



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED CON TECNOLOGÍA GPON-
FTTH PARA LA PROVISIÓN DE SERVICIOS DE TELEFONÍA
FIJA E INTERNET EN EL SECTOR LA UNIÓN DEL CANTÓN
DURÁN, PROVINCIA DEL GUAYAS”**

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**MARCELA BETZABÉ PÉREZ PEREIRA
JUAN DIEGO VARELES TASCÓN**

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de manera muy especial a Dios, por bendecirme día a día y permitirme cumplir esta meta.

A mis padres, por su apoyo y amor incondicional, por siempre creer en mí.

A mis hermanos, por todo su cariño, el cual me motiva siempre a ser una mejor persona.

A toda mi familia y amigos que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo.

Marcela Betzabé Pérez Pereira

DEDICATORIA

A mi Padre, que ante las adversidades de la vida jamás se rindió y que con su esfuerzo y sacrificio luchó siempre por darnos lo mejor.

A mi Madre, que con sus consejos, sacrificios y palabras de aliento, siempre estuvo a mi lado y me enseñó a nunca rendirme.

Marcela Betzabé Pérez Pereira

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres por haberme apoyado en todo momento durante esta etapa de estudios universitarios.

Juan Diego Vareles Tascón

DEDICATORIA

A mis padres, pues ellos estuvieron siempre allí hasta la consecución de este objetivo.

Juan Diego Vareles Tascón

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

MSc. Edison Del Rosario C.
PROFESOR EVALUADOR

MSc. José Miguel Menéndez
PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Marcela Betzabé Pérez Pereira

Juan Diego Vareles Tascón

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra el problema del sector La Unión en Durán en el cual la mayoría de sus habitantes no poseen telefonía ni internet por ser un sector de bajos recursos y de relativamente poco tiempo de existencia. Por esto se propone el diseño de una red que solucione esta problemática y que a su vez brinde un servicio con la más reciente tecnología, con un gran ancho de banda y la mejor calidad de transmisión, y para esto se utilizará Fibra Óptica.

Por aspectos prácticos, el sector de interés es dividido en varias secciones para analizar y diseñar de forma detallada la red en uno de ellos, y luego escalar el diseño a la totalidad del sector. En planos que pueden ser hallados al final en los anexos se presenta el diseño final. Con el diseño realizado se hace un presupuesto y se calcula aproximadamente el costo de la obra si esta fuese a realizarse. Finalmente, un análisis financiero, el cual intenta abarcar todos los gastos de operación del proyecto y los ingresos posibles que se desprendan de este, determinar su viabilidad.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	vii
RESUMEN.....	viii
CAPÍTULO 1	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Alcance.....	3
1.5. Limitaciones	4
1.6. Metodología.....	5
1.7. Proyección de las capacidades de transmisión.....	5
1.8. Ingresos esperados	7
1.9. Ingresos medios por usuario (ARPU)	8
1.10. Resumen de capítulo.....	10
CAPÍTULO 2.....	11
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Redes de acceso.....	11
2.1.1. Consideraciones geográficas.....	11

2.1.2.	Consideraciones técnicas	11
2.2.	Clasificación de las tecnologías de redes de acceso	12
2.2.1.	Tecnologías de acceso guiado	12
2.2.2.	Tecnologías de acceso no guiado	12
2.3.	Tecnologías de acceso guiado	13
2.3.1.	El par de cobre	13
2.3.2.	Cable coaxial	15
2.3.3.	La fibra óptica	16
2.4.	Tipos de redes ópticas.....	17
2.4.1.	Redes ópticas activas.....	17
2.4.2.	Redes ópticas pasivas.....	17
2.5.	Tipos de fibra óptica	19
2.6.	Redes ópticas pasivas (PON).....	19
2.7.	Funcionamiento de una red PON.....	21
2.8.	Clasificación de las redes PON	22
2.8.1.	APON (ITU-T G.983)	23
2.8.2.	BPON (ITU-T G.983)	24
2.8.3.	GPON (ITU-T G.984).....	25
2.8.4.	EPON o GEPON (IEEE 802.3ah)	26
2.8.5.	Comparación entre EPON/GEPON y GPON	27
2.9.	Elementos de una red GPON	29
2.9.1.	Distribuidor o repartidor general (ODF planta externa)	30
2.9.2.	Red Feeder	30
2.9.3.	Distritos	30
2.9.4.	Armarios (FDH) y mangas porta <i>splitters</i>	30
2.9.5.	Caja de distribución óptica (NAP)	31

2.9.6.	Caja de distribución principal (FDB).....	31
2.9.7.	Caja de distribución secundaria (FDF).....	31
2.9.8.	Red de distribución.....	31
2.9.9.	Red de distribución interna de urbanizaciones	31
2.9.10.	Red de distribución interna en edificios.....	31
2.9.11.	Red de acometida.....	31
2.9.12.	Red de acometida en urbanizaciones	32
2.9.13.	Red de acometida en edificios	32
2.9.14.	Sistemas de puesta a tierra.....	32
2.9.15.	Mangas de empalme.....	32
2.9.16.	Postes.....	32
2.9.17.	Herrajes	32
2.9.18.	Porta-reservas	33
2.9.19.	Manguera corrugada.....	33
2.9.20.	Identificadores.....	33
2.10.	Características de los cables de fibra óptica.....	34
2.10.1.	Norma.....	34
2.10.2.	Capacidad.....	35
2.11.	Presupuesto óptico.....	35
2.12.	Sistemas FTTH.....	36
2.12.1.	Fiber to the home (FTTH)	37
2.13.	Criterios de rentabilidad.....	38
2.13.1.	Valor actual neto.....	38
2.13.2.	Tasa interna de retorno.....	39
2.13.3.	Plazo de recuperación de la inversión.....	39

CAPÍTULO 3.....	40
3. DISEÑO DE LA RED	40
3.1. Consideraciones generales	40
3.2. Delimitación del sector.....	41
3.3. Normas de diseño de la ODN FTTH.....	44
3.4. Distribución de la red.....	46
3.5. Canalización y tendido.....	48
3.6. Plano de la red <i>feeder</i>	49
3.7. Plano de la red de distribución.....	51
3.8. Cuantificación de materiales.....	53
3.8.1. Total de cable <i>feeder</i>	53
3.8.2. Total de cable de distribución	54
3.8.3. Total de cable de acometida.....	55
3.8.4. Total de herrajes.....	55
3.8.5. Total de <i>splitters</i>	56
3.9. Equipos	57
3.9.1. OLT	57
3.9.2. Rack de piso GPON	57
3.9.3. ODF de 96 puertos.....	58
3.9.4. ONT.....	59
CAPÍTULO 4.....	60
4. ANÁLISIS FINANCIERO.....	60
4.1. Ingresos.....	60
4.2. Ingreso total por los servicios prestados	61
4.3. Presupuesto y volumen de obra	62

4.3.1. Red feeder.....	63
4.3.2. Red de distribución.....	63
4.3.3. Red de acometida	64
4.3.4. Canalización.....	64
4.3.5. Pozos	65
4.3.6. Equipos	66
4.4. Inversión total	66
4.5. Costos proyectados.....	67
4.6. Determinación de la rentabilidad	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA.....	74
ANEXOS.....	79

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se describe el problema, el cual es en esencia, la provisión de servicios integrales a un sector en el que la mayoría de sus habitantes no los posee. Se mencionan aspectos relevantes de este sector como lo son su población, su situación socioeconómica y el por qué presentan el problema. Se describen antecedentes, justificación y objetivos este proyecto, y se lleva a cabo un análisis de la situación de mercado para conocer la factibilidad del proyecto como negocio.

1.1. Antecedentes

A tan sólo 6 km de Guayaquil se encuentra la ciudad de Durán, cantón vecino separado por el río Guayas. Actualmente, es una ciudad en pleno desarrollo y crecimiento, no sólo en el sector económico e industrial, sino también en el poblacional, lo cual se ve reflejado, en el aumento del área urbana que ha presentado la ciudad, de forma casi sorprendente, en los últimos años.

Hoy por hoy, es considerada la puerta de entrada al puerto principal del país, que es Guayaquil, ciudad con la que además mantiene un fuerte lazo social, económico y comercial, al ser el principal medio de acceso terrestre a Guayaquil y por el cual cruzan diariamente miles y miles de personas. No por nada Durán es considerado el segundo cantón más importante de la provincia del Guayas.

De forma paralela, así como se desarrollan las grandes ciudades, la tecnología también avanza, y a pasos muy acelerados por lo que poco a poco, servicios como telefonía e internet se han presentado como una necesidad. Y es precisamente, la ausencia de estos servicios, lo que hemos detectado en estos nuevos barrios y ciudadelas.

Tal es el caso del sector La Unión, un barrio de bajos recursos, cuyas necesidades no han sido atendidas aún, razón por la cual captó nuestra

atención. Actualmente, el único servicio con el que cuentan es el de energía eléctrica y gracias a la información obtenida de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, se nos informó que están planificando entregar a futuro los servicios de voz e internet pero únicamente con redes de cobre.

Por lo antes expuesto, se ha considerado pertinente el diseño de una red nueva, que no sólo sea capaz de brindar y satisfacer estos servicios, sino que al mismo tiempo utilice para ello lo último en tecnología en redes de telecomunicaciones: la fibra óptica, hoy en día, el mejor medio de transmisión de información.

Es necesario presentar las razones por las que el presente trabajo es hecho y es lo que se muestra en la sección siguiente.

1.2. Justificación

Debido a la creciente demanda de servicios tecnológicos que exige la sociedad actual, consideramos que es necesario e imprescindible utilizar los conocimientos adquiridos durante estos años de estudio y aplicarlos en beneficio de la comunidad, razón por la cual, pensamos en el diseño de una red de telecomunicaciones con fibra óptica, para que, además de ofrecer los servicios de voz y datos, dichos servicios ofrezcan lo mejor en velocidad y calidad de comunicación, beneficios que sólo la fibra óptica es capaz de brindar; y de esta manera, atender la demanda de servicios existente en sector La Unión de la ciudad de Durán.

Podemos darnos cuenta que con este trabajo no solo estamos solucionando el problema existente sino que además estaríamos cumpliendo el objetivo N° 11 del Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017 que impulsa el Gobierno actual, el mismo que menciona que “El Ecuador tiene una oportunidad histórica para ejercer soberanamente la gestión económica, industrial y científica, de sus sectores estratégicos. Esto permitirá generar riqueza y elevar en forma general el nivel de vida de nuestra población”.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar el análisis y diseño de una red con tecnología GPON-FTTH para satisfacer la inexistencia de servicios de voz y datos que presenta actualmente el sector La Unión del cantón Durán de manera que a su vez mejore la calidad de vida de la población de acuerdo a lo establecido en el Plan Nacional del Buen Vivir desarrollado actualmente por el Gobierno.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la demanda de servicios de comunicación y entretenimiento del sector.
- Proponer un diseño de una red GPON-FTTH como plataforma de provisión de servicios para el sector.
- Describir los fundamentos teóricos de las redes ópticas pasivas.
- Realizar un análisis del costo-beneficio de la ejecución del diseño propuesto.

1.4. Alcance

La principal ocupación de este trabajo de tesis es la realización de un diseño de red de fibra óptica para el sector La Unión en el cantón Durán. Para ello realizamos un análisis general de la situación actual del sector de interés, de cuantas personas en dicho sector necesitarían los servicios que se pretenden proveer y qué beneficios aportaría para el sector en su conjunto la realización de este proyecto. Este análisis se describe más adelante para conocer cuantitativamente las personas y empresas que se beneficiarían de esto.

El diseño de esta red óptica es una propuesta de proyecto para cualquier empresa de telecomunicaciones que esté interesada en resolver esta problemática. El diseño realizado cumple con las normas de diseño de redes establecidas por CNT.

Se ha realizado también un plan tentativo de ejecución de obra como referencia para poder tener una estimación de la duración de ésta en caso de ser llevada a cabo.

1.5. Limitaciones

Por el límite de tiempo establecido para la realización de este trabajo, es nuestro principal interés el hacer una investigación sobre la realización de diseños de redes ópticas y consumir un diseño en un sector de interés que requiera los beneficios resultantes de la elaboración de este trabajo, de acuerdo a las mejores prácticas de diseño y construcción.

También encontramos una limitante en el acceso a la información por parte de las empresas de telecomunicaciones, pues mucha información es considerada confidencial y por lo tanto no es fácil obtenerla.

Además, para el desarrollo de este trabajo, nuestro interés ha sido encontrar una zona que actualmente no cuente con servicios de telefonía e internet, de manera que se pueda plantear el diseño de una red (en este caso de fibra óptica), y determinar si es factible su implementación. El sector La Unión, cumple con estos parámetros y es la razón por la cual fue escogido para la elaboración de este estudio.

Adicionalmente, los altos costos que representa la construcción de este tipo de red más el reducido tiempo con el que contamos, limita la implementación de la misma.

Finalmente, se debe mencionar que para el cálculo financiero de este estudio, no se va a tomar en cuenta el total de la población como referencia de los posibles clientes (ver sección 3.2), sino más bien se consideró los datos estadísticos obtenidos del ARCOTEL (Agencia De Regulación Y Control De Servicios De Las Telecomunicaciones), y en base a dicha información se obtuvo el porcentaje de posibles clientes con el que vamos a trabajar, el cual corresponde a 538 posibles clientes (ver sección 4.2).

1.6. Metodología

El primer aspecto que debemos considerar para el desarrollo del proyecto es el planteamiento del problema y la selección del lugar. Una vez definidos estos puntos procedemos a delimitar el área de trabajo e inmediatamente se realiza una investigación de campo en el sitio de intervención de manera que se pueda efectuar la estimación de los posibles clientes y a su vez el cálculo de ingresos esperados. A continuación se procede a realizar el respectivo diseño de la red y la cuantificación de materiales y equipos. Con estos datos se puede calcular los costos totales del proyecto y con el análisis económico correspondiente verificar la viabilidad del proyecto.

1.7. Proyección de las capacidades de transmisión

Para poder brindar los servicios mencionados anteriormente, debemos conocer la capacidad de transmisión que necesita la red, y para ello se ha considerado los siguientes aspectos.

- Para la única tarifa de telefonía que ofrecemos, la capacidad mínima para la transmisión del servicio de voz será de 64 Kbps.
- Para el servicio de internet tenemos dos planes diferentes, para lo cual necesitamos 4096 Kbps (4Mbps) para el servicio básico y 15360 Kbps (15Mbps) para el servicio Plus.

En base a estos datos y de acuerdo a la proyección de clientes que se espera tener por cada servicio, hemos elaborado la siguiente tabla.

CAPACIDADES DE TRASMISIÓN				
Total de Clientes		538		
SERVICIO	PORCENTAJES	PUERTOS	CAPACIDADES[Kbps]	CAPACIDADES[Kbps]
Voz	10%	54		
Tarifa Básica	100%	54	64	3443,20
Internet	20%	108		
Servicio Básico	80%	86	4096	352583,68
Servicio Plus	20%	22	15360	330547,20
Voz e Internet	70%	377		
Servicio Básico	80%	301	4160	1253324,80
Servicio Plus	20%	75	15424	1161735,68
Total [Kbps]			3101634,56	
Total [Mbps]			3029	
Compartición 8:1			378,62	
Total de STM-1			2,44	

Tabla 1: Capacidades de transmisión

Como podemos ver, el total de la capacidad de transmisión necesaria es de 3029 Mbps. Así mismo, debemos considerar que el tipo de compartición de canal que vamos a tener es de relación 8:1, lo que quiere decir que realmente se van a necesitar 378,62 Mbps.

Adicionalmente, de acuerdo a los protocolos de transmisión de datos de la Jerarquía digital sincrónica o SDH (Synchronous Digital Hierarchy), la trama básica es el STM-1(Synchronous Transport Module level 1), con una velocidad de 155 Mbps, por lo tanto, de acuerdo a la capacidad de transmisión proyectada, para este proyecto se necesitan 2,44 STM-1 de acceso internacional a internet.

1.8. Ingresos esperados

En esta sección se muestra de forma más detallada algunos datos acerca del sector sobre el cual se va a trabajar y conocer la magnitud del proyecto planteado. Se establecerá de forma aproximada a cuántas personas se atenderán y cuánto serán los ingresos obtenidos.

En primer lugar cuantificamos la cantidad de solares en todo el sector (esto se explica con más detalle en la sección 3.2 de este documento), con lo que se obtuvo un valor aproximado de 972 solares y después se determinó la cantidad de posibles clientes a partir de los datos estadísticos provistos por el ARCOTEL (ver sección 4.2), de manera que se pudo establecer que sólo el 55,31% de todos los solares serán los posibles clientes, es decir, la cantidad de usuarios en los que se basan todos los cálculos, ya sean financieros o de diseño, es de 538 usuarios.

Se establece un precio a pagar por los servicios prestados tomando como referencia los precios actuales que las otras empresas de telecomunicaciones cobran por sus servicios (estos precios se detallan en la sección 4.1). Con esto se lleva a cabo un cálculo aproximado de cuanto serían los ingresos en el primer año de funcionamiento. Con esta información se tiene una estimación inicial de los posibles ingresos obtenidos con la realización de este proyecto, lo que permite tener una idea de la magnitud del proyecto.

CLIENTES**538**

CLIENTES				Año 1	
Ventas por Mes				538	
Acumulado de Ventas					
Voz	10%	54			
Ventas				54	
Acumulado					
Instalación	-		\$ -	\$ -	
Tarifa Básica	100%		\$ 6,50	\$ 2.102,75	
Trafico Adicional	30%		\$ 5,50	\$ 533,78	
Internet	20%	108			
Ventas				108	
Acumulado					
Instalación	100%	108	\$ 50,00	\$ 5.380,00	
Servicio Básico	80%	86	\$ 20,00	\$ 10.352,00	
Servicio Plus	20%	22	\$ 50,00	\$ 6.470,00	
Voz e Internet	70%	377			
Ventas				377	
Acumulado					
Instalación	100%	377	\$ 50,00	\$ 18.830,00	
Servicio Básico	80%	301	\$ 23,85	\$ 43.206,66	
Con. Ad. Voz	30%	90	\$ 5,50	\$ 3.736,43	
Servicio Plus	20%	75	\$ 50,85	\$ 23.029,97	
Con. Ad. Voz	30%	23	\$ 7,50	\$ 5.095,13	
				\$ 118.736,70	

Tabla 2: Ingresos Esperados durante el primer año**1.9. Ingresos medios por usuario (ARPU)**

Los ingresos medios por usuario, o ARPU por sus siglas en inglés, representan el ingreso promedio por usuario; es decir, el gasto que un usuario promedio dedica al servicio de telecomunicaciones.

Esta medida brinda una mejor imagen del desempeño financiero de una empresa que los ingresos totales, ya que muestra el comportamiento de un consumidor representativo de la empresa [1]. Por lo que es importante calcular dicho valor para este proyecto.

Como ya se mencionó antes, se ha estimado que la cantidad de posibles clientes es 538 y los ingresos durante el primer año son de \$ 118.736,70. Por lo tanto el valor del ARPU es el siguiente:

$$ARPU = \frac{\text{Ingresos Anuales} \div 12}{\text{Total de Clientes}} \quad (1.1)$$

$$ARPU = \frac{\$ 118.736,70 \div 12}{538}$$

$$ARPU = \$ 18,39$$

El ARPU es un indicador fundamental como elemento en la toma de decisiones, especialmente las comerciales para adoptar estrategias que coadyuven en la optimización de recursos y la rentabilidad de la compañía, es decir que es un buen indicador del rumbo que debe seguir la compañía, y nos indica donde realizar los ajustes necesarios.

1.10. Resumen de capítulo

Se ha detallado el problema a solucionar, el sector del problema y se ha definido los objetivos y alcance de este proyecto. Sin embargo, el propósito principal de éste es el proponer un diseño de red de fibra óptica que solucione la problemática del sector de interés, y es por esto que en el capítulo siguiente, antes de hacer el diseño, se explica lo concerniente a las redes ópticas, estrictamente necesario para explicar y entender la propuesta de diseño.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Redes de acceso

Las Redes de Acceso son la parte de las redes de Telecomunicaciones que se encarga de conectar los abonados con su respectivo proveedor de servicio. Es de gran importancia, desde el punto de vista técnico, al momento de diseñar una nueva red.

Actualmente, la evolución de las tecnologías ha llevado a una demanda de anchos de banda cada vez mayores, lo que ha generado el desarrollo de una diversidad de tecnologías de acceso que favorecen el despliegue de nuevas redes y servicios.

Existen dos puntos de vista importantes de considerar en cuanto a redes de acceso se refiere: Consideraciones Geográficas y Consideraciones Técnicas.

2.1.1. Consideraciones geográficas

Son todas aquellas que hacen referencia a la infraestructura existente entre el punto de conexión de la Terminal de usuario y la central de conmutación.

2.1.2. Consideraciones técnicas

Son aquellas que hacen referencia a la infraestructura de comunicaciones existente entre el punto de conexión de la terminal del usuario y además incluye el primer equipo que procesa la información en el nivel de red.

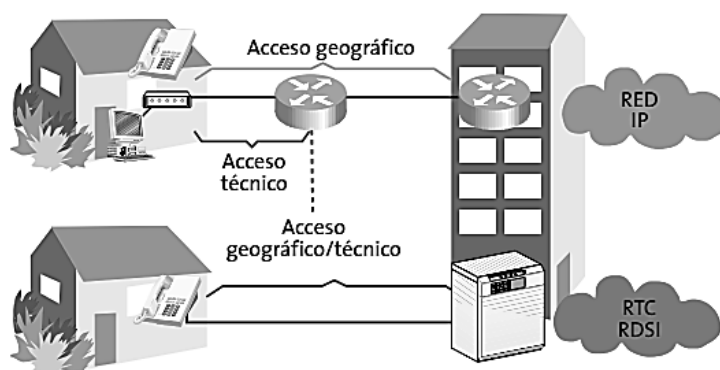


Figura 2.1: Consideraciones Geográficas y Consideraciones Técnicas [2]

En una primera instancia, las tecnologías de Acceso se pueden dividir en dos grandes grupos: de acceso guiado y de acceso no guiado, las cuales se explican brevemente a continuación.

2.2. Clasificación de las tecnologías de redes de acceso

2.2.1. Tecnologías de acceso guiado

Son todas aquellas que requieren de la existencia de un medio físico de transmisión que transporte en su interior la información entre los extremos, ya sea, entre la central y el abonado o entre el primer punto donde se reenvía a la red troncal (*Backbone*) y el abonado. Entre las más comunes están: el par de cobre, el cable coaxial, la fibra óptica.

2.2.2. Tecnologías de acceso no guiado

Son todas aquellas que usan como medio de transmisión el aire, es decir, propagan la información sobre las ondas electromagnéticas, tal como lo hacen las ondas de radio difusión y televisión abierta.

Debido a que el enfoque de nuestro problema se basa en redes de fibra óptica, no entraremos en detalle de las tecnologías de acceso no guiado, por lo más bien, el desarrollo de este capítulo se basa en la teoría referente a las tecnologías de acceso guiado, más

específicamente, redes PON (Passive Optical Network) y sistemas FTTH (Fiber to the home).

2.3. Tecnologías de acceso guiado

Entre las tecnologías de acceso guiado más comunes tenemos:

2.3.1. El par de cobre

El par de cobre es principalmente utilizado para el enlace físico entre los puntos de terminación del abonado y la red del operador de telecomunicaciones. A esta sección de la red se la denomina Red de Acceso. El par de cobre está compuesto por dos hilos de cobre con su respectivo aislamiento y que se hallan trenzados entre sí. Las redes de par trenzado fueron concebidas y construidas únicamente para prestar servicios de telefonía fija en lo que se constituye la Red Telefónica Conmutada Pública (PSTN). Esta era más que adecuada para transmitir voz debido a su apropiada respuesta en frecuencias bajas (300Hz – 3500Hz) –rango de frecuencias de la voz-.



Figura 2.2: Cable de Cobre en par trenzado [3]

Más adelante surgió la idea de utilizar el espectro libre en el par de cobre para transmitir también otras señales. Fue ahí, donde la tecnología xDSL (X Digital Subscriber Line), en particular ADSL (Líneas de Abonado Digital Asimétrica), se convirtió en una de las más usadas a través de los años, gracias a su capacidad de

transmitir al mismo tiempo señales de voz y datos multiplexadas a diferentes frecuencias. Existen algunas tecnologías xDSL, cada una con sus características específicas. Entre las más comunes tenemos, ADSL, HDSL, RDSL Y VDSL [4].

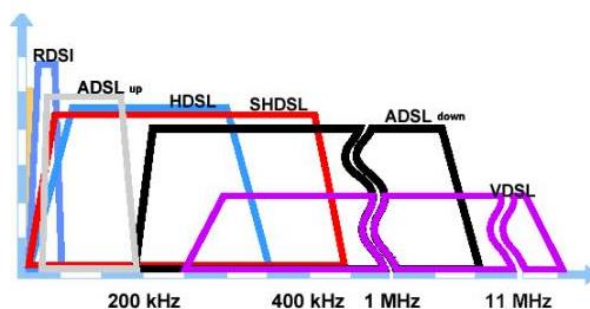


Figura 2.3: Anchos de Banda de las diferentes tecnologías xDSL transmitiendo por cable de cobre [5]

A continuación presentamos un cuadro en el que se muestran las diferentes tecnologías xDSL y sus principales características.

Nombre	Significado	velocidad	Modo	Comentario
HDSL	DSL de alta velocidad	1.544 Mbps	Simétrico	Utilizaba 2 pares de hilos
HDSL2		2.048 Mbps	Simétrico	HDSL2 Utiliza un par de hilos
SDSL	DSL de par único	768 Kbps	Simétrico	Utiliza un par de hilos
ADSL	DSL asimétrico	De 1.5 Mbps a 8 Mbps	Sentido Downstream (descendente)	Utiliza 1 par de hilos. Mínima longitud de bucle: 5.5 kms
		De 16 kbps a 640 kbps	Sentido Upstream (ascendente)	
RADSL	DSL de velocidad adaptable	De 1.5 Mbps a 8Mbps	Sentido Downstream (descendente)	Utiliza un par de hilos, pero puede adaptar la velocidad de datos a las condiciones de línea.
		De 16 kbps a 640 kbps	Sentido Upstream (ascendente)	
CDSL	DSL de consumidor	Hasta 1 Mbps de 16 a 128 Kbps	Downstream Upstream	Utiliza un par de hilos, pero necesita equipos remotos en casa.
IDSL	DSL de RDSI	Igual que el interfaz básico (BRI) de la RDSI	Simétrico	Utiliza un par de hilos denominados "Bri sin conmutador"
VDSL	DSL de muy alta velocidad	De 13 a 52 Mbps De 1.5 a 6.0 Mbps	Downstream Upstream	Velocidades muy elevadas. De 300 a 1300 de longitud máxima de bucle. Para funcionar necesita una red de fibra y ATM

Tabla 3: Características principales de las tecnologías xDSL

2.3.2. Cable coaxial

A mediados de los 90, el cable coaxial era usado principalmente para la transmisión de canales de televisión. Para esa época, las operadoras de cable estaban bien consolidadas y ya contaban con una amplia red de banda ancha exclusiva para servicios de televisión, mientras que los operadores de telefonía empezaban a implementar redes de acceso con fibra pero no en todos los casos, debido a los altos costos de sus equipos.

El funcionamiento de estas redes no era muy complejo. El grupo de canales de televisión era inyectado a los cables coaxiales desde una

cabecera y para distribuir la señal a los hogares se usaban derivadores. Durante el trayecto del cable era necesario colocar amplificadores que compensen las pérdidas por transmisión. [6]

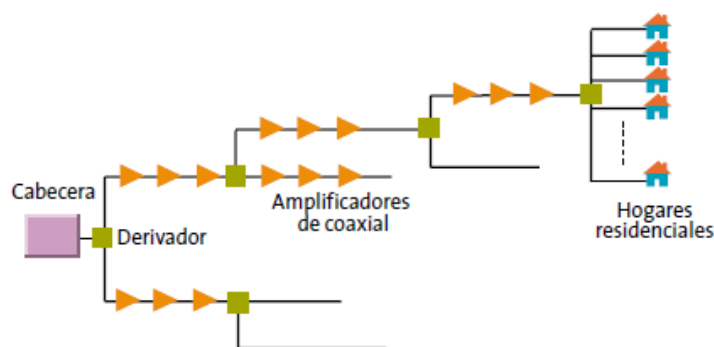


Figura 2.4: Esquema tradicional de una red de cable coaxial para televisión [7]

2.3.3. La fibra óptica

Es un filamento de vidrio que transporta información en forma de luz y que actualmente es el mejor medio de transmisión en telecomunicaciones. Una de sus grandes ventajas es su inmunidad a las interferencias electromagnéticas, además puede enviar gran cantidad de datos con velocidades que el actualmente el cobre no es capaz de soportar por lo que se ha convertido en el medio preferido por muchos. [8]

La fibra óptica está compuesta básicamente por un núcleo y un recubrimiento. El índice de refracción del núcleo es mayor que el del recubrimiento, razón por la cual se produce la reflexión interna total y la luz introducida al interior de la fibra queda confinada y se propaga a través del núcleo.

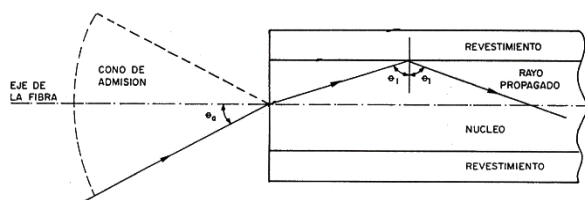


Figura 2.5: Refracción de la luz en el interior de la fibra [9]

2.4. Tipos de redes ópticas

Básicamente, existen dos tipos de redes de fibra óptica que se utilizan al momento: Redes Ópticas Activas y Redes Ópticas Pasivas.

2.4.1. Redes ópticas activas

Una Red óptica activa o también conocida como AON, por sus siglas en inglés (Active Optical Network), es una red con elementos activos que requieren energía para su alimentación y permiten cubrir largas distancias entre los equipos de distribución y los abonados, que en la mayoría de los casos supera los 80km.

Está basada en el Standard IEEE 802.ah y provee un ancho de banda simétrico con velocidades superiores a 1Gbps por puerto sobre una única fibra utilizando para ello dos longitudes de onda multiplexadas y diferenciadas sobre cada fibra óptica.

De ésta manera con cada longitud de onda tenemos dos *slots* de transmisión, un *slot* utilizado como canal de transmisión y otro para el canal de recepción, lo cual permite una transmisión de datos *Full-Dúplex* mediante una conexión punto a punto con un ancho de banda dedicado al usuario.

2.4.2. Redes ópticas pasivas

Conocidas también como Redes PON (Passive Optical Network), son configuraciones de red que proveen una gran variedad de servicios de banda ancha mediante accesos de fibra óptica bidireccional y compartida que utiliza acopladores ópticos formando

generalmente una red con topología punto-multipunto hasta el usuario final.

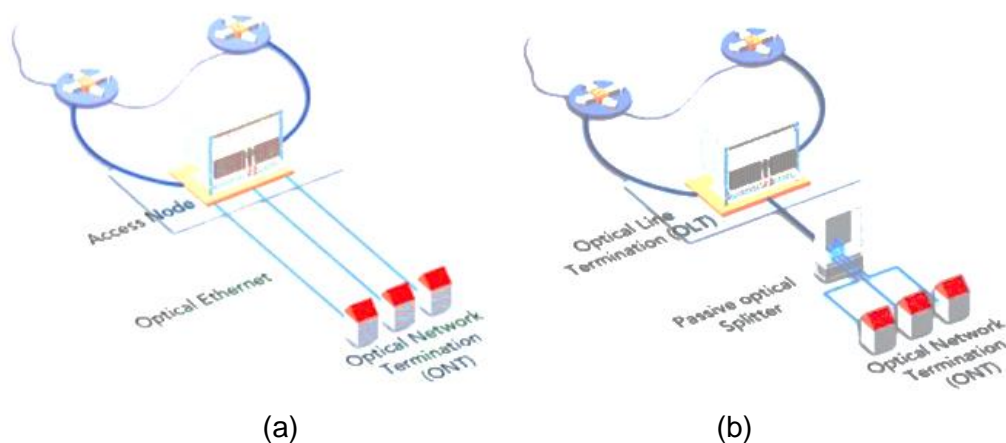


Figura 2.6: (a) Red óptica activa. (b) Red óptica pasiva [10]

Las redes PON toman su modelo a partir de las redes CATV (Community Antenna Television), reusadas para ofrecer servicios de banda ancha mediante la habilitación del canal de retorno.

Una red CATV está compuesta por varios nodos ópticos, unidos con la cabecera a través de fibra óptica, de los cuales se derivan, mediante una arquitectura compartida de cable coaxial, los accesos a los abonados. Habitualmente, en CATV, cada nodo óptico sirve a un determinado número de usuarios en función de su ancho de banda asignado, utilizando cable coaxial y *splitters* eléctricos.

Las redes ópticas pasivas, sustituyen el tramo de cable coaxial por fibra óptica monomodo e intercambiando los derivadores eléctricos por divisores ópticos. De esta manera, se puede ofrecer mayores anchos de banda en los canales ascendente y descendente.

2.5. Tipos de fibra óptica

- **Monomodo:** La fibra monomodo, solo propaga la luz (modo) a través de la fibra óptica. La capa de revestimiento es un acrilato que protege la fibra.

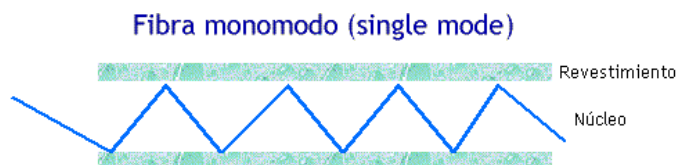


Figura 2.7: Fibra monomodo [11]

- **Multimodo:** La fibra multimodo, el mayor diámetro de su núcleo hace que múltiples modos se propaguen a través de la fibra óptica.

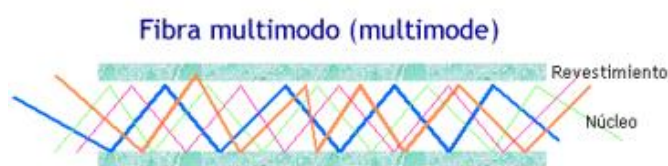


Figura 2.8: Fibra multimodo [11]

2.6. Redes ópticas pasivas (PON)

Passive Optical Network PON es un conjunto de tecnologías estandarizadas por la ITU (International Telecommunication Union) y la IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), aunque fue originalmente creada por el grupo de trabajo FSAN (Full Service Access Network). PON es una infraestructura de convergencia en la que múltiples servicios tales como Telefonía Tradicional, Voz sobre IP (VoIP), datos, videos y telemetrías, son convertidos un encapsulados en un único tipo de paquete para su transmisión sobre una fibra PON.

La tecnología PON comprende tres elementos principales:

- **OLT (Optical Line Terminal):** La OLT o Terminal de Línea Óptico se encuentra en la oficina central del proveedor de servicios. Es el equipo que gestiona el tráfico desde el UpLink MPLS con los equipos terminales.
- **ODN (Optical Distribution Network):** La ODN o Red de Distribución Óptica está formada por un cable *feeder* que conecta el puerto del ODF (Optical Distribution Frame) y la entrada principal de *splitter* primario; y dependiendo del nivel de atenuación, las salidas de los *splitters* secundarios a través de cables de distribución se conectan a los equipos terminales (ONTs) a través de una caja de distribución y cables tipo Drop o de acometida.
- **ONT (Optical Network Terminal):** La ONT o Terminal de Red Óptico es un dispositivo de abonado único interconectado a la ODN, para servicios de interfaz con el cliente.
- **ONU (Optical Network Unit):** En este caso se trata de dispositivos de distribución que dan servicio a más de un usuario.

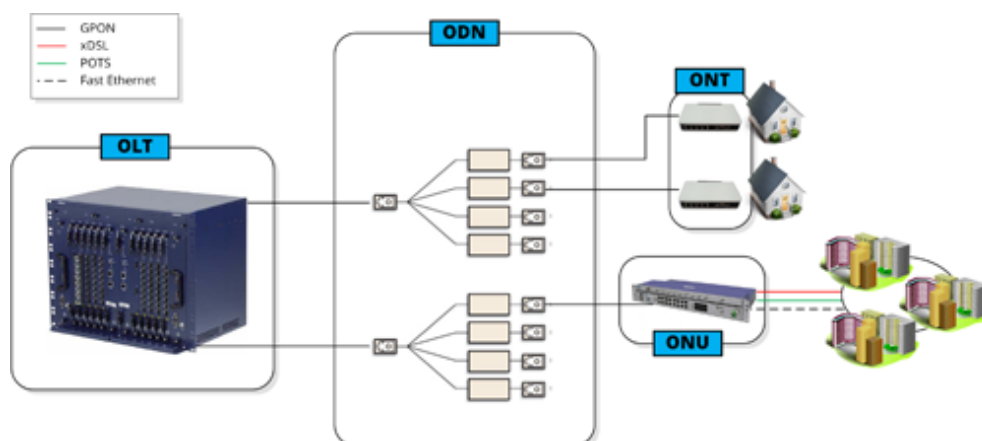


Figura 2.9: Elementos de una Red PON [12]

2.7. Funcionamiento de una red PON

El funcionamiento de una red PON en general es el siguiente. La OLT se encuentra dentro de la oficina central y de aquí salen los diferentes cables de fibra óptica que son capaces de soportar el tráfico de hasta 64 usuarios lo que representa un puerto PON en la central. A continuación de las fibras viene una o varias etapas de *splitters*, dependiendo del diseño que se haya elaborado, tal como se observa en la siguiente figura.

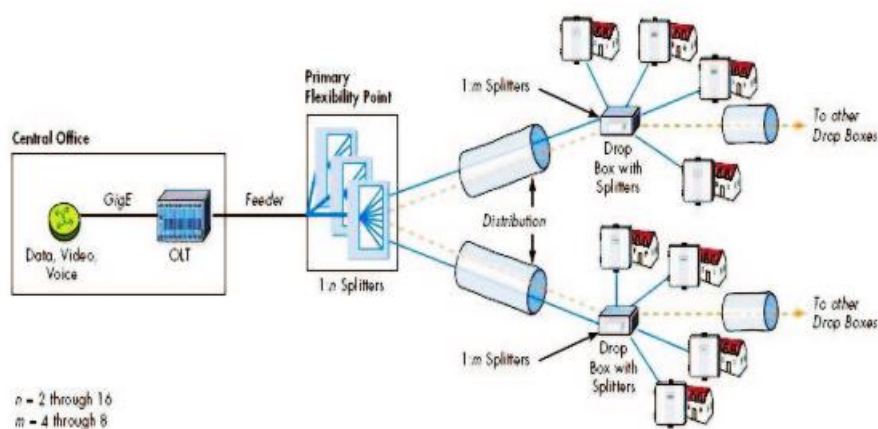


Figura 2.10: Funcionamiento de una red PON genérica [13]

Como se puede ver en la imagen esta red consta de dos niveles de *splitters*. La primera etapa sigue una relación 1: n, desde ese punto salen 'n' fibras por cada fibra primaria o *Feeder*, lo cual origina la etapa de cableado conocida como Distribución y que termina en un segundo *splitter*—segunda etapa de *splitters*— del cual salen los cables de acometida que van específicamente a cada usuario y que generalmente usan tendido aéreo para su cableado.

Los ONUs o terminales de abonado se encargan de la comunicación con el equipo PON de la central empatando este enlace y brindando al cliente una interfaz Ethernet para servicios de datos a través de un conector RJ45 para cable UTP - Unshielded twisted pair- (en ciertos casos se presentan también puerto USB) y una interfaz telefónica con conector RJ11. Esta interfaz telefónica es ofrecida gracias a la función de Gateway (Puerta de enlace) de VoIP o IAD (Integrated Access Device) embebida en el mismo ONU. Las ONUs soportan protocolo SIP (Session Initiation Protocol) y o H.248 para poder comunicarse con la red NGN (Next Generation Network).

Las señales ópticas se transmiten en el canal de bajada desde las OLTs, con una longitud de onda de 1.490 nm y de 1.310 nm para el canal de subida desde las ONTs. También se puede transmitir una señal de video siempre y cuando se la digitalice y usando el canal de bajada con 1550 nm de longitud de onda.

2.8. Clasificación de las redes PON

En la actualidad podemos encontrar diferentes tipos de red PON. Entre las más conocidas tenemos: APON (ATM PON), BPON (Broadband PON), EPON (Ethernet PON), GPON (Gigabit-capable PON) Y GEPON (Gigabit-EPON).

La siguiente figura muestra la evolución de las redes PON.

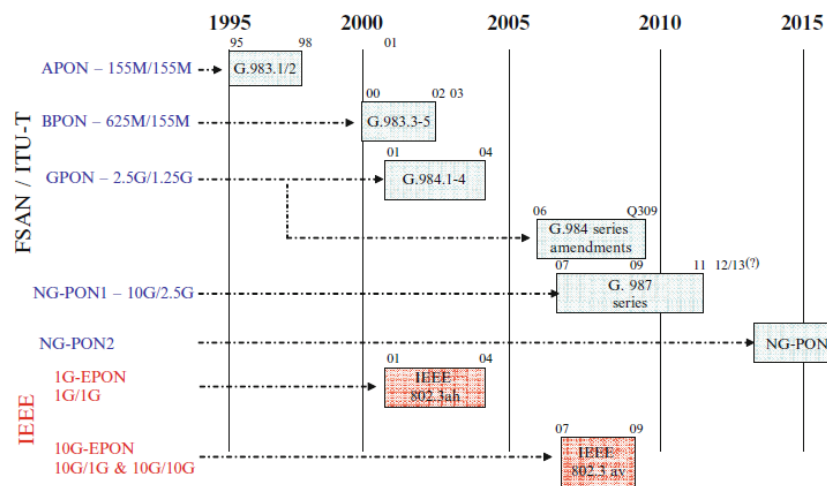
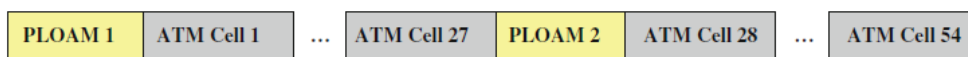


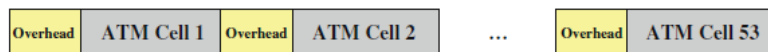
Figura 2.11: Evolución de las redes PON [14]

2.8.1. APON (ITU-T G.983)

APON, ATM PON, es el conjunto de especificaciones PON que fue primeramente definido por el comité FSAN. APON utiliza ATM (Asynchronous Transfer Mode) como su protocolo de señalización en la capa 2. En APON, la transmisión en sentido descendente consiste en un flujo ATM continuo a una tasa de 155.52 Mbps o 622.08 Mbps. La transmisión ascendente se da en forma de estallidos de celdas ATM.



Downstream format (155 Mbps): 56 cells (54 ATM cells + 2 PLOAM cells)



Upstream format (155 Mbps): 53 cells (53-byte ATM cell + 3-byte Overhead)

Figura 2.12: Formato de una trama APON [14]

La figura 2.12 muestra los formatos de las tramas APON. En el canal ascendente una trama está dividida en 53 celdas de 56 bytes a 155.520 Mbps, mientras que en el canal descendente una trama está dividida en 56 celdas a 155.520 Mbps. Las celdas con la información referente a la operación, administración y mantenimiento en la capa física (PLOAM: Physical Layer Operation, Administration and Maintenance) se encuentran insertadas al comienzo y en la mitad de la trama descendente. Cada celda PLOAM contiene 27 campos de canal y un campo de 12 bytes para el mensaje. Los campos de canal son usados para controlar la transmisión ascendente de datos, y los campos de mensajes son usados para controlar la operación de las ONUs.

En la trama ascendente, una cabecera de 3 bytes es transmitida antes de la celda ATM de 53 bytes en cada slot. La cabecera de 3 bytes contiene un mínimo de 4 bits para el tiempo de guarda, el preámbulo y un campo de delimitación. El tiempo de guarda es para asegurar una distancia suficiente entre dos celdas contiguas para prevenir una colisión. El campo de preámbulo es usado para extraer la fase de la celda ATM entrante y adquiere el bit de sincronización. El campo de delimitación es un patrón de bits único que indica el comienzo de una trama entrante. Las celdas PLOAM pueden ser transmitidas en lugar de las celdas ATM en una trama ascendente para comunicar la información de la capa física de una ONU al OLT.

2.8.2. BPON (ITU-T G.983)

Broadband PON (BPON), como es definido en la serie ITU-T G.983, es una mejora del sistema APON. Con el objetivo de lograr un despliegue rápido y económicamente efectivo de sistemas de acceso óptico de banda ancha, BPON ofrece numerosos servicios de banda ancha incluyendo ATM, acceso Ethernet y distribución de video. BPON emplea multiplexación por división de longitud de onda (WDM) para la transmisión descendente, con hasta 16 longitudes

de onda con 200 GHz de espaciado o 32 longitudes de onda con 100 GHz de espaciado entre canales contiguos. BPON también provee mejor seguridad a través de la técnica “*Churning*” en la que una clave de encriptación cambia al menos una vez por segundo.

2.8.3. GPON (ITU-T G.984)

La serie ITU-T G.984, elaborada por FSAN, especifica varios aspectos de las redes GPON, incluyendo la arquitectura general, la capa física, la capa de convergencia de transmisión (CT) y la capa de manejo y control de GPON. GPON soporta varias opciones de tasas de bits usando el mismo protocolo, incluyendo una tasa de datos simétrica de 622 Mbps, tanto para subida como bajada, así como una tasa de 2.488 Gbps de bajada y 1.244 Gbps de subida. GPON define el método de encapsulación GPON para lograr un empaquetamiento eficiente del tráfico del usuario, con fragmentación de las tramas para proporcionar una mejora Calidad de Servicio (QoS) para tráfico sensible de retardos tales como las aplicaciones de voz y video. Este acomoda tres redes de capa 2: ATM para voz, Ethernet para datos y un mecanismo propietario de encapsulación para video, permitiendo así a GPON tener la capacidad de tener todos los servicios, incluyendo voz, división por multiplexación de tiempo (TDM), Ethernet, ATM, líneas arrendadas y extensión Wireless. GPON también soporta transmisión de video por radio frecuencia (RF) en la banda de 1550 a 1560 nm.

GPON refleja los requerimientos de los operadores de red porque la estandarización de GPON fue conducida por los operadores a través de FSAN. Similarmente a APON/BPON, GPON provee gran interoperabilidad entre los productos al estandarizar la interfaz de control, lo que se llama Interfaz de Control y Manejo de ONUs (OMCI: ONUs Management and Control Interface), entre los OLTs y las ONUs/ONTs. Esto proporciona una gran capacidad de

administración de operación, mantenimiento y provisión ofreciendo administración de servicios de extremo a extremo.

2.8.4. EPON o GEPON (IEEE 802.3ah)

EPON fue desarrollado basado en las tecnologías Ethernet y permite una integración fácil con las tecnologías IP (Internet Protocol) y Ethernet. Debido a las ventajas de la escalabilidad, simplicidad y la capacidad de proveer acceso a todos los servicios, EPON ha sido adoptado rápidamente en Japón y está ganando momento en operadoras en China, Corea y Taiwán ya que IEEE estableció el IEEE 802.3ah como estándar de EPON en Junio del 2014.

EPON es una tecnología con topología punto a multipunto con divisores ópticos pasivos para su implementación, así como subcapas dependientes de la fibra óptica como medio físico que soportan esta topología. EPON se basa en un protocolo de Control de Multipunto (MPCP: Multipoint Control Protocol), el cual usa mensajes, máquinas de estado y temporizadores para controlar el acceso a la topología punto a multipunto (P2MP). Cada ONU en la topología P2MP contiene una instancia del protocolo MPCP, la cual se comunica con una instancia del protocolo MPCP en el OLT. En la base del protocolo MPCP de EPON yace una subcapa de emulación de punto a punto, la cual hace aparecer a la red P2MP subyacente como una colección de enlaces punto a punto a los protocolos de las capas superiores (y al cliente MAC - Media Access Control- de abajo). Esto es logrado pretendiendo una Identificación de Enlace Lógico (LLID) al comienzo de cada paquete, reemplazando dos octetos de preámbulo. Además se incluye un mecanismo de Operaciones, Administración y Mantenimiento (OAM) para facilitar la operación y resolución de problemas de la red.

El tráfico descendente es transmitido de forma abierta a todas las ONUs y cada una selecciona los paquetes destinados a ellas y

descarta los paquetes dirigidos a las otras ONUs. En la transmisión ascendente, cada ONU transmite durante intervalos de tiempo definidos por el OLT. Las señales ascendentes son combinadas a través de un protocolo de acceso múltiple, usualmente TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo). El OLT escanea las ONUs para asignar los intervalos de tiempo que van ser utilizados para la transmisión ascendente. Debido a su naturaleza de transmisión en ráfaga, se requieren *transceivers* en modo ráfaga para transmitir desde una ONU al OLT.

Comparado con GPON, el tamaño de las ráfagas y las cabeceras de la capa física son mayores en EPON. Como resultado, no necesitan ningún circuito ni protocolo para ajustar la potencia del láser. Además, los tiempos de encendido y apagado de los láseres son limitados a 512 nanosegundos, un límite significativamente más alto que el de GPON. Las cabeceras más grandes de la capa física son sólo uno de los varios cambios de mejora hechos por EPON. Otro cambio de EPON es la preservación del formato de tramas de Ethernet, el cual utiliza paquetes de tamaño variable sin usar fragmentación.

	APON/BPON	GPON	XG-PON1	EPON	10G-EPON
Standard	ITU-T G.983	ITU-T G.984	ITU-T G.987	IEEE 802.3ah	IEEE 802.3av
Downstream speeds	622 Mbps	2.488 Gbps	9.9528 Gbps	1.25 Gbps	10.3125 Gbps
Upstream speeds	155 Mbps	1.244 Gbps	2.488 Gbps	1.25 Gbps	1.25 Gbps
			9.9528 Gbps		10.3125 Gbps

Tabla 4: Tasas de datos estándares de las diferentes PON [15]

2.8.5. Comparación entre EPON/GEPON y GPON

Escoger una tecnología correcta para el diseño de la red de acceso es una decisión muy importante y a la vez compleja debido a que se debe considerar factores como ancho de banda, relación de división, costos, etc.

En este estudio comparativo vamos a analizar solamente las redes EPON y GPON y determinar por qué GPON fue la tecnología escogida para la red de acceso de este proyecto.

En cuanto al ancho de banda, una red GPON permite tasas de 1.25 Gbps o 2.5 Gbps en el canal de bajada, y tasas escalables en el canal de subida desde 155 Mb/s hasta 2,5 Gb/s, en cambio EPON propone una tasa simétrica de 1.25 Gb/s. Por lo tanto, GPON es mejor en este aspecto pues propone mayor ancho de banda que las tecnologías anteriores (APON, BPON) y permite asignar ancho de banda de forma dinámica de acuerdo a la necesidad de cada usuario y usarlo de forma más eficiente.

Otra ventaja que ofrece GPON con respecto a EPON es su mayor eficiencia en la transmisión de datos pues los encabezados de las tramas de GPON son mucho más pequeñas resultando en un mayor número de bits de carga útil (payload).

Además, para la encapsulación de datos, GPON utiliza su propio método, más conocido como GEM (GPON Encapsulation Method), el cual es capaz de soportar cualquier servicio ya sea Ethernet, ATM, TDM, etc., mientras que EPON utiliza simples redes de capa 2 con protocolo IP para datos, voz y video, por lo que las redes GPON representan una ventaja para los operadores al poder continuar ofreciendo sus servicios tradicionales sin cambiar los equipos de los abonados.

Características	EPON/GEPON	GPON
Estándar	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984
Protocolo	Ethernet y TDM	ATM, TDM y Ethernet
Velocidad de transmisión	1,25 Gbps - Downstream 1,25Gbps - Upstream	2,25 Gbps - Downstream 1,25Gbps - Upstream
Longitud de Onda	1490nm - Downstream 1310nm - Upstream	1490nm - Downstream 1310nm - Upstream
Distancia [Km]	10	20
Tamaño de paquete de datos	1518 bytes	varía de 53 a 1518 bytes
Compatibilidad de fabricantes	Permite	No permite

Tabla 5: Comparación entre EPON/GEPON y GPON [15]

Las redes GPON permiten divisiones para atender hasta 64 usuarios por puerto PON y alcanzar distancias máximas de 20 km, mientras que las redes EPON solo permiten atender hasta 32 usuarios con distancias máximas de 10km. [16]

Por estas razones, consideramos a GPON como la tecnología a utilizar para el desarrollo de este proyecto pues son numerosas las ventajas que ofrece respecto a EPON tanto en los aspectos técnicos como económicos, además de ser la tecnología con mayor difusión a nivel global.

2.9. Elementos de una red GPON

En esta sección se enumeran y describen cada uno de los elementos que componen una red GPON FTTH. La siguiente figura muestra de forma general dichos componentes.

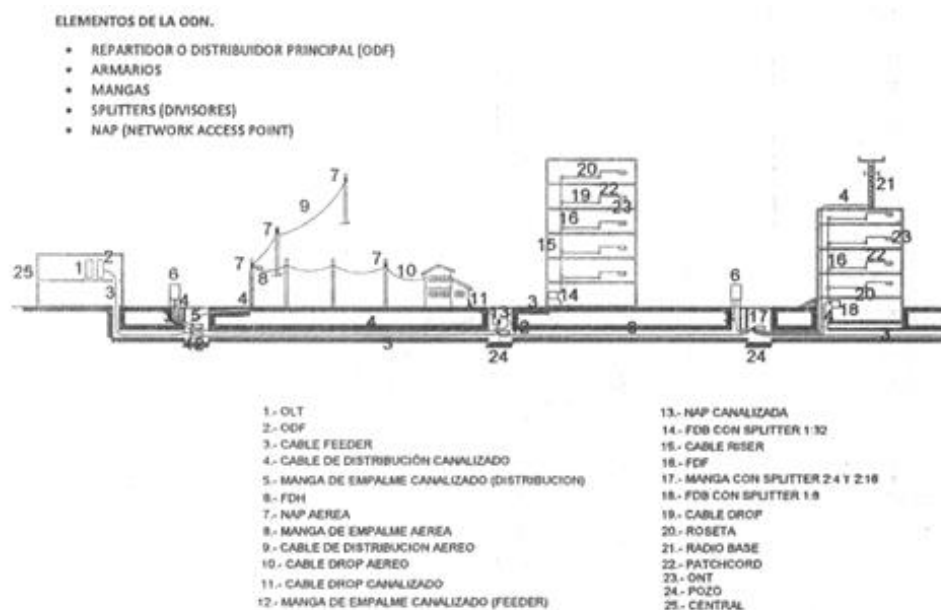


Figura 2.13: Elementos de una red GPON FTTH [17]

2.9.1. Distribuidor o repartidor general (ODF planta externa)

Punto donde llegan los hilos de fibra óptica y que permite conectar la planta externa con los equipos de acceso (OLT).

2.9.2. Red Feeder

Son los cables de fibra óptica que interconectan el distribuidor (ODF de Planta Externa) con los FDH (Armarios), mangas porta *splitters* y FDB (Caja de Distribución Principal); generalmente se despliega por canalización.

2.9.3. Distritos

Son las Zonas Geográficas de cobertura de un FDH o manga porta *splitters* en la que se una ciudad o sector en función de la red.

2.9.4. Armarios (FDH) y mangas porta *splitters*

Están ubicados en un determinado punto del distrito y es el lugar de conexión entre la red *feeder* y la red de distribución por medio de *splitters* 1xn o 2xn.

2.9.5. Caja de distribución óptica (NAP)

Es un punto de conexión entre la red de distribución y las acometidas individuales de cada abonado. Constituyen además puntos de corte para labores de operación y mantenimiento.

2.9.6. Caja de distribución principal (FDB)

Es el elemento que se utiliza al ingreso de edificios y urbanizaciones para interconectar la red *feeder* con la red de distribución interna.

2.9.7. Caja de distribución secundaria (FDF)

Es el elemento que se utiliza para interconectar la red de distribución con la red de dispersión en edificios.

2.9.8. Red de distribución

Es la red que une el armario de distribución (FDH) o mangas porta *splitters* con las cajas de distribución (NAP) y está constituida por *splitters*, cables de fibra óptica aéreos, murales, subterráneos y empalmes.

2.9.9. Red de distribución interna de urbanizaciones

Es la red que une el armario de distribución (FDH), mangas porta *splitters* o FDB con las cajas de distribución (NAP) y está constituida por *splitters*, cables de fibra óptica aéreos, murales, subterráneos y empalmes.

2.9.10. Red de distribución interna en edificios

Es la red que una la caja de distribución principal (FDB) y las cajas de distribución de piso (FDF).

2.9.11. Red de acometida

Son los cables de fibra óptica que van desde la caja de distribución óptica (NAP) hasta la roseta óptica. Esta puede dividirse en dos tramos definidos por el tipo de cable de acometida (exterior e interior).

2.9.12. Red de acometida en urbanizaciones

Son los cables de fibra óptica que van desde la caja de distribución óptica (NAP) hasta la roseta óptica. Esta puede dividirse en dos tramos definidos por el tipo de cable de acometida (exterior e interior).

2.9.13. Red de acometida en edificios

Son los cables de fibra óptica (para interior) que van desde la caja de distribución de piso (FDF) hasta la roseta óptica.

2.9.14. Sistemas de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra va instalada en cada armario (FDH), el cual debe tener una resistencia máxima de 5 ohmios.

2.9.15. Mangas de empalme

Las mangas empleadas son de cierre mecánico, con la posibilidad de acceder a su interior varias veces. El sistema de sellado es de gel reticulado o caucho con memoria mecánica, de esta forma se logra un cierre hermético del empalme.

2.9.16. Postes

Los postes son de hormigón armado de 10 y 12 metros de longitud. En caso de no haber postes existentes, y que estos sean requeridos, los postes serán proyectados dependiendo de la geografía del terreno y del vano del cable que será instalado. Debe evitarse que los postes queden cerca de puertas, garajes o un lugar en el que interfiera de alguna manera con la libre circulación y acceso de las personas. Los postes en las esquinas o cerca de estas deberán estar ubicados en no menos de 2 metros en relación con el cruce de calles o avenidas y terminación de aceras.

2.9.17. Herrajes

Son accesorios de acero galvanizado cuya principal función es sujetar el cable de fibra óptica al elemento que lo soporte.

2.9.18. Porta-reservas

Permite la fijación y organización adecuada de las reservas de cable de fibra óptica proyectada. Hay porta-reservas en galería en el nodo y en el pozo.

2.9.19. Manguera corrugada

Se emplea para recubrir el cable de fibra óptica al momento de guiarla por la pared del pozo (no se emplea en pozos con reserva o empalme), trayectos en túneles y/o cárcamos hasta el *rack* del ODF de Planta Externa.

2.9.20. Identificadores

Sirven para identificar los cables de fibra óptica aéreos y canalizados. Se debe considerar un identificador por poste y uno al ingreso del pozo. En caso de tener reservas de cable en pozo se considera un identificador al ingreso y uno a la salida del pozo.

2.10. Características de los cables de fibra óptica

2.10.1. Norma

Los cables de fibra óptica para *Feeder*, Distribución externa y distribución interna en urbanizaciones deberán cumplir con la norma ITU-T G.652D.

Los cables de fibra óptica para distribución interna en edificios y dispersión deberán cumplir la norma ITU-T G.657.A1 o G.657.A2.

La identificación de los hilos del cable de fibra óptica está en función de la norma TIA (Telecommunications Industry Association)/EIA (Electronic Industries Alliance) 598, que se muestra a continuación:

ETA598-A fiber color chart			
Position	Jacket color	Position	Jacket color
1	Blue	13	Blue with black tracer
2	Orange	14	Orange with black tracer
3	Green	15	Green with black tracer
4	Brown	16	Brown with black tracer
5	Slate	17	Slate with black tracer
6	White	18	White with black tracer
7	Red	19	Red with black tracer
8	Black	20	Black with yellow tracer
9	Yellow	21	Yellow with black tracer
10	Violet	22	Violet with black tracer
11	Rose	23	Rose with black tracer
12	Aqua	24	Aqua with black tracer

Figura 2.14: Código de colores de la fibra multifilar [17]

2.10.2. Capacidad

En la siguiente tabla se muestran los tipos de cables que pueden ser utilizados para cada una de las etapas de la red óptica.

Capacidad de los Cables de Fibra Óptica		
APLICACIÓN	CAPACIDAD	TIPO
FEEDER	288, 144 hilos.	DUCTO (G.652D)
DISTRIBUCIÓN Y DISTRIBUCION INTERNA EN URBANIZACIONES	96, 72, 48, 24, 12, 6 hilos.	ADSS ó DUCTO (G.652D)
DISTRIBUCIÓN INTERNA EN EDIFICIOS	48, 24, 12 hilos.	RISER DUCTO LSZH (G.657.A1 ó G.657.A2)
DISPERSIÓN	2 hilos.	ADDS, DUCTO ó FIG. 8 (G.657.A1 ó G.657.A2)

Tabla 6: Tipos de cable de fibra [17]

2.11. Presupuesto óptico

Al diseñar un sistema de fibra óptica, el "presupuesto de pérdida óptica" es muy importante. El presupuesto óptico es un cálculo detallado de la potencia óptica disponible a la salida de la fuente de transmisión, la que se requiere en el detector del receptor y la atenuación de la potencia óptica en la trayectoria entre el transmisor y el receptor.

El presupuesto de pérdida óptica es un indicador de cómo utilizar la potencia óptica disponible. Un ejemplo del cálculo se muestra a continuación.

PLANTILLA PARA PRESUPUESTO ÓPTICO CNT E.P.			
Elementos de la red de Red de Fibra Óptica	Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total
Conectores (mated) ITU671=0.5dB	7	0.50	3.50
Empalmes de fusión ITU751=0.1db promedio	9	0.10	0.90
Empalmes mecánicos ITU 751=0.1dB promedio		0.10	0.00
Splitters	1x2		3.50
	1x4		7.00
	1x8	1	10.50
	2x4	1	7.90
	1x16		14.00
	2x16		14.80
	1x32		17.50
	2x32		18.50
Longitud de Fibra (km)/ longitudes de onda	1310nm	6	0.35
	1490nm		0.30
	1550nm		0.25
TOTAL (dB)			24.90

Tabla 7: Ejemplo de cálculo de presupuesto óptico [17]

Para el presupuesto óptico se toma en consideración la pérdida por atenuación en el trayecto de la fibra, la perdida por empalmes de fusión y conectorización mecánica, y la perdida producida en los *splitters*, lo que dependerá de la relación de división de estos.

2.12. Sistemas FTTH

Hemos podido comprobar que una red de acceso de fibra no necesariamente está constituida en su totalidad por fibra óptica. Dependiendo del punto de terminación, dicha red puede tomar alguno de los siguientes nombres.

- Fibra Hasta el Hogar, Fiber To The Home (FTTH)
- Fibra hasta la acera, Fiber To The Curb (FTTC)
- Fibra hasta el edificio, Fiber To The Building (FTTB)
- Fibra hasta la mesa de despacho, Fiber To The Desk (FTTD)

2.12.1. Fiber to the home (FTTH)

Las redes FTTH son sistemas compuestos por fibras ópticas con la diferencia de que llegan hasta el hogar de cada abonado. Actualmente, las operadoras ya están migrando sus antiguas redes a nuevos sistemas de fibra óptica, especialmente a FTTH, puesto que es capaz de soportar la gran demanda de ancho de banda que se espera tener en un futuro no muy lejano.

Una Red óptica pasiva (PON), basada en Fiber to the Home (FTTH), es una solución prometedora que puede romper la barrera económica de las soluciones tradicionales de punto a punto. Propone la utilización de fibra óptica hasta el domicilio del cliente. Una vez que las fibras se despliegan con redes PON basadas en soluciones FTTH, se vuelve crítico saber cómo migrar a redes PON con Wavelength Division Multiplexing (WDM) ya que, Time Division Multiplexing (TDM) que es utilizado actualmente en soluciones PON, no puede explotar el enorme ancho de banda de las fibras ópticas y por lo tanto no es capaz de satisfacer las siempre crecientes demandas de mayor ancho de banda de las aplicaciones de red en el futuro.

Hoy en día, la fibra óptica hasta el hogar es la forma más rápida de acceder a múltiples servicios, entre ellos el Internet, debido a que no comparte recursos con más abonados lo que permite brindar un gran ancho de banda que más comúnmente son utilizados para servicios Triple Play (Internet de banda ancha, Televisión y Telefonía).

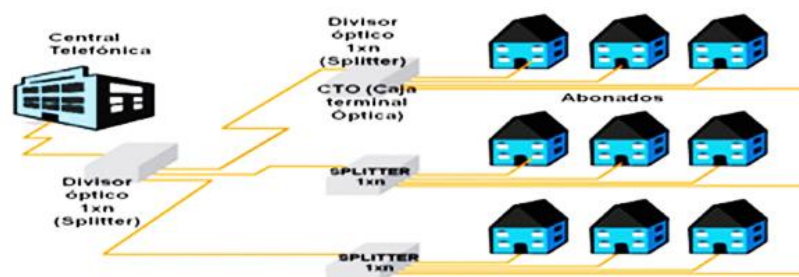


Figura 2.15: Esquema de una red FTTH [18]

2.13. Criterios de rentabilidad

El beneficio económico se calcula a partir de la diferencia entre el ingreso que genere el proyecto y el costo total de la inversión de la empresa.

Los métodos de evaluación para determinar la rentabilidad de un proyecto incluyen:

- Valor Actual Neto
- Tasa interna de rentabilidad
- Plazo de recuperación

2.13.1. Valor actual neto

El Valor Actual Neto (VAN) indica la ganancia o rentabilidad neta generada por el proyecto. Se puede describir como la diferencia entre lo que el inversor da a la inversión y lo que la inversión devuelve al inversor. Cuando un proyecto tiene un V.A.N. mayor que cero, se dice que para el interés elegido resulta viable desde el punto de vista financiero. Se calcula mediante la expresión:

$$VAN(i, N) = -Inv + \sum_{t=0}^N \frac{R_t}{(1+i)^t} \quad (2.1)$$

t - tiempo del flujo entrante

i - tasa de descuento (costo de oportunidad del capital)

R_t - flujo neto de dinero en el tiempo t

Inv - Inversión

2.13.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de rentabilidad (TIR) es el tipo de interés que haría que el VAN fuera nulo. Para que la inversión sea rentable, este valor debe ser mayor al tipo de interés del mercado. Se calcula haciendo el VAN igual a cero según la fórmula:

$$0 = -Inv + \sum_{t=0}^N \frac{R_t}{(1+i)^t} \rightarrow i \quad (2.2)$$

2.13.3. Plazo de recuperación de la inversión

El plazo de recuperación es el número de años que transcurren entre el inicio del proyecto hasta que la suma de los cobros actualizados se hace exactamente igual a la suma de los pagos actualizados. La inversión es más interesante cuanto más reducido sea su plazo de recuperación.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE LA RED

3.1. Consideraciones generales

Una vez revisados todos los conceptos que intervienen en el diseño de las redes GPON en el capítulo anterior, vamos a definir los aspectos que hemos considerado al desarrollar este diseño, el cual abarca el enlace que va desde la unidad OLT hasta los equipos del abonado ONT.

Para ello, se dividirá el sector en zonas de tal manera que se pueda realizar el análisis detallado para una sola zona en particular y estos resultados nos sirvan de referencia para el diseño completo.

La siguiente imagen nos permite conocer la ubicación geográfica del área de trabajo. Muestra una vista panorámica de una parte del cantón Durán en la que se puede apreciar claramente el sector La Unión a la derecha y la formación del río Guayas a la izquierda.

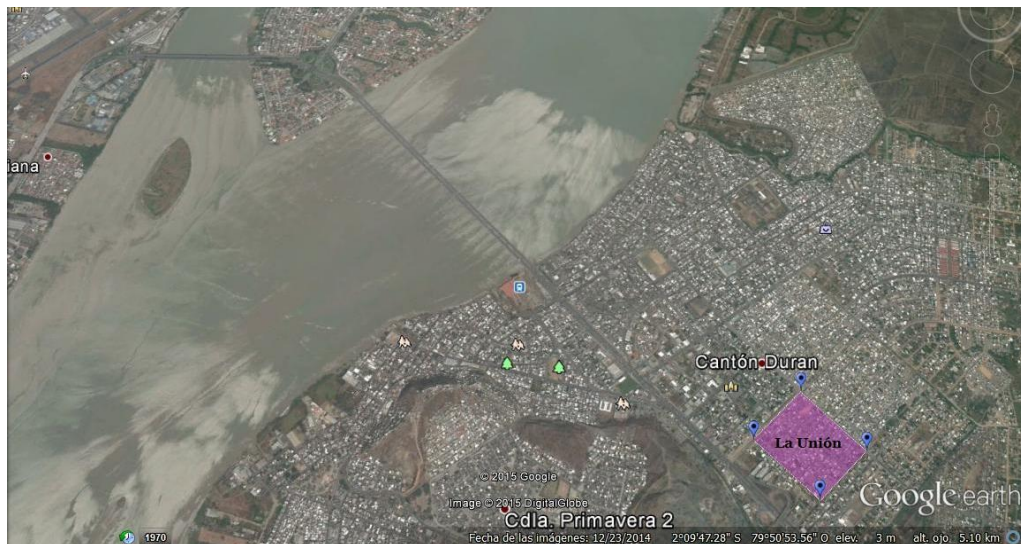


Figura 3.1: Ubicación geográfica del sector La Unión [19]

DATOS DEL ÁREA DE COBERTURA	
Longitud	79° 49' 49.22" O
Latitud	2° 10' 12.27" S
Perímetro	1.769,98 m
Área	195.661,52 m ²

Tabla 8: Datos del área de cobertura

3.2. Delimitación del sector

Adicional a los mapas obtenidos con Google Earth, gracias a la colaboración de la empresa CNT EP, hemos conseguido la planimetría del Sector La Unión. Una vez obtenidos estos datos, hicimos un recorrido personalmente para complementar dicha información, de manera que se pudo obtener un número bastante aproximado de lotes existentes, así como también la ubicación de los postes y su actual condición.



Figura 3.2: Imagen del sector



Figura 3.3: Imagen del sector

De acuerdo a lo que se pudo observar y consultar con los moradores del sector, actualmente el lugar solo cuenta con el servicio de energía eléctrica por lo que sí hay presencia de postes y están en buen estado. El problema son las calles, al parecer el sitio originalmente empezó como una invasión por lo que los terrenos son un poco irregulares y aunque hoy en día ya está todo distribuido y organizado por solares, existen unos cuantos que aún no están habitados pero sí presentan su respectivo cerramiento. De igual manera sus calles no tienen bordillos ni aceras, mucho menos pavimentos y tampoco cuentan con un sistema de canalización, pues solo existen 5 pozos en toda el área que planteamos cubrir.

Por esta razón, hemos optado por una red de tendido aéreo, puesto que si implementáramos un sistema de canalización para la red de fibra, éste se vería afectado en un futuro cuando las autoridades pertinentes quieran realizar la canalización de los demás servicios básicos que necesita el sector o cualquier otro tipo de regeneración urbana y para ello, tengan que romper la calle y muy probablemente también el sistema de canalización diseñado para la fibra con lo que la red se vería afectada y se pondría en riesgo la integridad de las fibras, pues como ya sabemos la fibra óptica es

un material en cierta medida delicado y debe ser manipulado con las debidas precauciones. Además que el tendido aéreo nos da una solución prácticamente inmediata al problema y a su vez representa disminución de costos y fácil implementación.

A continuación se presenta una imagen del sector La Unión, donde se muestran las 7 divisiones mencionadas anteriormente, a las cuales se les ha asignado una letra del alfabeto para objetos prácticos del presente estudio. En la parte inferior de la imagen podemos visualizar la ubicación del Nodo La Primavera, que pertenece a la empresa proveedora de servicios (en este caso CNT EP) que será el lugar de donde saldrán las fibras.



Figura 3.4: División del sector y ubicación del Nodo La Primavera [19]

Con la información recopilada en la visita al terreno, hemos elaborado la siguiente tabla que resume los datos más importantes para nuestro diseño.

ZONA	NÚMERO DE SOLARES	NÚMERO DE POSTES
A	150	30
B	126	30
C	129	32
D	102	30
E	188	42
F	143	30
G	134	32
TOTAL	972	226

Tabla 9: Cantidad de solares y postes por Zona

Como podemos observar contamos con un total aproximado de 972 solares y 226 postes en todo el terreno pero debemos tener en consideración que solo un porcentaje de ellos serán los posibles clientes. A ese porcentaje lo hemos definido como el 55,31% de la población (ver sección 1.8), lo que nos da un valor aproximado de 538 clientes en todo el sector, el cual es el valor que hemos tomado de referencia para todos los cálculos económicos respectivos.

3.3. Normas de diseño de la ODN FTTH

A continuación se detallan los aspectos básicos más relevantes de la normativa de referencia para el diseño, previo a la construcción, de redes de acceso con Fibra Óptica bajo la tecnología GPON, utilizado por la empresa CNT EP, la misma que ha sido la guía y referencia en este trabajo.

Se debe garantizar un presupuesto óptico de máximo 25 dB, desde el equipo activo OLT hasta la ONT instalada en el cliente.

Diseño de la red *feeder*

La red *feeder* comprende los cables de fibra óptica canalizados de gran capacidad de 144 hasta 288 hilos que salen de la OLT hasta el primer nivel de *splitter* ubicado en FDHs, FDBs, mangas. Incluye también los herrajes.

La red *feeder* debe ser totalmente canalizada.

Las capacidades de los cables de fibra óptica G.652D canalizados para la red *feeder* serán desde 144 hilos hasta 288 hilos en la ruta troncal. Para derivaciones de *feeder* se podrá utilizar cables de menor capacidad.

La longitud del cable de fibra óptica para realizar empalmes canalizados, es de 15m. por punta del cable de derivación y 30 metros del cable a sangrar.

Debido a que el cable *feeder* es de gran capacidad, se consideran cada 300m. de cable de fibra óptica una reserva de 20m. de cable.

Los empalmes se emplean para dar continuidad y derivar los cables *feeder* que alimentan los elementos pasivos indicados en cada uno de los modelos de red GPON FTTH de la CNT.

Diseño de la red de distribución

La red de distribución comprende los cables de fibra óptica G.652D aéreos, canalizados o murales, cuyas capacidades van desde 12 hilos hasta 96 hilos, los elementos pasivos (mangas, NAPs, FDBs, FDFs) y los herrajes.

Las capacidades de los cables de fibra óptica G.652D sean estos canalizados, aéreos o murales para la red de distribución serán desde 12 hilos hasta 96 hilos.

La longitud de cable correspondiente a la altura de una subida a poste (o pared), se establece en 8m, esto más la distancia al centro de pozo.

La longitud del cable de fibra óptica necesario para realizar el sangrado en una NAP es de 6,5m.

No se colocaran NAPs en postes donde existan transformación, protección o seccionamiento de energía eléctrica.

En lo posible debe evitarse colocar dos NAPs en el mismo poste.

La longitud del cable de fibra óptica para realizar empalmes aéreos o canalizados mayores a 12 hilos, es de 15m. por punta del cable de derivación y 30 metros del cable a sangrar.

En el caso de realizar empalmes de 12 hilos, no se considerará una manga adicional debido a que se lo realiza en la misma NAP.

Cada 500m. de cable de fibra óptica se considera una reserva de 30m. de cable.

Diseño de la red de acometida

La red de acometida se define como el área de influencia (dispersión) de una caja de distribución óptica (NAP, FDF o manga).

Para definir el área de influencia de una NAP, se considera una ocupación del 80% y un 20% para ampliación de la capacidad total de las NAP normalizadas u homologadas por la CNT.

La red de dispersión no deberá sobrepasar los 300 metros de distancia.

No se deberá cruzar una vía principal o carretera de alto tráfico con cables de acometida aéreos, en este caso se deberá instalar una NAP al otro lado de la vía principal.

3.4. Distribución de la red

La OLT estará ubicada en el Nodo La Primavera, propiedad de CNT EP, que como ya se ha mencionado está muy cerca del área de cobertura que se piensa cubrir.

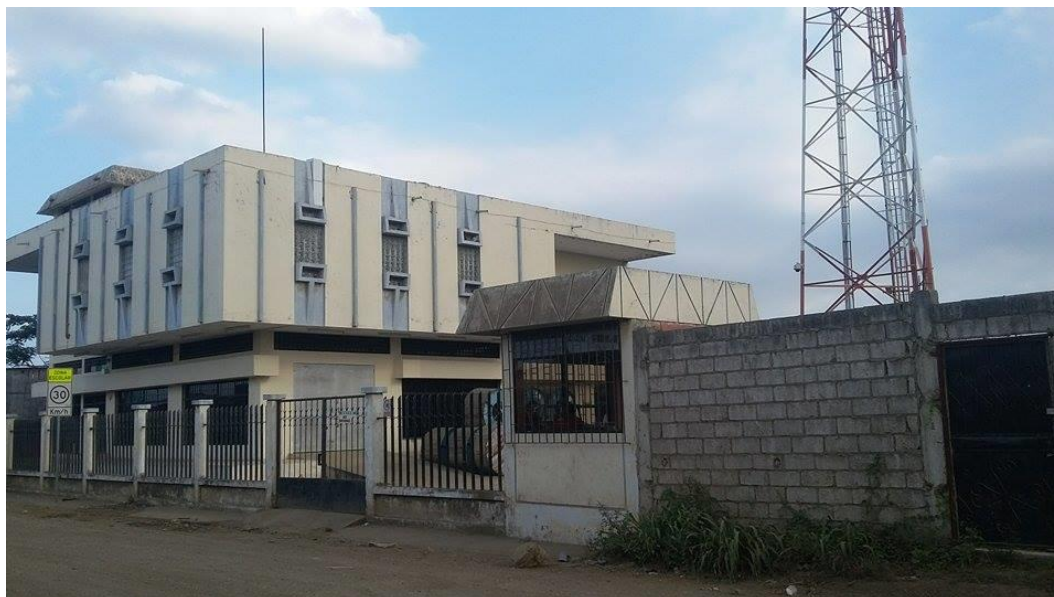


Figura 3.5: Nodo La Primavera

Contará con N ramales principales, cada uno, con una relación de *splitter* de 1:4, y un segundo ramal con *splitter* de relación 1:8, lo que nos permite atender en promedio a 24 abonados por puerto y dejando 2 hilos activos de reserva por cada NAP según las recomendaciones de CNT EP.

En el siguiente gráfico se puede observar la configuración de la red formada con los dos niveles de *splitter*.

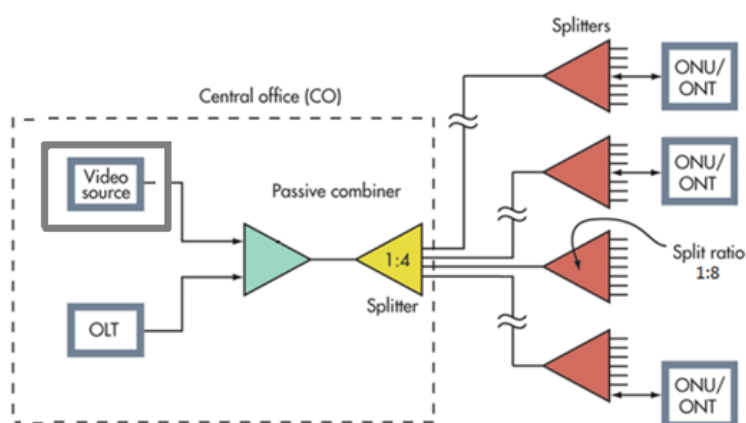


Figura 3.6: Configuración de la red con dos niveles de splitters [13]

La OLT que vamos a usar soporta hasta 14 tarjetas, cada una con capacidad para 8 puertos GPON, lo que quiere decir que se tendría un máximo de 112 puertos GPON que permite atender hasta 3584 usuarios, pero debido a que la cantidad máxima de clientes es 972, sólo se necesitan 44 puertos GPON perfectamente comprendidos en 6 tarjetas de dicha OLT, lo que nos deja 8 ranuras para tarjetas completamente libres para futuras expansiones y escalabilidad de la red pero también se debe considerar el hecho de que la misma OLT puede servir para dar cobertura de servicios a sectores aledaños.

3.5. Canalización y tendido

El diseño propuesto plantea la creación de 7 pozos más, de manera que nos sirvan para transportar el cable *Feeder* que viene desde el Nodo La Primavera hasta cada una de las zonas que se desea atender en donde se hará una subida por el poste más cercano al pozo y desde ahí se empezará el tendido aéreo. Para ello, usaremos los postes eléctricos ya instalados en el sector, los cuales servirán para la colocación de los respectivos cables de fibra óptica así como también para los *splitters*, herrajes y demás elementos necesarios. A continuación se detalla el estado actual de los pozos y su respectivo contenido.

POZO	ESTADO	CONTENIDO		
		MANGAS	RESERVA/REPARACIÓN	RESERVA/EMPALME
pz1	Hecho	no contiene	30 m F.O. 144 Hilos	no contiene
pz2	Hecho	no contiene	30 m F.O. 144 Hilos	no contiene
pz3	Proyectado	si contiene	no contiene	15 m c/u F.Distr.
pz4	Proyectado	si contiene	no contiene	15 m c/u F.Distr.
pz5	Hecho	no contiene	no contiene	no contiene
pz6	Hecho	si contiene	no contiene	15 m c/u F.Distr.
pz7	Hecho	si contiene	30 m F.O. 144 Hilos	15 m c/u F.Distr.
pz8	Proyectado	no contiene	30 m F.O. 24 Hilos	no contiene
pz9	Proyectado	si contiene	no contiene	15 m c/u F.Distr.
pz10	Proyectado	si contiene	no contiene	15 m c/u F.Distr.
pz11	Proyectado	si contiene	no contiene	15 m c/u F.Distr.
pz12	Proyectado	si contiene	30 m F.O. 24 Hilos	15 m c/u F.Distr.

Tabla 10: Contenido de los pozos

3.6. Plano de la red *feeder*

Hemos definido dos tramos por donde pasará la red *feeder*, a continuación se muestra la ruta establecida.

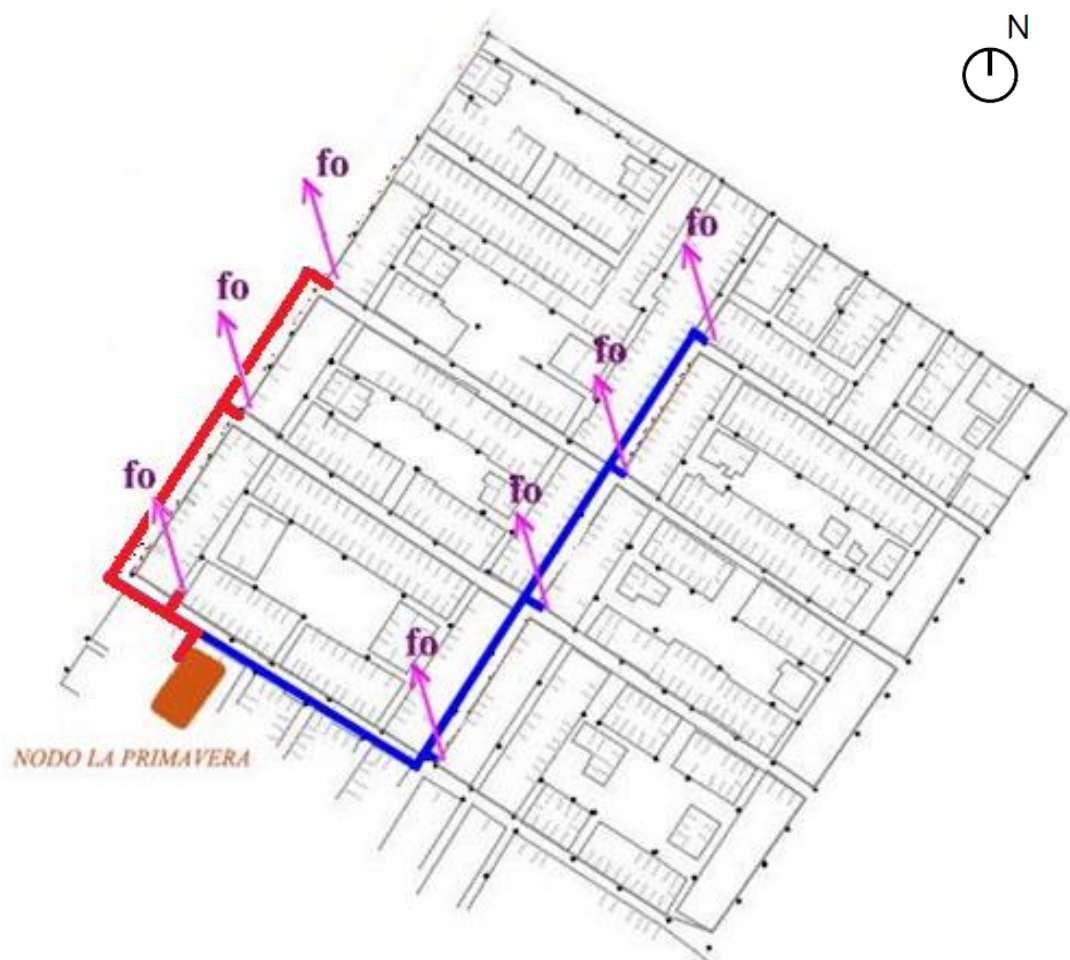


Figura 3.7: Plano de la Red Feeder

En este diseño podemos observar los dos caminos que tomará la red *Feeder* para cubrir todo el sector. De acuerdo a las normativas de diseño explicadas en la sección 3.3, el cable principal (de color rojo) será de 144 hilos y es el cable del cual se hará la derivación para atender la otra parte

del sector. Para este tramo de la red, se necesitan 21 hilos de acuerdo a la cantidad de *splitters* con relación 1:4 que se detallan en la sección 3.8.5, pero se ha decidido dejar los 24 hilos activos (que corresponde a dos buffers) en la OLT para futuras expansiones. El otro cable (de color azul), necesita 23 hilos, por lo que para este tramo de la red *feeder* se necesita un cable de 24 hilos e igual que en el caso anterior, se dejó todos los hilos activos en la OLT.

Además, se debe mencionar que para este diseño ha sido necesario utilizar dos tipos de mangas. La primera es la manga porta *splitter*, la cual estará ubicada en los pozos de los cuales se hará la respectiva subida a los postes y es la que alberga los *splitters* de relación 1:4 que corresponden a la primera división de la red. El segundo tipo de manga es la manga de fusión, la cual es utilizada para realizar la derivación de la red *feeder* anteriormente mencionada.

Adicionalmente se debe mencionar que para la reserva de futuras reparaciones de los tramos de la fibra, de acuerdo a las normativas de diseño, se dejó un máximo de hasta 30 metros de cable al final de cada tramo y en cada cruce de calle principal. Así mismo, se dejaron 15 metros de cable por cada empalme que se realice, como reserva para futuras reparaciones de los empalmes.

En el Anexo II, que se encuentra al final del documento, encontramos un plano un poco más detallado en el que se puede ver las distancias entre pozos, las mismas que no han sido mostradas en el gráfico anterior para permitir una mejor visualización de la red *feeder*, así como también los pozos existentes que están marcados de color rosado y los pozos proyectados de color azul.

En base a esto, se ha podido calcular las distancias que recorre cada tipo de fibra de la red *feeder* por cada tramo.

CANTIDAD DE CABLE FEEDER

NÚMERO DE TRAMO	TIPO DE FIBRA	NÚMERO DE HILOS	HILOS USADOS	HILOS DE RESERVA	DISTANCIA RECORRIDA (METROS)
1	Subterránea	144	24	96	485
2	Subterránea	24	24	0	675

Tabla 11: Tramos del cable *feeder*

3.7. Plano de la red de distribución

Como se mencionó anteriormente, vamos a trabajar con una zona en particular que nos servirá de referencia, en este caso se ha escogido la zona A del sector La Unión, por lo que de acuerdo a los datos obtenidos anteriormente, se sabe que en dicha zona contamos con 150 solares para la distribución de la red, los cuales han sido subdivididos estratégicamente en grupos de máximo 6 lotes cercanos entre sí, de manera que se pueda atender a 6 clientes por NAP y queden 2 hilos de reserva para futuras reparaciones o ampliaciones de la red, cumpliendo así la normativa de diseño de CNT.

Se realiza la fusión del cable de distribución con la salida de los *splitters* 1:4 que se encuentran en la manga. El otro extremo del cable es fusionado con la entrada de los *splitters* 1:8 que se encuentran en la NAP.

En el siguiente plano se presentan las diferentes rutas de la red de distribución diseñadas para la zona A.



Figura 3.8: Plano de la Red de Distribución

Como se puede apreciar cada ruta de la red de distribución está identificada con un color diferente y en cada trayecto se destacan las NAPs, colocadas en postes específicos de manera que cubren cada grupo de máximo 6 solares. Cada tramo está designado con una letra diferente, por ejemplo el tramo A está de color naranja y podemos ver que para todo su recorrido se han utilizado 7 NAPs, de manera que para este tramo se necesita un cable de 7 hilos, pero de acuerdo a las normas se sabe que el cable de distribución mínimo que existe es de 12 hilos, por lo tanto es éste el que vamos a usar. Cabe mencionar que debido a esta situación, siempre tendremos unos cuantos cables libres, pero ellos estarán disponibles para cualquier reparación o ampliación de la red, por lo que también quedarán

activados en la OLT, y además basándonos en la norma se dejó 8 m de cable para subida a los postes.

Lo mismo sucede con los demás tramos de la red y toda esta información se resume en la siguiente tabla.

CANTIDAD DE CABLE DE DISTRIBUCIÓN (ZONA A)					
TRAMO	TIPO DE FIBRA	NÚMERO DE HILOS	HILOS USADOS	HILOS DE RESERVA	DISTANCIA RECORRIDA (METROS)
A	Aéreo	12	7	5	328
B	Aéreo	12	7	5	369
C	Aéreo	12	5	7	299
D	Aéreo	12	6	6	337
TOTAL DE CABLE (ZONA A)					1.333

Tabla 12: Tramos de cable de distribución de la Zona A

Al igual que en el diseño de la red *Feeder*, en el Anexo II al final del documento, encontraremos el plano de la red en el que se detallan las distancias que recorre la fibra por cada tramo.

3.8. Cuantificación de materiales

En base a la información recopilada en la Zona A, vamos a detallar la cantidad de materiales necesarios para todo el sector.

3.8.1. Total de cable *feeder*

Debido a que el cable utilizado para la red *Feeder* ya cubre todo el sector que deseamos atender, no hay necesidad de hallar un proporcional por cliente, por lo que el total de dicho cable esta detallado en la siguiente tabla.

TOTAL DE CABLE FEEDER	
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA [METROS]
Cable de F.O. de 144 hilos	485
Cable de F.O. de 24 hilos	675

Tabla 13: Cantidad total de cable *feeder*

3.8.2. Total de cable de distribución

Una vez calculado el total en metros del cable de distribución para la Zona A, procedemos a calcular la cantidad total necesaria para toda la población del sector La Unión. Para ello, dividimos el total de fibra obtenido en dicha zona para el número de solares presentes en ella y con esto obtenemos una cantidad proporcional de fibra por cliente. Luego, dicho valor proporcional es multiplicado por el número de solares en todo el sector, con lo que podemos estimar la cantidad total de cable necesario.

TOTAL DE CABLE DE DISTRIBUCIÓN	
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA [METROS]
TRAMO A - Cable de F.O. de 12 hilos	328
TRAMO B - Cable de F.O. de 12 hilos	369
TRAMO C - Cable de F.O. de 12 hilos	299
TRAMO D - Cable de F.O. de 12 hilos	337
CABLE DISTRIBUCIÓN ZONA A	1.333
TOTAL CABLE DISTRIBUCIÓN	9.331

Tabla 14: Cantidad total de cable de distribución

3.8.3. Total de cable de acometida

Para el cable de acometida o cable *Drop*, hemos acordado dejar 50 metros en promedio para cada cliente, por lo que la cantidad total que se necesita de este cable esta especificada en la tabla a continuación.

TOTAL DE CABLE DE ACOMETIDA	
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA [METROS]
PROMEDIO POR CLIENTE	50,00
TOTAL DE CABLE	26.900

Tabla 15: Cantidad total de cable de acometida

3.8.4. Total de herrajes

La cantidad total de herrajes a utilizar está basada en la cantidad total de postes en el sector de manera que por cada poste utilizamos al menos un herraje, tal como lo indica la siguiente tabla.

TOTAL DE HERRAJES		
ZONA	CANTIDAD DE POSTES	CANTIDAD DE HERRAJES
A	30	30
B	30	30
C	32	32
D	30	30
E	42	42
F	30	30
G	32	32
TOTAL	226	226

Tabla 16: Cantidad total de herrajes

3.8.5. Total de *splitters*

En el cálculo de los *Splitters* hemos tenido en cuenta la cantidad total de solares en cada una de las siete zonas del sector. Para los *splitters* con relación 1:8 se ha dividido dicha cantidad de solares para 6, debido a que por recomendación de las normas de CNT se ha dejado 2 puertos de reserva en cada NAP, por lo que de acuerdo a estos cálculos la Zona A necesitaría 25 *splitters*; en cambio, para los *splitters* con relación 1:4, se divide la cantidad de *splitters* con relación 1:8 para 4. En algunos casos es necesario redondear al mayor para obtener la cantidad exacta de *splitters* necesarios.

		ZONAS							TOTALES
		A	B	C	D	E	F	G	
SOLARES		150	126	129	102	188	143	134	972
SPLITTERS	1/4	7	6	6	5	8	6	6	44
	1/8	25	21	22	17	32	24	23	164

Tabla 17: *Splitters* de 1:4 y 1:8 en las diferentes zonas del sector

3.9. Equipos

3.9.1. OLT



Figura 3.9: Huawei GPON OLT MA5680T [20]

Está conformada por un chasis, una tarjeta de ventiladores (*fan tray*), tarjetas de poder (dos *slots*), tarjetas de gestión y control (dos *slots*), tarjetas de Uplink (dos *slots*), tarjetas de servicios (catorce *slots*) y tarjetas de 16 x E1s para tráfico de telefonía (dos *slots*).

3.9.2. Rack de piso GPON

Dimensiones:

- Altura: 2,20 metros.
- Ancho: 0,90 metros
- Profundidad: 0,30 metros
- Disponibilidad para instalar ODFs de 19 pulgadas
- Sistema de fijación y manejo de los cables ópticos por la parte superior e inferior.



Figura 3.10: Rack de 19" de 2.2 m de alto [21]

3.9.3. ODF de 96 puertos

De acuerdo al diseño planteado necesitaríamos un ODF de 48 puertos pero vamos a usar uno de 96 de manera que nos sobren puertos y así poder dejar reservas para futuras expansiones y escalabilidad de la red.

Características:

- Total control del radio de curvatura de la fibra
- Fácil acceso en ambos conectores
- Configuraciones posibles: patcheo y empalme
- *Pigtails* pre instalados con fácil conexión y desconexión
- Bandejas con patcheo lateral
- Conector óptico SC (Set and Connect) con terminación (pulido) APC (Angled Physical Contact)
- Espacio para organizar 96 hilos en 8 bandejas de 12 puertos



Figura 3.11: ODF de 96 puertos [22]

3.9.4. ONT

Es un terminal de cliente, diseñado para dar servicio a usuarios o pequeñas oficinas. Contiene:

- 4 Puertos LAN (Local Area Network) para internet y/o IPTV (RJ45).
- 2 Puertos de telefonía (RJ11)
- 2 Antenas que brindan el servicio WLAN (Wireless Local Area Network) 802.11b/g/n.



Figura 3.12: ONT – ONT HUAWEI HG8245 [23]

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS FINANCIERO

En cualquier proyecto, ya sea que este esté destinado a la generación de ingresos o sea únicamente de carácter social, es necesario estimar tanto la inversión como los distintos costos e ingresos que se generan de la operación del proyecto, para así determinar la viabilidad de este. En el presente capítulo se presentan: todos los elementos necesarios para la implementación del proyecto, la cantidad de clientes e ingresos una vez puesto en funcionamiento, cuál es la inversión necesaria, y el posible tiempo de retorno de la inversión.

4.1. Ingresos

Para calcular los posibles ingresos, un plan de tarifas fue definido utilizando como referencia los precios actuales que las operadoras más importantes cobran por sus servicios. Para telefonía fija, se utiliza la tarifa de CNT EP y para los servicios de internet, las tarifas de TVCable, Claro y Netlife [24] [25] [26]. En la tabla 18 se muestran los planes de voz (telefonía fija) y datos (internet fijo) que fueron definidos para el presente proyecto.

Existen únicamente dos planes o categorías bajo los que se prestan los servicios.

Un plan básico que, por un precio muy aceptable, proporciona la cantidad de minutos y la velocidad de internet suficientes para hablar moderadamente y navegar con comodidad en cualquier portal *web*. La tarifa básica de telefonía es de \$6.50 e incluye 180 minutos para hablar con cualquier operadora de telefonía fija más un consumo adicional de \$5,50 que consume solo el 30% de los clientes registrados. La tarifa básica de internet es de \$20 y la velocidad correspondiente es de 4 Mbps. Son precios por servicios que compiten de excelente manera con los precios actuales del mercado.

Existe también una tarifa o **plan mejorado**, llamado Servicio *Plus*, el cual es específico del internet y está disponible para aquellas personas

que necesiten o deseen usar el internet para tareas que demanden un mayor tráfico. Por \$50 se tiene internet con una velocidad de 15 Mbps. Con esta velocidad se puede ver videos en alta definición y jugar en línea sin problema alguno.

Voz	
Tarifa Básica	\$ 6.50
Tráfico Adicional	\$ 5.50
Internet	
Instalación	\$ 50.00
Servicio Básico	\$ 20.00
Servicio Plus	\$ 50.00
Voz e Internet	
Instalación	\$ 50.00
Servicio Básico	\$ 23.85
Servicio Plus	\$ 50.85

Tabla 18: Planes y costos de los servicios prestados

4.2. Ingreso total por los servicios prestados

Los ingresos son el valor bruto que la empresa obtiene de todas las ventas de bienes y servicios realizadas en un periodo de tiempo determinado. Estos resultan de multiplicar el precio de venta por el número de unidades de productos vendidas en un tiempo definido. Los ingresos se calculan a continuación.

Establecidos los precios de los servicios a prestar, se define la cantidad de clientes posibles y la proporción en que se contratarán dichos servicios. Para esto utilizó como referencia las estadísticas sobre el nivel de penetración de internet proporcionado por ARCOTEL, el que puede ser hallado en su página *web* [27]. En el documento se detalla la población por provincia y la cantidad de personas que poseen el servicio. De acuerdo a éste, en la provincia del Guayas existe un nivel de penetración de 55.31%.

Con este valor, para el sector de interés, de los 972 potenciales clientes, 538 son considerados como los clientes proyectados. En la tabla a continuación se muestra los ingresos por año durante 5 años:

TABLA DE INGRESOS ANUALES											
		Año	1	2	3	4	5				
Voz Fijo	10%	\$	2,636.53	\$	5,727.88	\$	6,235.43	\$	6,787.96	\$	7,389.44
Datos	20%	\$	22,202.00	\$	36,545.97	\$	39,784.34	\$	43,309.66	\$	47,147.37
Voz y Datos	70%	\$	93,898.18	\$	163,086.40	\$	177,537.62	\$	193,269.37	\$	210,395.13
INGRESO ANUAL		\$	118,736.70	\$	205,360.25	\$	223,557.39	\$	243,366.99	\$	264,931.94

Tabla 19: Ingresos durante cada año según los planes establecidos

Para este cálculo, se consideró también el crecimiento anual utilizando como referencia el documento de estadísticas de ARCOTEL antes mencionado. El grado de crecimiento para el servicio de internet es considerado como 8.86% anual.

4.3. Presupuesto y volumen de obra

En esta sección se muestra los elementos necesarios para implementar el proyecto, su costo por unidad y el costo total. Para presentar el volumen de obra se ha hecho la división siguiente:

- Red *Feeder*
- Red de Distribución
- Red de Acometida
- Canalización
- Pozos
- Equipos

Cada una de estas secciones y lo relacionado a estas se detalla en los apartados a continuación.

4.3.1. Red feeder

Entre los elementos de la red *feeder* están: el cable de FO *feeder* de 144 hilos y una derivación de 24 hilos, las reservas, y, el primer nivel de *splitters* fue también incluido como rubro aquí. Los detalles se muestran en la siguiente tabla.

ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE RACK DE 19" 2,2 METROS	U	1	\$2.834,49	\$2.834,49
2	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 144 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	m	485	\$6,56	\$3.181,60
3	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 24 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	m	675	\$3,49	\$2.355,75
4	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PORTA SPLITTER	U	7	\$346,32	\$2.424,24
5	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN	U	1	\$260,86	\$260,86
6	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ODF DE 96 HILOS (INCLUYE PIG TAILS SC/FC-APCG 652.D) CON PACHEO LATERAL	U	1	\$2.072,39	\$2.072,39
7	PORTA RESERVAS DE FIBRA EN POZO	U	13	\$12,87	\$167,31
8	SANGRADO DE CABLE FIBRA ÓPTICA SUBTERRANEO	U	1	\$17,12	\$17,12
9	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	168	\$8,32	\$1.397,76
10	PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA + TRAZA REFLECTOMÉTRICA	HILO	168	\$7,95	\$1.335,60
TOTAL					\$16.047,12

Tabla 20: Valor de la inversión de la red *feeder*

4.3.2. Red de distribución

Los costos por la red de distribución se muestran en la siguiente tabla. La red de distribución contiene elementos como: la fibra, los herrajes y el preformado.

ITEM	UNIDAD DE PLANTA	UND	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO DE FIBRA ÓPTICAS MONOMODO G.652D 12 HILOS	m	9.331	\$ 2,72	\$ 25.380,32
2	SANGRADO DE CABLE FIBRA ÓPTICA ADSS DE 6 - 48	U	147	\$ 9,44	\$ 1.387,68
3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJES PARA FIBRA ADSS	U	62	\$ 12,95	\$ 802,90
4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PREFORMADO HELICOIDAL PARA FIBRA ADSS	U	124	\$ 21,28	\$ 2.638,72
5	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	176	\$ 8,32	\$ 1.464,32
6	PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	HILO	176	\$ 7,69	\$ 1.353,44
7	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER 1:4	U	44	\$ 144,14	\$ 6.342,16
TOTAL					\$ 39.369,54

Tabla 21: Valor de la inversión de la red de distribución

4.3.3. Red de acometida

Los elementos necesarios para la red de acometida y sus costos se muestran a continuación:

ITEM	UNIDAD DE PLANTA	UND	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO DE 2 FIBRAS ÓPTICAS G.657A1 (DROP)	m	26.900	\$1,49	\$40.081,00
2	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAJA DE DISPERSIÓN PORTA SPLITTER (INCLUYE SPLITTER 1:8)	U	164	\$292,62	\$47.989,68
3	FUSIÓN DE HILO DE FIBRA ÓPTICA CON PIGTAIL	U	538	\$14,59	\$7.849,42
4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TENSOR PLÁSTICO PARA CABLE DROP 6mm	U	538	\$1,31	\$704,78
5	POSTE DE HORMIGÓN 9 MTS (1)	U	8	\$253,64	\$2.029,12
TOTAL					\$ 98.654,00

Tabla 22: Valor de la inversión de la red de acometida

4.3.4. Canalización

Hay canalización existente en este sector, sin embargo se trata de un tramo muy corto. La canalización faltante seguirá el camino de la

canalización existe tal como se muestra en planos y el costo de colocarlos se muestra en la siguiente tabla.

ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	CANALIZACIÓN CALZADA 2 VIAS	m	601,52	\$ 24,23	\$ 14.574,83
TOTAL					\$ 14.574,83

Tabla 23: Costo de Canalización

4.3.5. Pozos

Existe 5 pozos construidos y los pozos faltantes son 7. El costo de construir los pozos faltantes es:

ITEM	UNIDAD DE PLANTA	UND	CANT	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	POZO CALZADA 80 BLOQUES 2 CONVERGENCIAS	U	7	\$ 1.348,61	\$ 9.440,29
2	TAPA DE POZO	U	7	\$ 171,82	\$ 1.202,74
TOTAL					\$10.643,03

Tabla 24: Costo de Pozos

4.3.6. Equipos

Los equipos necesarios se muestran a continuación:

EQUIPAMIENTO			
EQUIPO	PRECIO	CANT	TOTAL
OLT	\$18,000.00	1	\$18,000.00
ONT	\$60.00	538	\$32,280.00
TOTAL			\$50,280.00

Tabla 25: Costo de los Equipos

4.4. Inversión total

La inversión total es la suma de todos los gastos para desarrollar el proyecto. En la tabla siguiente se muestra el costo de cada parte de la red de acceso y el costo total de la obra.

INVERSIÓN	
RUBRO	COSTO
RED FEEDER	\$ 16.047,12
RED DE DISTRIBUCIÓN	\$ 39.369,54
RED DE ACOMETIDA	\$ 98.654,00
CANALIZACIÓN	\$ 14.574,83
POZOS	\$ 10.643,03
EQUIPOS	\$ 50.280,00
INVERSIÓN TOTAL	\$ 229.568,52

Tabla 26: Cálculo de la Inversión

El costo de este proyecto es de \$229,568.52.

4.5. Costos proyectados

Los costos proyectados de la red en funcionamiento incluyen los costos de enlace de internet, comercialización del servicio, servicios básicos, personal, entre otros.

Los costos por el personal contratado se obtienen según lo siguiente. Se considera que el personal necesario para este proyecto es 1 técnico instalador y un ingeniero. El sueldo en bruto del primero es de \$600 y del segundo es de \$1200. Considerando los sueldos décimo-tercero y décimo-cuarto, además del seguro social y los fondos de reserva, los valores obtenidos son los mostrados en la tabla 25.

PERSONAL TÉCNICO							
AÑO	NÚMERO TÉCNICOS	SUELDO TÉCNICO (MES)	TOTAL SUELDO TÉCNICO (AÑO)	NÚMERO INGENIEROS	SUELDO INGENIERO (MES)	TOTAL SUELDO INGENIERO (AÑO)	TOTAL SUELDOS
1	1	\$ 777.00	\$ 9,324.00	1	\$ 1,554.00	\$ 18,648.00	\$ 27,972.00
2	1	\$ 777.00	\$ 9,324.00	1	\$ 1,554.00	\$ 18,648.00	\$ 27,972.00
3	1	\$ 777.00	\$ 9,324.00	1	\$ 1,554.00	\$ 18,648.00	\$ 27,972.00
4	1	\$ 777.00	\$ 9,324.00	1	\$ 1,554.00	\$ 18,648.00	\$ 27,972.00
5	1	\$ 777.00	\$ 9,324.00	1	\$ 1,554.00	\$ 18,648.00	\$ 27,972.00

* IESS 9.11%
 * FONDOS DE RESERVA 1.89%
 * Sueldo Técnico \$ 600.00
 * Sueldo Ingeniero \$ 1,200.00

Tabla 25: Gastos por personal técnico

Para la movilización se considera que será necesario únicamente un vehículo, el cual será alquilado. Con un costo de \$40 por día se obtiene como resultado \$9600 anuales.

MOVILIZACIÓN		
AÑO	NÚMERO VEHÍCULOS	GASTO/ VEHÍCULO
1	1	\$ 9,600.00
2	1	\$ 9,600.00
3	1	\$ 9,600.00
4	1	\$ 9,600.00
5	1	\$ 9,600.00

(*) Costo vehículo por día: \$ 40.00

Tabla 26: Gastos por movilización

La capacidad necesaria fue calculada previamente (sección 1.7). En la tabla siguiente se presenta de forma breve la capacidad necesaria por año y el costo anual del enlace de internet. El crecimiento en el gasto anual se debe al crecimiento proyectado de clientes, de acuerdo a lo explicado en la sección de ingresos.

ENLACE DE INTERNET				
AÑO	CAP/AÑO	STM-1/AÑO	COSTO	TOTAL
1	\$ 3,028.94	\$ 2.44	\$ 32,000.00	\$ 78,166.19
2	\$ 3,297.34	\$ 2.66	\$ 32,000.00	\$ 85,092.56
3	\$ 3,589.52	\$ 2.89	\$ 32,000.00	\$ 92,632.69
4	\$ 3,907.59	\$ 3.15	\$ 32,000.00	\$ 100,840.94
5	\$ 4,253.84	\$ 3.43	\$ 32,000.00	\$ 109,776.54

* Costo de STM-1/año: \$ 32,000.00

Tabla 27: Gastos por enlaces

Finalmente, se reúnen los gastos anteriores junto con los gastos operación, comercialización y servicios básicos, en la siguiente tabla, en donde se muestran los gastos proyectados durante los cinco primeros años de funcionamiento de la red.

		AÑO				
		2016	2017	2018	2019	2020
1.1	COSTOS DIRECTOS	\$ 88,926.19	\$ 85,092.56	\$ 92,632.69	\$ 100,840.94	\$ 109,776.54
	Enlaces Internet	\$ 78,166.19	\$ 85,092.56	\$ 92,632.69	\$ 100,840.94	\$ 109,776.54
	Comercialización Servicio	\$ 10,760.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.2	COSTOS INDIRECTOS	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00
	Operación y Mantenimiento	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
	Infraestructura Existente	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
1.3	TRANSPORTE	\$ 9,600.00	\$ 9,600.00	\$ 9,600.00	\$ 9,600.00	\$ 9,600.00
1.4	Operación y Mantenimiento	\$ 30,924.00	\$ 30,924.00	\$ 30,924.00	\$ 30,924.00	\$ 30,924.00
	Personal	\$ 24,924.00	\$ 24,924.00	\$ 24,924.00	\$ 24,924.00	\$ 24,924.00
	Servicios Básicos	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00
		\$136,450.19	\$132,616.56	\$140,156.69	\$148,364.94	\$157,300.54

Tabla 27: Costos proyectados para la red

Los valores antes mostrados se utilizan para calcular los flujos efectivos netos y algunos índices de rentabilidad como el VAN, el TIR y el periodo de recuperación de la inversión en la sección a continuación.

4.6. Determinación de la rentabilidad

La rentabilidad de una inversión es un indicador que mide la relación que existe entre la ganancia de una inversión y el costo de ésta, al mostrar qué porcentaje del dinero invertido se ha ganado o recuperado, o se va a ganar o recuperar. Para hallar la rentabilidad de este proyecto se los utilizan tres indicadores económicos recién mencionados. Para esto se utiliza un software de hoja de cálculo. En la tabla siguiente se ha colocado los ingresos, los egresos y el flujo efectivo neto de cada año para un periodo de cinco años. También se encuentra el pago de los intereses del préstamo realizado para ejecutar el proyecto.

VAN, TIR Y PERÍODO DE RECUPERACIÓN					
AÑO	INGRESO ANUAL	EGRESO ANUAL	COSTO FINANCIERO	FLUJO EFECTIVO NETO	FLUJO ACUMULADO
0				\$ (229.568,52)	\$ (229.568,52)
1	\$118.736,70	\$ 139.498,19	\$ 27.548,22	-\$48.309,72	-\$277.878,24
2	\$205.360,25	\$ 136.618,02	\$ 33.345,39	\$35.396,84	-\$242.481,40
3	\$223.557,39	\$ 144.158,14	\$ 29.097,77	\$79.399,25	-\$163.082,15
4	\$243.366,99	\$ 152.366,40	\$ 19.569,86	\$91.000,59	-\$72.081,55
5	\$264.931,94	\$ 161.301,99	\$ -	\$103.629,94	\$31.548,39

N (AÑOS)
5

I (INTERÉS)
12%

VAN	-\$71.334,30
TIR	2,98%

TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN
4,70 años

Tabla 28: Flujos, VAN, TIR y retorno de inversión

El VAN y el TIR son calculados utilizando la hoja de cálculo y los resultados son negativos. El valor actual neto para el periodo establecido de 5 años es de \$71,334.30 en negativo, lo que indica que este proyecto producirá pérdidas. Asimismo, la tasa interna de retorno es muy baja, siendo el resultado obtenido de 2.98%, y debería al menos superar la tasa de interés del préstamo.

En la columna de flujo acumulado, se observa que eventualmente, según las proyecciones hechas, se recupera lo invertido, mas esto no es suficiente para demostrar la rentabilidad de este proyecto en el plazo de cinco años cuando se consideran los otros dos indicadores económicos.

En el flujo neto del quinto año se puede observar que los ingresos superan considerablemente a los egresos en comparación con los años anteriores (ingresos: \$264,931.94 frente a egresos: \$161,301.99), lo que sugiere que después del quinto año empiezan a haber ganancias, sin embargo para el tiempo establecido, el cual es el utilizado para proyectos de tecnología, se concluye que no es rentable.

Esta situación podría cambiar si el sector de interés fuera más grande e incluyera algunos clientes corporativos, lo que justificaría de mejor forma la inversión. Como el sector de este análisis posee únicamente clientes residenciales, el gasto excede ligeramente los ingresos proyectados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De acuerdo a los diferentes parámetros analizados durante todo este proyecto, hemos obtenido las siguientes conclusiones:

1. Se logró realizar el diseño de una red con fibra óptica para el sector La Unión de la ciudad de Durán, en base a las necesidades propias del lugar, siguiendo la normativa de diseño de la empresa CNT EP; y, a su vez cumpliendo las normas internacionales ITU.
2. La red diseñada presenta grandes oportunidades de escalabilidad y ampliación debido a que se han dejado: las reservas necesarias para futuras reparaciones de acuerdo a las recomendaciones de CNT EP, además de algunos puertos de los *splitters* libres, y 8 ranuras de tarjetas GPON en la OLT.
3. Debido al alcance que ofrecen las redes PON a sus abonados desde la central o nodo óptico (distancias de hasta 20km), actualmente se han convertido en una de las redes más atractivas en la industria de las telecomunicaciones a la hora de pensar en arquitecturas de última milla, pues superan ampliamente la cobertura máxima de las tecnologías xDSL que alcanzaban 5km desde la central.
4. Las redes ópticas pasivas ofrecen mayor ancho de banda por usuario debido a la mayor capacidad de la fibra para transportar información que las alternativas de cobre (xDSL y CATV).
5. De acuerdo a los cálculos financieros del proyecto, llegamos a la conclusión de que el mismo no es rentable porque tiene un VAN menor a cero; y, una TIR de 2.98%. según las proyecciones hechas, se recupera lo invertido, mas esto no es suficiente para demostrar la rentabilidad de este proyecto en el plazo de cinco años cuando se consideran los otros dos indicadores económicos.

Recomendaciones

A continuación se detallan algunas recomendaciones basadas en este proyecto:

1. Existen algunos sectores, tanto de la ciudad de Guayaquil como de otros cantones, que aún no cuentan con los servicios de telefonía e internet. Sugerimos tomar el diseño propuesto en este trabajo como la base para el diseño de redes GPON-FTTH en los sectores a los que se planee prestar estos servicios.
2. Tener en cuenta que el diseño de esta red nos permite pensar en futuras expansiones o la posibilidad de brindar cobertura a sectores aledaños.
3. La implementación de redes ópticas, no sólo permitirá proveer servicios de mejor manera a partir de este momento, sino que además la fibra óptica permitirá que la tecnología evolucione sin la necesidad de cambiar la infraestructura base pues el ancho de banda de la fibra es ya muy superior a lo que la tecnología actual es capaz de explotar. La recomendación es de dar el paso a este cambio evolutivo ya.
4. Proyectar el análisis a un periodo de 10 años produciría resultados más favorables, pues la inversión se recupera antes de los 5 años y los ingresos superan considerablemente a los egresos a partir del quinto año, por lo que a largo plazo este proyecto podría ser rentable.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Piedras, «El Economista,» 11 Diciembre 2013. [En línea].
Available: <http://eleconomista.com.mx/columnas/columna-especial-empresas/2013/12/11/arpu-movil-3q13>.
- [2] Telefónica I+D, «La red de acceso,» de *Las telecomunicaciones de nueva generación*, Madrid, Lerko Print S.A., 2003, p. 164.
- [3] Sin Cables C.A., «Sin cables,» 2014. [En línea]. Available:
<http://sincables.com.ve/v3/content/59-cable-utp-stp-y-ftp>.
- [4] J. A. C. Falcón, ADSL: Guía del usuario, Madrid: Ra-Ma, 2002.
- [5] I. D. Domínguez, «Tecnología SHDSL,» Barcelona, 2010.
- [6] J. A. A. Hernani, *Las Telecomunicaciones de Nueva Generación*, Telefónica, División de Relaciones Corporativas y Comunicación, 2002.

- [7] Telefónica I+D, «Las redes de acceso basadas en cable y fibra óptica,» de *Las telecomunicaciones de nueva generación*, Madrid, Lerko Print S.A., 2003, p. 180.
- [8] O. P. C. CHAMORRO, «ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA MIGRACIÓN DE REDES DE COBRE A REDES ÓPTICAS PASIVAS EN LA ZONA DE PRIORIDAD A DE LA CIUDAD DE QUITO DE ACUERDO A LA ORDENANZA MUNICIPAL LMU40,» ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, SANGOLQUÍ, ECUADOR, 2013.
- [9] [En línea]. Available:
<http://perso.wanadoo.es/aldomartin1/Image10.jpg>.
- [10] «El mundo en tus redes,» Mayo 2011. [En línea]. Available:
<http://davidovich69.blogspot.com/2011/05/red-de-acceso-de-fibra-ftth.html>.
- [11] «Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid,» 2004. [En línea]. Available:
<http://alvarajuanc.tripod.com/redesdedatos/contenido/fibra.htm>.

- [12] D. Moreno, «Telecorc,» 2009. [En línea]. Available: <http://telecorc.blogspot.com/2014/05/arquitectura-y-funcionamiento.html>.
- [13] M. Abreu, «Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH),» 2009.
- [14] K. S. Kim, «“On The Evolution of PON-Based FTTH Solutions”,» Stanford, 2003.
- [15] Cianet, «Cianet,» 28 Marzo 2014. [En línea]. Available: <http://blog.cianet.ind.br/saiba-mais-sobre-redes-opticas-passivas-xpon-gepon-x-gpon-2/>.
- [16] E. Argüello, «Análisis técnico y financiero para migrar la red de acceso de cobre a una red GPON de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador en el cantón Azogues,» Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2013.
- [17] CNT EP., «“Programa de Capacitación sobre GPON”,» Guayaquil, 2014.

- [18] «Conectrónica,» 2013. [En línea]. Available:
<http://www.conectronica.com/fibra-optica/ftth-fft-x-fibra-optica/instrumentacion-para-ftth-fibre-to-the-home..>
- [19] Google Earth, «Google Earth,» 23 Diciembre 2014. [En línea].
- [20] [En línea]. Available:
http://combasst.en.alibaba.com/product/60117156988-800940152/Huawei_MA5680T_Large_capacity_GPON_OLT_With_a_Maximum_of_1024_ADSL_Ports.html.
- [21] [En línea]. Available:
http://d.img.youboy.com/20113/4/16/g0/g0_11679053.jpg.
- [22] [En línea]. Available: http://www.ezz.si/clanki/Pasivni_opticni_LAN.pdf.
- [23] Huawei, «Huawei,» [En línea]. Available:
<http://support.huawei.com/enterprise/product/images/7a723ffb54cf42779b58a9fd94f9190f>.
- [24] Grupo TVCable, «Grupo TVCable,» Septiembre 2015. [En línea].
Available: <https://www.grupotvcable.com/internet-quito/>.
- [25] Ecuadortelecom S.A., «Claro Ecuador,» Septiembre 2015. [En línea].
Available:

http://www.claro.com.ec/portal/ec/sc/personas/internet/internet-fijo/#info_02..

[26] Netlife, «Netlife,» Septiembre 2015. [En línea]. Available:

<http://www.netlife.ec/planes/hogares/internet-de-alta-velocidad/nuestros-planes/>.

[27] ARCOTEL, «Agencia de Regulación y Control de las

Telecomunicaciones,» Diciembre 2014. [En línea]. Available:

<http://www.arcotel.gob.ec/estadisticas/>.

ANEXOS


Anexo I


Usuarios de Internet por provincia a través de acceso fijo - Diciembre 2014.

Servicio de Valor Agregado de Internet					
Usuarios de Internet por Provincia a través de Acceso Fijo Diciembre 2014					
Fecha de publicación: Diciembre 2014					
PROVINCIA	USUARIOS CONMUTADOS	USUARIOS NO CONMUTADOS (DEDICADOS)	TOTAL	DENSIDAD	POBLACIÓN A DICIEMBRE 2014
AZUAY	672	361775	362.447	45,52%	796.169
BOLIVAR	40	64777	64.817	32,47%	199.646
CAÑAR	0	81457	81.457	32,09%	253.863
CARCHI	60	55663	55.723	31,27%	178.228
CHIMBORAZO	132	231911	232.043	46,71%	496.735
COTOPAXI	316	159391	159.707	35,42%	450.921
EL ORO	1864	279104	280.968	42,40%	662.671
ESMERALDAS	136	128499	128.635	21,78%	590.483
GALAPAGOS	40	24629	24.669	85,88%	28.726
GUAYAS	1928	2224067	2.225.995	55,31%	4.024.929
IMBABURA	240	189018	189.258	43,12%	438.868
LOJA	3308	196349	199.657	40,74%	490.039
LOS RIOS	0	160500	160.500	18,80%	853.622
MANABI	300	398611	398.911	26,92%	1.481.940
MORONA SANTIAGO	0	63687	63.687	37,30%	170.722
NAPO	20	55756	55.776	47,48%	117.465
ORELLANA	0	63044	63.044	42,43%	148.573
PASTAZA	12	57722	57.734	59,46%	97.093
PICHINCHA	2952	2801183	2.804.135	96,98%	2.891.472
SANTA ELENA	0	101054	101.054	28,82%	350.624
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	24	174622	174.646	42,49%	411.009
SUCUMBIOS	36	66260	66.296	33,04%	200.656
TUNGURAHUA	400	303150	303.550	55,11%	550.832
ZAMORA CHINCHIPE	228	42052	42.280	40,19%	105.213
ZONAS NO DELIMITADAS	0	104	104	0,28%	36.967
TOTAL	12.708	8.284.385	8.297.093	51,77%	16.027.466

Servicio de Valor Agregado de Internet					
Usuarios de Internet por Provincia a través de Acceso Fijo Diciembre 2013					
Fecha de publicación: Diciembre 2013					
PROVINCIA	USUARIOS CONMUTADOS	USUARIOS NO CONMUTADOS (DEDICADOS)	TOTAL	DENSIDAD	POBLACIÓN DICIEMBRE 2013
AZUAY	812	277.894	278.706	35,64%	781.919
BOLIVAR	40	51.605	51.645	26,12%	197.708
CAÑAR	0	68.451	68.451	27,46%	249.297
CARCHI	60	44.949	45.009	25,48%	176.662
CHIMBORAZO	180	191.008	191.188	38,88%	491.753
COTOPAXI	116	130.867	130.983	29,47%	444.398
EL ORO	27	205.927	205.954	31,52%	653.400
ESMERALDAS	172	115.394	115.566	19,89%	581.010
GALAPAGOS	44	20.866	20.910	74,68%	28.000
GUAYAS	1.716	1.740.773	1.742.489	43,96%	3.963.541
IMBABURA	288	149.552	149.840	34,64%	432.543
LOJA	824	157.258	158.082	32,63%	484.529
LOS RIOS	4	120.630	120.634	14,33%	841.767
MANABI	240	284.362	284.602	19,40%	1.467.111
MORONA SANTIAGO	0	49.683	49.683	29,87%	166.345
NAPO	20	50.832	50.852	44,29%	114.805
ORELLANA	8	48.668	48.676	33,33%	146.058
PASTAZA	32	50.176	50.208	53,20%	94.373
PICHINCHA	23.052	2.361.273	2.384.325	84,09%	2.835.373
SANTA ELENA	0	73.853	73.853	21,57%	342.408
SANTO DOMINGO	288	141.091	141.379	35,08%	403.063
SUCUMBIOS	52	50.752	50.804	25,95%	195.759
TUNGURAHUA	482	235.898	236.380	43,45%	544.090
ZAMORA CHINCHIPE	432	32.242	32.674	31,82%	102.684
TOTAL	28.899	6.654.004	6.682.903	42,46%	15.738.596

Nota: No se incluye información de las zonas no delimitadas

Servicio de Valor Agregado de Internet					
Usuarios de Internet por Provincia a través de Acceso Fijo Diciembre 2011					
Fecha de publicación: Mayo 2013					
					
PROVINCIA	USUARIOS CONMUTADOS	USUARIOS NO CONMUTADOS (DEDICADOS)	TOTAL	DENSIDAD	POBLACIÓN DICIEMBRE 2011
AZUAY	8	130.560	130.568	17,98%	726.013
BOLIVAR	60	25.947	26.007	13,89%	187.222
CAÑAR	-	37.984	37.984	16,55%	229.575
CARCHI	116	20.132	20.248	12,07%	167.732
CHIMBORAZO	304	96.936	97.240	20,80%	467.523
COTOPAXI	208	57.543	57.751	13,84%	417.184
EL ORO	4.472	98.190	102.662	16,76%	612.372
ESMERALDAS	388	59.749	60.137	11,04%	544.507
GALAPAGOS	12	7.498	7.510	29,32%	25.614
GUAYAS	2.036	1.067.802	1.069.838	28,79%	3.716.570
IMBABURA	408	69.972	70.380	17,33%	406.010
LOJA	520	78.295	78.815	17,22%	457.721
LOS RIOS	-	53.723	53.723	6,77%	793.288
MANABI	232	128.920	129.152	9,25%	1.396.491
MORONA SANTIAGO	-	24.841	24.841	16,47%	150.825
NAPO	-	24.530	24.530	23,20%	105.719
ORELLANA	40	19.616	19.656	14,14%	139.066
PASTAZA	12	27.780	27.792	32,48%	85.570
PICHINCHA	23.256	1.557.994	1.581.250	60,20%	2.626.525
SANTA ELENA	-	40.221	40.221	12,78%	314.713
SANTO DOMINGO	100	65.660	65.660	17,50%	375.189
SUCUMBIOS	80	23.318	23.398	13,01%	179.913
TUNGURAHUA	776	126.543	127.319	24,75%	514.422
ZAMORA CHINCHIPE	-	14.044	14.044	15,08%	93.158
TOTAL	33.028	3.857.698	3.890.726	26,35%	14.765.927

Servicio de Valor Agregado de Internet					
Usuarios de Internet por Provincia a través de Acceso Fijo Diciembre 2010					
Fecha de publicación: Mayo 2013					
					
PROVINCIA	USUARIOS CONMUTADOS	USUARIOS NO CONMUTADOS (DEDICADOS)	TOTAL	DENSIDAD	POBLACIÓN A DICIEMBRE 2010
AZUAY	2.624	75.441	78.065	10,96%	712.127
BOLIVAR	84	14.959	15.043	8,19%	183.641
CAÑAR	12	13.352	13.364	5,93%	225.184
CARCHI	352	9.395	9.747	5,92%	164.524
CHIMBORAZO	1.308	52.995	54.303	11,84%	458.581
COTOPAXI	364	28.716	29.080	7,11%	409.205
EL ORO	376	43.193	43.569	7,25%	600.659
ESMERALDAS	668	34.059	34.727	6,50%	534.092
GALAPAGOS	24	5.877	5.901	23,49%	25.124
GUAYAS	5.128	842.207	847.335	23,24%	3.645.483
IMBABURA	976	38.357	39.333	9,88%	398.244
LOJA	272	39.147	39.419	8,78%	448.966
LOS RIOS	8	19.285	19.293	2,48%	778.115
MANABI	244	51.915	52.159	3,81%	1.369.780
MORONA SANTIAGO	92	3.753	3.845	2,60%	147.940
NAPO	28	12.264	12.292	11,85%	103.697
ORELLANA	4	9.702	9.706	7,12%	136.396
PASTAZA	-	12.194	12.194	14,53%	83.933
PICHINCHA	29.484	1.195.872	1.225.356	47,56%	2.576.287
SANTA ELENA	144	13.988	14.132	4,58%	308.693
SANTO DOMINGO	28	32.707	32.735	8,90%	368.013
SUCUMBIOS	140	12.142	12.282	6,96%	176.472
TUNGURAHUA	1.288	66.071	67.359	13,35%	504.583
ZAMORA CHINCHIPE	-	4.289	4.289	4,69%	91.376
TOTAL	43.628	2.631.880	2.675.508	18,51%	14.451.115

Anexo II

Planos del Diseño de la Red GPON-FTTH en el Sector “LA UNIÓN - DURÁN”.