontinuidad de índices de refracción entre el núcleo y el revestimiento de la fibra, su apertura numérica es entre 0.2 y 0.5. El ancho de banda típico de esta fibra es de 20Mhz por Kilómetro.

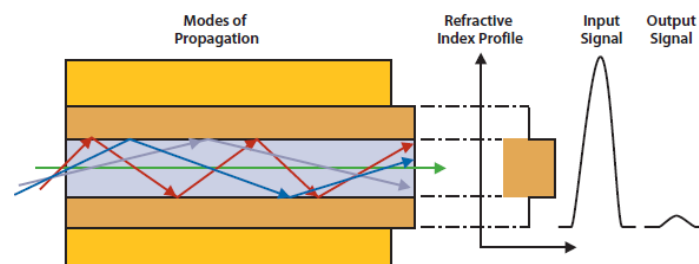


Gráfico 2.4. Multimodo de índice escalonado⁴

³ Miguel Moro Vallina, *Infraestructuras de redes de datos y sistemas de telefonía*. Madrid: Paraninfo SA, 2013.

Por el contrario, en el segundo caso la variación del índice es gradual, esto permite que en estas fibras, los rayos de luz viajen a distinta velocidad, de tal modo, que aquellos que recorran mayor distancia se propaguen más rápido, reduciéndose la dispersión temporal a la salida de la fibra. Su apertura numérica es de 0.2, la atenuación típica es de 3dB/km a 850 nm y 1dB a 1300 nm. El ancho de banda es de 160Mhz por kilómetro a 850 nm y 500Mhz por kilómetro a 1300 nm. [4]

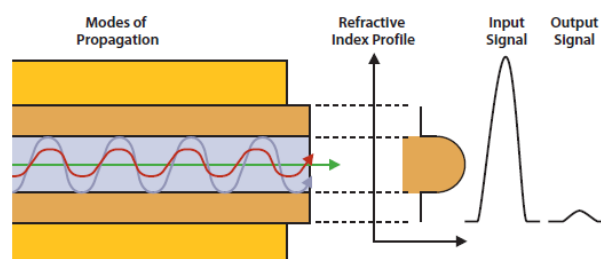


Gráfico 2.5. Multimodo de índice gradual ⁵

Fibra Monomodo: Son hilos sumamente finos y transmiten un único haz de luz, por lo que viaja siguiendo una trayectoria constante a lo largo del núcleo, esto se logra reduciendo el núcleo de la fibra hasta un tamaño entre 8 a 12 micrómetros.

Utilizan emisores láser para la inyección de luz, lo que proporciona un gran ancho de banda y una baja atenuación por lo que son utilizadas en redes metropolitanas y de área extensa. Estas fibras son más caras de producir y el equipamiento es más sofisticado.

Las fibras monomodo pueden transmitir señales de 10 Gbps a 100 Gbps y con un alcance de 1000 Km a 30000 Km con amplificación óptica. Adicionalmente utilizando una tecnología de multiplexación por división de longitud de onda

⁴ J Laferrière, G Lietaert, R Taws, and S Wolszczak, "Reference Guide to Fiber Optic Testing," Saint-Etienne, 2007.

⁵ J Laferrière, G Lietaert, R Taws, and S Wolszczak, "Reference Guide to Fiber Optic Testing," Saint-Etienne, 2007.

WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), es posible soportar hasta 160 señales con una capacidad de hasta 25,6 Tbps sobre una fibra. [6]

El gráfico 2.6 muestra la transmisión por una fibra monomodo.

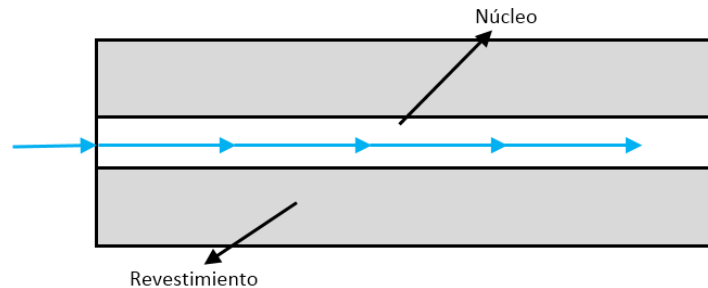


Gráfico 2.6. Transmisión en una fibra Monomodo⁶

También se consideran tipos de cables de acuerdo a sus construcciones básicas:

Cable de estructura holgada: Agrupa varias fibras (hasta 24) en el interior tubos plásticos con un gel que los protege de la humedad (excepto en tramos verticales). Cuenta con una varilla metálica flexible en el centro lo que hace resistente a la tracción, pero que le quita flexibilidad al cable, además las conectorizaciones resultan laboriosas (Ver gráfico 2.7)



Gráfico 2.7. Cable de estructura holgada⁷

Cable de estructura ajustada: Cada fibra individualmente cuenta con una protección plástica para ofrecer una protección efectiva contra la humedad, mayor resistencia mecánica y flexibilidad. Sin embargo su inconveniente es que

⁶ Miguel Moro Vallina, Infraestructuras de redes de datos y sistemas de telefonía. Madrid: Paraninfo SA, 2013.

⁷ Germán Arévalo. (2012, Agosto) Módulo de Comunicaciones por Fibra Óptica (Maestría en Redes de Comunicación).

no se pueden agrupar más de 24 fibras. Las conectorizaciones son simples y seguras (Ver gráfico 2.8)

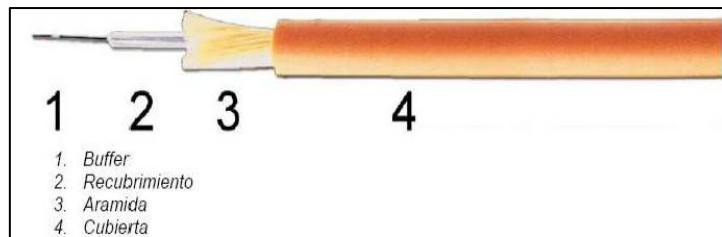


Gráfico 2.8. Cable de estructura ajustada⁸

A continuación se detallan los cables ópticos más utilizados de acuerdo a las necesidades del diseño de la red:

Cable OPGW (*Optical Ground Wire*):

Es un cable que tiene fibras ópticas insertadas dentro de un tubo en el núcleo central del cable. Las fibras están protegidas contra las descargas atmosféricas. Es utilizado por las compañías eléctricas para suministrar comunicaciones a lo largo de las rutas de las líneas de alta tensión y puede extenderse hasta 10 Km. Cada fibra está protegida por una cubierta de plástico para evitar los daños físicos, ambientales y por la manipulación del cable. (Ver gráfico 2.9)

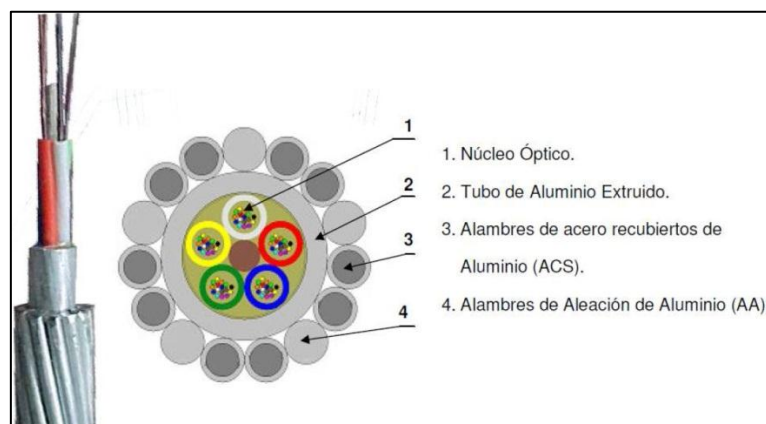


Gráfico 2.9. Cable OPGW⁹

⁸ Germán Arévalo. (2012, Agosto) Módulo de Comunicaciones por Fibra Óptica (Maestría en Redes de Comunicación).

Cable ADSS (All Dielectric Self-Supported):

Es un cable que puede ser colgado por las líneas de alta tensión de los postes. Estos cables han sido sometidos a rigurosas pruebas ambientales y mecánicas, de acuerdo a normas de EIA/TIA, IEEE y ASTM. Permiten largas distancias, ofrecen ventajas en costo y facilidad de instalación. Son inmunes a interferencias de las redes eléctricas y pueden ir junto con líneas de alto voltaje sin problemas. (Ver gráfico 2.10)

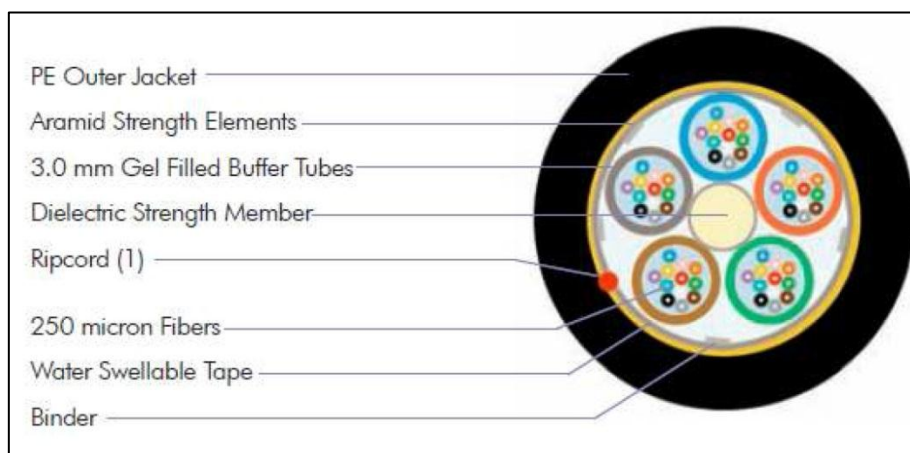


Gráfico 2.10. Cable ADSS ¹⁰

Cables tipo subgrupo:

Este cable consiste en relleno central de acero galvanizado con grupos de cables de fibra óptica con código de color. Las fibras cuentan con un revestimiento acrílico como se muestra en el gráfico 2.11.

⁹ Germán Arévalo. (2012, Agosto) Módulo de Comunicaciones por Fibra Óptica (Maestría en Redes de Comunicación)

¹⁰ Germán Arévalo. (2012, Agosto) Módulo de Comunicaciones por Fibra Óptica (Maestría en Redes de Comunicación)

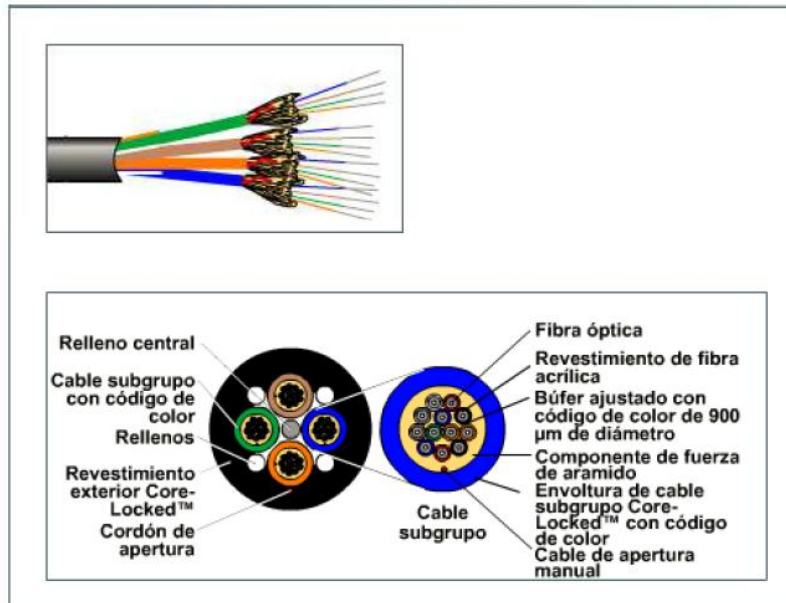


Gráfico 2.11. Cables tipo subgrupo¹¹

Cables ópticos zipcord:

Estos cables pueden ser monomodo o multimodo, son adecuados para instalaciones interiores, horizontales y para conexión directa entre equipos terminales. Su diseño ofrece resistencia a la tracción durante la instalación, evitando daños en las fibras. El gráfico 2.12 muestra un cable tipo zipcord.

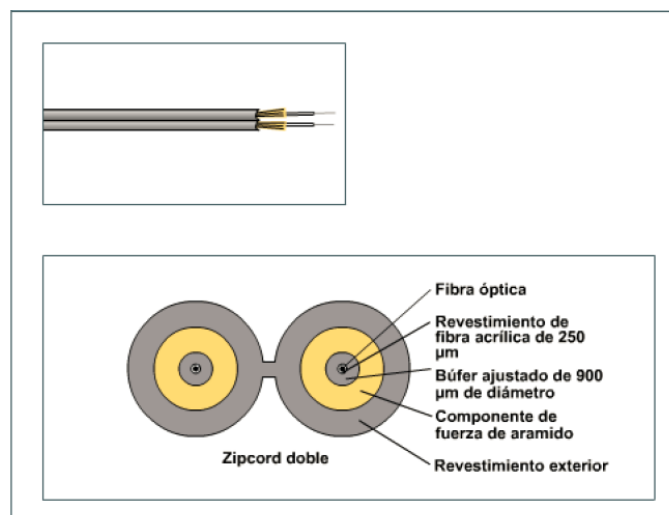


Gráfico 2.12. Cables ópticos zipcord¹²

¹¹ Germán Arévalo. (2012, Agosto) Módulo de Comunicaciones por Fibra Óptica (Maestría en Redes de Comunicación)

¹² Germán Arévalo. (2012, Agosto) Módulo de Comunicaciones por Fibra Óptica (Maestría en Redes de Comunicación)

Cable tipo cinta:

Este cable consiste en 12 cintas de 12 FO cada una, lo cual permite formar un cuadrado de 144 FO. En el gráfico 2.13 se puede observar una cinta de este tipo de cable.

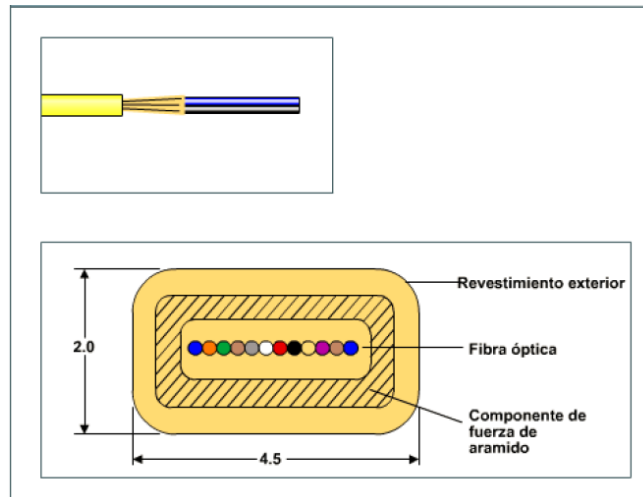


Gráfico 2.13. Cable tipo cinta¹³

Cable aéreo (figura 8):

Es un cable utilizado en estructuras aéreas. Para asegurar el cable directamente a la estructura del poste se utilizan abrazaderas especiales. Este cable se sitúa bajo tensión mecánica a lo largo del tendido. (Observar el gráfico 2.14)

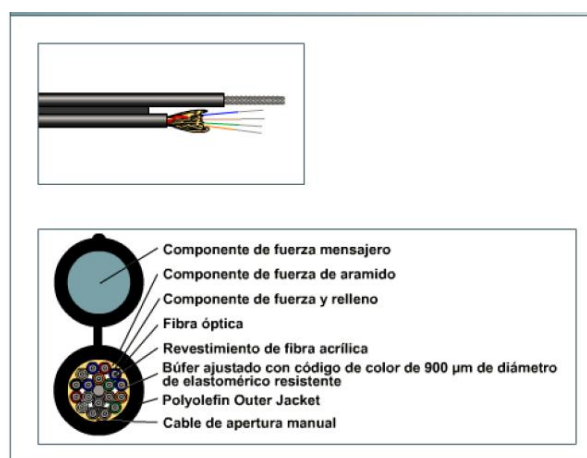


Gráfico 2.14. Cable aéreo¹⁴

¹³ Germán Arévalo. (2012, Agosto) Módulo de Comunicaciones por Fibra Óptica (Maestría en Redes de Comunicación)

Cable Blindado:

Este cable cuenta con un blindaje de acero que protege el cable de roedores y rayos, se puede enterrar si es necesario, también se puede utilizar en aplicaciones aéreas. La armadura se puede quitar dejando el cable interior apto para cualquier uso en interiores / exteriores. La composición de este cable se muestra en el gráfico 2.15.

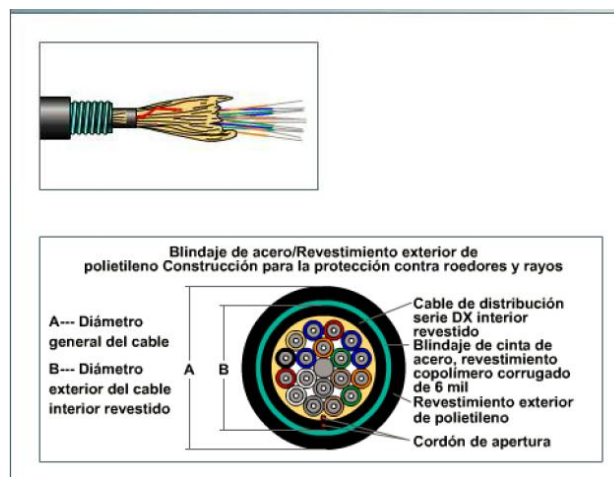


Gráfico 2.15. Cable blindado¹⁵

Finalmente, es necesario detallar las fibras ópticas normalizadas por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), que es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación – TIC.

Las recomendaciones de la UIT-T (Las Comisiones de Estudio del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) sobre cables de fibra óptica son desde la G.650 a la G.659. A continuación se detallan brevemente las más importantes.

¹⁴ Germán Arévalo. (2012, Agosto) Módulo de Comunicaciones por Fibra Óptica (Maestría en Redes de Comunicación)

¹⁵ Germán Arévalo. (2012, Agosto) Módulo de Comunicaciones por Fibra Óptica (Maestría en Redes de Comunicación)

Recomendación ITU-T G.652:

Esta recomendación describe las propiedades geométricas, mecánicas y de transmisión de una fibra óptica monomodo en longitudes de onda de 1310nm a 1550nm minimizando los efectos de dispersión. En esta recomendación se distinguen 4 subcategorías: G.652.A, G.652.B, G.652.C, G.652.D.

G.652.A: Contiene recomendaciones necesarias para soportar aplicaciones ópticas relacionadas con SDH, para sistemas de hasta STM-16, 10 Gbps hasta 40 Km (Ethernet) y STM-256.

La tabla 2.1 muestra los atributos de la fibra G.652.A.

Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8.6-9.5 μm
	Tolerancia	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125.0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1550 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² x Km
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm	0,5 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0,4 dB/km
Coeficiente PMD (Dispersión por modo de polarización)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Tabla 2.1: Fibra G.652.A ¹⁶

¹⁶ International Telecommunication Union ITU-T. (2009, Noviembre) G.652.

G.652.B: Fibras recomendadas para soportar aplicaciones de mayor velocidad binaria, hasta STM-64, sistemas con amplificadores ópticos, sistemas dentro de oficinas. La tabla 2.2 muestra los atributos de la fibra G.652.B.

Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8.6-9.5 μm
	Tolerancia	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125.0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² x Km
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm	0,4 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0,4 dB/km
Coeficiente PMD (Dispersión por modo de polarización)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Tabla 2.2: Fibra G.652.B ¹⁷

G.652.C: Similar a G.652.A, pero permite transmisiones en partes de una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

La tabla 2.3 muestra los atributos de la fibra G.652.C.

Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8.6-9.5 μm
	Tolerancia	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125.0 μm

¹⁷ International Telecommunication Union ITU-T. (2009, Noviembre) G.652.

	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² x Km
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm	0,4 dB/km
	Máximo a 1383 nm ± 3 nm	0,4 dB/km
	Máximo 1550 nm	0,3 dB/km
Coeficiente PMD (Dispersión por modo de polarización)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Tabla 2.3: Fibra G.652.C¹⁸

G.652.D: Semejante a G.652.B: pero permite transmisiones en partes de una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

La tabla 2.4 muestra los atributos de la fibra G.652.D.

Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8.6-9.5 μm
	Tolerancia	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125.0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² x Km
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor

¹⁸ International Telecommunication Union ITU-T. (2009, Noviembre) G.652.

Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm	0,4 dB/km
	Máximo a 1383 nm \pm 3nm	0,4 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0,3 dB/km
Coeficiente PMD (Dispersión por modo de polarización)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.20 ps/ \sqrt{km}

Tabla 2.4: Fibra G.652.D¹⁹

Recomendación ITU-T G.653:

En esta recomendación se describen fibras monomodo con dispersión desplazada. Está optimizada para uso en la ventana de 1550nm, pero también puede utilizarse a longitudes de onda de 1310 nm. En esta recomendación se distinguen 2 subcategorías: G.653.A y G.653.B.

G.653.A: Adecuada para sistemas STM-16 y STM-64 con una separación no uniforme entre canales de banda de 1550 nm. La tabla 2.5 muestra los atributos de la fibra G.653.A.

Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Gama de valores nominales	7.8-8.5 μ m
	Tolerancia	\pm 0.8 μ m
Diámetro del revestimiento	Nominal	125 μ m
	Tolerancia	\pm 1 μ m
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.8 μ m
No circularidad del revestimiento	Máximo	2.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1270 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1550 nm	0,5 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	λ_{min}	1525 nm
	λ_{max}	1575 nm
	D_{max}	3.5 ps/(nm x Km)
	λ_{0min}	1500 nm
	λ_{0max}	1600 nm
	S_{0max}	0.085 ps/(nm ² x Km)
Atributos del cable		

¹⁹ International Telecommunication Union ITU-T. (2009, Noviembre) G.652.

Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
Coeficiente PMD (Dispersión por modo de polarización)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.5 ps/ \sqrt{km}

Tabla 2.5: Fibra G.653.A ²⁰

Recomendación ITU-T G.654:

En esta recomendación se describen fibras monomodo con corte despalzado. Esta fibra tiene muy baja atenuación por lo que puede utilizarse en aplicaciones de transmisión digital de larga distancia.

G.654.A constituye la subcategoría básica para una fibra monomodo con corte despalzado, adecuada para sistemas correspondientes a STM-16y STM-64 en una longitud de onda de 1550 nm. La tabla 2.6 muestra los atributos de la fibra G.654.A.

Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Gama de valores nominales	9.5-10.5 μ m
	Tolerancia	\pm 0.7 μ m
Diámetro del revestimiento	Nominal	125 μ m
	Tolerancia	\pm 1 μ m
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.8 μ m
No circularidad del revestimiento	Máximo	2.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1530 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,50 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	D _{1550max}	20 ps/nm x Km
	S _{1550max}	0.070 ps/nm ² x Km
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1550 nm	0,22 dB/km
Coeficiente PMD (Dispersión por modo de polarización)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.5 ps/ \sqrt{km}

Tabla 2.6: Fibra G.654.A ²¹

²⁰ International Telecommunication Union ITU-T. (2010, Julio) G.653.

Recomendación ITU-T G.655:

En esta recomendación se describen fibras monomodo con dispersión desplazada no nula. Estas fibras están optimizadas para su utilización en longitudes de onda entre 1530 nm y 1565 nm. A continuación se detallan las características de las sub categorías: G.655.C.

La tabla 2.7 muestra los atributos de la fibra G.655.C.

Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Gama de valores nominales	8-11 μm
	Tolerancia	$\pm 0.7 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.8 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	2.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1450 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,50 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática Rango de longitud de onda: 1530-1565 nm	λ_{min} and λ_{max}	1530 nm y 1565 nm
	Mínimo valor de D_{min}	0.1 ps/nm * Km
	Máximo valor de D_{max}	10.0 ps/nm * Km
	Signo	Positivo o Negativo
	$D_{\text{max}} - D_{\text{min}}$	$\leq 5.0 \text{ ps/nm} * \text{km}$
Coeficiente de dispersión cromática Rango de longitud de onda: 1565-1625 nm	λ_{min} and λ_{max}	TBD
	Mínimo valor de D_{min}	TBD
	Máximo valor de D_{max}	TBD
	Signo	Positivo o Negativo
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0,4 dB/km
Coeficiente PMD (Dispersión por modo de polarización)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Tabla 2.7: Fibra G.655.C ²²

La tabla 2.8 muestra los atributos de la fibra G.655.D.

²¹ International Communication Union ITU-T. (2012, Octubre) G.654.

²² International Telecommunication Union ITU-T. (2009, Noviembre) G.655.

Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Gama de valores nominales	8-11 μm
	Tolerancia	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1450 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática (ps/nm*Km)	$D_{\min}(\lambda): 1460-1550$	$\frac{7.00}{90} (\lambda-1460) - 4.20$
	$D_{\min}(\lambda): 1550-1625$	$\frac{2.97}{75} (\lambda-1550) - 2.80$
	$D_{\max}(\lambda): 1460-1550$	$\frac{2.91}{90} (\lambda-1460) - 3.29$
	$D_{\max}(\lambda): 1550-1625$	$\frac{5.06}{75} (\lambda-1550) + 6.20$
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0,4 dB/km
Coeficiente PMD (Dispersión por modo de polarización)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Tabla 2.8: Fibra G.655.D ²³

La tabla 2.9 muestra los atributos de la fibra G.655.E.

Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Gama de valores nominales	8-11 μm
	Tolerancia	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0.6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1450 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$D_{\min}(\lambda): 1460-1550 \text{ nm}$	$\frac{5.42}{90} (\lambda-1460) + 0.64$

²³ International Telecommunication Union ITU-T. (2009, Noviembre) G.655.

(ps/nm*Km)	$D_{\min}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{3.30}{75}(\lambda-1550) + 6.06$
	$D_{\max}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{4.65}{90}(\lambda-1460) + 4.66$
	$D_{\max}(\lambda)$: 1550-1625	$\frac{4.12}{75}(\lambda-1550) + 9.31$
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0,4 dB/km
Coeficiente PMD (Dispersión por modo de polarización)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.20 ps/ \sqrt{km}

Tabla 2.9: Fibra G.655.E ²⁴

2.2. Redes PON

Las redes ópticas pasivas PON (*Passive Optical Networks*), hacen posible el servicio de acceso de banda ancha a través del uso de la Fibra Óptica como medio de transmisión, permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente, introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos) para guiar el tráfico por la red; estos componentes pasivos no necesitan entradas de voltaje por lo que existe un ahorro de energía.

Las redes PON básicamente se constituyen por tres elementos:

- Un módulo OLT
- Un SPLITTER (divisor óptico)
- Un módulo ONT/ONU (*Optical Network Unit*)

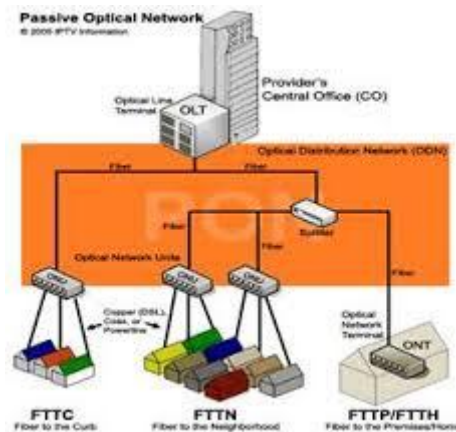
El módulo **OLT** es el dispositivo que transporta los datos desde la central de una operadora de telecomunicaciones hasta el divisor óptico.

El **SPLITTER** (divisor óptico), es un componente pasivo que recibe cables de fibra de los dos lados. Dependiendo de los cables que sean necesarios los splitters son: 1 a 1, 1 a 2, 1 a 4, 1 a 8, 1 a 16, 1 a 32 y 1 a 64.

²⁴ International Telecommunication Union ITU-T. (2009, Noviembre) G.655.

Los módulos **ONT** ó **ONU**, son los que reciben los datos o la información que viene desde el OLT, que pasa por el splitter.

Si el objetivo es llegar al hogar de los usuarios se utiliza un ONT y si el objetivo es llegar afuera del hogar de los usuarios es necesario un ONU. El gráfico 2.16 muestra los elementos de una red PON para diferentes casos.



2.16. Redes pasivas ²⁵

Las redes PON precisan de técnicas de multiplexación para proveer capacidad de acceso múltiple: TDM y WDM.

TDM (*Time Division Multiplexing*) la multiplexación por división de tiempo se usa para acceder y compartir el ancho de banda de la red en función del dominio del tiempo. Esta técnica reduce los costos de acceso a la red, pero para aplicaciones como la televisión de alta definición HDTV (*High-definition TV*) y el video 3D, no proporciona un ancho de banda suficiente.

TDM-PON utiliza un *splitter* pasivo como terminal remoto, la misma señal de la OLT es enviada a las diferentes ONUs por el *splitter*, estas señales son multiplexadas en el dominio del tiempo. Las PONs más comerciales en esta categoría son: G-PON y EPON. [7]

²⁵ http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_EPON_derivados#Comportamiento_de_las_EPON

WDM (*Wavelegnth División Multiplexing*) la multiplexación por longitud de onda permite aumentar la capacidad y el ancho de banda de la red, para la transmisión simultánea de múltiples longitudes de onda por una misma fibra; es costosa ya que exige una infraestructura dedicada para cada usuario.

WDM-PON utiliza un acoplador pasivo WDM como terminal remoto, las señales para los ONUs son llevadas por diferentes longitudes de onda y enrutadas por el acoplador WDM. Ya que cada ONU solo recibe su propia longitud de onda, tiene mejor privacidad y escalabilidad, sin embargo es mucho más costosa. [7]

2.2.1. Tipos de Redes PON

Las redes PON se dividen en diversos tipos de acuerdo a su estándar y bajo qué protocolo es desarrollado, de todos estos tipos no enfocaremos en los más utilizados EPON y GPON.

2.2.2. Red EPON

EPON (Ethernet PON) es una red óptica pasiva que trabaja sobre el estándar IEEE 802.3ah; se basa en tráfico Ethernet por lo que lleva el tráfico de datos encapsulados en tramas Ethernet.

Como se puede observar en la figura 2.17, el estándar Ethernet divide la capa física y la capa de datos del modelo de referencia OSI en múltiples sub capas para una transmisión P2P (punto a punto), EPON trabaja de manera muy similar a ésta con una arquitectura P2P y P2MP (punto a multipunto), los paquetes se transmiten por el OLT y llegan a la ONU a su destino, basado en el control de acceso a los medios (MAC), que en esta red es de manera obligatoria, a diferencia de Ethernet en la que la subcapa MAC es opcional.

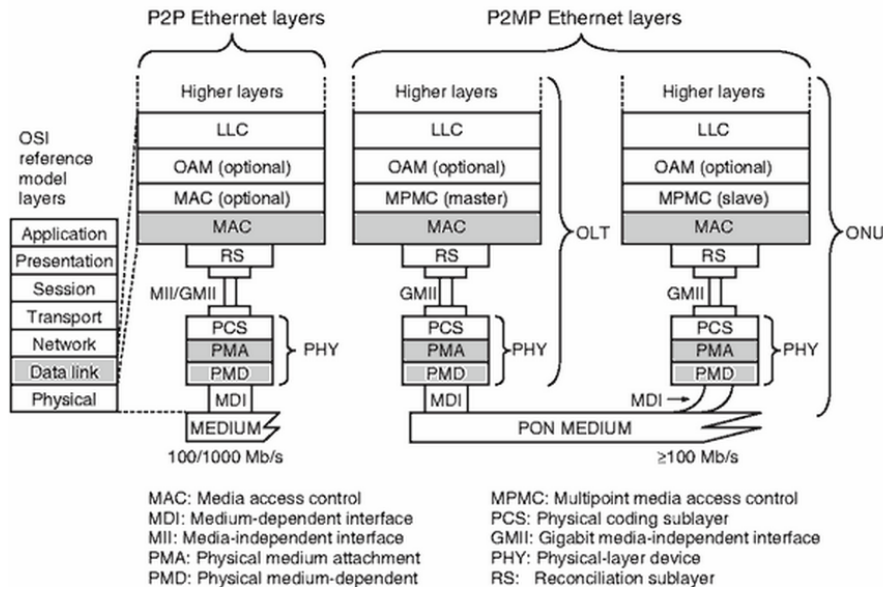


Gráfico 2.17. Arquitectura de capas Ethernet P2P (Punto a Punto) y

EPON P2MP(Punto a Multipunto) ²⁶

El estándar IEEE 802.3ah desarrolló el protocolo de control multipunto (MPMC) que facilita la implementación de varias asignaciones de banda en las redes EPON. El protocolo MPMC fue desarrollado como una función de la subcapa “control MAC (MAC control)”. Esta subcapa tiene como objetivo suministrar control en tiempo real y manipulación de la operación de la subcapa MAC. El protocolo MPMC tiene dos modos de operación:

Modo de asignación de banda: Para mantener comunicación entre la OLT y las ONUs, el protocolo MPMC debe suministrar periódicamente permisos de transmisión para todas las ONUs.

Modo de auto-descubrimiento: Para descubrir nuevas ONUs adicionales a la red, el protocolo MPMC debe iniciar el proceso de auto-descubrimiento periódicamente. EPON no puede operar sin MPMC.

Por el canal descendente, las tramas Ethernet transmitidas por el OLT pasan a través de un splitter 1:N y llegan a cada ONU, siendo N un número entre 4 y

²⁶ Lam, C. F. (2011). Passive Optical Networks : Principles and Practice. California: Elsevier Science

64, se comporta de una manera punto – multipunto. Cada ONU toma los paquetes destinados hacia él y descarta los paquetes de otras ONUs. (Observar en el gráfico 2.18 el canal descendente EPON)

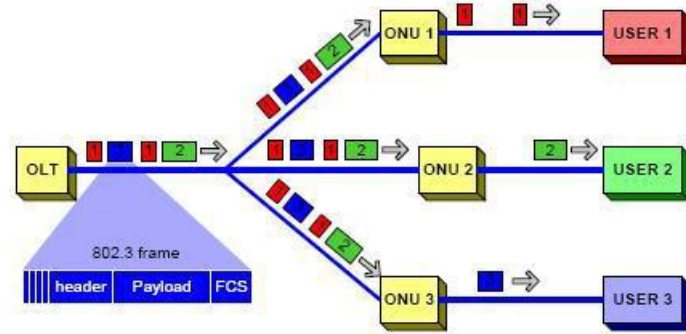


Gráfico 2.18. Canal descendente EPON ²⁷

En el canal de subida la EPON se parece a una arquitectura punto a punto. Las tramas que vienen de las ONUs se transmiten simultáneamente por lo que pueden ocurrir colisiones, para evitar esto las ONUs deben estar sincronizadas con referencia a un tiempo común, esto es controlado por un proceso llamado *autodiscovery*. Cada ONU transmite durante intervalos de tiempo que se asignan por el OLT, las señales se combinan utilizando un protocolo de acceso múltiple, por lo general TDMA (acceso múltiple por división de tiempo). El gráfico 2.19 muestra el canal ascendente EPON.

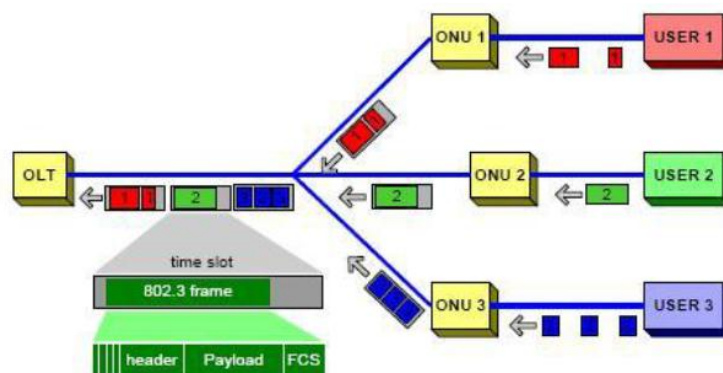


Gráfico 2.19. Canal ascendente EPON ²⁸

²⁷ http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_EPON_derivados#Comportamiento_de_las_EPON

Esta red alcanza velocidades de 1.25 Gbps en modo simétrico, con distancias de 10 o 20 km, reduce los costos porque no utiliza ATM y SDH. Además ofrece QoS (Calidad de Servicio) en los canales (ascendente y descendente).

2.2.3. Red GPON

GPON (*Gigabit Passive Optical Network*), es una tecnología recomendada en la norma ITU-T G.894, con un mayor ancho de banda que permite ofrecer cualquier tipo de servicio: voz, datos y video sobre la misma infraestructura IP.

Es una arquitectura punto a multipunto basada en BPON pero cuenta con muchas características adicionales, y desarrollado sobre ATM. Esta tecnología ofrece una estructura de trama escalable de 622 Mbps hasta 2.5 Gbps, así como también soporte de tasas de bit asimétricas. La velocidad más utilizada es de 2,488 Gbps *downstream* y 1,244 Gbps *upstream*. Sobre ciertas configuraciones se pueden proporcionar hasta 100 Mbps por abonado.

El método de encapsulación empleado por GPON es GEM (*GPON Encapsulation Method*) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, ATM, TDM, etc.)

El encabezado del estándar GEM contiene los siguientes campos:

- Campo PLI (*Payload Length Indicator*), indicador de la longitud del *payload*.
- Campo PORT ID (Identificación del Puerto), se usa para suministrar 4096 indicadores únicos de tráfico, permitiendo eficiencia en la multiplexación del tráfico.
- Campo PTI (tipo de contenido), indica qué tipo de datos son transmitidos en la trama GEM, definiendo su administración.

²⁸ http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_EPON_derivados#Comportamiento_de_las_EPON

- Campo HEC (protección de control de errores), es una combinación del código BCH (39,12 ,2) y un simple bit de paridad.

GEM se basa en el estándar GFP (*Generic Framing Procedure*) del ITU-T G.7041, con modificaciones menores para optimizar tecnologías PON; de esta manera ofrece más ancho de banda que las tecnologías predecesoras y es mucho más eficiente, permitiendo a los operadores continuar con sus servicios tradicionales sin tener que cambiar los equipos instalados en el lado de sus clientes. El gráfico 2.20 muestra el funcionamiento de una red GPON.

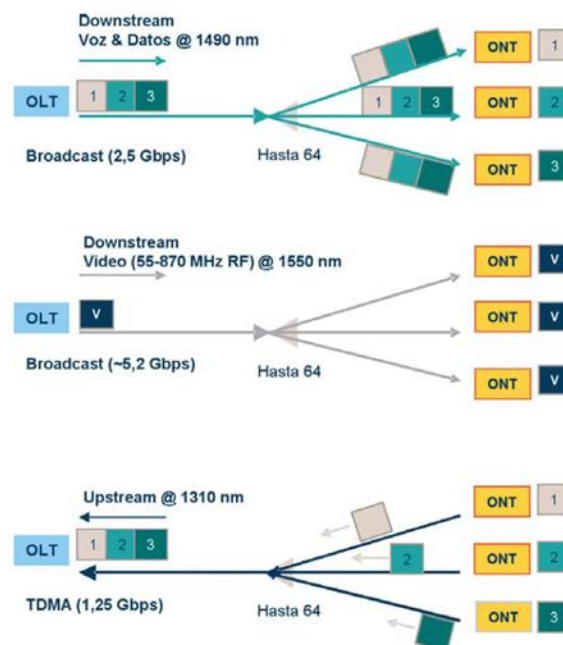


Gráfico 2.20. Funcionamiento de GPON ²⁹

Básicamente GPON apunta a velocidades de transmisión mayores o iguales a 1,2 Gbps. GPON considera 7 combinaciones de velocidades de transmisión y son las siguientes:

- 155 Mbps (*Upstream*), 1,2 Gbps (*Downstream*).
- 622 Mbps (*Upstream*), 1,2 Gbps (*Downstream*).
- 1,2 Gbps (*Upstream*), 1,2 Gbps (*Downstream*).

²⁹ Ramón Millán, "GPON (Gigabit Passive Optical Network)," BIT, p. 166, 2008

- 155 Mbps (*Upstream*), 2,4 Gbps (*Downstream*).
- 622 Mbps (*Upstream*), 2,4 Gbps (*Downstream*).
- 1,2 Gbps (*Upstream*), 2,4 Gbps (*Downstream*).
- 2,4 Gbps (*Upstream*), 2,4 Gbps (*Downstream*).

2.2.4. Comparativa EPON/GPON

Uno de los factores más determinantes a la hora de escoger entre una tecnología y otra es el ancho de banda necesario para satisfacer los requerimientos de los usuarios y la dotación de servicios actuales con calidad. Con relación al ancho de banda disponible; GPON ofrece tasas de 1.25 Gbps o 2.5 Gbps de *downstream*, y tasas escalables de *upstream* desde 155 Mbps hasta 2,5 Gbps. EPON ofrece una tasa simétrica de 1.25 Gbps.

La eficiencia de los sistemas EPON es pobre en comparación con GPON. La tecnología EPON se caracteriza por extensos encabezados en las tramas, que provocan baja eficiencia y consecuentemente, menor número de bits de carga útil (*payload*) contra soluciones GPON.

Las dos tecnologías soportan televisión por cable (CATV), lo que demanda altas tasas en la dirección de *downstream* para el servicio de vídeo.

Gpon ofrece redes complejas de capa 2 puesto que usa diferentes protocolos: ATM para voz, Ethernet para datos y un método de encapsulación propietario para video, EPON usa redes simples de capa 2 porque emplea una única capa de red que usa IP para transportar datos, voz y video.

En el aspecto de seguridad y Protección el proceso de encriptación AES (*Advanced Encryption Standard*) forma parte del estándar ITU-T en las redes GPON. Pero, la encriptación en estas redes se realiza solamente en el canal de retorno. En las redes EPON, el mecanismo de encriptación no está definido en

el estándar. Algunos vendedores de EPON utilizan también AES y el proceso de encriptación se realiza en los dos sentidos de transmisión; *downstream* y *upstream*.

El servicio de OAM (Operación, Administración y Mantenimiento) también está presente en las dos tecnologías; GPON utiliza PLOAM+OMCI, es decir, PLOAM (*Physical Layer Operations, Administration and Maintenance*): operaciones de la capa física, administración y mantenimiento, más OMCI (*Open Manage Client Instrumentation*): instrumentación y control abierto para el cliente. EPON usa el OAM definido para Ethernet.

EPON soporta solamente una única tasa simétrica de bits; 1,25 Gbps. El estándar GPON es más flexible y escalable. Las dos tecnologías están enfocadas para atender el mercado de las redes de acceso, donde es bien conocido que el tráfico de aquellas redes es asimétrico entre las tasas de bajada y subida, y no existe la necesidad de tener una tasa simétrica.

Mientras GPON permite configurar las tasas teniendo en cuenta las necesidades reales y actuales, en EPON este mecanismo no puede ser realizado. En la tabla 2.10 se presenta un resumen de las principales características de las redes GPON y EPON.

Características	ITU-T GPON	IEEE EPON
Tasa de bits (Mbps)	Distribución: 2488, 1244 Retorno: 2488, 1244, 622, 155	Distribución: 1250 Retorno: 1250
Fecha de estandarización	2003	2004
Código de línea	NRZ	8B/10B
División máxima	1:64	1:32
Alcance máximo	20 km	10 km
Protocolo básico	ATM	Ethernet
Estándar	Série ITU-T G984.x	IEEE 802.3ah
Tecnología de acceso	TDMA	TDMA

Seguridad en <i>Downstream</i>	AES	No definida
OAM	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM

Tabla 2.10. Características de GPON y EPON ³⁰

Conclusiones:

Existen ventajas en una red basada en GPON sobre una red basada en EPON, con una tasa de transmisión mayor y eficiencia del ancho de banda.

La infraestructura de la red GPON es más robusta, tiene más capacidad y tiene una leve ventaja sobre la red EPON. Actualmente las redes GPON tiene un margen de ventaja en términos de ingeniería y económicos sobre las redes EPON, a pesar de que la mayor parte del tráfico en las redes del mundo sea IP, ideal para Ethernet PON.

2.3. Tecnologías de acceso

2.3.1. FTTX

FTTx, son las siglas de (*Fiber To The x*), es decir fibra hasta x. Son formas en las que la fibra se acerca al usuario final para el acceso al servicio con una gran capacidad de ancho de banda y presenta algunas variantes como: FTTN (fibra a la vecindad), FTTC (fibra a la esquina), FTTB (fibra al edificio), FTTH (fibra hasta el hogar). El gráfico 2.21 muestra las variantes en función del alcance de la fibra

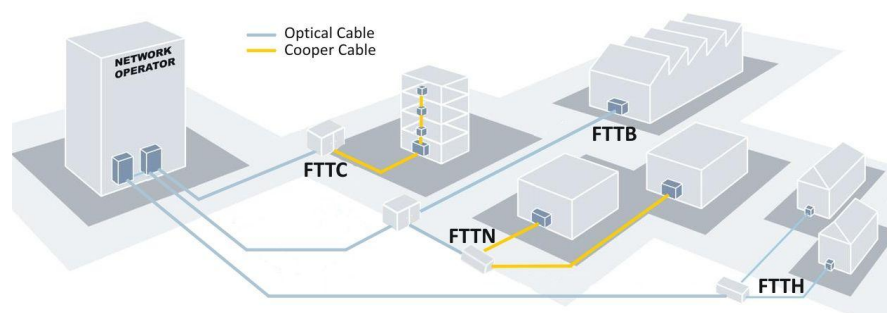


Gráfico 2.21. Tecnología FTTx ³¹

³⁰ Ramón Millán, "GPON (Gigabit Passive Optical Network)," BIT, p. 166, 2008

Estas soluciones mejoran la capacidad de la red de acceso permitiendo de esta manera un aumento de servicios al usuario final, como el acceso a televisión de alta definición (HDTV), juegos multimedia interactivos en red o compartir y distribuir ficheros de audio/video entre otros servicios más.

2.3.2. FTTH

FTTH (*Fiber To The Home*), en este esquema la fibra llega hasta el hogar u oficina del usuario. El cliente no comparte recursos con otros usuarios con lo que se logra tener un canal con un mejor ancho de banda y mayor velocidad.

Al interior de la vivienda la distribución del servicio puede realizarse mediante cable UTP, cable coaxial, *wireless*, etc.

A pesar de ser la más atractiva en cuanto a capacidad, es la más costosa al momento de implementar ya que requiere de un gran tendido de fibra y equipos de usuario con capacidad para transmitir señales ópticas.

Una ventaja adicional al gran ancho de banda que ofrece consiste en que es una red pasiva, por consiguiente no emplea elementos activos como: amplificadores, regeneradores, etc.

2.3.3. FTTB

FTTB (*Fiber To The Building*), la fibra de la red de acceso llega hasta el interior del edificio (constituido por oficinas o viviendas), allí existe una única ONU e internamente se distribuye por otro medio, a través de una planta interna con cobre o acceso inalámbrico. Para la transmisión por el par de cobre se emplea la tecnología VDSL.

³¹ Jordi Casademont, Redes de Comunicaciones: De la telefonía móvil a internet. Barcelona: Edicions UPC, 2010.

La fibra alcanza el edificio pero no llega hasta el lugar mismo del cliente, con lo que puede servir a unas decenas de clientes a la vez. El gráfico 2.22 muestra la tecnología FTTB en relación a la FTTH.

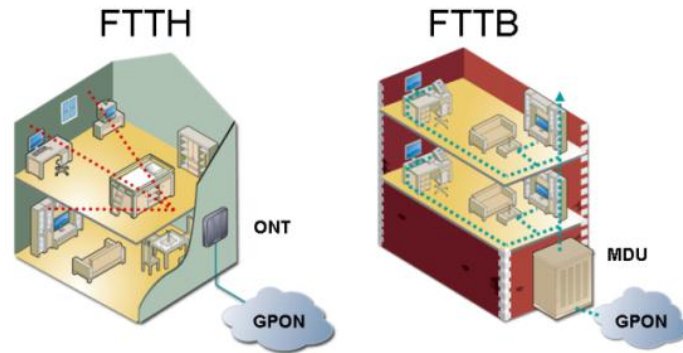


Gráfico 2.22. Tecnología FTTH y FTTB ³²

³² http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_EPON_derivados#Comportamiento_de_las_EPON

CAPITULO III

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE ACCESO CNT – AZOGUES

3. Análisis de la situación Actual

3.1. Características Generales de la Ciudad de Azogues

El cantón Azogues está ubicado en la región Centro – Sur del Ecuador, aproximadamente a 2.520 m.s.n.m. el clima es templado con temperaturas que van desde los 12° hasta los 18°, sin embargo existen lugares elevados en donde el clima es frio con temperaturas de 6 a 12 °.

Según las coordenadas la localización geográfica es:

Latitud Sur 2 ° 42'

Latitud Oeste 78 ° 53'

Azogues está conformado por cuatro parroquias urbanas: Azogues, San Francisco, Aurelio Bayas, Antonio Borrero – Charasol, y ocho parroquias rurales: Cojitambo, Guapan, Javier Loyola – Chuquipata, San Marcos, Pindilig, Shoray, San Miguel de Porotos y Taday, todas estas distribuidas en una superficie de aproximadamente 617 km².

En el censo del 2010, el INEC, registró una población de 70.064 habitantes: 37.976 mujeres y 32.088 hombres. Con una proyección de población de 86276 habitantes al año 2020. [8]

El trabajo se realiza en la zona central de Azogues, la cual es densamente poblada, en la que se concentran diversos negocios, instituciones educativas, gubernamentales y viviendas. En esta zona se encuentran la mayor parte de los clientes corporativos y residenciales.

La tabla 3.1 muestra un resumen de datos de la ciudad de Azogues publicada por el INEC en el censo del año 2010.

INEC (Censo 2010)	
Población	70064 habitantes
Población urbana	27866 habitantes
	46.19% hombre 53.81% mujeres
Número de hogares	6528
Habitantes por hogar	4.20
Tasa promedio de crecimiento anual de la población	2.55%
Edad media de la población	29.8
% de personas que utilizaron celular	58.8
% de personas que utilizaron computadora	34.6
% de personas que utilizaron internet	27.7

Tabla 3.1 Datos del Censo 2010 ³³

4. Estudio de demanda

4.1. Área de estudio

Para el estudio de la demanda se ha considerado la zona urbana central de la ciudad de Azogues, delimitada desde la Av. Ernesto Che Guevara y Av. José Peralta, hasta la Av. Juan Bautista Cordero y desde la Av. Francisco Carrasco hasta la Av. 16 de Abril. Área en la que se encuentran alrededor de 27866 habitantes aproximadamente. [8]

De acuerdo a los datos del Municipio de Azogues, actualmente en el área urbana existen 6528 viviendas, la mayoría en la zona central.

³³ Fuente: INEC. (2010). Instituto Nacional de estadística y censos. Recuperado el 1014 , de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>

NOMBRE	NRO. SUSCRIPTORES	COBERTURA
CABLETEL	2854	AZOGUES
TELECABLE	2949	AZOGUES

Tabla 3.2 Servicio de televisión por cable (Autor)

La tabla 3.3 presenta las empresas de servicio de Televisión codificada satelital.

NOMBRE	NÚMERO DE CANALES	COSTO MENSUAL
DIRECTV	95	\$ 32,57
	115	\$ 40,36
	144	\$ 50,66
	181	\$ 102,67
CNT	15	\$ 26
	95	\$ 39
CLARO	141	\$ 23,83
	153	\$ 29,50
	144	\$ 41,86
	181	\$ 64,67

Tabla 3.3

Empresas de servicio de Televisión codificada satelital en Azogues (Autor)

La tabla 3.4 presenta las empresas de servicio de Internet en Azogues.

NOMBRE	VELOCIDAD	INSTALACIÓN	COSTO MENSUAL
TELECABLE	700 Kbps	\$ 50	16
	1 Mb	\$ 50	18
	1,5 Mb	\$ 50	22
CNT	3 Mb	\$ 50	18
	5 Mb	\$ 50	24,9
	10 Mb	\$ 50	36
	15 Mb	\$ 50	49,9
	25 Mb	\$ 50	80
	50 Mb	\$ 50	110
	100 Mb	\$ 50	180

NOMBRE	VELOCIDAD		COSTO SIN IMPUESTOS
CLARO	2,5 Mb		19,9
	3,5 Mb		24,9
	4 Mb		29,9
	7 Mb		49,9
	11 Mb		65
	18 Mb		110

Tabla 3.4

Empresas de servicio de Internet en Azogues (Autor)

En los gráficos que se presentan a continuación en la tabla 3.5 se detalla un promedio de las tarifas de internet a nivel nacional en el primer semestre del 2014 y en la tabla 3.6 se muestra un histórico de los últimos 3 años.

No.	PERMISIONARIO SVA	TARIFAS PROMEDIO DE INTERNET RESIDENCIAL (PERIODO: ENERO-JUNIO 2014) COMPARTICIÓN 8:1				
		500 Kbps<vel≤1 Mbps	1 Mbps<vel≤2 Mbps	2 Mbps<vel≤5 Mbps	5 Mbps<vel≤10 Mbps	10 Mbps<vel≤20 Mbps
1	SURATEL	\$ 15,53	-	\$ 33,49	\$ 55,68	\$ 128,69
2	EER CENTRO SUR	\$ 23,51	-	-	-	-
3	SOLINTELSA	-	-	\$ 35,25	\$ 57,00	-
4	BRIDGETELECOM	\$ 45,92	\$ 35,44	-	-	-
5	CINTEP	\$ 23,66	\$ 31,90	\$ 52,90	\$ 56,67	\$ 111,30
6	ECUADORTELECOM	\$ 24,03	\$ 22,29	\$ 33,49	\$ 85,12	\$ 123,20
7	ETAPA EP	\$ 21,84	\$ 22,39	\$ 44,79	\$ 71,68	-
8	PANCHONET	\$ 19,90	\$ 28,90	\$ 36,90	\$ 73,40	\$ 126,93
9	ZENK	\$ 22,36	\$ 29,97	\$ 49,96	\$ 76,62	-
	PROMEDIO	\$ 24,59	\$ 28,48	\$ 40,97	\$ 68,05	\$ 122,53

Tabla 3.5. Tarifa promedio de internet (enero-junio 2014)³⁴

TARIFAS PROMEDIO DE INTERNET FIJO RESIDENCIAL					
PLANES TARIFARIOS POR VELOCIDAD	COMPARTICION	TARIFAS 2012 (USD)	TARIFAS 2013 (USD)	TARIFAS 152014 (USD)	TENDENCIA
500 Kbps - 1 Mbps	8 a 1	23,91	29,80	24,59	DECREMENTO DE 5,21 USD
1 Mbps - 2 Mbps	8 a 1	33,79	36,32	28,48	DECREMENTO DE 7,84 USD
2 Mbps - 5 Mbps	8 a 1	48,66	52,26	40,97	DECREMENTO DE 11,29 USD

Tabla 3.6. Tarifa promedio de internet (2012, 2013, 2014)³⁵

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones ha experimentado un crecimiento en la demanda de su servicio de internet en los últimos años, es por esto que en la actualidad tiene un total de 4496 clientes en la ciudad de

³⁴ SUPERTEL. (2014). Superintendencia de Telecomunicaciones. Octubre de 2014

³⁵ SUPERTEL. (2014). Superintendencia de Telecomunicaciones. Octubre de 2014

Azogues, de los cuales 2555 están ubicados en la zona central de la ciudad (área de estudio) de acuerdo a los datos de los armarios proporcionados por la empresa.

El número de clientes de internet en CNT se ha incrementado históricamente en la Provincia del Cañar como se muestra en la tabla 3.7.

FECHA	NÚMERO DE SUSCRIPTORES
Diciembre 2011	5003
Diciembre 2012	7391
Diciembre 2013	9648
Diciembre 2014	11066

Tabla 3.7. Registro histórico del número de usuarios de internet en la provincia del Cañar de los últimos 4 años ³⁶

El número de clientes de TV en CNT en la provincia del Cañar a febrero del 2015 es de 11163, este servicio se oferta desde el año enero del 2012 y su incremento se presenta a continuación en la tabla 3.8.

FECHA	NÚMERO DE SUSCRIPTORES
Diciembre 2012	481
Diciembre 2013	1135
Diciembre 2014	1903

Tabla 3.8. Registro histórico del número de usuarios de TV en la provincia del Cañar de los últimos 3 años.³⁷

4.2. Servicios a ofertar

A través del uso de la red GPON, se puede mejorar los servicios que actualmente brinda CNT, y ofrecer un servicio triple play (internet, voz y televisión) por el mismo canal de comunicación. Para esto es necesario considerar algunos aspectos.

³⁶ Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT - Enero 2011 a Diciembre 2014)

³⁷ Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT - Enero 2012 a Diciembre 2014)

En un servicio de IPTV podemos identificar dos tipos: SDTV (televisión con definición estándar) para la cual se recomienda una conexión de 2 Mbps, para HDTV (televisión de alta definición) el requerimiento de ancho de banda es de unos 8 Mbps. Si se cuentan con varios canales y de forma simultánea el requerimiento de ancho de banda es mayor y la compresión/codificación del vídeo se puede utilizar MPEG-4 ó MPEG-2. A los parámetros antes descritos es necesario tomar en cuenta al menos 1 Mbps para la conexión a internet.

Las velocidades más comunes en el uso de IPTV son: 4 Mbps, 7 Mbps, 8 Mbps, 10 Mbps, 12 Mbps, 14 Mbps, 16 Mbps y 18 Mbps.

Para el servicio de Telefonía IP es necesario considerar una tasa de 128 Kbps para que la comunicación tenga buena calidad utilizando uno de los CODECs para la digitalización de voz (G.711, G722, G.728)

El gráfico 3.2 muestra datos referenciales de requerimientos mínimos que se deberían tomar en consideración para servicios triple play.

TRIPLE PLAY REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD




		Residenciales	Comerciales	Educativos
	TV de Alta definición HD	6 Mbps	9 Mbps	9 Mbps
	Telefonía Fija	128 Kbps	128 Kbps	128 Kbps
	Internet Banda Ancha	1 Mbps	2 Mbps	2 Mbps
Total mínimo aprox		8Mbps	12 Mbps	12 Mbps

Gráfico 3.2 Requerimiento de capacidad para servicios triple play³⁸

³⁸ 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)

Para el servicio de datos es necesario tomar en cuenta que el ancho de banda mínimo que en la actualidad brinda la CNT, es de 3 Mbps hasta 100 Mbps. Considerando lo antes mencionado se determina que: para que el servicio Triple play funcione sin inconvenientes sería necesario al menos unos 14 Mbps.

4.3. Proyección de usuarios

Para estimar los usuarios potenciales para el uso de la nueva red se toman en cuenta los clientes de CNT que tienen servicios de telefonía, internet o televisión.

Para determinar un nivel de demanda del servicio es necesario conocer el criterio de las personas en la zona urbana de la ciudad en relación a los servicios de la nueva red, indistintamente de si son clientes de CNT, otra empresa o si no cuentan con servicio de internet. Es por esto que se toma una muestra de la población de estudio para determinar ciertos aspectos de demanda.

Se trabajará con una muestra probabilística tomando en cuenta los siguientes criterios:

N = población	De acuerdo a los datos consultados 27866 habitantes en la zona urbana
\bar{y} = valor promedio estimado de una variable	0,1 (significa de 100 casos, 99 veces mi predicción será correcta)

Se = error estándar 0.015 (Es aceptable pues es muy pequeño.)

V = varianza de la población (Se)² el cuadrado del error estándar

S² = varianza de la muestra Probabilidad de ocurrencia de \bar{y} expresada

La fórmula para determinar el tamaño de n es la siguiente:

$$n' = \frac{S^2}{V^2} \frac{\text{varianza de la muestra}}{\text{varianza de la población}}$$

Lo cual se ajusta si se conoce el tamaño de la población N. Entonces tendremos que:

$$n' = \frac{n'}{1 - n'/n}$$

Fórmula para calcular el tamaño de la muestra³⁹

Sustituyendo se obtiene: $n' \frac{S^2}{V^2}$

$$S^2 = p(1-p) = 0.9(1-0.9) = 0.09$$

$$V = (0.015)^2 = 0.000225$$

$$n' \frac{0.9}{0.000225} = 400$$

Ajustando pues se conoce la población se obtiene:

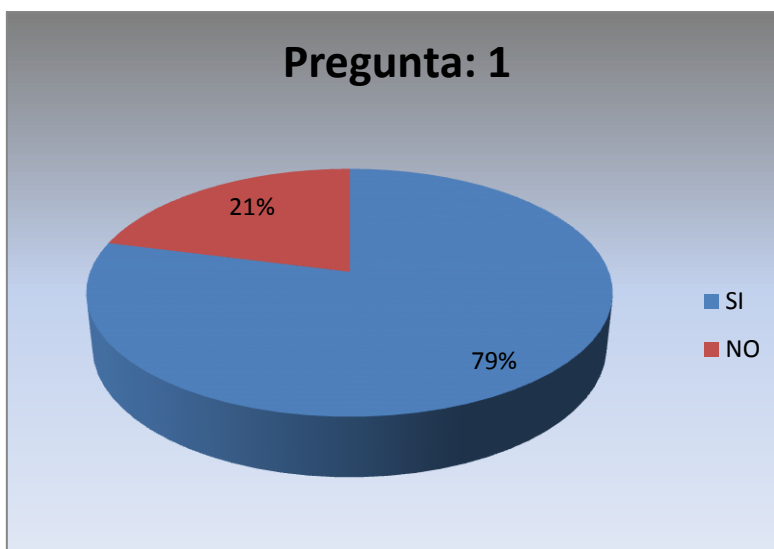
$$n' = \frac{n'}{1 + n'/N} = \frac{400}{1 + 400/27866} = 394$$

³⁹ Hernández Sampieri, (1997). Metodología de la Investigación

La muestra calculada indica 394 encuestas, este valor es redondeando a 400 encuestas.

Las encuestas realizadas, permiten establecer algunos aspectos sobre los servicios de internet. Las preguntas realizadas se detallan a continuación:

1. ¿Tiene servicio de telefonía con CNT?

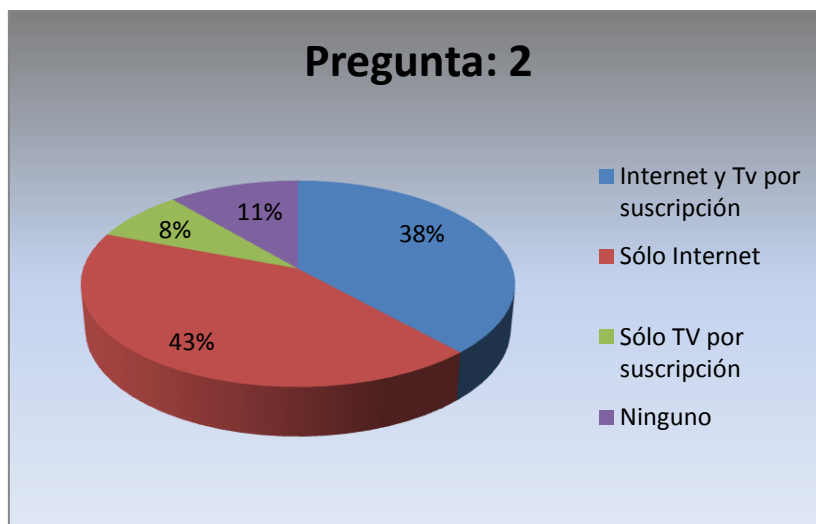


SI	316
NO	84

El 79% de los encuestados tienen el servicio de telefonía fija de CNT, lo que de alguna manera presenta una ventaja frente a la competencia.

2. Indique si cuenta con alguno de estos servicios:

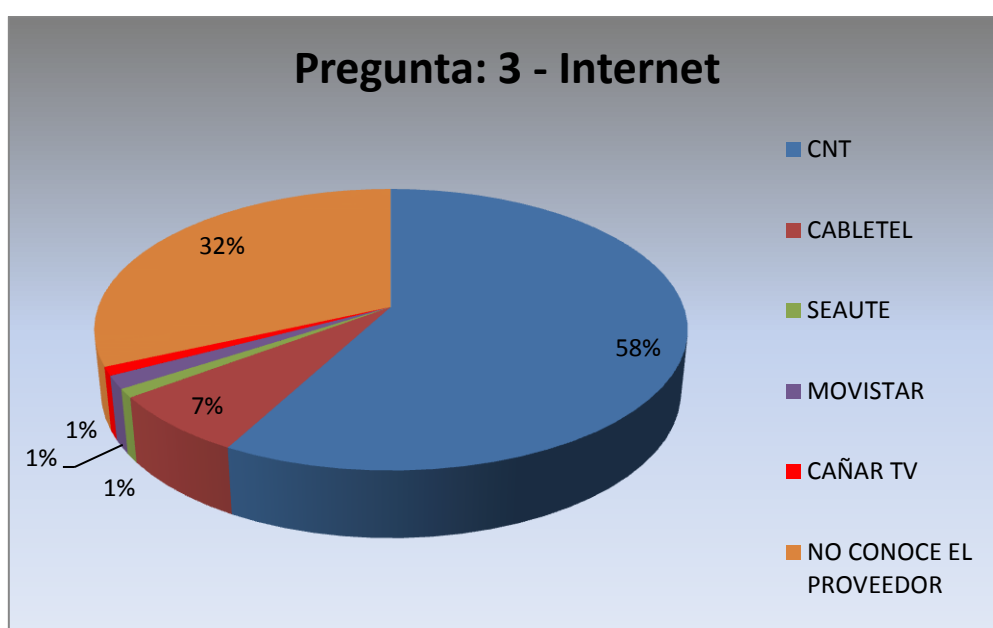
- Internet y Tv por suscripción
- Sólo Internet
- Sólo TV por suscripción
- Ninguno



Internet y Tv por suscripción	153
Sólo Internet	170
Sólo TV por suscripción	32
Ninguno	45

El mayor porcentaje de personas encuestadas cuentan solamente con servicio de internet. Además existe un 8% de personas que solamente tiene Tv y un 11% que no tienen este servicio, por lo que pueden ser también considerados como usuarios potenciales.

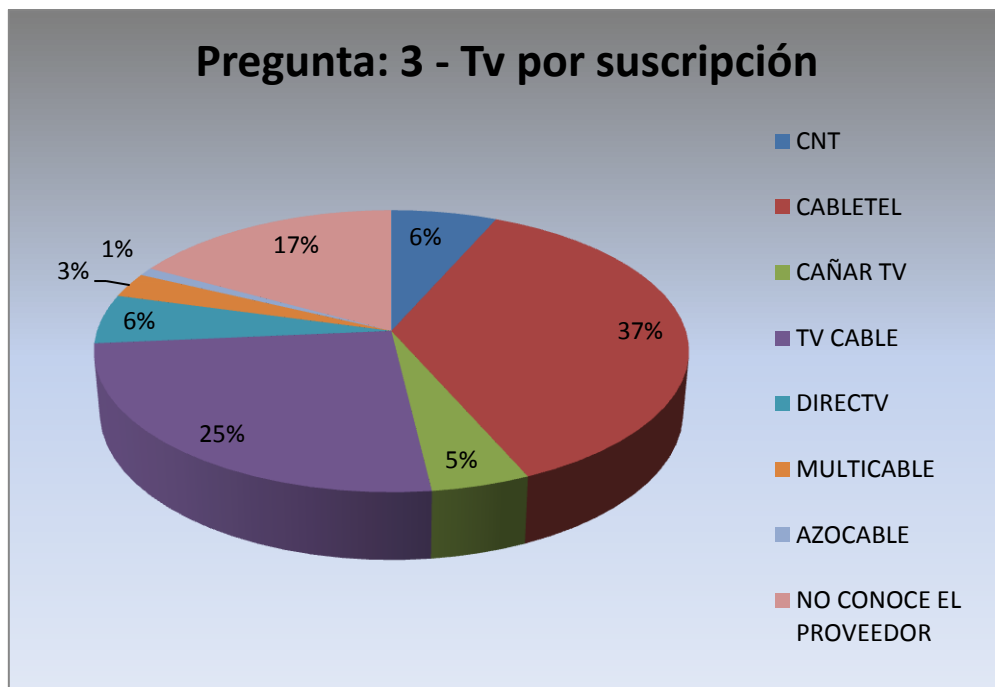
3. Proveedor del servicio, plan contratado y precio.



	CNT	CABLETEL	SEAUTE	MOVISTAR	CAÑAR TV	NO CONOCE EL PROVEEDOR
INTERNET	117	14	2	3	2	64

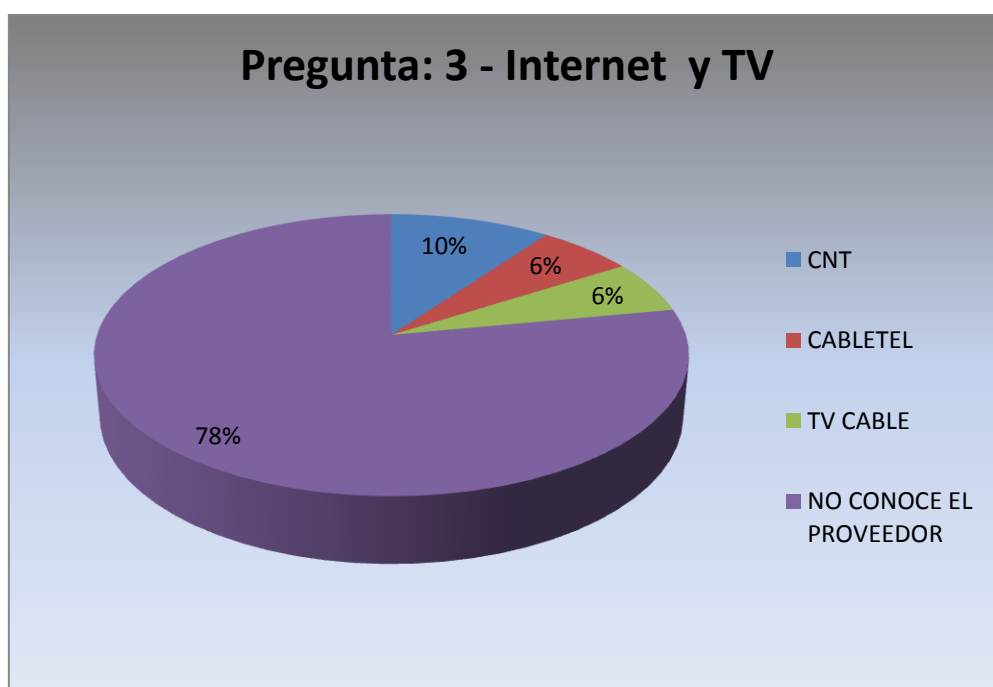
El 58% de usuarios encuestados que cuentan con servicio de internet, pertenecen a la CNT, por lo que se evidencia de que, en el sector que comprende el área de estudio, existe un alto porcentaje de clientes con servicio de internet.

Se puede notar además que un 32% de usuarios que cuentan con este servicio, no conocen quien es su proveedor, por lo que se puede pensar que no están identificados con determinada empresa y que su interés es el servicio propiamente.



	CNT	CABLETEL	CAÑAR TV	TV CABLE	DIRECTV	MULTICABLE	AZOCABLE	NO CONOCE EL PROVEEDOR
TV	7	39	5	27	6	3	1	18

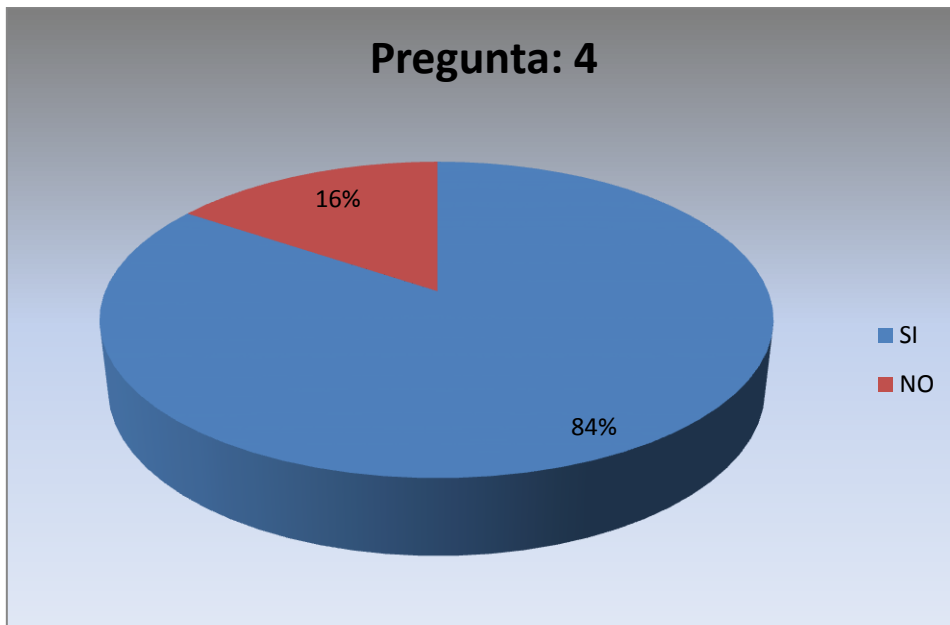
Entre los usuarios que cuentan solamente con servicio de TV por suscripción, se puede observar que en su mayoría son de empresas de televisión por cable, que no cuentan con planes de canales de pago por evento, tv bajo demanda, canales HD, etc. Solamente el 12% de usuarios cuentan con IPTv o TV satelital lo que muestra que el área de estudio este servicio no es muy utilizado, debido a que existen varias empresas de televisión por cable que tienen planes muy económicos.



	CNT	CABLETEL	TV CABLE	NO CONOCE EL PROVEEDOR
INTERNET Y TV	5	3	3	39

Un pequeño porcentaje de encuestados cuenta con el servicio de internet y tv por lo que se puede considerar que en el área de estudio existe la posibilidad de ofertar el servicio triple play, puesto que es un servicio que ha incrementado su demanda y aún no está cubierto en un número importante de usuarios.

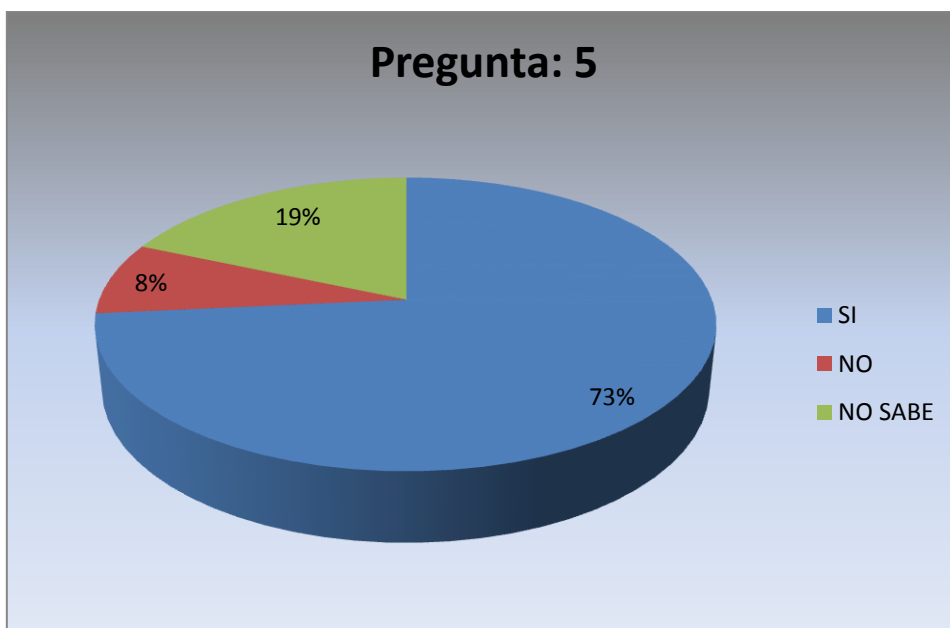
4. En caso de no contar con servicio de internet, ¿le gustaría tener?



SI	38
NO	7

De las personas encuestadas que no cuentan con el servicio de internet, el 84% manifiesta que estarían interesadas en contar con el servicio.

5. ¿Le gustaría tener internet, telefonía y tv con un solo proveedor?



SI	294
NO	32
NO SABE	74

El 73% de los encuestados respondieron de manera afirmativa en el caso de poder contar con un proveedor para los diferentes servicios como son: voz, video y tv.

Luego de la tabulación e interpretación de los resultados de las encuestas se concluye lo siguiente:

- La CNT es la empresa que tiene la mayor cantidad de clientes de telefonía fija en la ciudad de Azogues, y en los resultados de las encuestas esta situación es evidente. Esto es una ventaja pues se puede ofertar el servicio triple play a los clientes.
- El mayor porcentaje de encuestados tienen: sólo internet, tv ó no cuentan con el servicio; por lo que se podría ofertar el triple play considerando que no es muy utilizado.
- En el área de estudio la CNT tiene un número importante de clientes de internet.
- La mayoría de clientes de tv, no cuentan con televisión codificada satelital.
- El número de clientes que tienen internet y tv codificada satelital es pequeño.
- Las personas que no tienen internet si desean el servicio.
- De los encuestados la mayoría desearían tener un servicio triple play con un solo proveedor.

Adicionalmente se considera la siguiente información:

El incremento de usuarios de internet en la Provincia del Cañar según datos proporcionados por la CNT se presenta en la tabla 3.9:

MES	AÑO	NRO. CLIENTES
Enero	2011	1791
Enero	2012	5200
Enero	2013	7557
Enero	2014	9658
Enero	2015	11066

Tabla 3.9. Incremento de usuarios de internet-CNT en la provincia del Cañar
Fuente: CNT

De acuerdo a los datos presentados se establece una proyección a través de una regresión lineal con un nivel de confianza del 0,9755%.

La tabla 3.10 muestra una proyección de usuarios a 5 años, hasta el año 2020 para la provincia del Cañar.

AÑO	NRO. CLIENTES
2016	13957
2017	16258
2018	18558
2019	20859
2020	23160

Tabla 3.10. Proyección de usuarios de internet-CNT en la provincia del Cañar
Fuente: El Autor

El incremento de usuarios de TV en la Provincia del Cañar según datos proporcionados por la CNT se presenta en la tabla 3.11:

MES	AÑO	NRO. CLIENTES
Enero	2012	21
Enero	2013	530
Enero	2014	1211
Enero	2015	1903

Tabla 3.11. Incremento de usuarios de TV-CNT en la provincia del Cañar
Fuente: CNT

De acuerdo a los datos presentados se establece una proyección a través de una regresión lineal con un nivel de confianza del 0,9952%.

La tabla 3.12 muestra una proyección de usuarios a 5 años, hasta el año 2020 para la provincia del Cañar

AÑO	NRO. CLIENTES
2016	2498
2017	3131
2018	3763
2019	4396
2020	5029

Tabla 3.12. Proyección de usuarios de TV-CNT en la provincia del Cañar
Fuente: El Autor

En relación a la información presentada se tendría las siguientes tasas de crecimiento que se muestran en la tabla 3.13.

SERVICIO	AÑOS				
	2016	2017	2018	2019	2020
Internet	26,12%	16,49	14,15	12,40	11,03
TV	31,27%	25,33%	20,21%	16,81%	14,39%

Tabla 3.13.
Tasas de crecimiento de usuarios de internet y TV en CNT para la provincia del Cañar
Fuente: El Autor

Debido a cambios que la empresa CNT ha experimentado en el sistema y políticas de confidencialidad establecidas en la misma, no fue posible obtener información de los servicios en la ciudad de Azogues, por este motivo se debió trabajar con datos provinciales. Es necesario considerar que de acuerdo a los datos del INEC, en el censo 2010 la provincia del Cañar tiene una población de 225184 habitantes, el Cantón Azogues tiene una población de 70064 habitantes y la zona urbana de Azogues (Área de estudio) 27866 habitantes.

Por lo que la población que se encuentra en el área de estudio representa un 12,37% de la población de la provincia.

Considerando todos estos datos es posible establecer una relación para la estimación de posibles usuarios en el área de estudio. La tabla 3.14 muestra la proyección de usuarios de internet para el área de estudio.

Año	Nro. de Clientes
2016	1726
2017	2011
2018	2296
2019	2580
2020	2865

Tabla 3.14. Proyección de usuarios de internet en el área de estudio
Fuente: El Autor

La tabla 3.15 muestra la proyección de usuarios de Tv para el área de estudio.

Año	Nro. de Clientes
2016	309
2017	387
2018	466
2019	544
2020	622

Tabla 3.15. Proyección de usuarios de Tv en el área de estudio
Fuente: El Autor

De acuerdo a la tendencia de esta información histórica, el número de usuarios proyectados para el servicio de Internet que podrían utilizar los servicios Triple Play en el área de estudio es de 2865 usuarios.

No se considera los datos de los usuarios de TV porque en contraste con la información obtenida en las encuestas, se muestra una realidad muy marcada en la ciudad de Azogues respecto a este servicio. Por lo antes mencionado se

proyecta los 2865 clientes, lo que corresponde al 90,43% de los usuarios que se pueden cubrir en el diseño propuesto.

4.4. Análisis de requerimientos

Se solicitó al departamento de Avalúos y Catastros del Municipio de Azogues el plano digitalizado de la ciudad con información de las calles, edificaciones y predios en el área de estudio.

El Gráfico 3.3 muestra una parte del plano mencionado

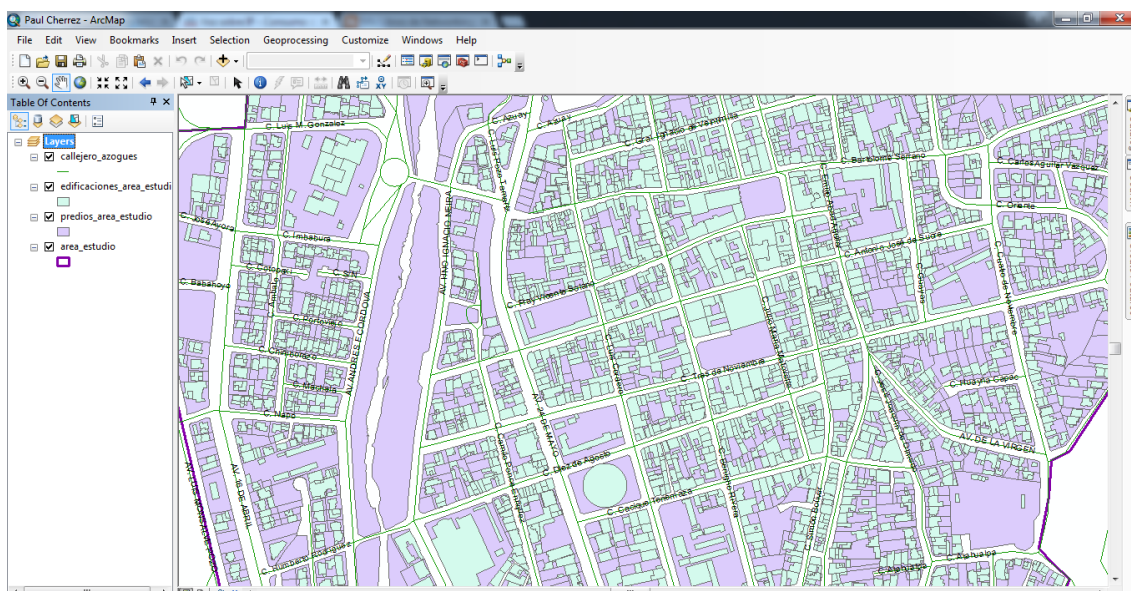


Gráfico 3.3. Plan del área de estudio⁴⁰

El Departamento de Planificación del Municipio de Azogues proporcionó información relevante a tomar en consideración, en relación a la Ordenanza sustitutiva de conservación y ocupación de espacios públicos. De acuerdo a esta normativa en el área de estudio el tendido de la fibra tiene que ser subterráneo.

De igual manera se contó con el plano de la portería de Azogues proporcionado por la Empresa Eléctrica, para ser utilizada en la red secundaria,

⁴⁰ Departamento de Avalúos y Catastros del Municipio de Azogues

tomando en consideración que la red primaria debe ser canalizada en su totalidad.

CAPÍTULO IV

REDISEÑO DE LA RED DE ACCESO CNT - AZOGUES

En la actualidad la red de acceso de la CNT en la ciudad de Azogues presenta una infraestructura de cobre en su mayor parte con algunos enlaces de fibra óptica, este proyecto plantea el rediseño de esta red existente con elementos pasivos GPON y con una tecnología FTTH para la oferta de servicios TRIPLE PLAY.

Para el dimensionamiento de la red se ha considerado como clientes potenciales aquellos que ya cuentan con el servicio de internet de la CNT, además de un análisis de la demanda realizada en el capítulo anterior que permita proyectar un número de usuarios adicionales al número inicial, de esta manera se podrá cubrir con el nuevo servicio a todos los clientes actuales y proyectados. Los criterios de diseño están fundamentados en recomendaciones y estándares de organismos internacionales así como en las normativas de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones.

El objetivo de este proyecto es rediseñar la parte de acceso de la red de CNT en el centro de Azogues, para mejorar el servicio a los clientes con un mayor ancho de banda, para esto se han tomado todas las consideraciones necesarias que permitan el cumplimiento del objetivo planteado.

4.1. Tipo de red PON para el diseño

El presente diseño pretende proveer a los clientes los servicios de voz, datos y video, para lo cual es necesario utilizar un medio de transmisión que soporte un gran ancho de banda, que garantice altas velocidades de transmisión, fidelidad

y confiabilidad de la comunicación, por este motivo se utilizará fibra óptica como medio de transmisión.

La tecnología de acceso FTTX más atractiva en cuanto a su capacidad es FTTH, con la cual, la fibra llega hasta el hogar del cliente y se logra tener un canal con un ancho de banda superior y mayor velocidad, puesto que no comparte recursos con otros usuarios.

En este proyecto se ha determinado el uso de una red de acceso pasiva, que elimina los componentes activos de la red y trae consigo algunas ventajas.

Como se pudo observar en la tabla 2.10 del capítulo dos, luego de analizar las características de las redes ópticas pasivas GPON y EPON se decide optar por la red GPON tomando en consideración los siguientes aspectos:

- GPON ofrece mejores capacidades de transmisión y una cobertura a mayor distancia que EPON, con lo que se puede cubrir un área mayor.
- Admite un mayor nivel de división, lo que permite dotar de servicio a más clientes pensando en el crecimiento y futura demanda.
- El método de encapsulación de GPON permite soportar servicios Ethernet, TDM (*Time Division Multiplexing*), ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), etc. Lo que permite que la CNT pueda seguir brindando sus servicios tradicionales (como ADSL) sin necesidad de cambiar los equipos del lado del cliente. De esta manera es posible lograr un cambio progresivo de los usuarios a la nueva tecnología.
- Ofrece tasas de transmisión asimétrica con alta velocidad en el canal descendente. Para el estudio representa una ventaja importante, puesto que alcanza una mayor velocidad en el canal descendente en comparación con la otra tecnología, considerando que los requerimientos de velocidad

por parte de los usuarios el canal descendente son mayores para el acceso en los diferentes servicios, lo que garantiza un mejor funcionamiento acorde a las necesidades actuales.

- GPON permite transmitir señales de video IP (IPTv) y a diferencia de EPON señales RF, lo que es importante para poder mantener el servicio de televisión satelital y la posibilidad de implementar el servicio de TV por internet.

Por lo descrito anteriormente se utilizará la tecnología GPON en este diseño.

4.2. Sector seleccionado para el diseño

Actualmente la CNT gestiona la distribución de sus usuarios por distritos, de los cuales se han considerado los que se encuentran dentro del área de estudio.

Para una mejor distribución CNT debe considerar la zonificación para Azogues realizada por el INEC en el censo 2010, éste ubica la población en zonas censales como se muestra en el gráfico 4.1.

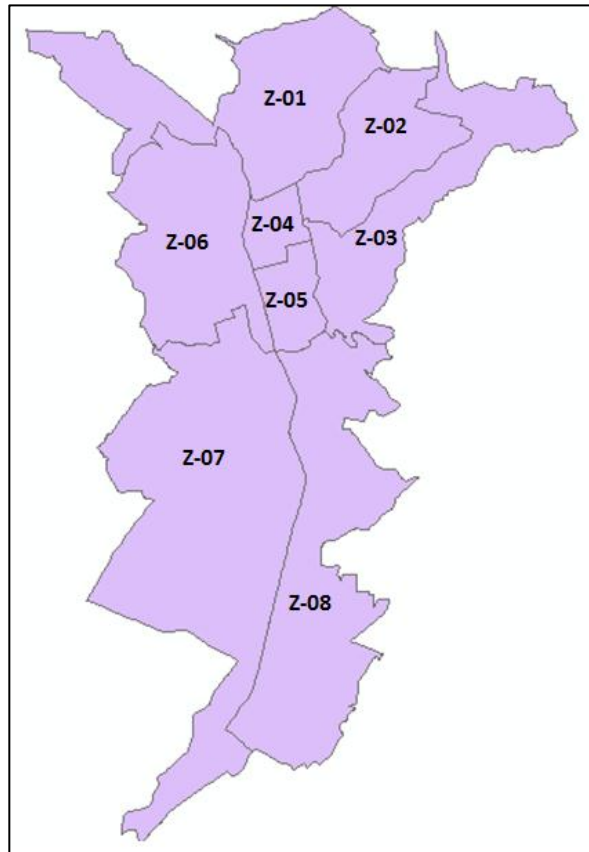


Gráfico 4.1
Distribución de la población de Azogues (por zonas censales) ⁴¹

En el centro de la ciudad de Azogues las zonas que están en el área de estudio son: la zona 4 y 5 principalmente y partes pequeñas de las zonas: 2, 3, 6 y 7.

El gráfico 4.2 muestra el área de estudio respecto a la distribución por zonas censales.

⁴¹ INEC. (2010). Instituto Nacional de estadística y censos. Recuperado el 10/14, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>

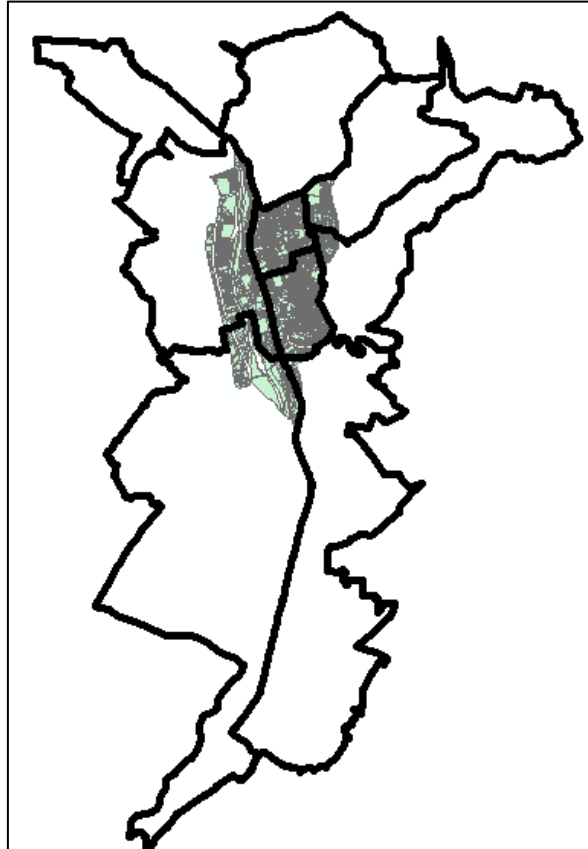


Gráfico 4.2
Área de estudio en las zonas censales – fuente (el autor)

4.3. Componentes de la red de acceso

La red de acceso GPON consiste principalmente de un Terminal de Línea Óptico (OLT, *Optical Line Terminal*) situado en una Oficina Central (CO, *Central Office*) interconectado por una Red de Distribución Óptica (ODN, *Optical Distribution Network*) a un nodo o un Terminal de Red Óptico (ONT, *Optical Network Terminator*).

El protocolo para este diseño está estandarizado en la recomendación G.984.1 de la ITU-T (*International Telecommunication Union*) que se encuentra en vigencia.

Dentro de la recomendación se toman en consideración algunos aspectos importantes:

- GPON identifica dos combinaciones de velocidad de la transmisión de la siguiente manera:

1.2 Gbps *upstream*, 2.4 Gbps *downstream*

2.4 Gbps *upstream*, 2.4 Gbps *downstream*

- La distancia máxima entre una OLT y una ONT en GPON es de 20 Km.
- El retardo de transmisión óptica en la fibra es aproximadamente de 5 ns/m.
El sistema GPON debe tener un tiempo de retardo de transferencia de señal media máxima de menos de 1.5 ms entre dos puntos de referencia para las aplicaciones FTTH. Esto se estipula en la recomendación ITU-T G.982. en la cláusula 12.

Este valor permite cumplir con una de las funciones de gestión de calidad en la transmisión. Se determina un valor preciso calculando el promedio de los valores de retardo de ida y vuelta en los canales ascendente y descendente entre los puntos de referencia y luego dividiendo por dos.

- La división puede ser de hasta 1:64 y es realista para la capa física, dada la tecnología actual. Sin embargo, anticipando la continua evolución de los módulos ópticos, se puede considerar relaciones de división de hasta 1:128.
- Utiliza tres longitudes de onda para separar los diferentes tipos de señal. Estas tres longitudes de onda se combinan en un multiplexor WDM.
 - 1310 nm para voz y datos desde la ONT a la OLT.
 - 1490 nm para voz y datos desde la OLT a la ONT.
 - 1550 nm para señales analógicas y digitales.

4.3.1. OLT

La OLT (Terminal de Línea Óptica) es el equipo que interconecta la red ODN con la red MPLS de la CNT, a través de puertos *uplink*, que en un principio tendrán una capacidad de 1 Gbps.

La OLT es la encargada de gestionar, sincronizar y administrar el tráfico que viene desde las ONTs en modo TDMA, en ráfagas de tráfico sincronizado que permite compartir el canal de retorno por varias ONTs (hasta 64).

En este diseño se ubicará la OLT en la oficina central de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones (CNT), para facilitar la operación y mantenimiento. La oficina central de la CNT está ubicada en las calles Simón Bolívar y Bartolomé Serrano como se puede observar en el gráfico 4.3.



Gráfico 4.3
Ubicación de la OLT (Oficina Central CNT) – fuente (el autor)

En la actualidad CNT tiene 2555 usuarios de internet en los armarios que se encuentran en el área de estudio, tomando en consideración la proyección de usuarios a 5 años determinada en el capítulo tres, se necesita una OLT que preste un servicio para 2865 usuarios. Para esto se utilizará una OLT con las siguientes características técnicas:

- Un puerto Gigabit Ethernet para interconectar la ODN con la red MPLS de la CNT.
- Soporte de ancho de banda recomendado en el estándar G.984.1 de la ITU-T. Esto es 1.2 Gbps en *upstream* y 2.4 Gbps *downstream*.
- Capacidad de transmisión en longitudes de onda de 1310 nm, 1490 nm y 1550 nm.
- Relación de división 1:32.

Los splitters permiten una mejor expansión de la red, sin embargo, introducen altos niveles de atenuación.

Considerando la canalización del Feeder en la ciudad que se extiende por el área de estudio de una forma lineal, se determina un solo nivel de splitteo. Con esta relación de división, es posible cubrir completamente la demanda establecida y facilita la expansión de la red

- 13 tarjetas de servicio con 8 puertos PON cada una. Cada puerto PON con un nivel de splitteo 1:32, podrán tener 256 usuarios por tarjeta.

Las 13 tarjetas permiten brindar el servicio para 3328 usuarios, de esta manera se ocupará el 86,08% de la capacidad de la OLT cubriendo los 2865 usuarios calculados.

- Multiplexor WDM para el trabajo con las 3 longitudes de onda para los servicios *Triple Play*.

4.3.2. ONT

Es el dispositivo de abonado, interconectado a la ODN, para servicios de interfaz con el cliente. La tecnología de acceso para el diseño propuesto es FTTH, por lo que es necesario colocar una ONT en cada uno de los predios que utilizarán el servicio.

Este equipo deberá cumplir con las siguientes características técnicas:

- Un puerto óptico para los servicios de internet y TV.
- Fuente de alimentación a 110V/220V
- Puertos Ethernet para la conexión de dispositivos en el hogar del cliente (los módems que se utilizan en la actualidad con ADSL tienen 4 puertos).
- Interfaz telefónica con conector RJ11 para el servicio de VoIP.
- Un puerto RF para la señal de video. Esto es necesario para dotar el mismo servicio de tv pero sobre una nueva infraestructura, con la posibilidad del cambio futuro a IPTv.

De preferencia el equipo debería ser de la misma marca que la OLT para evitar problemas de compatibilidad.

4.3.3. Splitter

Los *splitters* son elementos ópticos pasivos que a través de una o dos entradas, replican por sus salidas, la señal óptica que ingresa, introduciendo niveles de atenuación que se incrementan a medida que la cantidad de puertos de salida aumenta.

En este diseño se ha determinado utilizar un nivel de splitteo con una relación de división 1:32 para cubrir la demanda de los usuarios que actualmente cuentan con el servicio de internet y los usuarios proyectados. Los criterios considerados son:

- La relación división/eficiencia de desarrollo, ya que al aumentar más niveles de división aumentan las pérdidas.
- Con la relación de división establecida se puede cubrir el servicio para 3168 usuarios calculados sin ocupar el 100% de la capacidad de la OLT.
- La distancia de los usuarios ubicados en el área de estudio no es considerable, así que no se necesita contar con más niveles de splitteo para cubrir mayores distancias.
- Los splitters serán colocados en cascada (uno o más *splitters* en los armarios), ya que esto genera menor costo de despliegue para los abonados y permite cubrir el servicio para los varios usuarios.

Los *splitters* pueden colocarse en armarios ubicados estratégicamente (*Outdoor Cabinet*). También se pueden ubicar en cuartos de telecomunicaciones existentes en las cercanías del usuario (*Basement*).

En este diseño se colocarán los *splitters* en armarios (*Outdoor Cabinet*), para de esta manera facilitar la expansión de la red a muchos más usuarios.

Los distritos de la CNT, que están dentro del área de estudio son: D01, D02, D03, D04, D05, D06, D07, D10, D13, D14, D18, D21, D23 y D28. Se consideró los clientes de estos distritos para ser cubiertos por la nueva red de datos.

La tabla 4.1 presenta los distritos en el área de estudio y el número de clientes que cuentan con servicio de internet en la actualidad de acuerdo a la información de los armarios proporcionada por la CNT.

DISTRITO	USUARIOS INTERNET	DISTRITO	USUARIOS INTERNET
D01	180	D10	216
D02	199	D13	295
D03	196	D14	168
D04	175	D18	141
D05	259	D21	133
D06	192	D23	137
D07	198	D28	66

Tabla 4.1
Número de clientes en el área de estudios – fuente: CNT

Para establecer la ubicación de los armarios se toma en consideración el número de clientes actuales y la zonificación poblacional realizada por el INEC. También es importante considerar la distribución del Feeder (red primaria) en las diferentes zonas.

La CNT ha realizado el levantamiento de los pozos para determinar su estado y convergencias, de esta manera la distribución de la red primaria es canalizada en su totalidad.

En el gráfico 4.4 se muestra el tendido del feeder cuyo punto de partida es en la central de la CNT en las calles Simón Bolívar y Bartolomé Serrano y donde se extiende por el área de estudio.

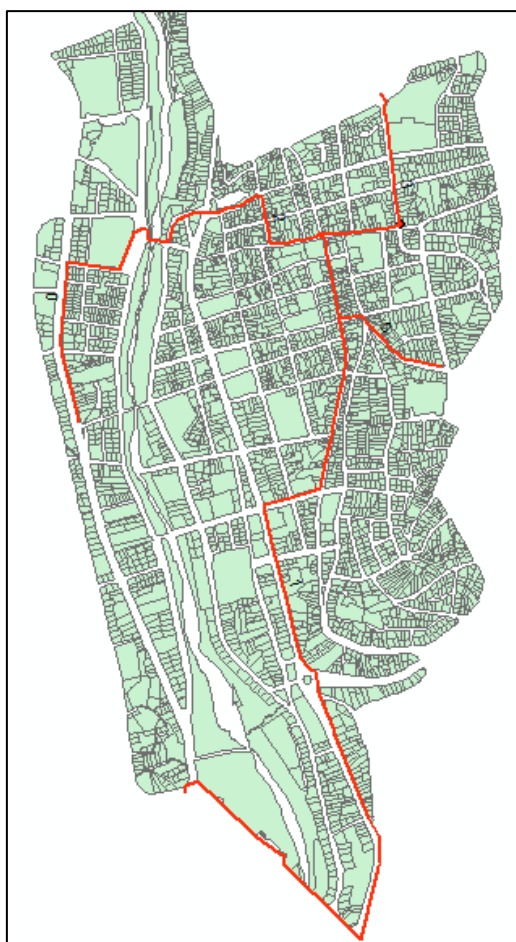


Gráfico 4.4 Distribución del Feeder (red primaria). Fuente: El autor

A continuación la tabla 4.2 muestra el número de usuarios a cubrir por cada zona en el centro de la ciudad y el número de armarios necesarios.

ZONA	CLIENTES ACTUALES	ARMARIOS	TOTAL DE CLIENTES A CUBRIR POR ZONA
ZONA – 02	554	2	576
ZONA – 04	745	3	864
ZONA – 05 y 03	696	3	864
ZONA – 06	423	2	576
ZONA – 07 y 08	137	1	288
TOTALES	2555	11	3168

Tabla 4.2
Número de armarios a utilizar y clientes - fuente (el autor)

Para cubrir los 2865 usuarios en la nueva red, se determina la colocación de 9 splitters en cada armario (con lo que se podrá brindar el servicio a 288 usuarios por armario) y un total de 11 armarios en el área de estudio. Con esto se puede cubrir un total de 3168 usuarios, cantidad que está por encima de la necesidad establecida.

El gráfico 4.5 muestra la distribución de los 11 armarios con relación al Feeder.

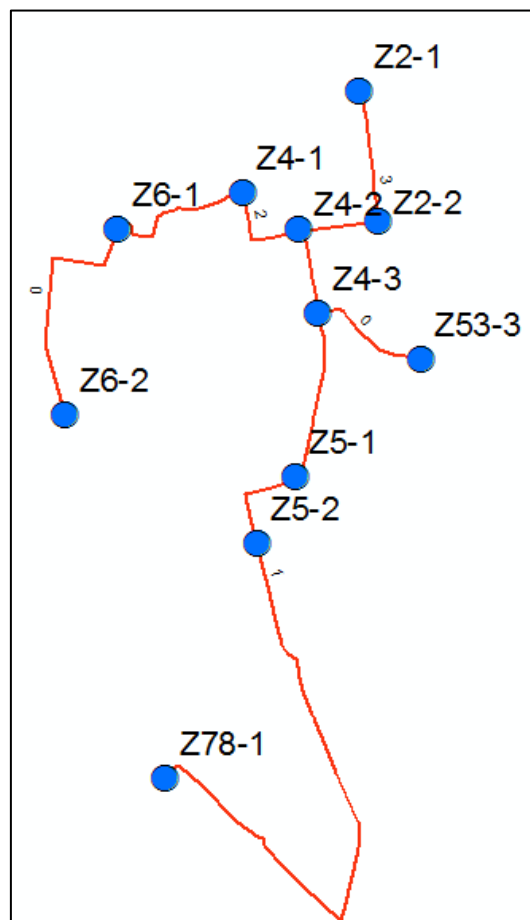


Gráfico 4.5. Distribución Armarios. Fuente: El Autor

El gráfico 4.6 muestra la distribución de los armarios en el área de estudio.

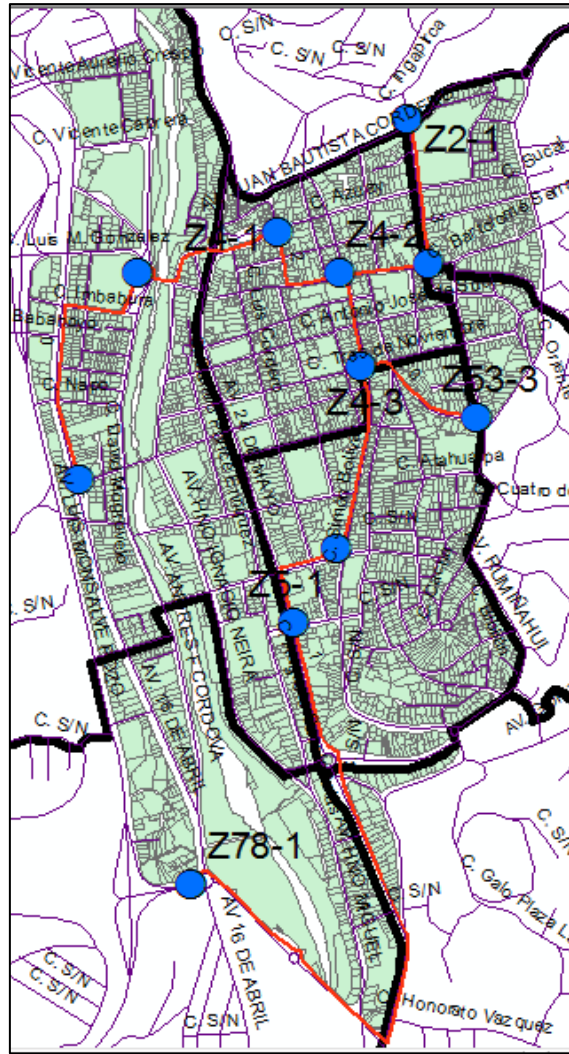


Gráfico 4.6
Distribución Armarios en el área de estudio. Fuente: El Autor

De acuerdo a las zonas poblacionales se establece el número de armarios necesarios. La tabla 4.3 detalla la ubicación de los armarios y las distancias que la fibra deberá recorrer desde la OLT.

ZONA/ ARMARIO	UBICACIÓN	NÚMERO DE SPLITTERS	NIVEL DE SPLITTEO	DISTANCIA DESDE LA OLT (m)
Z2/1	Oriente y Av. Juan Bautista Cordero	9	1:32	528,62
Z2/2	Oriente y Barlotomé Serrano	9	1:32	200,47
Z4/1	Benigno Malo y Azuay	9	1:32	241,38
Z4/2	Simón Bolívar y Bartolomé Serrano	9	1:32	10,6
Z4/3	Simón Bolívar y 3 de Noviembre	9	1:32	215,74
Z5/1	Simón Bolívar y Av. Aurelio Jaramillo	9	1:32	675,13
Z5/2	Av. 24 de Mayo y Samuel Abad	9	1:32	944,2

Z5Y3/3	Av. de la Virgen y 4 de Noviembre	9	1:32	524,11
Z6/1	Luis M González (frente al hospital HCC)	9	1:32	629.64
Z6/2	Av. 16 de Abril y Humberto Rodríguez	9	1:32	564,27
Z7Y8/1	Av. Ernesto Che Guevara y Av. 16 de Abril	9	1:32	1625,99

Tabla 4.3
Ubicación de los armarios y distancia a la OLT (el autor)

4.3.4. Cable de fibra óptica

Es necesario establecer el tipo de fibra que satisfaga las necesidades del enlace para lo cual se realiza un análisis de las diferentes opciones.

En función de su modo de propagación las fibras se clasifican en: monomodo y multimodo. Para este diseño se utilizará una fibra monomodo, debido a sus mejores prestaciones en comparación con las fibras multimodo analizadas en el capítulo dos:

- Mayor ancho de banda y mayores alcances de transmisión.
- Las fibras ópticas monomodo son más utilizadas en las redes ópticas, puesto que pueden trabajar en un rango de longitudes de onda de 1310nm a 1550nm.

En las redes ópticas las fibras monomodo que se utilizan para interconectar las centrales con los nodos, se describen en las recomendaciones G.652, G.653, G.654 y G.655. En el capítulo dos, se analizan estas recomendaciones, en la tabla 4.4 se extrae un resumen de las características de cada una.

Atributo	Dato	G.652	G.653	G.654	G.655
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm	1310-1550 nm	1550 nm	1550 nm
	Gama de valores nominales	8.6-9.5 μm	7,8-8,5 μm	9,5-10,5 μm	8-11 μm
	Tolerancia	$\pm 0,7 \mu\text{m}$	$\pm 0,8 \mu\text{m}$	$\pm 0,7 \mu\text{m}$	$\pm 7,0 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125.0 μm	125 μm	125 μm	125 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$	$\pm 1 \mu\text{m}$	$\pm 1 \mu\text{m}$	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,8 μm	0,8 μm	0,8 μm	0,8 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm	1270 nm	1530 nm	1480 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	37,5 mm	37,5 mm	37,5 mm	37,5 mm
	Número de vueltas	100	100	100	100
	Máximo a 1550 nm	0,50 dB	0,50 dB	0,50 dB	0,50 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0.69 GPa	0.69 GPa	0.69 GPa	0.69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm	1500 nm		1530 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm	1600 nm		1565 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.093 ps/nm ² *Km	0,085 ps/(nm ² *Km)		
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm	0,5 dB/km			
	Máximo a 1550 nm	0,4 dB/km	0,35 dB/km	0,22 dB/km	0,35 dB/km

Tabla 4.4. Resumen (G.652, G.653, G.654, G.655) – El Autor

Para este trabajo se opta por la recomendación G.652 por lo siguiente:

- Permite una longitud de onda de corte menor que las demás
- Está optimizado para el uso en la región de la longitud de onda de 1310nm, además de poder utilizarse en la región de la longitud de onda de 1550nm.

- Presenta valores de coeficiente de dispersión cromática menores a los de las otras recomendaciones comparadas.
- El coeficiente de atenuación máximo a 1550nm es el menor en relación a los demás.
- Las categorías: G653, G654 y G655 son utilizadas en redes de *backbone*.

En la recomendación G.652 se describen 4 subcategorías: G652A, G652B, G652C, G652D analizadas en el capítulo dos.

En la tabla 4.5 se muestran los principales atributos de los cables antes mencionados en relación al Coeficiente de Atenuación y el coeficiente PMD.

Atenuación	G.652.A	G.652.B	G.652.C	G.652.D
Máximo a 1310 nm	0,5 dB/Km	0,4 dB/Km	0,4 dB/Km	0,4 dB/Km
Máximo a 1383 nm			0,4 dB/Km	0,4 dB/Km
Máximo a 1490 nm			0,4 dB/Km	0,4 dB/Km
Máximo a 1550 nm	0,4 dB/Km	0,35 dB/Km	0,3 dB/Km	0,3 dB/Km
Máximo a 1625 nm		0,4 dB/Km	0,4 dB/Km	0,4 dB/Km
Máximo PMD _Q	0,5 ps/ \sqrt{km}	0,20 ps/ \sqrt{km}	0,5 ps/ \sqrt{km}	0,20 ps/ \sqrt{km}

Tabla 4.5
Subcategorías de la fibra G652

La tabla 4.6 muestra los valores típicos en relación a los parámetros considerados.

Coeficiente de Atenuación	Longitud de onda	Valor Típico
	1260 nm – 1360 nm	0,50 dB/km
	1530 nm – 1565 nm	0,275 dB/km
	1565 nm – 1625 nm	0,35 dB/km
Máximo PMD _Q	Longitud del enlace (km)	Canal
0,5	400	10 Gbps
	40	10 Gbps
	2	40 Gbps
0,20	3000	10 Gbps
	80	40 Gbps

Tabla 4.6
Valores típicos de atenuación y coeficiente PMD_Q.⁴²

⁴² International Telecommunication Union ITU-T. (2009, Noviembre) G.652.

En concordancia lo anteriormente detallado se selecciona el cable de fibra monomodo G.652.D, por algunas consideraciones:

- Su atenuación máxima en longitudes de onda de 1310nm y 1550nm es menor que en las otras categorías.
- Las subcategorías G652 C y D son fibras del tipo ZWP (*Zero Water Peak*). Evitan toda posible fuente de agua y los picos de atenuación se eliminan casi en su totalidad por lo que su capacidad aumenta en un 33%.
Estas fibras no presentan el pico de atenuación cerca de 1470nm, lo que posibilita disponer de un mayor ancho de banda.
- La longitud de alcance y velocidad del enlace es mucho mayor que las otras para alcanzar el máximo PMD (dispersión por modo de polarización).

Para el tendido del cableado es necesario considerar la reglamentación indicada por el Departamento de Planificación del Municipio de Azogues. Según la **Ordenanza Sustitutiva de Conservación y Ocupación de los Espacios Públicos**, en el Capítulo II: De los espacios públicos en el Cantón Azogues; Sección I: De la ocupación del Espacio Público; Artículo 6. Para el permiso y ocupación del espacio público se analizan diferentes factores que obedecen a una factibilidad técnica y ambiental, y del impacto urbano de la construcción propuesta.

Dentro de este último aspecto es necesario puntualizar que en el área de estudio no se pueden realizar tendidos aéreos por lo que se deberá realizar un tendido subterráneo para el *Feeder* por los pozos disponibles de la empresa CNT. En este caso también se considerará el Artículo 29 literales b y c, que tienen que ver con las autorizaciones para el tendido del cableado.

Para el tendido del feeder se utilizará un cable canalizado G.652.D.

4.4. Capacidad

En concordancia a las recomendaciones de la ITU-T sobre la velocidad de transmisión en redes GPON y a las necesidades de este proyecto establecidas en el capítulo II (es decir 14Mbps), se establece tasas de transmisión de:

1.2 Gbps *Upstream*

2.4 Gbps *Downstream*

Con este ancho de banda y un nivel de *splitteo* de 1 a 32, cada usuario tendría una capacidad de:

38 Mbps *Upstream*

76 Mbps *Downstream*

Con las capacidades detalladas se puede observar que si para garantizar el funcionamiento de los servicios Triple Play en el peor de los casos (un plan corporativo) es necesario como mínimo:

- 12 Mbps para Televisión de alta definición HD
- 128 Kbps para Telefonía Fija y
- 3 Mbps para Internet de banda ancha

Las capacidades en los canales *Upstream* y *Downstream* proporcionan un ancho de banda adecuado para las necesidades de transmisión de los servicios triple play, lo que demuestra la factibilidad técnica del proyecto.

4.5. Área a ser cubierta por la red

El área definida para este estudio comprende la zona urbana del centro de la ciudad de Azogues que tiene una extensión de 123 Km², es necesario puntualizar, que en como se muestra en la tabla 4.3, el armario más lejano de la OLT se encuentra a 1625,99 metros (1,625 Km), por lo que los usuarios

actuales o proyectados están en el rango de los 20 km de distancia con respecto a la OLT que establece el estándar.

4.6. Cálculo de pérdidas

Es necesario calcular las pérdidas en los elementos de la red. En las recomendaciones de la ITU-T se sugiere tomar en cuenta un margen mínimo de pérdidas que no supere los 3dB. Para este diseño se considera los 3 dB (a este valor se lo denominará atenuación mínima Am)



Los demás parámetros considerados para el cálculo de las pérdidas son:

- **Pérdidas por los conectores (Pc):**

Se utilizará un total de 6 conectores: 2 en la conexión de la OLT con la ODF, 1 a la salida del *splitter*, 1 a la salida de la caja de distribución, 1 a la salida de la Roseta óptica y el último en la ONT.

De acuerdo con las normas de diseño de la ODN establecidas por la CNT, se recomienda que los conectores tengan una pérdida máxima de 0,5 dB. [9]

Existen varios conectores en el mercado, en la tabla 4.7 se muestra los principales tipos y las aplicaciones en las que son utilizados.

CONECTORES DE FIBRA ÓPTICA			
TIPO	MÁXIMA ATENUACIÓN	CONECTOR	APLICACIONES
FC	0,4 dB		- Conexiones de fibra monomodo - CATV - Sistemas de transmisión óptica
ST	0,5 dB		- Conexiones de fibra monomodo y multimodo. - Instalaciones Ethernet híbridas entre cables de pares y fibra óptica

SC	0,5 dB	 	- Común en instalaciones monomodo - Conmutadores Ethernet de tipo Gigabit.
LC	0,3 dB		- FTTX - CATV - Sistemas de transmisión óptica - Sistemas Gigabit, Ethernet, ATM, SONET.

Tabla 4.7. Tipos de conectores de fibra óptica ⁴³

En función de la tabla 4.7 se utilizarán conectores del tipo LC puesto que son adecuados para el servicio FTTX y su máxima atenuación es menor que las otras opciones

La máxima atenuación de los conectores LC es de 0,3 dB, por lo que se calcula:

Número de conectores =6 máxima atenuación= 0,3 dB

$P_c = 6 * 0,3 = 1,8 \text{ dB}$

- **Fusión ó empalmes (Pf)**

De acuerdo a las normas de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica establecidas por la CNT y determinadas como el resultado de las condiciones de ejecución y parámetros constructivos de los materiales, se establece que las pérdidas por fusión son de 0.3 dB por cada una. En el caso de este modelo, 3 fusiones entre el ODF y el splitter, 1 en la caja terminal y 1 en la roseta óptica. Esto es:

$P_f = 5 * 0.3 = 1.5 \text{ dB}$.

- **Pérdidas por los splitters (Ps):**

⁴³ Hyperline Cabling Systems. Hyperline Cabling Systems. [Online]

La atenuación que se produce en los *splitters* se da de acuerdo a los niveles de división, para este caso es 1:32, que corresponde a:

$P_s = 17,5$ dB.

- **Pérdidas ocasionadas por la fibra óptica (Pfo):**

Para el cálculo de pérdidas por la fibra, se debe considerar que la distancia máxima entre la OLT y ONT que es de 20 Km. Para esto se toma en cuenta: la distancia desde el ODF al armario y desde la caja terminal a la roseta (última milla). El cable de acometida desde la caja de distribución óptica debe ser de una longitud máxima de 300 metros en cable nuevo (de acuerdo a la normativa de la CNT para el diseño, construcción y fiscalización de la OND)

La fibra a ser utilizada en este diseño es la G.652D, como se puede observar en la tabla 3.5 esta fibra presenta los siguientes valores de atenuación:

Para 1310 nm: 0.4 dB/Km

Para 1490 nm: 0.4 dB/Km

Para 1550 nm: 0.3 dB/Km

El cliente más alejado de la OLT como se presenta en la tabla 4.3 está a 1625,99 metros (1,625 km):

Para 1310 nm: $P_{fo} = 0.4 \text{ dB/Km} * 1.625 \text{ km}$

$P_{fo} = 0.65 \text{ dB}$

Para 1490 nm: $P_{fo} = 0.4 \text{ dB/Km} * 1.625 \text{ km}$

$P_{fo} = 0.65 \text{ dB}$

Para 1550 nm: $P_{fo} = 0.3 \text{ dB/Km} * 1.625 \text{ km}$

$P_{fo} = 0.487 \text{ dB}$

Cliente más cercano de la OLT como se presenta en la tabla 4.3 está a 10,6 metros (0,0106 km):

Para 1310 nm: $P_{fo} = 0.4 \text{ dB/Km} * 0,0106 \text{ km}$

$P_{fo} = 0,004 \text{ dB}$

Para 1490 nm: $P_{fo} = 0.4 \text{ dB/Km} * 0,0106 \text{ km}$

$P_{fo} = 0,004 \text{ dB}$

Para 1550 nm: $P_{fo} = 0.3 \text{ dB/Km} * 0,0106 \text{ km}$

$P_{fo} = 0.003 \text{ dB}$

Con todas las consideraciones descritas, se calcula las pérdidas del enlace para el usuario más lejano de la siguiente manera:

Margen mínimo de pérdidas: A_m

Pérdidas por los conectores: P_c

Fusión o empalmes: P_f

Pérdidas por Splitters: P_s

Pérdidas por la fibra óptica: P_{fo}

- Para el enlace *upstream* (1310 nm):

$$TP = A_m + P_c + P_f + P_s + P_{fo}$$

$$TP = 3 \text{ dB} + 1.8 \text{ dB} + 1.5 \text{ dB} + 17.5 \text{ dB} + 0.65 \text{ dB}$$

$$\text{Total Pérdidas en el enlace} = 24.45 \text{ dB}$$

- Para el enlace *downstream* (1490 nm):

$$TP = A_m + P_c + P_f + P_s + P_{fo}$$

$$TP = 3 \text{ dB} + 1.8 \text{ dB} + 1.5 \text{ dB} + 17.5 \text{ dB} + 0.65 \text{ dB}$$

$$\text{Total Pérdidas en el enlace} = 24.45 \text{ dB}$$

- Para el enlace *downstream* video RF (1550 nm):

$$TP = A_m + P_c + P_f + P_s + P_{fo}$$

$$TP = 3 \text{ dB} + 1.8 \text{ dB} + 1.5 \text{ dB} + 17.5 \text{ dB} + 0.487$$

$$\text{Total Pérdidas en el enlace} = 24.287 \text{ dB}$$

Para garantizar el funcionamiento de la red la potencia máxima de del transmisor óptico (P_{tx}) menos el total de las pérdidas (TP) debe ser mayor o igual a la potencia mínima de sensibilidad de recepción del equipo (P_{rx}).

$$P_{tx} - TP \geq P_{rx}$$

Los rangos de atenuación para GPON en las recomendaciones de la ITU-T presentan diferentes clases de redes ópticas pasivas.

La tabla 4.8 muestra las clases de redes ópticas pasivas de acuerdo a su rango de atenuación:

CLASE	RANGO DE ATENUACIÓN
GPON CLASE A	5 – 20 dB
GPON CLASE B	10 – 25 dB
GPON CLASE C	15 – 30 dB
GPON CLASE B+	13 – 28 dB
GPON CLASE C+	17 – 32 dB

Tabla 4.8.
Rangos de atenuación para GPON. ⁴⁴

De acuerdo a los rangos de atenuación presentados la red de este diseño GPON será de clase B+.

La norma G.984.2 de la ITU-T en relación a los niveles de potencia óptica para el sistema a velocidades de 1.2 Gbps *upstream* y 2.4 Gbps *downstream*, establecen los siguientes umbrales en la OLT:

⁴⁴ International Telecommunication Union ITU-T. (2003, Marzo) G.984.2. [Online]. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2/es>

- Potencia Mínima de Emisión: +1,5 [dBm]
- Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm]
- Sensibilidad Mínima: -28 [dBm]
- Mínima sobrecarga: -8 [dBm]

Con los valores obtenidos en el cálculo de pérdidas y los valores de potencia especificados en la norma G.984.2 de la ITU-T, se realiza el cálculo de balance óptico para determinar si los equipos van a soportar la señal que se transmite en el sistema.

En este caso se considera el peor escenario, es decir el cálculo se realiza con la potencia mínima de transmisión.

- Para el enlace *upstream* (1310 nm):

$$P_{tx} - TP \geq Prx$$

$$1.5 - 24.45 = \mathbf{-22.95 \geq -28}$$

- Para el enlace *downstream* (1490 nm):

$$P_{tx} - TP \geq Prx$$

$$1.5 - 24.45 = \mathbf{-22.95 \geq -28}$$

- Para el enlace *downstream* (1550 nm):

$$P_{tx} - TP \geq Prx$$

$$1.5 - 24.287 = \mathbf{-22.787 \geq -28}$$

El cálculo realizado muestra que en el peor de los escenarios considerados para el enlace *upstream* y *downstream*, no se alcanza el umbral especificado en la norma, en consecuencia es posible implementar el diseño propuesto sin inconvenientes.

El presente diseño está basado en uno de los modelos para desplegar GPON establecido en la normativa de la empresa CNT. (El Modelo Masivos/Casas). En el gráfico 4.7 se muestra el diseño antes mencionado.

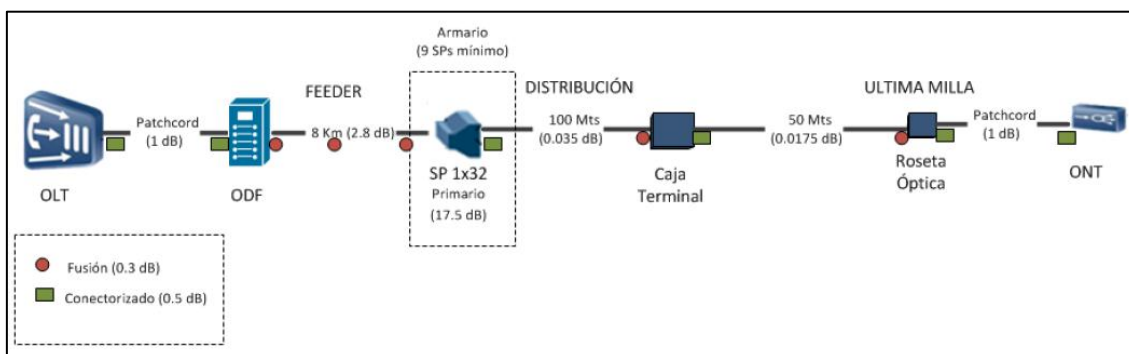


Gráfico 4.7
Modelo de diseño Masivos/Casas:⁴⁵

4.7. Selección de los equipos

Para la selección de los equipos se consideran dos marcas importantes a nivel mundial: Cisco y Huawei, la segunda tomando en cuenta que los equipos con los que actualmente trabaja la CNT son de esta marca.

4.7.1. Equipos OLT consultados

SmartAX MA5600T

Es el equipo de Huawei más completo y que se adapta a la realidad del proyecto. El gráfico 4.8 muestra el equipo.



Gráfico 4.8 – OLT MA5600T ⁴⁶

⁴⁵ Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT, "Normativa de diseño de la ODN," 2012.

Este equipo tiene una gran capacidad y permite la transmisión de voz básica, internet de alta velocidad y video fluido, con este equipo se puede reducir la inversión en la construcción de la red, así como, los costos de operación y mantenimiento.

Resumen de Características:

- La capacidad de conmutación de la placa base es de hasta 3,2 Gbps, y la capacidad de conmutación bidireccional de la tarjeta de control es de hasta 480 Gbps.
- Soporte para servicios Triple Play.
- Puerto RF
- Prestación de servicios IPTV de gran capacidad, con canales de 2, 4 y 8K.
- Soporte QoS.
- Soporta un gran ancho de banda. La tasa de transmisión de bajada es de hasta 2.488 Gbps, y la tasa de subida es de hasta 1.244 Gbps.
- La máxima distancia física entre la OLT y la ONT más lejana es de 20 kilómetros.
- Soporta alta relación de división. La tarjeta GPON de 8 puertos soporta una división de 1:128, lo que aumenta la capacidad de acceso y guarda los recursos de fibra óptica.
- Sensibilidad de recepción -28 dBm con una potencia de sobrecarga de -8 dBm.
- Potencia óptica de TX: 1.5 dBm a 5 dBm.
- Incorpora tarjetas GPON de 8 y 16
- Soporte de redes clase B+ y C+

- Soporte de estándar ITU-T G.984.1 – 4.

ME 4600 Series

Equipo de la marca Cisco que también se adapta a las necesidades del proyecto. El gráfico 4.9 muestra el equipo.



Gráfico 4.9 – OLT ME 4600 ⁴⁷

Este equipo puede soportar cualquier escenario FTTx, soporta la agregación de banda ancha residencial para la prestación de servicios multiplay sobre las redes de acceso de fibra óptica.

Resumen de Características:

- Diseñado para soportar miles de abonados desde una única OLT, ofrece múltiples modelos de implementación.
- Configuraciones de VLAN con calidad de servicio (QoS).
- Soporta una variedad de aplicaciones de vídeo de banda ancha, incluyendo superposición RF, IPTV y vídeo bajo demanda (VoD), con soporte para multidifusión IP (IGMPv2 / v3 y MLDv2).
- Soporta Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) Agente de retransmisión DHCP (opción 82 para IPv4 y opciones de DHCP para IPv6 18/37). Estas características mejoran y amplían la arquitectura de red IP de próxima generación Cisco (NGN) para el entorno residencial.

⁴⁷ <http://www.cisco.com/>

- Incorpora hasta 18 tarjetas GPON, hasta 128 ONTs por puerto PON
- La máxima distancia física entre la OLT y la ONT más lejana es de 20 kilómetros.
- Soporte de recomendación ITU-T G.984.x (GPON).

El equipo OLT seleccionado para esta red es el OLT SmartAX MA5600T de la marca Huawei, tomando en cuenta que cumple con las características más importantes para el funcionamiento de la red.

4.7.2. Equipos ONT consultados

HG8245 GPON

Es un *gateway* residencial de alta gama de la solución FTTH de Huawei. Mediante la utilización de la tecnología GPON, se ofrece acceso de banda ultra-ancha para usuarios residenciales y pequeñas empresas. Observar el gráfico 4.10.



Gráfico 4.10 – ONT HG8245 ⁴⁸

Proporciona dos puertos POTS, cuatro puertos Ethernet autoadaptables GE/FE y un puerto Wi-Fi.

Cuenta con capacidades de transmisión de alto rendimiento para garantizar una experiencia excelente con servicios de VoIP, Internet y video HD.

La tabla 4.9 muestra especificaciones del equipo:

⁴⁸ <http://www.huawei.com/>

Dimensiones	196mm x 174 mm * 34 mm
Puertos	2POTS + 4GE + 1 USB + 1 WIFI
Promedio de consumo	8W
Entorno operativo	Temperatura: 0°C ~+ 40°C Humedad: 5% - 95%, sin condensación
Fuente de alimentación	Entrada: 100-240 V AC, 50-60Hz Salida: 11-14 V DC, 2ª
Peso	Alrededor de 550g (incluido el adaptador)

Tabla 4.9 Especificaciones de ONT HG8245

Cisco ME 4600 Series ONTs

Es una muy buena opción para servicios GPON, compatible con servicios multiplay, soporta una variedad de aplicaciones de vídeo de banda ancha, incluyendo superposición RF, IPTV y vídeo bajo demanda (VoD). También es compatible con multidifusión IP (Protocolo de administración de grupos de Internet versiones 2 y 3 [IGMPv2 / v3] y *Multicast Listener Discovery Versión 2* [MLDv2]) e incluye *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP) características que mejoran y amplían la IP de próxima generación de red Cisco (NGN), la arquitectura al entorno residencial. El gráfico 4.11 muestra el equipo.



Gráfico 4.11 – ONT Cisco ME 4600

En la tabla 4.10 se pueden observar las especificaciones del equipo:

Dimensiones	210 x 210 x 40 mm
Puertos	RF + 2 USB + 2 RJ11
Entorno operativo	Temperatura: -5 a 45°C Humedad: 5% - 95%
Fuente de alimentación	Entrada: 90-230 V AC, 50-60Hz Salida: 12 V DC ($\pm 15\%$)

Tabla 4.10 Especificaciones de ONT Cisco ME 4600

El equipo HG8245 de marca Huawei cubre con los requerimientos necesarios, además de ser de la misma marca que la OLT seleccionada por lo que se considera utilizar este equipo para evitar dificultades de compatibilidad.

4.7.3. Splitters Consultados

Para determinar los Splitters se consideró la marca Huawei, ya que los equipos OLT y ONT son de la misma marca.

Splitter óptico descubierto SPL9103

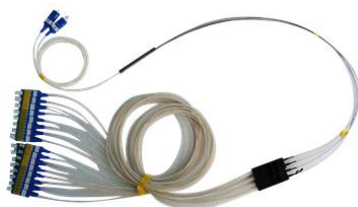


Gráfico 4.12 – SPL9103

Son de tamaño compacto y ofrece diferentes coeficientes de división, que abarcan desde N:2 hasta N:64 (N=1, 2).

Características:

- Conectores: SC/APC, SC/UPC, FC/UPC, LC/APC and LC/UPC
- Relación de división: N:2 ~ N:64 (N=1, 2)
- Longitud de 1.5m

- Alta calidad y baja pérdida por inserción.
- Temperatura de trabajo: $-40^{\circ}\text{C} \sim + 85^{\circ}\text{C}$. Humedad: $\leq 95\%$
- Tamaño: $\Phi 3\text{mm} \times 55\text{mm}$
- Conectores: SC/APC, SC/UPC, FC/UPC, LC/APC y LC/UPC

Splitter óptico compacto SPL1101



Gráfico 4.13 – SPL1101

Permite la salida directa de rabillos de 3 m y se instalan principalmente en una bandeja para llevar a cabo las funciones de división y de distribución de cables. El coeficiente de división cubre la división par de 1:2 hasta 1:64 y la división impar de 1:2 (5/95, 10/90, 30/70).

Características:

- Conector: FC/UPC
- Relación de división 1:2~1:64 y la división impar de 1:2 (5/95, 10/90, 30/70).
- Longitud de 3m
- Temperatura de trabajo: $-40^{\circ}\text{C} \sim + 70^{\circ}\text{C}$. Humedad: $\leq 95\%$
- Tamaño: $140\text{mm} \times 114\text{mm} \times 18\text{mm}$
- Conectores: FC/UPC

Por el tamaño compacto, mejores prestaciones, conectores adecuados y mejor reacción a las condiciones climáticas se determina utilizar el splitter SPL9103.

4.8. Estimación de costos referenciales

Luego de evaluar la factibilidad técnica del proyecto y estimar los requerimientos de la red, es importante tener una visión económica en función de los costos de los equipos seleccionados.

Esta evaluación económica se basa en costos referenciales obtenidos de algunos proveedores consultados. Es necesario puntualizar que no todas las empresas brindan la información solicitada y de acuerdo a políticas que manejan, no entregan los documentos para que puedan anexarse a este trabajo como soporte.

En una inversión inicial se establece el cambio a la nueva tecnología de los usuarios que cuentan con el servicio de internet de CNT en el centro de la ciudad de Azogues independientemente de si desean o no los servicios triple play, puesto que es posible seguir brindando el mismo servicio con la nueva tecnología. Luego con este diseño se puede sumar a la nueva red a los usuarios proyectados, y brindar servicios triple play a aquellos que así lo requieran.

4.8.1. Costos de los equipos de la red:

En este capítulo de acuerdo al diseño y requerimientos de la red se han establecido los equipos necesarios para su funcionamiento. En la tabla 4.11 se detallan los precios de los equipos.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
OLT (incluye ODF de distribuidor)	U	1	164800	164800
Splitter óptico descubierto SPL9103	U	99	85	8415
Armario de distribución de fibra 288 hilos (GXF147-FDT 2102D)	U	11	2575	28325
ONT	U	2555	150	383250
			TOTAL	584790

Tabla 4.11. Costos de los equipos – fuente (el autor)

4.8.2. Depreciación

Es el desgaste o deterioro de los activos a lo largo de su vida útil y puede ser total o parcial. En el caso de este estudio, los equipos pasivos de la red considerados tienen un tiempo de vida útil superior a los 10 años, es por esto que en este cálculo no se considera hasta el final de su vida útil, sino hasta el cumplimiento del tiempo estimado de proyección.

Con el método de línea recta (es decir el desgaste por igual en cada periodo) se puede calcular la depreciación de los equipos que está establecida en un 5% anual para los “equipos de computación” como son los elementos de la red. La tabla 4.12 muestra los valores correspondientes a esta depreciación considerando la proyección a 5 años de este diseño.

Descripción	COSTO	DEPRECIACIÓN ANUAL 20% (5 años)
OLT	164800	8240
Splitter	8415	420,75
ONT	383250	19162,5
Armario de distribución de fibra 288 hilos	28325	1416,25
TOTAL	584790	29239,5

Tabla 4.12. Depreciación de los equipos – fuente (el autor)

La empresa CNT cuenta con personal que se encarga de la instalación y mantenimiento de los servicios que ofertan. Sin embargo se podría considerar el contar con personal para la migración de la red a la nueva tecnología por lo que se determina contar con un personal técnico dedicado a esta tarea.

Los salarios son determinados de acuerdo a las remuneraciones mínimas vigentes [10]

La tabla 4.13 muestra el detalle de los costos estimados a pagar por personal

AÑO	NÚMERO DE TÉCNICOS	SALARIO MENSUAL	TOTAL ANUAL	NÚMERO DE INGENIEROS	SALARIO MENSUAL	TOTAL ANUAL	TOTAL ANUAL SUELDOS
2016	3	635	22860	1	1300	15600	38460
2017	3	635	22860	1	1300	15600	38460
2018	3	635	22860	1	1300	15600	38460
2019	4	635	30480	1	1300	15600	46080
2020	4	635	30480	1	1300	15600	46080
SUBTOTAL TÉCNICOS			129540	SUBTOTAL INGENIEROS			207540
TOTAL: 337080							

Tabla 4.13. Costos de personal – fuente (el autor)

Existen diversos criterios para la valoración económica de un proyecto, para este diseño, el análisis de factibilidad económica se realiza en base a los flujos de caja anuales y el cálculo de los parámetros financieros VAN y TIR

4.8.3. Flujo de Caja

Se define el flujo neto de caja como la diferencia entre los ingresos y los egresos que tengan lugar en un momento determinado del tiempo. [11]

En este caso se analiza un movimiento de ingresos y egresos a un tiempo de 5 años de acuerdo a la proyección de clientes realizada en el capítulo tres.

Los egresos considerados en este análisis corresponden al costo de los equipos de la red, pagos de personal necesario y la depreciación de los equipos.

De acuerdo a las características de la empresa CNT existen gastos que no son considerados para este cálculo como los siguientes:

- Permisos de funcionamiento
- Configuración de los equipos
- Pruebas de la red
- Contratación de salida a internet
- Energía eléctrica
- Mantenimiento de la red
- Gastos administrativos de personal
- Licencias, permisos y concesiones de frecuencia.

Estos gastos no son contemplados ya que la CNT es una empresa constituida que cuenta con personal, permisos respectivos y que brinda servicios de telecomunicaciones, por lo que, el implementar esta red PON no causaría cambios importantes en estos valores.

4.8.4. El valor actual neto (VAN)

El Valor Actual Neto de una inversión se define como el valor actualizado de la corriente de los flujos de caja que ésta promete generar a lo largo de su vida.

Si este valor es positivo el proyecto es rentable.

La fórmula de cálculo del VAN es:

$$VAN = -A + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+k)^j}$$

Ecuación para el cálculo del valor actual neto

En donde:

FC_j: Flujos de caja esperados en un periodo j

A: Valor del desembolso inicial

n: Es el número de períodos considerado

K: Es el tipo de interés

4.8.5. Tasa mínima de rendimiento (TMAR)

Es equivalente a la tasa de rentabilidad que un accionista exige por el riesgo de invertir su dinero en el proyecto.

Para establecer el TMAR se suma la tasa de inflación existente en el país, el riesgo país y la tasa de interés pasiva referencial. Además de estos criterios es necesario considerar un riesgo adicional de invertir el dinero en un proyecto representa un riesgo de entre 5 y 10%

Con lo anteriormente detallado la tabla 4.14 muestra el cálculo del TMAR:

Criterio	Porcentaje	Periodo
Inflación Anual	3.53%	Ene 2015 / Ene 2014
Riesgo País	6.50%	Enero 2015
Tasa de interés pasiva referencial	7.41%	Febrero 2015
Riesgo Adicional	5%	
TOTAL:	22.44%	

Tabla 4.14: Cálculo del TMAR ^{49 50}

⁴⁹ Banco Central del Ecuador. Banco Central del Ecuador. [Online].

El resultado muestra un porcentaje del 22.44%.

4.8.6. Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa de descuento para la que un proyecto de inversión tendría un VAN igual a cero. Este valor se calcula mediante la fórmula VAN igualada a cero.

$$VAN = -A + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+k)^j} = 0$$

Ecuación para el cálculo de la Tasa interna de retorno (TIR)

Si el resultado del $TIR \geq TMAR$, la inversión es aceptable.

4.8.7. Costo del servicio

Para establecer los costos del servicio para los usuarios se ha considerado el promedio de las tarifas de internet a nivel nacional en el periodo enero-junio de 2014 y la tarifa promedio de internet fijo residencial histórica de los años 2012, 2013 y 2014 (datos obtenidos de la Supertel y presentados en las tablas 3.5 y 3.6 en el Capítulo tres). En este detalle se puede observar una tendencia de decremento de los costos, sin embargo, para los servicios actuales se requiere mucho más ancho de banda, por lo que se contrasta esta información con los precios que en la actualidad maneja CNT.

Para este estudio se han diseñado 2 planes para la oferta de los servicios. Es necesario puntualizar que no se considera realizar cobros por la migración de tecnologías. Los planes se detallan en la tabla 4.15.

⁵⁰ applet-magic.com. applet-magic.com. [Online].

TIPO	PLAN	COSTO MENSUAL
RESIDENCIAL	Telefonía	\$50,00
	INTERNET (3 Mbps)	
	Podría ofertarse IPTV a futuro	
CORPORATIVO	Telefonía	\$140,00
	INTERNET (50 Mbps)	
	Podría ofertarse IPTV a futuro	

Tabla 4.15: Planes Triple Play – Fuente (El autor)

Como se observa en la tabla anterior estos planes podrían ofertarse con IPTV ya ésta red está diseñada para soportar Triple Play. Sin embargo esto no ha sido considerado dentro de los parámetros económicos ya que este trabajo se enfoca en la red de acceso y no en la red de distribución.

4.8.8. Cálculo del Flujo de caja

Realizando una estimación muy discreta y considerando que en el peor escenario, todos los usuarios proyectados solamente mantengan un servicio de internet básico (5 Mbps) con el costo actual, sin realizar ningún cobro adicional por la migración de tecnología, se tendría el siguiente flujo de caja que se detalla en la tabla 4.16

AÑO	2016	2017	2018	2019	2020
INGRESOS					
Mensualidad del servicio	577450,56	672800,16	768149,76	863164,8	958514,4
TOTAL INGRESOS	577450,56	672800,16	768149,76	863164,8	958514,4
EGRESOS					
Compra de Equipos	584790				
Salarios del personal	38460	38460	38460	46080	46080
Depreciación de equipos		29239,5	29239,5	29239,5	29239,5
TOTAL EGRESOS	623250	67699,5	67699,5	75319,5	75319,5
FLUJO DE CAJA	-45799,44	605100,66	700450,26	787845,3	883194,9

Tabla 4.16. Flujo de caja – Fuente (El autor)

En base a estos resultados obtenidos el cálculo del VAN y TIR presentan los siguientes resultados:

$$\text{VAN} = 1246509,38$$

$$\text{TIR} = 56,71\%$$

El valor del VAN es positivo lo que muestra la rentabilidad del estudio. El valor del TIR (56,71%) es mayor al TMAR (22.44%.) lo que indica que la inversión es aceptable.

En conclusión el proyecto es viable económicamente. Esta estimación podría tener ciertas variantes ya que algunos elementos no fueron considerados, sin embargo, los resultados muestran en gran medida su factibilidad económica.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan algunos criterios que se han evidenciado como conclusiones del trabajo realizado y que permiten demostrar que la propuesta es adecuada a la realidad en donde se realizó el estudio.

Adicionalmente, se exponen algunas recomendaciones para el uso y posible implementación de la red GPON.

5.1. Conclusiones

- Gpon facilita crecimiento de la red debido a que existen pocos elementos activos, lo que se traduce en un menor costo, adicionalmente, las posibilidades de esplitteo permiten brindar servicio a muchos más usuarios en forma rápida y sencilla.
- Las redes ópticas pasivas permiten una cobertura a mayores distancias y con un ancho de banda superior en relación a las redes tradicionales por lo que son implementadas con mayor frecuencia en la actualidad.
- Los servicios triple play necesitan un gran ancho de banda para garantizar su funcionamiento, por lo que, una red óptica pasiva y la fibra óptica como medio de transmisión resultan una solución adecuada.
- Con los equipos seleccionados en este proyecto es posible realizar la migración de la red a la nueva tecnología sin afectar a los usuarios y manteniendo el servicio actual.
- Las encuestas realizadas en este estudio muestran que el 73% de las personas encuestadas desearían tener los servicios de voz, video y datos con un solo proveedor. Contrastando con esto, el 79% de los encuestados

cuenta con servicio de telefonía fija de la CNT, lo que representa una gran ventaja a la hora de ofertar servicios adicionales como: internet y televisión.

- En este proyecto se han considerado las normativas y estándares vigentes para el diseño y establecimiento de las características de los equipos, lo que permite garantizar su óptimo funcionamiento.
- La estimación de costos es referencial debido a la dificultad que representa contar con precios reales por las políticas que tienen las empresas que proveen equipos de telecomunicaciones, además se han pasado por alto los precios de algunos elementos. Sin embargo, se han evaluado los escenarios más críticos con resultados favorables que permiten garantizar la viabilidad técnica y económica del proyecto.
- Los resultados de los parámetros económicos VAN y TIR muestran claramente que el proyecto es factible económicamente.
- El proyecto debe ser implementado en la ciudad de Azogues, considerando que en otras ciudades del país la Empresa Nacional de Telecomunicaciones cuenta con redes de este tipo en funcionamiento.

5.2. Recomendaciones

- En este estudio para la proyección de usuarios se trabajó con información de la Provincia del Cañar, debido a que por cambios en el sistema que maneja la CNT no fue posible obtener datos solamente de la ciudad de Azogues. Es necesario para la aplicación de este proyecto, contar con datos solamente de Azogues.

- Los equipos escogidos para la red GPON son de la marca Huawei y se recomienda que todos los elementos (OLT, ONT, SPLITTERS), sean de la misma marca para evitar problemas de compatibilidad.
- Es posible que considerando precios reales y sumando otros elementos para la implementación de la red, el presupuesto aumente, sin embargo se recomienda la ejecución del mismo ya que se ha realizado el análisis con los escenarios más complicados posibles, obteniendo buenos resultados.
- Se recomienda la migración a la nueva tecnología de todos los usuarios que actualmente cuentan con el servicio de internet de CNT, así como la suma de nuevos usuarios.
- Es posible realizar un análisis de la red GPON con soluciones FTTC y FTTB en caso de que se desee seguir aprovechando la infraestructura de cobre con la que cuenta la CNT en la actualidad y reducir más los costos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – Senplades, "Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017," Quito, 2013.

- [2] SENPLADES, "Agenda Zonal para el Buen Vivir y Lineamientos para el Ordenamiento Territorial de la Zona de Planificación 6," Quito, 2010.

- [3] Herrera, *Tecnologías y Redes de Transmisión de Datos*. Mexico D.F.: Limusa S.A., 2003.

- [4] J Laferrière, G Lietaert, R Taws, and S Wolszczak, "Reference Guide to Fiber Optic Testing," Saint-Etienne, 2007.

- [5] Ramón Jesús Millán Tejedor, "GPON (Gigabit Passive Optical Network)," *BIT*, p. 166, 2007.

- [6] Shiva Kumar and M. Jamal Deen, *Fiber Optic Communications: Fundamentals and Applications*.: Wiley, 2014.

- [7] Cedric F. Lam, *Passive Optical Networks : Principles and Practice*. California: Elsevier Science, 2011.

- [8] INEC. (2010) Instituto Nacional de estadística y censos. [Online].
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- [9] Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT, "Normativa de diseño de la ODN," 2012.
- [10] JELZ Contadores Auditores. (2015) JELZ CONTADORES AUDITORES.
[Online]. http://www.jelz-auditores.com/index.php?option=com_content&view=article&id=104:tabla-remuneraciones-minimas-2015&catid=55:noticias-tibutarias&Itemid=71
- [11] Juan Mascareñas, "La valoración de proyectos de inversión productivos," Madrid, 2001.
- [12] "Una aproximación a la tecnología de redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial," *Tono: Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, S.A.*, 2010.
- [13] Miguel Moro Vallina, *Infraestructuras de redes de datos y sistemas de telefonía*. Madrid: Paraninfo SA, 2013.
- [14] Gil Pablo, Pomares Jorge, and Candelas Francisco, *Redes y transmisión de datos*. San Vicente del Raspeig: Universidad de Alicante, 2010.

- [15] Ramón Millán, "GPON (Gigabit Passive Optical Network)," *BIT*, p. 166, 2008.
- [16] Jordi Casademont, *Redes de Comunicaciones: De la telefonía móvil a internet*.
Barcelona: Edicions UPC, 2010.
- [17] Andrew S. Tanenbaum, *Redes de Computadoras.*: Pearson Educación, 2012.
- [18] International Telecommunication Union ITU-T. (2009, Noviembre) G.652.
[Online]. <http://www.itu.int/>
- [19] International Telecommunication Union ITU-T. (2010, Julio) G.653. [Online].
<http://www.itu.int/>
- [20] International Communication Union ITU-T. (2012, Octubre) G.654. [Online].
<http://www.itu.int/>
- [21] International Telecommunication Union ITU-T. (2009, Noviembre) G.655.
[Online]. <http://www.itu.int/>
- [22] Germán Arévalo. (2012, Agosto) Módulo de Comunicaciones por Fibra Óptica (Maestría en Redes de Comunicación).
- [23] Sandra Córdova Piedra. (2010, Apr.) Repositorio Institucional Universidad de Cuenca. [Online]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1737/1/tur11.pdf>

- [24] SUPERTEL. (2014, Sep.) www.supertel.gob.ec [Online].
http://controlenlinea.supertel.gob.ec/wps/portal/informacion/informacion_tecnica/audiovideo/
- [25] Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT. (2015) [Online].
www.cnt.gob.ec
- [26] Telecable Azogues. (2015) [Online]. www.telecable.com.ec
- [27] Empresa de Telecomunicaciones Claro. (2015) [Online]. www.claro.com.ec
- [28] Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado, and Pilar Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A, 1997.
- [29] Hyperline Cabling Systems. Hyperline Cabling Systems. [Online].
http://hyperline.com/index.php?option=com_virtuemart&view=category&virtuemart_category_id=136&Itemid=1154&limitstart=10
- [30] International Telecommunication Union ITU-T. (2003, Marzo) G.984.2. [Online].
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2/es>
- [31] Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado, and Pilar Baptista Lucio, *Meodología de la Investigación*. Mexico: McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A, 1997.
- [32] Itu-T, "G.984.1 Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General

characteristics," 2008.

[33] Itu-T, "ITU-T G.652 Transmission media and optical systems characteristics – Optical fibre cables," 2009.

[34] Banco Central del Ecuador. Banco Central del Ecuador. [Online]. Fuente:
http://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion_mensual

[35] applet-magic.com. applet-magic.com. [Online]. <http://www.applet-magic.com/countryrisksp.htm>

ANEXOS

ANEXO 1: Modelo de encuesta



Encuesta de servicios de Telefonía, internet y tv por suscripción. (Rediseño de la red de acceso para CNT-Azogues)

La presente encuesta sirve para determinar la viabilidad de contar una red de comunicación con fibra óptica hasta el usuario final. Su respuesta es muy importante para establecer un nivel de demanda del servicio.

Las siguientes preguntas tienen que ver con el servicio de internet fijo (**NO** de celular o móvil)

Por favor lea con atención y conteste las siguientes preguntas:

3. ¿Tiene servicio de telefonía con CNT?

- a. SI
- b. NO

4. Indique si cuenta con alguno de estos servicios:

- a. Internet y Tv por suscripción
- b. Sólo Internet
- c. Sólo TV por suscripción
- d. Ninguno

5. Si usted tiene tv por suscripción y/o internet, marque la casilla y llene el siguiente cuadro.

	SERVICIO	PROVEEDOR	PLAN CONTRATADO	PRECIO	No sabe
	Internet				<input type="checkbox"/>
	TV por suscripción				<input type="checkbox"/>
	Internet y TV				<input type="checkbox"/>
	No tiene ninguno	<input type="checkbox"/>			

6. En caso de no contar con servicio de internet, ¿le gustaría contar con este servicio?

- a. SI
- b. NO

7. ¿Le gustaría tener internet, telefonía y tv con un solo proveedor?

- a. SI
- b. NO
- c. No Sabe

ANEXO 2: Autorización de la CNT para realizar el trabajo



Azogues, julio 03 del 2014
GPC-JCCP-454-2014

Ingeniero
Paúl Chorroz Vintimilla
Ciudad.-

ASUNTO: AUTORIZACION PARA DESARROLLO DE TRABAJO DE INVESTIGACION

REF: Oficio s/n de fecha 01 de julio del 2014

De mis consideraciones:

En atención a su requerimiento y previa coordinación con el Ing. Jonathan Coronel, Jefe Técnico de CNT EP Cañar, autorizo el desarrollo del trabajo de investigación para la obtención del título Master en Redes de Comunicación, sobre el tema "REDISEÑO DE LA RED DE ACCESO PARA LA CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES EN EL CENTRO DE AZOGUES".

Es necesario indicar el desarrollo del trabajo de investigación estará bajo la supervisión del Ing. Jonathan Coronel.

Particular que comunico para fines pertinentes.

Atentamente,


Juan Carlos Cabrera Palomeque
ADMINISTRADOR AGENCIA PROVINCIAL CAÑAR (E)
CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT E.P.

c.c. IT/archivo

JCCP/pda

ANEXO 3: Normativa de diseño de la ODN



NORMATIVA DE DISEÑO DE LA ODN

Noviembre, 2012

INDICE

1	Introducción	5
2	Objetivos	5
3	Alcance	5
4	Modelo y Arquitectura de Red GPON	5
4.1	Modelo de Referencia:	7
5	Descripción de la Infraestructura GPON de CNT EP	8
5.1	La Red de acceso GPON	8
5.2	La OLT (Optical Line Terminal)	8
5.3	La ODN (Optical Distribution Network)	11
5.3.1	Cable FEEDER	12
5.3.2	Cable DISTRIBUCIÓN	12
5.3.3	Splitters	12
5.3.4	Zona de Servicio	13
5.3.5	Modelos de Red GPON a implementar en CNT EP	14
5.4	La ONT (Optical Network Terminal)	22
6	Modelo de Cálculo de Enlace para Accesos GPON	23
6.1	Antecedentes Básicos.	23
6.2	Definiciones y Supuestos Considerados en el Modelo de cálculo.	25
6.3	Longitud máxima de anillos para Feeder.	26
6.4	Modelo de Cálculo.	26
7	Parámetros de diseño de la Red GPON	28
7.1	Longitud de la FO: debe quedar por debajo del umbral (dB)	28
7.2	Niveles, razón de división y tipos de Splitter Óptico	29
7.3	Criterios de Protección.	29
8	Criterios de Diseño en Redes GPON	31
9	Conclusiones y Recomendaciones para Diseño en redes GPON/FTTH.	34

10	Índice de Figuras y Tablas	35
11	Glosario de Términos	35
12	Revisión	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>

PARTE I: NORMAS DE DISEÑO DE LA ODN

1 Introducción

Este documento está centrado en la necesidad de especificar las características técnicas necesarias y suficientes para desplegar una red de acceso FTTH con tecnología GPON (Gigabit Pasive Optical Network), cubriendo los aspectos de diseño en la ***Distribución de la Fibra Óptica Nueva y el despliegue de elementos pasivos***. Además, orienta sobre la instalación, puesta en marcha, provisión y mantenimiento de este tipo de redes, en el mercado masivo y empresarial.

2 Objetivos

- Definir la arquitectura y conceptos básicos de GPON.
- Informar y difundir sobre los beneficios y restricciones en el despliegue de GPON.
- Entregar los lineamientos generales o marco referencial dentro de los cuales se asegure el correcto funcionamiento de los servicios GPON, del punto de vista de la ODN.

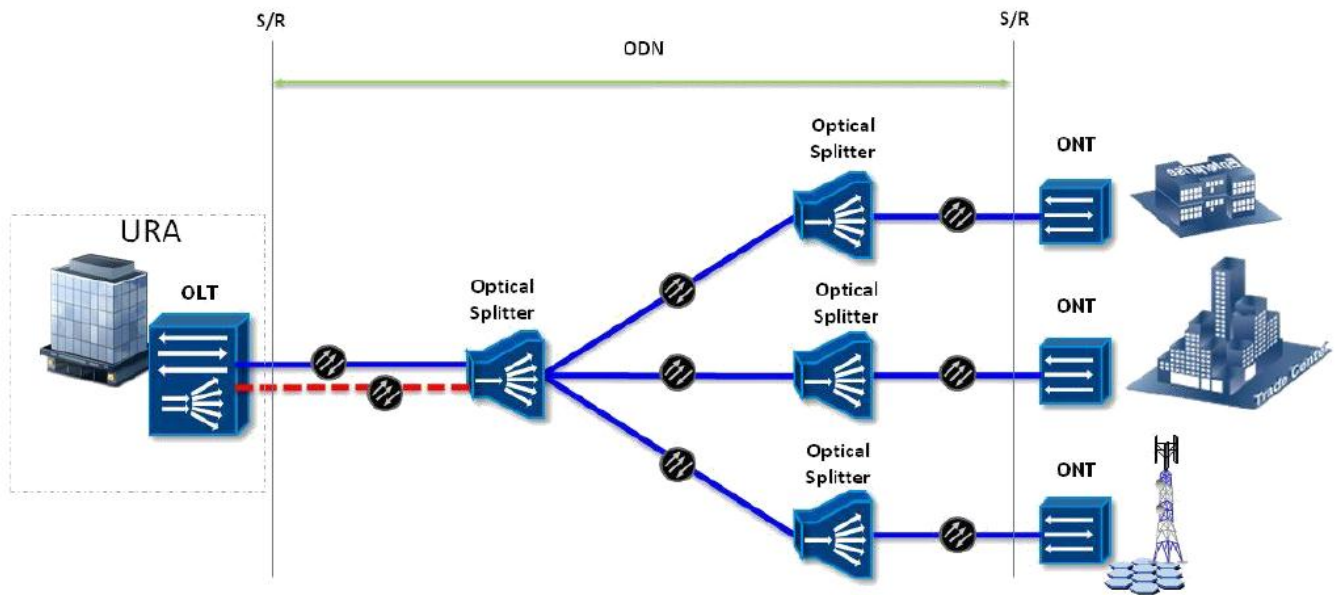
3 Alcance

Este documento proporciona criterios básicos de diseño GPON para diferentes escenarios de interés de CNT EP:

- a) Modelos Masivos/Casas
- b) Modelo Masivos/Edificios
- c) Modelo Multiaccesos
- d) Modelo Corporativo/Edificios (Hasta 10 pisos)
- e) Modelo Corporativo/Edificios (de 10 pisos a 20 pisos)
- f) Modelo Parque Industrial
- g) Modelo Radio Base 3G/4G

4 Modelo y Arquitectura de Red GPON

La sección óptica de un sistema de red de acceso local puede ser activa o pasiva y su arquitectura puede ser punto a punto, o punto a multipunto. Se dispone de arquitecturas que utilizan fibra óptica hasta el hogar (FTTH, fiber to the home), pasando por la fibra hasta el edificio/acometida (FTTB/C, fiber to the building/curb), hasta el armario (FTTCab, fiber to the cabinet).



ODN: Optical Distribution Network
 ONT: Optical Network Terminal
 OLT: Optical Line Termination
 OS: Optical Splitter
 R: Point on the optical fibre just after the OLT (Downstream)/ONU (Upstream) optical connection point (i.e., optical connector or optical splice)
 S: Point on the optical fibre just before the ONU (Downstream)/OLT (Upstream) optical connection point (i.e., optical connector or optical splice)

Figura 4.1 Arquitectura de una Red GPON.

GPON (Gigabit-passive Optical Network) se describe como una red flexible de acceso con fibra óptica, capaz de soportar requisitos de amplitud de servicios comerciales y corporativos, con tasas nominales de dirección *downstream* de 2.4 Gbits y *upstream* de 1,2 Gbits.

GPON tienen costo efectivo menor que las redes punto a punto. En el acceso óptico de última milla esto implica mucho más que un costo atractivo, permitiendo satisfacer una mayor cantidad de demandas por servicios y atender potenciales demandas hasta entonces no atendidas en vista de sus necesidades por banda ancha.

GPON consiste principalmente de una OLT situado en una URA (Unidad Remota de Abonado) o Central Office Interconectada a una ONT a través de una red pasiva conocida como ODN (Figura 4.1), en el camino las señales de la fibra son "distribuidas" a través de la utilización de splitters que se describen más adelante.

Al elegir una ubicación para la instalación de los splitters, hay que tener en cuenta la relación **división / eficiencia de desarrollo**, principalmente para dejar preparada la red para el surgimiento de futuras adaptaciones de esta tecnología.

La aparición de las futuras migraciones tecnológicas, implica que el sistema tendrá potencial de ser reconfigurado para aceptar nuevos tipos de transmisión, sin necesidad de reconstrucción de las redes de distribución óptica (ODN).

4.1 Modelo de Referencia:

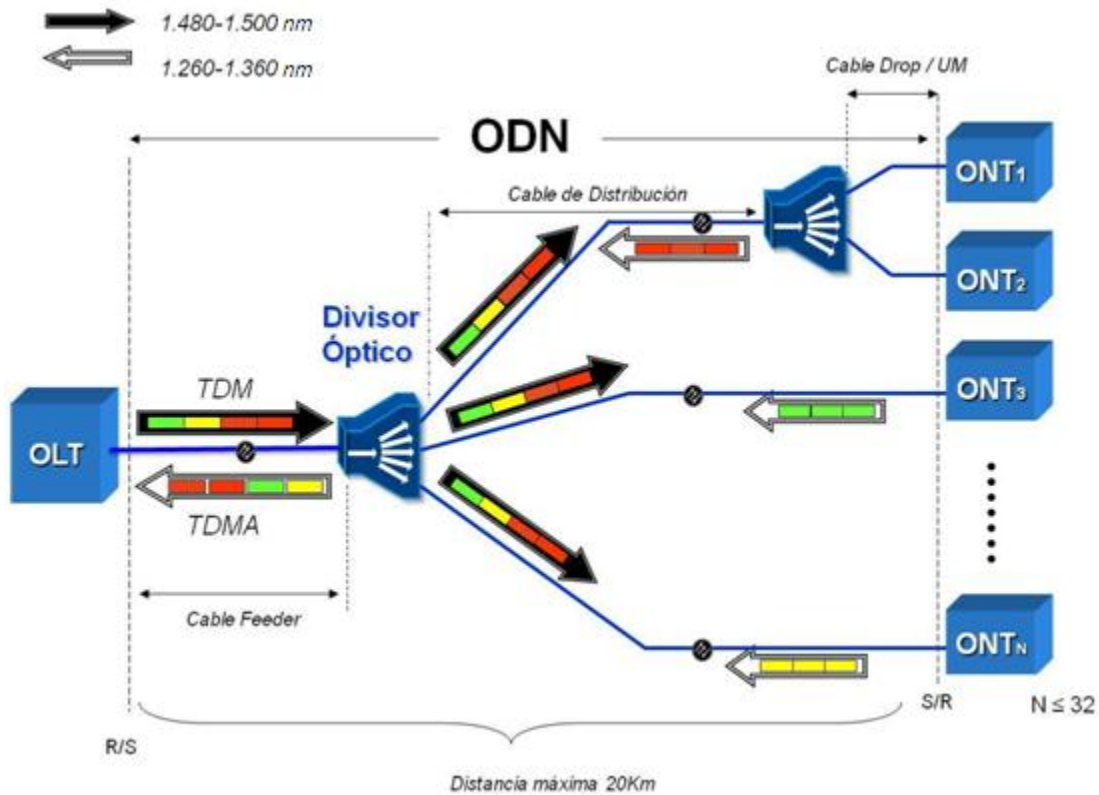


Figura 4.2 Modelo de Referencia

En la Figura 4.2 se muestra la configuración de trabajo que presenta la red GPON, la cual es bidireccional y presenta dos esquemas de transporte: modelo descendente con broadcast (TDM) y modelo ascendente con TDMA.

La CNT EP, contemplará en su diseño hasta splitters de 32 salidas, por el modelo de red planteado en este documento, de acuerdo con lo indicado en el numeral 5.3.3.

5 Descripción de la Infraestructura GPON de CNT EP

5.1 La Red de acceso GPON

La red de acceso GPON consiste principalmente en un Terminal de Línea Óptico (OLT) situado en una Oficina Central (CO) interconectado por una Red de Distribución Óptica (ODN) a un nodo o un Terminal de Red Óptico (ONT)

Un esquema de red GPON típica para masivos se muestra en la figura 5.1.

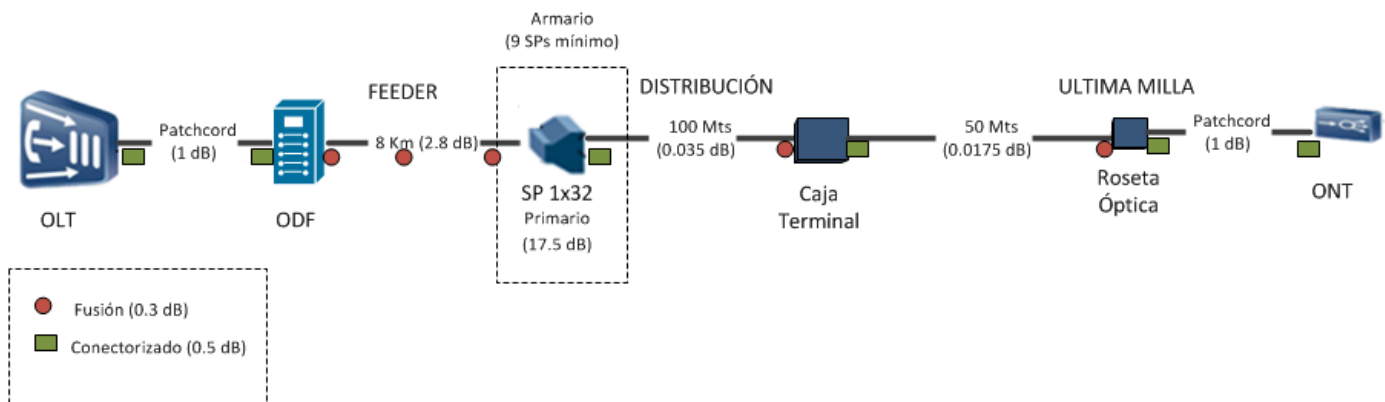


Figura 5.1 Esquema de red GPON de CNT EP

5.2 La OLT (Optical Line Terminal)

La OLT (Terminal de Línea Óptico) es el equipo que interconecta la red ODN con la red MPLS de la CNT EP, a través de las puertas de uplink, que en un principio tienen una capacidad de 1 Gbps.

Las puertas de uplink agrupan el tráfico de todas las ONTs conectadas a cada puerta PON de la OLT. Las OLTs a su vez son las encargadas de administrar y sincronizar el tráfico que va hacia las ONTs en modalidad TDM; tráfico que se transmite por la red ODN y se replica por todas las puertas de los splitters que estén asociados a la puerta PON. Así mismo, la OLT es la encargada de gestionar, sincronizar y administrar el tráfico que viene desde las ONTs en modo TDMA en ráfagas de tráfico sincronizado que permite compartir el canal de retorno por varias ONTs (hasta 32).

Un layout típico de una OLT se muestra en la figura 5.2.

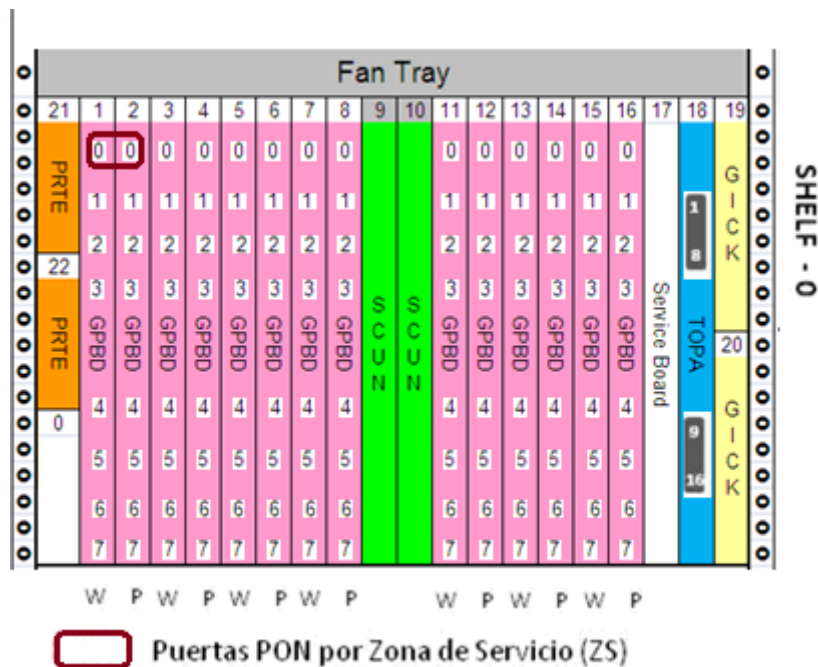


Figura 5.2 Layout OLT

Una OLT está compuesta por un chasis, una tarjeta de ventiladores (fan tray), tarjetas de poder (slots 21 y 22), tarjetas de gestión y control (slot 9 y 10), tarjetas de uplink (slots 19 y 20), tarjetas de servicios (slots 1 al 8 y 11 al 16) y tarjetas de 16 x E1s para tráfico de telefonía (slots 17 y 18).

La interconexión de la ruta principal y respaldo de un splitter primario a la OLT, se hace en tarjetas distintas. Es por esto que se definen zonas de servicio GPON que relacionan las puertas PON, los hilos de FO de la ruta principal y FO de respaldo que alimentan el splitter primario y el splitter primario.

El desarrollo de la tecnología GPON ha permitido concentrar el número de puertas PON a 8 puertas por tarjeta.

La nomenclatura que se empleará en las OLT para identificar las zonas de servicio es:

ZS-N: Shelf/Slot/Port (Working) & Shelf/Slot/Port (Protection)

Por ejemplo en Tabla 1, si se implementara una OLT con 4 tarjetas PON de 8 puertos se tendrían 16

ZS:

	Shelf/Slot/Port (W)	Shelf/Slot/Port (P)
ZS-1	0/1/0	0/2/0
ZS-2	0/1/1	0/2/1
ZS-3	0/1/2	0/2/2
ZS-4	0/1/3	0/2/3
ZS-5	0/1/4	0/2/4
ZS-6	0/1/5	0/2/5
ZS-7	0/1/6	0/2/6
ZS-8	0/1/7	0/2/7
ZS-9	0/3/0	0/4/0
ZS-10	0/3/1	0/4/1
ZS-11	0/3/2	0/4/2
ZS-12	0/3/3	0/4/3
ZS-13	0/3/4	0/4/4
ZS-14	0/3/5	0/4/5
ZS-15	0/3/6	0/4/6
ZS-16	0/3/7	0/4/7

Tabla 1 Ejemplo OLT con 4 tarjetas PON de 8 puertos

Una OLT típica para rack's de 19", tiene una capacidad máxima de 14 tarjetas de servicio con 8 puertos PON cada una para tráfico IP y adicionalmente dos slots para servicios E1.

Para tráfico IP se puede tener entonces $(14/2) \times 8 = 56$ zonas de servicio por OLT en caso de que la OLT trabaje en modo working-protection.

De esta manera las Zonas de Servicio (ZS-N: Shelf/Slot/Port (Working) & Shelf/Slot/Port (Protection)) quedan pre-asignadas independientemente de las tarjetas con que se habilite la OLT, de acuerdo a la tabla 2:

ZS-N: Shelf/Slot/Port (Working) & Shelf/Slot/Port (Protection)

	Working			Protection				Working			Protection		
	Shelf	Slot	Port	Shelf	Slot	Port		Shelf	Slot	Port	Shelf	Slot	Port
ZS-1	0	1	0	0	2	0	ZS-29	0	7	4	0	8	4
ZS-2	0	1	1	0	2	1	ZS-30	0	7	5	0	8	5
ZS-3	0	1	2	0	2	2	ZS-31	0	7	6	0	8	6
ZS-4	0	1	3	0	2	3	ZS-32	0	7	7	0	8	7
ZS-5	0	1	4	0	2	4	ZS-33	0	11	0	0	12	0
ZS-6	0	1	5	0	2	5	ZS-34	0	11	1	0	12	1
ZS-7	0	1	6	0	2	6	ZS-35	0	11	2	0	12	2
ZS-8	0	1	7	0	2	7	ZS-36	0	11	3	0	12	3
ZS-9	0	3	0	0	4	0	ZS-37	0	11	4	0	12	4
ZS-10	0	3	1	0	4	1	ZS-38	0	11	5	0	12	5
ZS-11	0	3	2	0	4	2	ZS-39	0	11	6	0	12	6
ZS-12	0	3	3	0	4	3	ZS-40	0	11	7	0	12	7
ZS-13	0	3	4	0	4	4	ZS-41	0	13	0	0	14	0
ZS-14	0	3	5	0	4	5	ZS-42	0	13	1	0	14	1
ZS-15	0	3	6	0	4	6	ZS-43	0	13	2	0	14	2
ZS-16	0	3	7	0	4	7	ZS-44	0	13	3	0	14	3
ZS-17	0	5	0	0	6	0	ZS-45	0	13	4	0	14	4
ZS-18	0	5	1	0	6	1	ZS-46	0	13	5	0	14	5
ZS-19	0	5	2	0	6	2	ZS-47	0	13	6	0	14	6
ZS-20	0	5	3	0	6	3	ZS-48	0	13	7	0	14	7
ZS-21	0	5	4	0	6	4	ZS-49	0	15	0	0	16	0
ZS-22	0	5	5	0	6	5	ZS-50	0	15	1	0	16	1
ZS-23	0	5	6	0	6	6	ZS-51	0	15	2	0	16	2
ZS-24	0	5	7	0	6	7	ZS-52	0	15	3	0	16	3
ZS-25	0	7	0	0	8	0	ZS-53	0	15	4	0	16	4
ZS-26	0	7	1	0	8	1	ZS-54	0	15	5	0	16	5
ZS-27	0	7	2	0	8	2	ZS-55	0	15	6	0	16	6
ZS-28	0	7	3	0	8	3	ZS-56	0	15	7	0	16	7

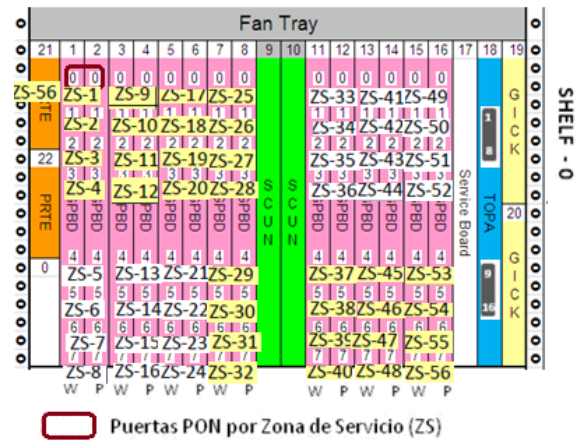


Tabla 2 Distribución de ZS en Shelf con 14 Slots con Tarjetas PON de 8 Puertos en modo Working – Protection.

5.3 La ODN (Optical Distribution Network)

La ODN (Red de distribución óptica), en el contexto PON, corresponde al anillo de fibra óptica, o cable feeder (alimentación), que conecta la puerta principal y la de respaldo del splitter primario 2xn; y si el nivel de atenuación lo permite, a través de cables de distribución se conectan los splitters secundarios del tipo 1xn, para llegar a las ONTs a través de una caja de distribución y cables Drop o de acometida.

La ODN está compuesta por los siguientes elementos en forma general:

- Patchcord de fibra entre la OLT y el ODF.
- EI ODF
- Cables de Fibra Óptica FEEDER que están asociados a la red GPON (ruta principal o working y ruta de respaldo o protection).
- Splitters primarios.

- Cables de DISTRIBUCIÓN.
- Splitters secundarios si el nivel de atenuación lo permite.
- Cables de acometida o cables DROP.
- Cajas terminales.
- Roseta óptica
- Patchcord de fibra entre la roseta óptica y la ONT.

La ODN es pasiva, no tiene elementos activos o energizados. La OLT por su lado y las ONTs por otro son las encargadas de inyectar las señales ópticas a la ODN.

5.3.1 Cable FEEDER

El cable FEEDER corresponde al cable, o grupo de cables que contienen el filamento de FO que interconecta las puertas PON de la OLT con las puertas de entrada del splitter primario.

5.3.2 Cable DISTRIBUCIÓN

El cable de DISTRIBUCIÓN corresponde al que contiene el filamento de FO que interconecta un splitter primario y un splitter secundario en caso de existir.

5.3.3 Splitters

Los splitters son elementos ópticos pasivos que a través de una o dos entradas, replican por sus salidas, la señal óptica que ingresa, introduciendo niveles de atenuación que se incrementan a medida que la cantidad de puertas de salida aumenta (figura 5.3).

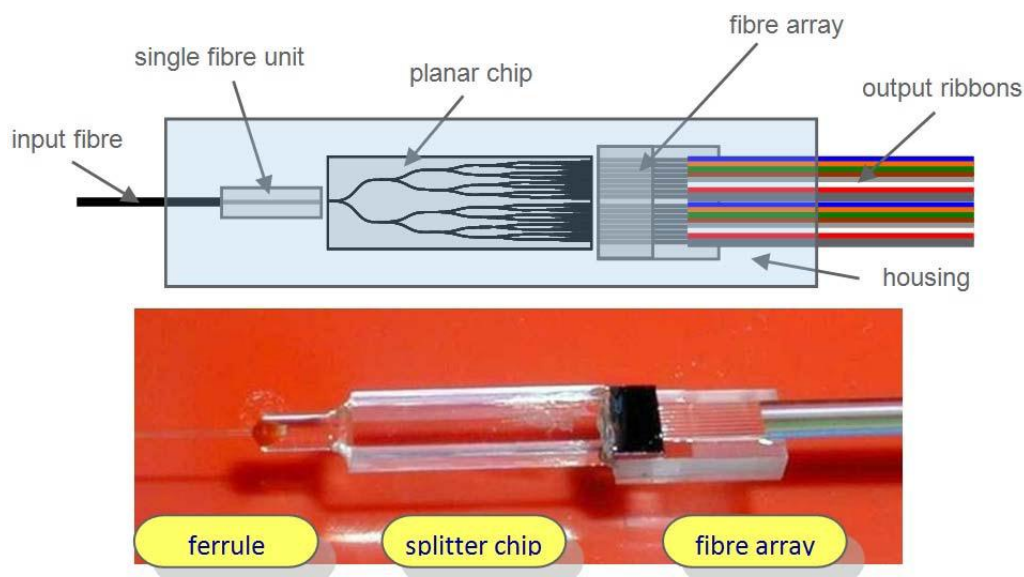


Figura 5.3 Splitter

Se conoce como Splitter primario a aquel que tiene ruta de FO respaldada. Y son del tipo 2xn, siendo n igual a 2, 4, 8, 16 y 32.

Se conoce como Splitter secundario a aquel que no tiene ruta de FO respaldada. Y son del tipo 1xn, siendo n igual a 4, 8, 16 y 32.

Los splitters al igual que los cables de FO, deben respetar el código de colores.

El detalle se muestra en la figura 5.4.

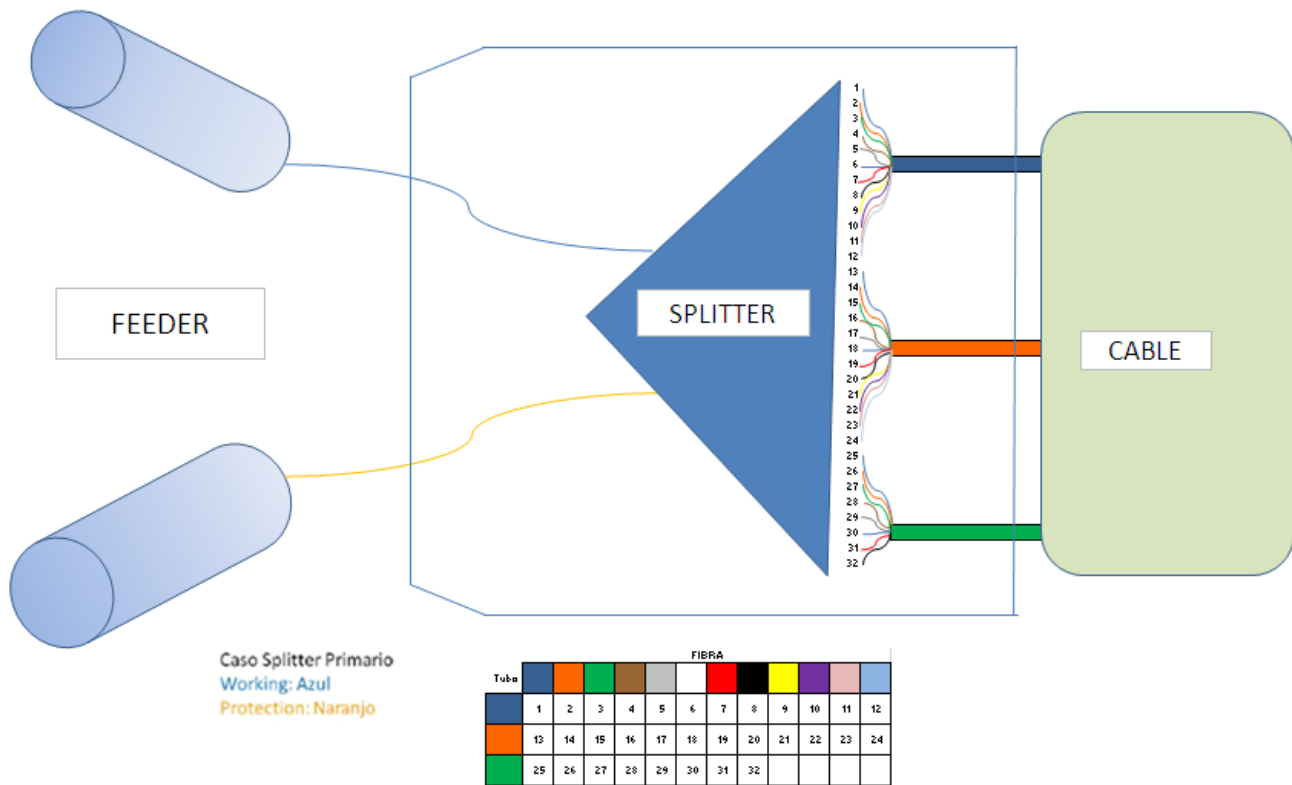


Figura 5.4 Código de Colores para Splitter

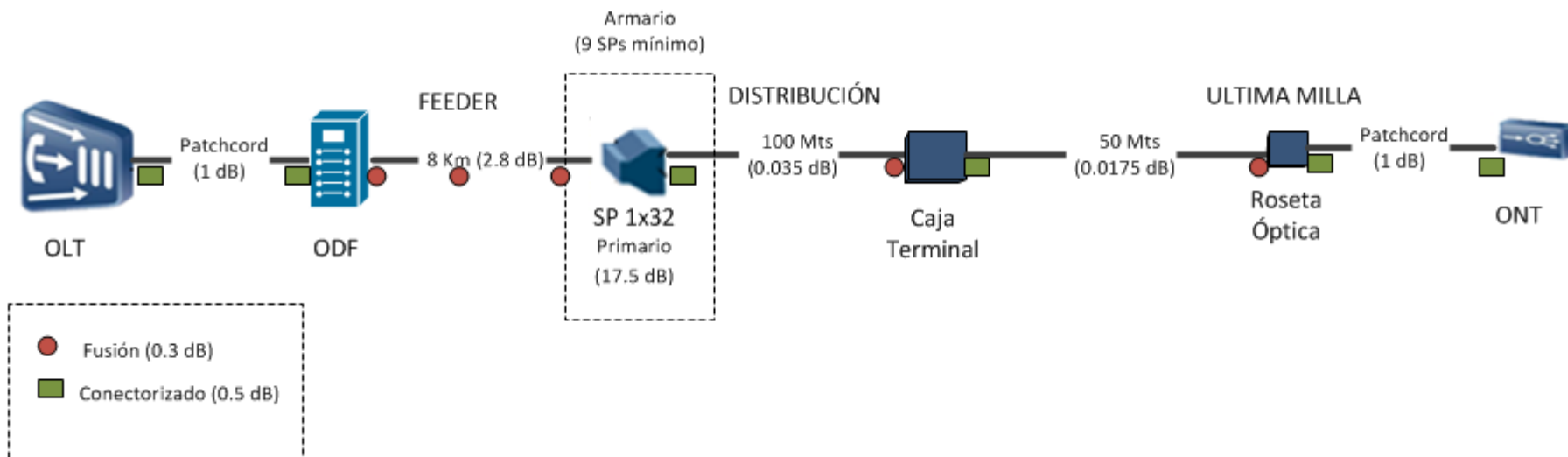
5.3.4 Zona de Servicio

Como ya se ha mencionado en el ítem 5.2., se introduce un concepto nuevo que es la zona de servicio. La zona de servicio está compuesta por las puertas PON, las posiciones en el ODF, los filamentos del cable de FO que interconectan las puertas working y protection del splitter principal a la puerta PON y el splitter principal.

5.3.5 Modelos de Red GPON a implementar en CNT EP

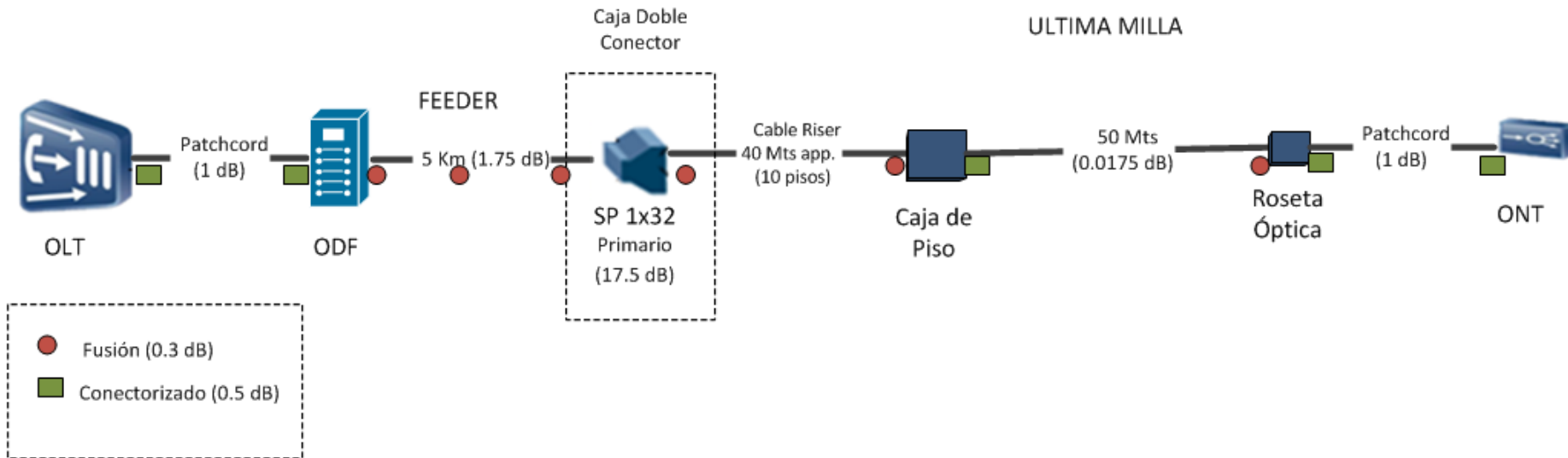
A continuación se presentan algunos modelos que se pueden tener al desplegar la red GPON.

5.3.5.1 Modelo Masivos/Casas



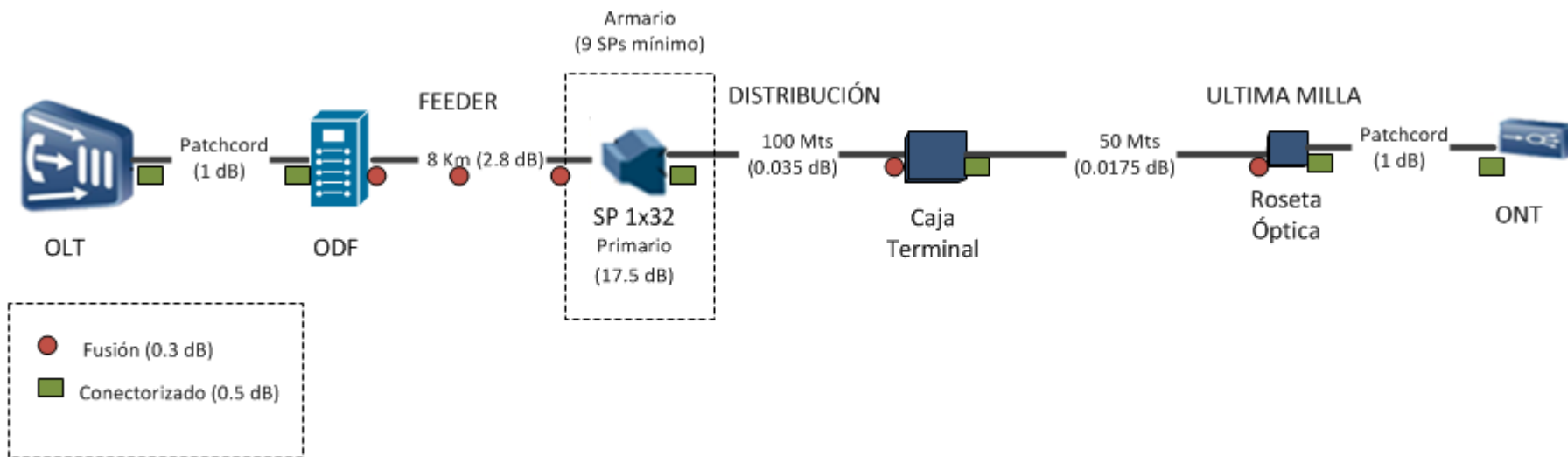
CALCULO LINK BUDGET PROYECTO FTTH - MODELO MASIVOS/CASAS																	
Ruta	SP2	ATT SP	KM de FO	ATT FO	SP1	ATT SP	KM de FO	ATT FO	Conector SP2/SP1	PatchCord	Fusiones SPs + ODF	Acometida [km]	Att Acom. [dB]	Caja Terminal [dB]	Roseta Op. [dB]	Total ATT [dB]	
Casa 1	0	0	0	0	1x32	17,5	8	2,8	0,5	1	0,9	0,1	0,035	0,8	1,3	24,835	

5.3.5.2 Modelo Masivos/Edificios



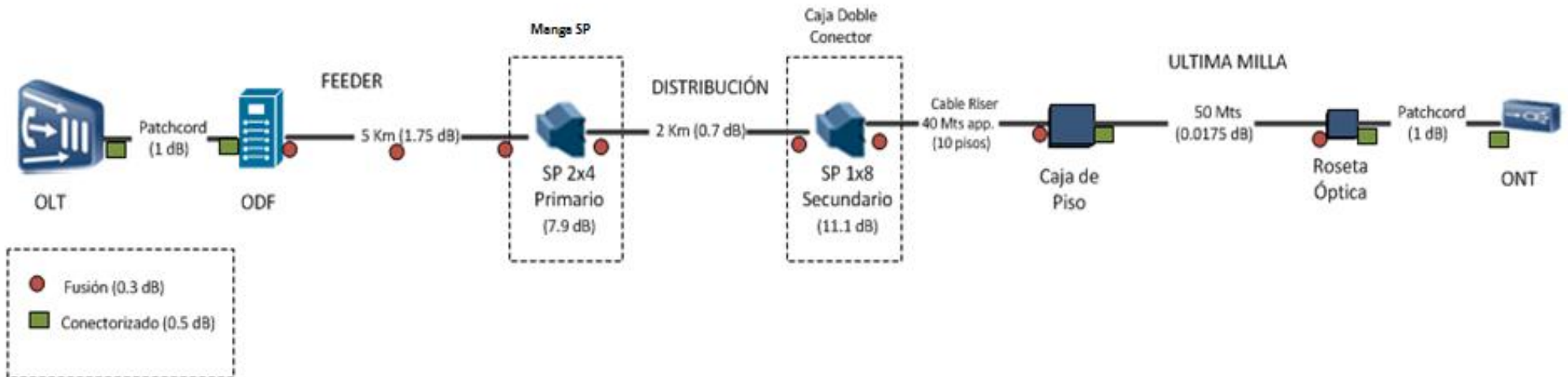
CALCULO LINK BUDGET PROYECTO FTTH - MODELO MASIVOS/EDIFICIOS																
Ruta	SP2	ATT SP	KM de FO	ATT FO	SP1	ATT SP	KM de FO	ATT FO	Conector SP2/SP1	PatchCord	Fusiones SPs + ODF	Riser [km]	Att Riser. [dB]	Caja de Piso [dB]	Roseta Op. [dB]	Total ATT [dB]
Edificio 1	0	0	0	0	1x32	17,5	5	1,75	0,3	1	0,9	0,04	0,014	0,8	1,3	23,564

5.3.5.3 Modelo Multiaccesos



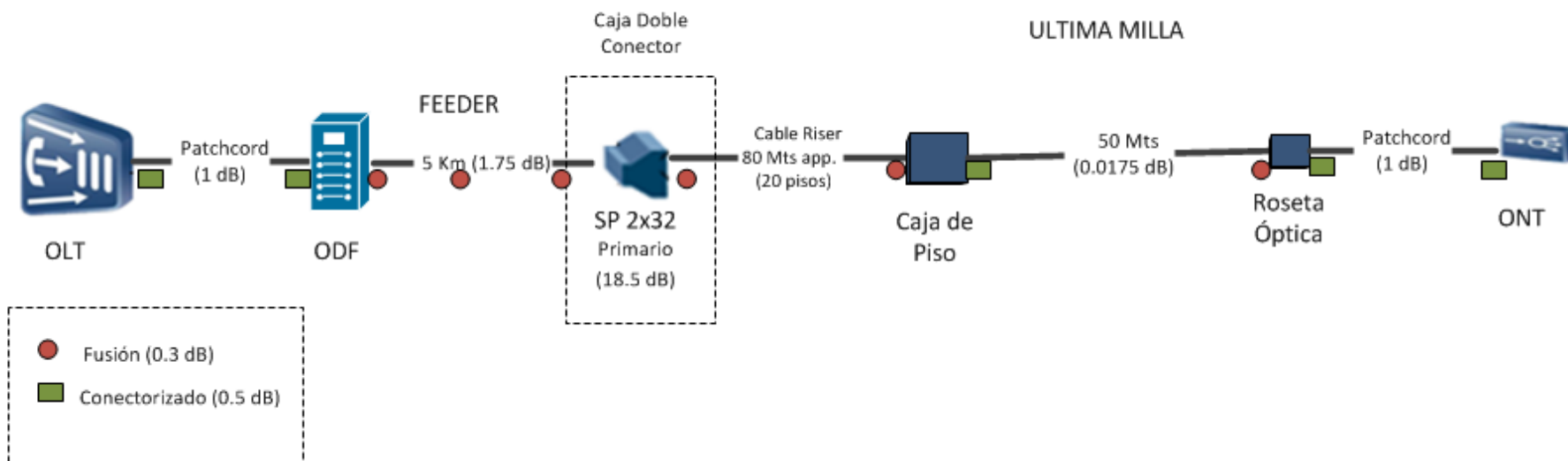
CALCULO LINK BUDGET PROYECTO FTTH - MODELO MULTIACCESOS																	
Ruta	SP2	ATT SP	KM de FO	ATT FO	SP1	ATT SP	KM de FO	ATT FO	Conector SP2/SP1	PatchCord	Fusiones SPs + ODF	Acometida [km]	Att Acom. [dB]	Caja Terminal[dB]	Roseta Op. [dB]	Total ATT [dB]	
MULTIACC1	0	0	0	0	1x32	17,5	8	2,8	0,5	1	0,9	0,1	0,035	0,8	1,3	24,835	

5.3.5.4 Modelo Corporativos/Edificios (hasta 10 pisos)



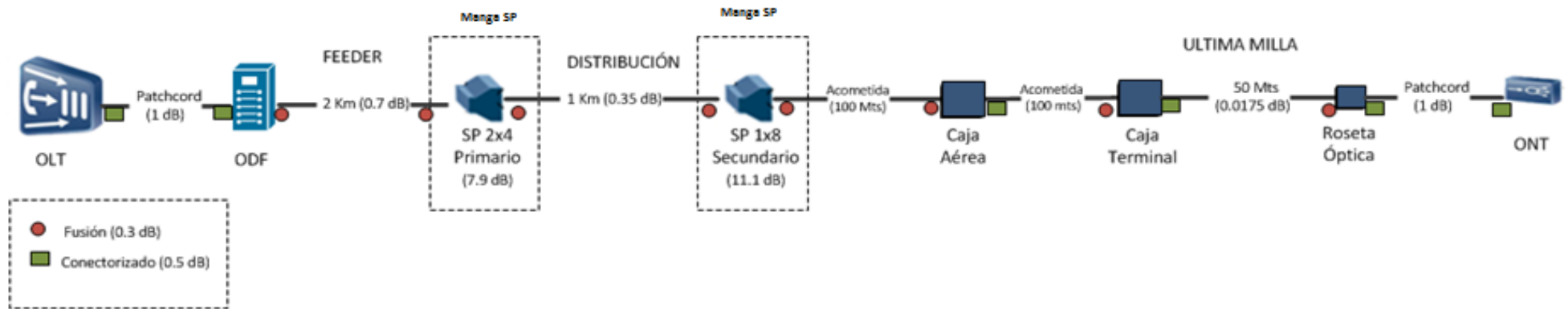
CALCULO LINK BUDGET PROYECTO FTTH - MODELO CORPORATIVOS/EDIFICIOS (HASTA 10 PISOS)																
Ruta	SP2	ATT SP	KM de FO	ATT FO	SP1	ATT SP	KM de FO	ATT FO	Conector SP2/SP1	PatchCord	Fusiones SPs + ODF	Riser [km]	Att Riser. [dB]	Caja de Piso [dB]	Roseta Op. [dB]	Total ATT [dB]
Edificio 1	1x8	11,1	2	0,7	2x4	7,9	5	1,75	0,6	1	1,2	0,04	0,014	0,8	1,3	26,364

5.3.5.5 Modelo Corporativos/Edificios (mayor de 10 pisos a 20 pisos)



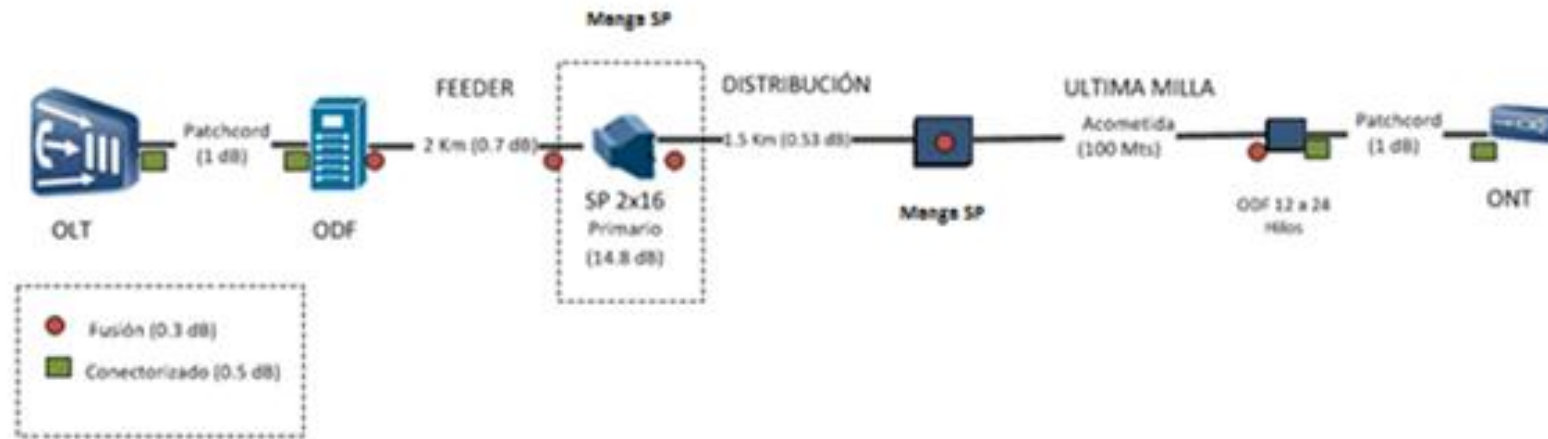
CALCULO LINK BUDGET PROYECTO FTTH - MODELO CORPORATIVOS/EDIFICIOS (DE 10 PISOS A 20 PISOS)																
Ruta	SP2	ATT SP	KM de FO	ATT FO	SP1	ATT SP	KM de FO	ATT FO	Conector SP2/SP1	PatchCord	Fusiones SPs + ODF	Riser [km]	Att Riser. [dB]	Caja de Piso [dB]	Roseta Op. [dB]	Total ATT [dB]
Edificio 1		0	0	0	2x32	18,5	5	1,75	0,3	1	0,9	0,08	0,028	0,8	1,3	24,578

5.3.5.6 Modelo Parque Industrial



CALCULO LINK BUDGET PROYECTO FTTH - MODELO PARQUE INDUSTRIAL																		
Ruta	SP2	ATT SP	KM de FO	ATT FO	SP1	ATT SP	KM de FO	ATT FO	Fusión	SP2/SP1	PatchCord	Fusiones SPs + ODF	Caja Aerea [dB]	Acometida [km]	Att Acom. [dB]	Caja Terminal [dB]	Roseta Op. [dB]	Total ATT [dB]
Parque Industrial 1	1x8	11,1	1	0,35	2x4	7,9	2	0,7	0,6	1	0,9	0,5	0,2	0,07	0,8	1,3		25,22

5.3.5.7 Modelo Móvil 3G y 4G



CALCULO LINK BUDGET PROYECTO FTTH - MODELO PARQUE INDUSTRIAL																	
Ruta	SP2	ATT SP	KM de FO	ATT FO	SP1	ATT SP	KM de FO	ATT FO	Fusión SP2/SP1	PatchCord	Fusiones SPs + ODF	Manga [dB]	Acometida [KM]	Att Acom. [dB]	Cabecera [dB]	Patchcord a ONT	Total ATT [dB]
Radio Base 3G	0	0	1,5	0,525	2x16	14,8	2	0,7	0,3	1	0,6	0,3	0,1	0,035	0,3	1	19,56

5.4 La ONT (Optical Network Terminal)

ONT (Terminal de Red Óptico) es un dispositivo de abonado único interconectado a la ODN, para servicios de interfaz con el cliente. Una ONT es un caso especial de una ONU.

CNT EP va a iniciar su despliegue de la red GPON con dos tipos de ONTs, como ejemplo se muestra en la figura 5.5: del tipo de sobremesa para los servicios masivos/corporativos, y en la figura 5.6: del tipo rackeable para MOVIL 3G de distintos fabricantes.



Figura 5.5 ONTs de mesa



Figura 5.6 ONTs rackeables

6 Modelo de Cálculo de Enlace para Accesos GPON

6.1 Antecedentes Básicos.

La incorporación de los splitters a la red de FO, elementos que dividen la señal óptica, introduce un concepto que es crítico al momento del despliegue de la red GPON, esto es la atenuación que se puede presentar en la red ODN.

Los elementos que aportan a la atenuación de la señal son: los ODFs, los conectores, las fusiones, los splitters cuya atenuación depende del número de puertas en que se divida la señal; y la FO propiamente dicha, cuya atenuación depende de la longitud de onda de medición.

El modelo de referencia mostrado en la figura 4.2 es independiente a las características individuales de los anillos de FO de Feeder, a la longitud del tramo de distribución y de la Última Milla (UM) o cable Drop. Se considera la longitud total del ODN, a la suma del Feeder + Distribución + Última Milla. Esto con el objeto que el modelo sea aplicable a la generalidad de los casos que se puedan presentar.

El modelo que se presenta en este documento se basa en valores teóricos obtenidos de los proveedores de los elementos que componen la red ODN. La idea es ir retroalimentando el modelo en la medida que se vayan recopilando datos empíricos de ésta red.

Los valores umbrales usados se basan en la Norma ITU-T G.984 que define las redes GPON. Las principales características utilizadas de esta norma son:

G.984.1: Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics.

G.984.2: Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification ITU-T.

G.984.3: Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Transmission convergence layer specification.

G.984.4: Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): ONT management and control interface specification.

G.984.5: Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Enhancement band ITU-T.

G.984.6: Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Reach extension

G.984.7: Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Long reach

En base a lo anterior se definen los siguientes valores:

- a. Longitud de Onda Downstream: 1490 [nm]
- b. Longitud de Onda Upstream: 1310 [nm]
- c. Pérdida Promedio Downstream por kilómetro de F.O.: 0,25 [dB]
- d. Pérdida Promedio Upstream por kilómetro de F.O.: 0,35 [dB]
- e. Promedios Mínimos y Máximos de Emisión, Sensibilidad, Saturación.

Es importante aclarar que en la conexión entre OLT y ONT, **la norma G.984.2 define umbrales Mínimos y Máximos de Potencia Óptica**, por lo que estos valores son los que determinarán los puntos de corte, tanto para establecimiento y caída de conexión, como de saturación.

En definitiva lo que hace el Modelo de Cálculo es relacionar la Potencia Emitida con la Sensibilidad y la Atenuación (Pérdidas de Potencia Óptica entre ambos extremos).

VALORES DE UMBRAL EN OLT:

Potencia Mínima de Emisión: +1,5 [dBm]

Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm]

Sensibilidad Mínima: -28 [dBm]

Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 [dBm]

VALORES DE UMBRAL EN ONT:

Potencia Mínima de Emisión: +0,5 [dBm]

Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm]

Sensibilidad Mínima: -27 [dBm]

Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 [dBm]

- f. Pérdidas promedio según modularidad de Splitter usado:

Tipo Splitter	Atenuación (dB)
1:2	4,3
1:4	7,6
1:8	11,1
1:16	14,1
1:32	17,5
1:64	20,8
2:4	7,9
2:8	11,5
2:16	14,8
2:32	18,5
2:64	21,3

Tabla 3 Pérdidas por Tipo de Splitter

g. Pérdidas adicionales por Inserción:

Estas pérdidas corresponden a valores promedios para cada uno de los Componentes Ópticos Pasivos.

Mangas: 0,3 [dB]

Conectores: 0,5 [dB]

ODFs: 0,5 [dB]

Se consideró un promedio de 1 manga por cada 2 km.

h. Margen de resguardo:

Se establece un margen de resguardo de **3 dB**. Este margen tiene por objeto absorber las posibles modificaciones que se presenten a futuro en el tendido de la red, y que impliquen aumento en la atenuación de las ODNs.

6.2 Definiciones y Supuestos Considerados en el Modelo de cálculo.

- La distancia máxima entre OLT y ONT no debe superar los 20 Km: La suma de la longitud de FO Feeder, más la FO Distribución, más la FO de UM no debe ser mayor a 20 Km. Para el Feeder se debe considerar la ruta de mayor longitud en el cálculo, ya sea la ruta principal o la de respaldo. Esta

restricción obedece a la necesidad que tiene la OLT de absorber las diferencias de retardo que se pueden presentar entre ONTs instaladas a distintas distancias y/o atenuaciones, para una misma puerta PON.

La atenuación máxima de la red ODN no debe superar los 28 dB. Esta restricción obedece a los umbrales de trabajos de los equipos OLT y ONT, para lo cual se considera el peor caso en cuanto a niveles de atenuación.

6.3 Longitud máxima de anillos para Feeder.

- En relación a la longitud de los anillos del Feeder, se debe tener presente que mientras mayor sea la longitud del anillo, se reduce el rango de acción donde se pueden instalar los splitters primarios, con un tope máximo de 40 Km. Ver figura 8.

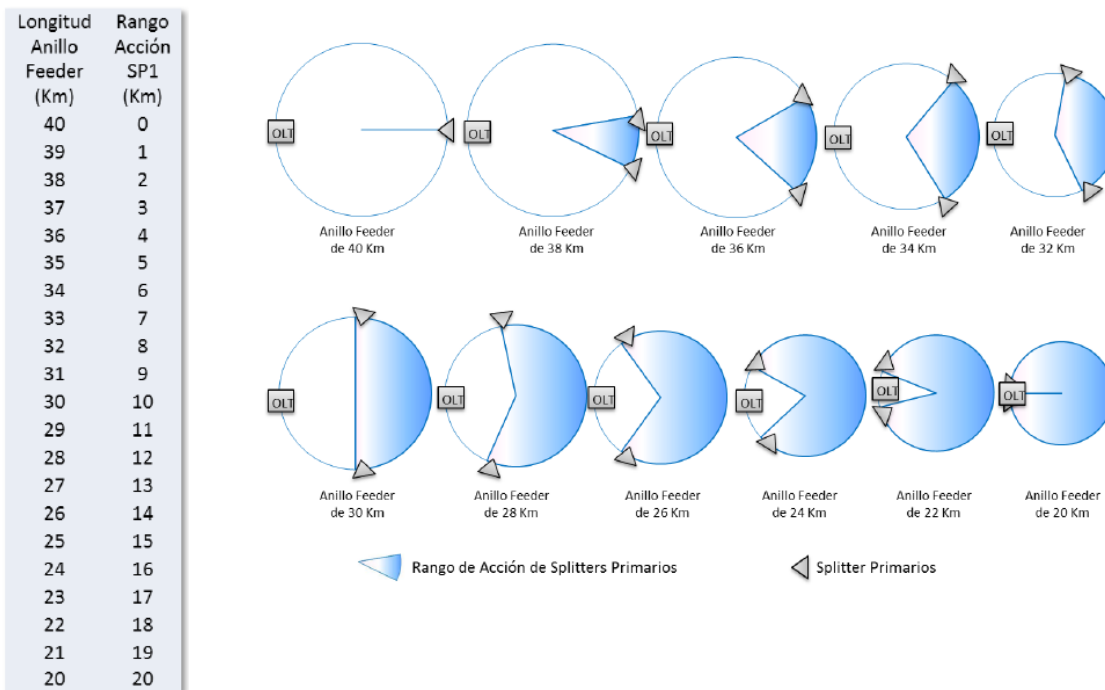


Figura 6.1 Longitud máxima de anillos en Feeder.

6.4 Modelo de Cálculo.

- Basándose en las consideraciones previamente indicadas, se generan planillas de cálculo a partir de las cuales se obtienen resultados que se resumen a continuación:

- a) La primera tabla (figura 6.2) corresponde al despliegue con Splitters de primera jerarquía con feeder respaldado por rutas y puertas PON independientes, y que corresponde en un principio, al caso de servicios GPON para Radios Base 3G/4G y Corporativos.

Longitud ODN (Km): Feeder + Dist + UM					1º Splitter	2º Splitter	Accesos
2	5	10	15	20			
14,4	15,05	16,75	18,3	20,14	2:4	-	4
18,7	19,35	21,05	22,6	24,44		1:2	8
22	22,65	24,35	25,9	27,74		1:4	16
25,5	26,15	27,85	NA	NA		1:8	32
18	18,65	20,35	21,9	23,74	2:8	-	8
22,3	22,95	24,65	26,2	28,04		1:2	16
25,6	26,25	27,95	NA	NA		1:4	32
NA	NA	NA	NA	NA	1:8	64	
21,3	21,95	23,65	27,2	27,04	2:16	-	16
25,6	26,25	27,95	NA	NA		1:2	32
NA	NA	NA	NA	NA		1:4	64
NA	NA	NA	NA	NA		1:8	128
25	25,65	27,35	NA	NA	2:32	-	32
NA	NA	NA	NA	NA		1:2	64
NA	NA	NA	NA	NA		1:4	128
NA	NA	NA	NA	NA		1:8	256
Atenuación ODN (DB)							

Figura 6.2 Resultados del Modelo de Cálculo con Respaldo para Corporativos y Radio Bases 3G |

La lectura de esta tabla debe hacerse por fila. Por ejemplo: para el caso en que se tenga un 1º Splitter de 2:4 en cascada con un 2º Splitter 1:8, aquellos servicios cuyas longitudes de ODN se encuentren dentro del rango de los 5 Km, pueden implementarse sin problemas por concepto de atenuación y margen de protección, mientras que a 10 km ya se tiene una atenuación muy cercana al límite. Esto no libera el hecho que se pueda tener una limitante por congestión de ancho de banda de uplink.

- b) La segunda tabla (figura 6.3) corresponde al despliegue con splitters de primera jerarquía sin feeder respaldado, y que corresponde en un principio, al caso de servicios GPON para clientes masivos.

Longitud ODN (Km): Feeder + Dist + UM					1º Splitter	2º Splitter	Accesos
2	5	10	15	20			
15,1	15,75	17,45	19	20,84	1:2	1:2	4
18,4	19,5	20,75	22,3	24,14		1:4	8
21,9	22,55	24,25	25,8	27,64		1:8	16
24,9	25,55	27,25	NA	NA		1:16	32
28,3	NA	NA	NA	NA		1:32	64
14,1	14,75	16,45	18	19,84	1:4	-	4
18,4	19,05	20,75	22,3	24,14		1:2	8
21,7	22,35	24,05	25,6	27,44		1:4	16
25,2	25,85	27,55	NA	NA		1:8	32
17,6	18,25	19,95	21,5	23,34	1:8	-	8
21,9	22,55	24,25	25,8	27,64		1:2	16
25,2	25,85	27,55	NA	NA		1:4	32
NA	NA	NA	NA	NA		1:8	64
20,6	21,25	22,95	24,5	26,34	1:16	-	16
24,9	25,55	27,25	NA	NA		1:2	32
NA	NA	NA	NA	NA		1:4	64
NA	NA	NA	NA	NA		1:8	128
24	24,65	26,35	NA	NA	1:32	-	32
NA	NA	NA	NA	NA		1:2	64
NA	NA	NA	NA	NA		1:4	128
NA	NA	NA	NA	NA		1:8	256
Atenuación ODN (DB)							

Figura 6.3 Resultados del Modelo de Cálculo

sin Respaldo para Masivos

La lectura de esta tabla debe hacerse por fila. Por ejemplo: para el caso en que se tenga un 1º Splitter de 1:2 en cascada con un 2º Splitter 1:8, aquellos servicios cuyas longitudes de ODN se encuentren dentro del rango de los 15 Km, pueden implementarse sin problemas por concepto de atenuación y margen de protección, mientras que a 20 km ya se tiene una atenuación muy cercana al límite. Esto no libera el hecho que se pueda tener una limitante por congestión de ancho de banda de uplink.

7 Parámetros de diseño de la Red GPON

7.1 Longitud de la FO: debe quedar por debajo del umbral (dB)

- La distancia máxima del Feeder de FO (entre OLT y Split ter Primario) quedará definido por el cálculo del Link Budget. Se recomienda para una red nueva hasta 3 empalmes en su extensión, en la práctica la red existente puede presentar mayor número de empalmes.
- Fibra óptica entre ambos Splitters: esta longitud quedará determinada por un nuevo cálculo, entre el punto de concentración de Demanda (ubicación del Splitter secundario) y el Splitter primario, este cable debe ser siempre cable nuevo.

- Cable de fibra óptica para acometida desde caja de distribución óptica: Longitud máxima 300 metros en cable nuevo.
- Para el diseño en la CNT EP se consideran 3 dB de margen de seguridad, por lo cual todos los diseños deben tener máximo 25 dB de pérdida en el cálculo del Link Budget de la ODN.

7.2 Niveles, razón de división y tipos de Splitter Óptico

- Para todos los Modelos de topología GPON, se recomiendan hasta dos niveles de splitter, ya que con la instalación de un tercer nivel aumenta las pérdidas en el Link Budget, lo que reduce la longitud de la fibra, para cumplir el umbral de pérdidas.
- La razón de división dependerá de la demanda y ubicación del splitter óptico.
- El splitter óptico primario será del tipo fusionado en algunos escenarios y modular en otros.
- Siempre será modular el splitter de primer nivel cuando sea instalado en un edificio nuevo.
- El splitter óptico de segundo nivel, será siempre fusionado para demanda horizontal, como por ejemplo en parques industriales. Además, será modular en aquellos casos que sea albergado al interior del sitio móvil.
- La razón de división de los splitters primarios será de bajo ratio en los casos de ambientes comerciales e industriales. Como por ejemplo, 2:4, 2:8, en cambio para ambiente móvil el splitter primario debe ser de razón 2:8 y en casos excepcionales de razón 2:16.

7.3 Criterios de Protección.

- Se definen en función del tipo de cliente y los perfiles de usuarios potenciales que se atenderán con determinada topología. La recomendación de protección se basa en redundancia óptica en el sistema de alimentación primaria (cable feeder), ver figura 7.1.
- Para alta demanda en ambiente Corporativo (Edificios y Parque Industriales) y Móvil, la recomendación de protección queda definida con la utilización de splitter de redundancia primaria interconectados, de tal modo que al coexistir varios splitters de Primer Nivel, queden interconectados en anillos ópticos.

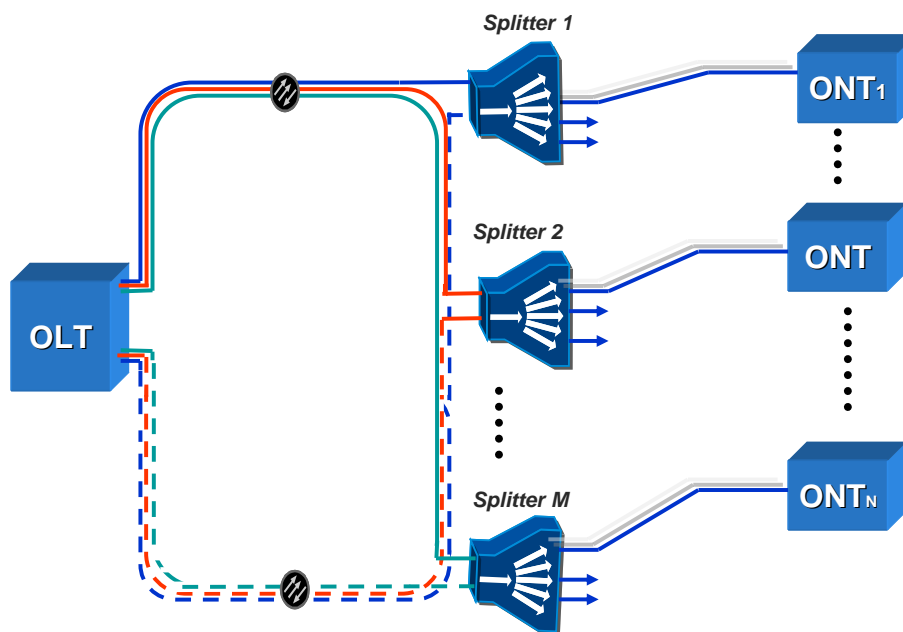


Figura 7.1 Interconexión de Anillos Ópticos

FP: Fibra principal
FR: Fibra de respaldo
M: n° de splitter

8 Criterios de Diseño en Redes GPON

En este apartado se definen los criterios generales y elementales para el diseño de una red GPON.

Lo primero que se debe diseñar y construir es la ODN y la ubicación de la OLT, de manera que la inversión de Capital (CAPEX) cumpla la norma de 60% una inversión anticipada de la OLT (que incluye las tarjetas PON) y un complemento de la inversión de un 40% contra demanda confirmada, que incluye la acometida de FO al cliente y el terminal ONT. (Ver figura 8.1)

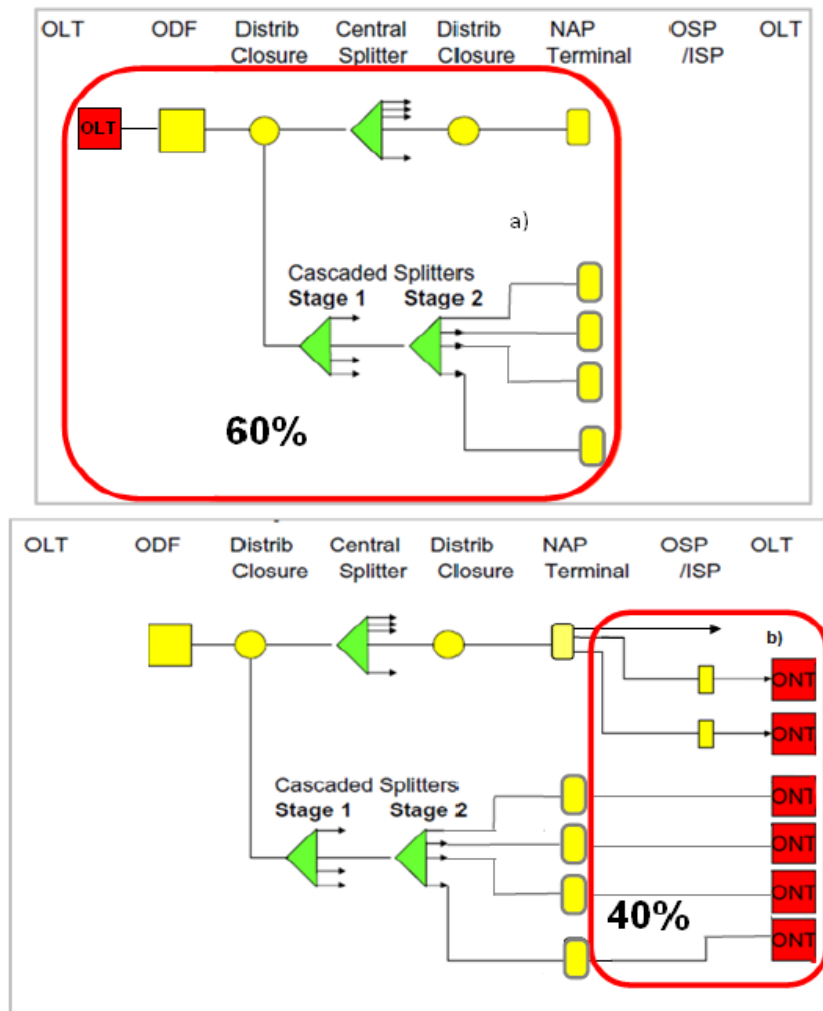


Figura 8.1 Etapas del Capex en una Red GPON.

Lo segundo es que la ODN puede diseñarse y construirse en forma totalmente independiente del fabricante de equipos activos (OLT, Tarjetas y ONT). Siempre que se pueda deberá construirse en forma aérea en lugar de construir red subterránea, para disminuir su CAPEX. Obviamente al existir redes subterráneas disponibles estas se deberán preferir a la red aérea.

Desde el punto de vista de balance de potencia (dB Budget), da lo mismo que el divisor óptico esté cercano a la Central, en la ODN o muy cerca del cliente. Sin embargo, siempre que se pueda, se debe colocar el divisor óptico o la última de las etapas de división óptica (Segundo Optical Splitter), lo más cerca del cliente posible a fin de minimizar la cuenta de fibras-kilómetro en la ODN, reducir el costo de cables y simplificar su manejo. (Ver Figura 8.2).

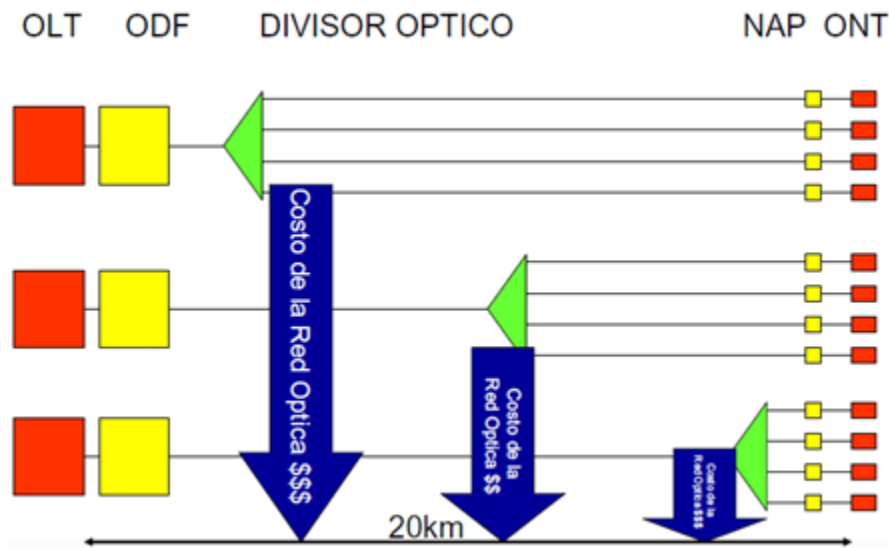


Figura 8.2 Costo de la ODN en base a ubicación del primer Splitter Óptico.

En caso de tratarse de un edificio de oficinas nuevas, el divisor óptico o la última etapa de división óptica pueden colocarse en el subterráneo del edificio. En este caso, se debe alojar el divisor óptico en una gabinete hermético (estanco).

En los casos en que se provea redundancia óptica según lo admitido en ITU-T- G 984.1, se recomienda optar por el modelo OLT Only Duplex, para minimizar costos de CAPEX en ODN y tarjetas de OLT-s y ONT-s. Esto se debe definir en función de la cantidad de tráfico que agregue la OLT, el número de clientes y el tipo de SLA contratado. (Ver Figura 8.3).

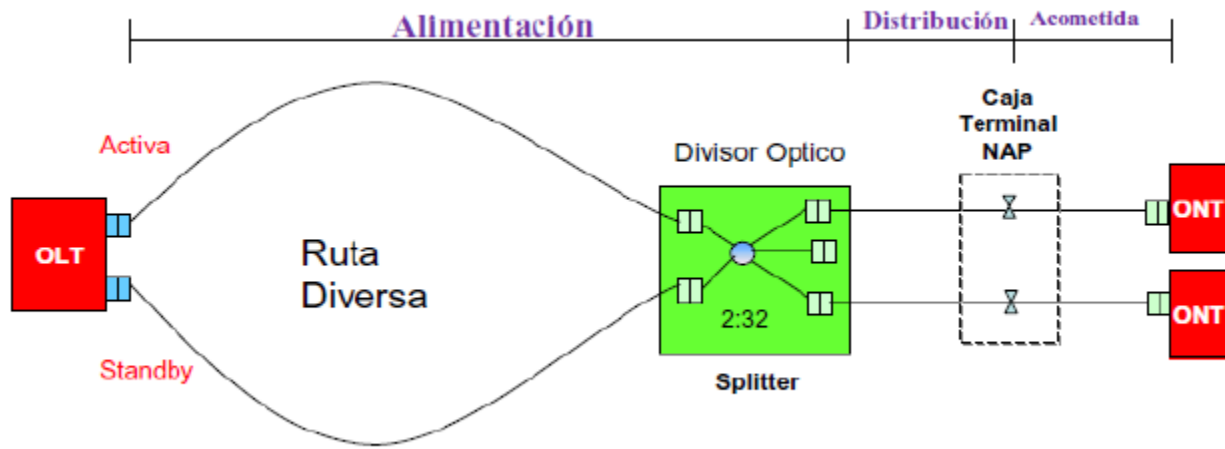


Figura 8.3 Ubicación del primer Splitter Óptico.

9 Conclusiones y Recomendaciones para Diseño en redes GPON/FTTH.

- a) La distancia máxima de la ODN, es decir, distancia entre la OLT y ONT no debe superar los 20 Km. Esto incluye la distancia del Feeder, distancia de la FO de Distribución y la FO del cable Drop o acometida.
- b) Cable de FO de distribución, entre el primero y segundo splitter siempre debe ser nuevo y exclusivo para la red GPON, de tal modo que nunca se mezcle con enlaces de FO punto a punto.
- c) El Divisor Óptico utiliza el mayor porcentaje de pérdida óptica y cada conector que se utilice en un camino óptico debe presupuestarse como 0.5dB según la ITU de pérdida por inserción o atenuación.
- d) Colocar el divisor óptico (splitter) lo más cerca de los clientes de esta forma se reduce el Capex de la ODN (Fig. 8.2).
- e) La atenuación máxima de la red ODN no debe superar los 28 dB, considerando los 3dBs de margen de protección.
- f) Únicamente se permiten dos niveles jerárquicos de Splitters: de primer nivel con respaldo y de segundo nivel sin respaldo conectado de un Splitter primario, en ciertos casos se puede considerar un solo nivel de splitter como se indica en los modelos del ítem 5.
- g) Con el fin de no introducir pérdidas adicionales no consideradas, se debe tener presente los cuidados propios de la manipulación y mantención de fibra óptica, por ejemplo, limpieza de conectores, cortes de fibra compatibles, etc.

10 Índice de Figuras y Tablas

Figura 4.1 Arquitectura de una Red GPON.....	6
Figura 4.2 Modelo de Referencia.....	7
Figura 5.1 Esquema de red GPON de CNT EP	8
Figura 5.2 Layout OLT	9
Figura 5.3 Splitter	13
Figura 5.4 Código de Colores para Splitter	13
Figura 5.5 ONTs de mesa.....	22
Figura 5.6 ONTs rackeables	22
Figura 6.1 Longitud máxima de anillos en Feeder.....	26
Figura 6.2 Resultados del Modelo de Cálculo con	27
Figura 6.3 Resultados del Modelo de Cálculo.....	28
Figura 7.1 Interconexión de Anillos Ópticos	30
Figura 8.1 Etapas del Capex en una Red GPON.....	31
Figura 8.2 Costo de la ODN en base a ubicación del primer Splitter Óptico.....	32
Figura 8.3 Ubicación del primer Splitter Óptico.	33
Tabla 1 Ejemplo OLT con 4 tarjetas PON de 8 puertos.....	10
Tabla 2 Distribución de ZS en Shelf con 14 Slots con Tarjetas PON de 8 Puertos en modo Working – Protection.	11
Tabla 3 Perdidas por Tipo de Splitter.....	25

11 Glosario de Términos

GPON: Gigabit-capable Passive Optical Network.

OLT: Optical Line Terminal (Terminal Óptico de Línea)

ODN: Optical Distribution Network (Red de Distribución Óptica)

ODF: Optical Distribution Frame (Repartidor General Óptico en Cabezal de Video u Oficina Central.

Central Splitter: Divisor Óptico Centralizado / típicamente en armario de calle.

Cascade Splitter: Divisor Óptico en Cascada / típicamente en Cierre Óptico.

NAP: Network Access Point (Caja Óptica de Distribución Terminal) OSP OutSide Plant

ISP: Inside Plant Transition at Customer Premises (Transición Planta Externa a Planta Interna en el lado del Cliente.

ONT: Optical Network Terminal (Terminal de Red óptico).

OAN: Optical Access Network (Red de acceso óptica).

OTDR: Optical Time Domain Reflectometer.

SLA: Service Level Agreement.

SNR: Signal to Noise Ratio.

URA: Unidad Remota de Abonado (Central)

TDMA: Time Division Multiple Access

TDM: Time Division Multiplexing

FO: Fibra Óptica

CO: Central Office

ITU-T: International Telecommunication Union - Telecommunications section

Anillo Feeder: Se describe de esta manera a la ruta principal y de respaldo de fibra óptica Feeder.

Ratio: Sinónimo de razón, cociente de cantidades comparables.

ONU: Optical Network Unit

CAPEX: CAPital EXpenditures (CAPEX o capex o gastos de capital) son erogaciones o inversiones de capital que crean beneficios.

OLT Only Duplex: Cuando la redundancia de FO feeder hacia el splitter principal se la hace a partir de la misma OLT en distintas tarjetas PON.

APROBADO POR:		
Nombre	Área / Gerencia	Firma
Doris González	GERENCIA DE INGENIERÍA E IMPLEMENTACIÓN	
Wilson Panchi	GERENCIA DE INGENIERÍA	
Eduardo Cadena	JEFATURA ACCESO FIJO	
REVISADO POR:		
Nombre	Área / Gerencia	Firma
Gabriela Palacios	GERENCIA DE INGENIERIA	
Oscar Muñoz	GERENCIA DE INGENIERIA	
Fernando Yépez	GERENCIA DE INGENIERIA	
Marcelo Gallegos	GERENCIA DE INGENIERIA	
ELABORADO POR:		
Nombre	Área / Gerencia	Firma
Jaime Saavedra	ACCESO FIJO (CONSULTORÍA FTTH) / GERENCIA DE INGENIERIA	



NORMAS DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y FISCALIZACIÓN DE LA ODN

Noviembre de 2012