



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA MIGRACIÓN DE LA RED ACTUAL
DE COBRE, EN LA RUTA 13 DE LA CENTRAL NORTE DE CNT
EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, A UNA RED DE FIBRA
ÓPTICA”

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DANIEL ALBERTO DIK RODRÍGUEZ

BRYANT SAÚL NIOLA PLAZA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinito amor presente en el transcurso de nuestras vidas. A nuestros padres por ser nuestra mayor inspiración. Al Ing. Washington Medina por servirnos de guía en el desarrollo de este proyecto. Y a nuestra querida ESPOL por abrirnos las puertas e iluminar nuestro caminar profesional.

DEDICATORIA

A Dios por el inmenso regalo del don de la vida, su infinito amor que me impulsa a responder con mayor generosidad al plan que tiene para mí. A mis padres, por su entrega y fundamental guía en el transcurso de mi formación. A cada uno los maestros que me han instruido en la etapa académica sirviendo, en el transcurso de estos años, de fuente de conocimientos y valores. Demás familiares y amigos que me acompañan con fidelidad en cada paso de mi vida.

Daniel Alberto Dik Rodríguez

A Dios por bendecirme y guiarme en el buen camino. A mis padres, por ser ese pilar de amor, fortaleza y confianza para formarme y lograr ser una mejor persona día a día. A mis hermanos, que a pesar de mantener una relación a larga distancia, me han demostrado su apoyo incondicional. A mi enamorada por brindarme su amor y confianza en cada paso realizado. Finalmente a mis amigos que me acompañaron en los buenos y malos momentos.

Bryant Saúl Niola Plaza

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

Magíster Washington Medina

PROFESOR EVALUADOR

M.Sc. César Yépez Flores

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"

Daniel Alberto Dik Rodríguez

Bryant Saúl Niola Plaza

RESUMEN

El proyecto presentado a continuación se basa en la migración de la red actual de cobre de la Ruta 13 en la Central Norte de CNT de la ciudad de Guayaquil a una red de fibra óptica. En primer lugar se describen los objetivos generales del proyecto junto a una breve introducción y metodología para el desarrollo del mismo.

En el segundo capítulo se presenta un análisis de la red actual de cobre; comprendiendo en su totalidad el escenario de trabajo, abarcando el estado de la red, su estructura, tecnología, servicios, demanda del sector y su requerimiento de expansión.

El tercer capítulo detalla el diseño de la nueva red GPON - FTTH como óptima solución de implementación de fibra óptica para la Ruta 13 junto a una presentación de resultados y simulaciones que aseguran el correcto funcionamiento del diseño propuesto. Finalmente, el cuarto capítulo expone un análisis financiero del proyecto verificando de forma económica la rentabilidad tras la implantación del mismo.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vii
CAPÍTULO 1.....	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	1
1.2.1 Objetivo general	1
1.2.2 Objetivos específicos	1
1.3 Metodología	2
1.4 Introducción	2
CAPÍTULO 2.....	4
2. ESCENARIO ACTUAL DE LA RUTA 13 DE LA CENTRAL NORTE DE CNT Y CONDICIONES LEGALES.....	4
2.1 Servicios actuales	4
2.2 Demanda actual	4
2.3 Infraestructura de la red de cobre	5
2.4 Alcance actual y requerimientos de expansión	6
2.5 Marco regulatorio	7
2.5.1 Tendidos aéreos	7
2.5.2 Cableado soterrado	10
CAPÍTULO 3.....	11
3. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA EN LA RUTA 13 DE LA CENTRAL NORTE DE CNT	11
3.1 Esquema y distribución de la red de fibra óptica	11
3.2 Infraestructura y equipamiento de la nueva red	11

3.3	Análisis Óptico de la Red	19
3.3.1	Configuración de la OLT	19
3.3.2	Análisis de Longitud de Cable	20
3.3.3	Presupuesto Óptico	21
3.3.4	Simulación	24
3.4	Alcance y servicios proporcionados por la nueva red	30
CAPÍTULO 4		32
4.	ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO	32
4.1	Costo inicial de inversión	32
4.2	Costo Anual Proyectado	34
4.3	Ingreso Anual	35
4.4	Análisis Costo – Retorno	35
4.5	Análisis Tasa Interna de Retorno (TIR)	36
4.6	Análisis de costos e ingresos implementando IPTV	37
4.7	Análisis de rentabilidad del proyecto	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		41
BIBLIOGRAFÍA		45
ANEXOS		46

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes

La Ruta 13 (zona Av. Esmeraldas; desde la calle Quisquis hasta el inicio de la Av. De las Américas) en la Central Norte de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) de la ciudad de Guayaquil alcanza a 773 clientes con los servicios de telefonía y banda ancha fija por medio su red de cobre. La tecnología actual empleada permite un límite de 1260 clientes por ruta con un ancho de banda y velocidad de transmisión máxima por cliente de 2.2 MHz y 5 Mbps de bajada y 2 Mbps de subida respectivamente, características que limitan el ofrecimiento de una calidad de servicio como la propuesta de nuevos servicios y alternativas frente a la demanda tecnológica actual.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar una red de fibra óptica para la migración de la red actual de cobre en la Ruta 13 de la Central Norte de CNT en la ciudad de Guayaquil.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio sobre fibra óptica como medio de transmisión en las telecomunicaciones y su respectiva tecnología de implementación.
- Analizar el escenario de la Ruta 13 de la Central Norte de CNT en su red actual de cobre.
- Conocer las respectivas normativas, regulaciones, condiciones y procesos legales correspondientes al diseño e implementación de redes de telecomunicaciones en la ciudad de Guayaquil.
- Diseñar la red de fibra óptica en la Ruta 13 de la Central Norte de CNT.
- Simulación del diseño de la red de fibra óptica propuesta.

- Presentar un análisis financiero del proyecto que asegure su rentabilidad.

1.3 Metodología

Con el fin de proponer un diseño de una red de fibra óptica en reemplazo del cable de cobre en la Ruta 13 se realizará inicialmente un análisis profundo sobre el escenario actual de la ruta; el cual comprende los siguientes aspectos técnicos: cantidad y ubicación actual de abonados con futuro número de expansión, capacidad de transmisión de la ruta, servicios y demanda actual del sector, infraestructura de distribución de la red de cable de cobre y los recursos existentes, estado del terreno que comprende la ruta, como la situación técnica actual de la central en medida de acople a la nueva tecnología. Una vez obtenidos los datos de la Ruta 13, se procederá a diseñar una red de fibra óptica basándose en los requisitos actuales y futuros de la misma empleando los criterios adecuados con una simulación final y visualización de resultados esperados, respetando cada uno de los distintos requerimientos y condiciones legales que exige la M.I. Municipalidad de Guayaquil, ente que rige el control de los espacios físicos de la ciudad. Finalmente se realizará un análisis financiero con cada uno de los costos de trabajo y obras civiles, incluyendo actividades de operación & mantenimiento, proyectando la rentabilidad del proyecto con tiempo de recuperación de la inversión. [1]

1.4 Introducción

En el transcurso de los años la tecnología ha permitido al ser humano tener la capacidad de comunicarse y poder tener al alcance información real de propio interés sobre distintos sucesos alrededor del mundo. Día a día, la demanda de usuarios, en su deseo de participar de este intercambio de información, crece; desafiando a la tecnología en invertir estudios y análisis para expandirse como satisfacer las necesidades actuales y futuras del ser humano.

El deseo de ofrecer la mayor cantidad de información en el menor tiempo posible a una gran cantidad de usuarios ha llevado a la industria de las telecomunicaciones a descubrir y desarrollar mejores métodos y formas de

transmisión de datos. Por lo que uno de los principales criterios a considerar ha sido el medio por el que la información se transporta.

Por muchos años la comunicación entre equipos se ha basado en el uso de pulsos eléctricos a través de conductores conectados entre emisor y receptor. El cobre, por su conductancia y bajo costo de adquisición, ha sido el material de mayor empleo en conexiones de este tipo. Existe, en la actualidad, una gran diversidad de tipos de cables de cobre para cada necesidad.

El cable de cobre provee una velocidad de transmisión de 1.54 megabits por segundo con una exposición a ruido e interferencia eléctrica. Debido a la alta demanda de capacidad y rapidez descrita anteriormente, la transmisión de información por medio de la luz surge como una gran respuesta, con la fibra óptica como reemplazo del cable de cobre.

La fibra óptica puede llegar a tener una velocidad de transmisión de 10 gigabits por segundo. Con respecto a capacidad, lo que transmitirían 33 toneladas de cable de cobre, mediante fibra óptica solo se usaría un cuarto de una libra. Debido a que a través de la fibra óptica viaja luz, no presenta problemas de ruido e interferencia eléctrica. Cada uno de los datos descritos asegura a la fibra óptica como medio de transmisión efectivo frente a la demanda actual tecnológica. [2]

CAPÍTULO 2

2. ESCENARIO ACTUAL DE LA RUTA 13 DE LA CENTRAL NORTE DE CNT Y CONDICIONES LEGALES

La Central Norte de CNT, en la actualidad, cuenta con 23 rutas distribuidas de tal forma que abastecen a sectores del norte de la ciudad de Guayaquil. Este proyecto se enfocará en la Ruta 13; comprendida desde la calle Quisquis hasta el inicio de la Av. de Las Américas (sentido sur-norte) y desde la Av. Quito hasta la Calle Tungurahua (sentido este-oeste). [3]

2.1 Servicios actuales

Por medio de la Ruta 13 se proveen servicios de telefonía fija y banda ancha fija a los usuarios del mencionado sector.

En la actualidad la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) ofrece los servicios de banda ancha detallados en la Tabla 1.

Plan	Velocidad de Bajada	Velocidad de Subida
3 Mbps	3 Mbps	hasta 1 Mbps
5 Mbps	5 Mbps	hasta 2 Mbps

Tabla 1: Planes de Banda Ancha Fija ADSL CNT [4]

2.2 Demanda actual

Esta ruta alcanza a un total de 773 clientes; a su totalidad con servicio de telefonía fija (POTS) y 158 con servicio de banda ancha fija (ADSL). La ruta está dividida en cinco sectores (Distritos); cada sector posee un armario, el mismo que permite la distribución a cada cliente. La distribución de clientes en la Ruta 13 se detalla en la Tabla 2.

Distrito	Dirección	No. Clientes	
		POTS	ADSL
431	G. Moreno y A. Lascano	64	12
449	V. de Piedrahita y G. Moreno	168	55
450	M. Galecio y Esmeraldas	173	25
451	Esmeraldas y L. Vernaza	214	35
453	M. Galecio y los Ríos	158	31
TOTAL		773	158

Tabla 2: Distribución de Clientes Ruta 13 Central Norte CNT [3]

2.3 Infraestructura de la red de cobre

La red de cobre consiste en 2 sub redes, red primaria y red secundaria. La red primaria comprende desde la central hasta los armarios ubicados en las aceras peatonales de manera estratégica de acuerdo al número de clientes en un sector, la red secundaria desde el armario hacia las cajas de distribución en los postes en las esquinas de las calles para así llegar al usuario final como se muestra en la figura 2.1.

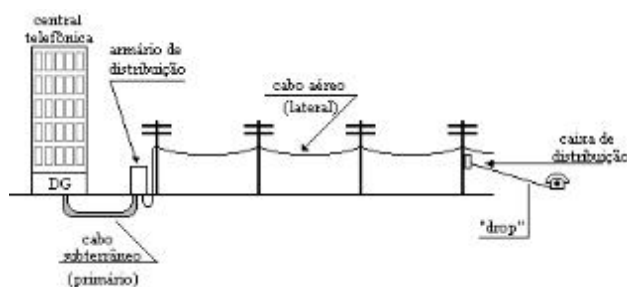


Figura 2.1: Topología Red de Cobre [5]

El mapa geo-referenciado de la Ruta 13 se muestra en la figura 2.2.

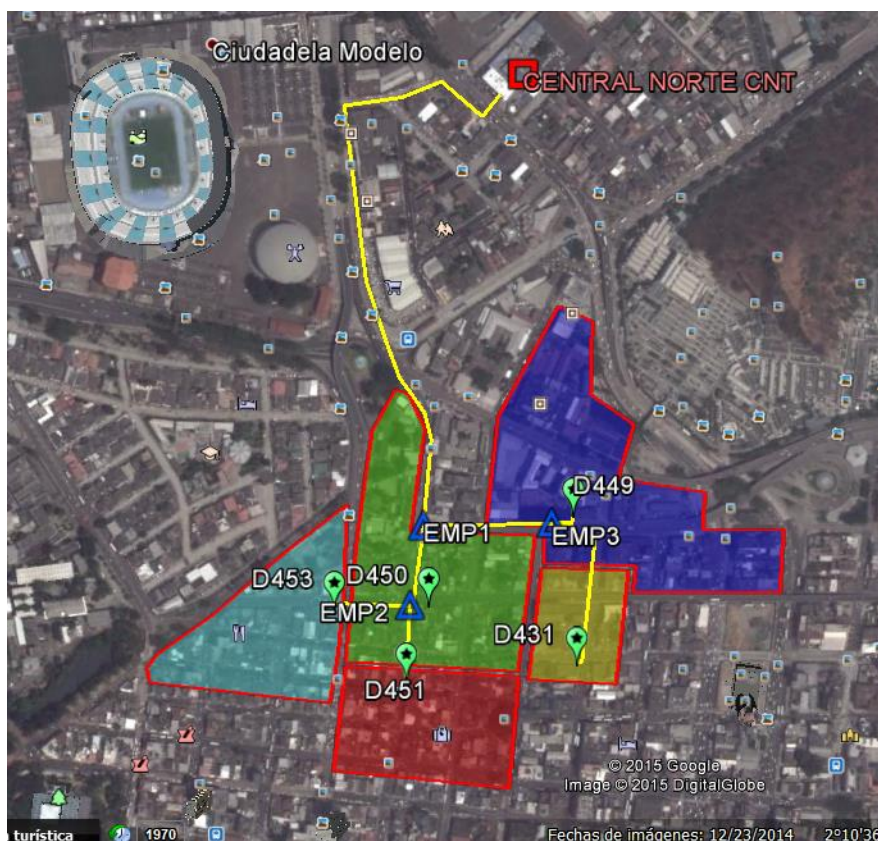


Figura 2.2: Mapa Geo-referenciado Ruta 13 Central Norte CNT

El Anexo A presenta los mapas de distribución de la red primaria y secundaria de la Ruta 13.

2.4 Alcance actual y requerimientos de expansión

La Ruta 13 actualmente, en su red de cobre, emplea la tecnología ADSL2+ como método de transmisión de datos. Esta tecnología permite al usuario una capacidad máxima de 2.2 MHz de ancho de banda y una velocidad máxima de 5 Mbps de bajada y 2 Mbps de subida. Usa cable par de cobre (categoría 3) de 1800 pares desde la central distribuyéndose por toda la ruta alcanzando los 773 clientes con un límite de expansión de hasta 1260 clientes (70% de los 1800 pares de cobre dejando el 30% para reserva).

2.5 Marco regulatorio

Para realizar la implementación de un diseño de red de telecomunicaciones en la ciudad de Guayaquil es necesario tomar en cuenta las distintas restricciones que rigen las diferentes entidades encargadas en la concesión de permisos para el uso de cables en espacios metropolitanos. [1]

Las entidades que cuenten con permisos ambientales, del Sistema Único de manejo ambiental en conjunto también con las diferentes concesiones que emita el estado, podrán instalar líneas de telecomunicaciones en la ciudad de Guayaquil.

Las instituciones que rigen dichos permisos son las siguientes:

- Ministerio de Telecomunicaciones
- M.I. (Muy ilustre) Municipalidad de Guayaquil
- Empresa Eléctrica de Guayaquil
- Fideicomiso de Telecomunicaciones

2.5.1 Tendidos aéreos

La Empresa Eléctrica de Guayaquil es la principal entidad destinada al análisis y verificación de las especificaciones técnicas establecidas por el Municipio de Guayaquil para la realización que nuevos tendidos que deseen realizar las empresas existentes. Con la aprobación de dichas restricciones se solicitará la autorización a la M.I. Municipalidad de Guayaquil realizando el pago de los impuestos correspondientes.

Dependiendo del tamaño de los postes la Empresa Eléctrica de Guayaquil propone las siguientes normas detalladas en la Tabla 3.

Tamaño Postes	Normas
12 m	Instalación de cables de distribución y de acceso, adicionalmente elementos pasivos tales como taps, cajas de dispersión, splitters,
13 m	Instalación de cables de la red troncal y así como también elementos pasivos y activos, máximo se podrá instalar dos elementos activos y dos pasivos entre todas las empresas y en caso de haber una fuente de poder en el poste no se permitirá más que un solo elemento activo.
14 m	Instalación de cable de red troncal, sin ningún elemento pasivo o activo.
Postes de alumbrado público	Prohibido la instalación de todo cable o equipo de red de telecomunicaciones.

Tabla 3: Normativa de Tamaño de Postes Empresa Eléctrica de Guayaquil [1]

La figura 2.3 muestra las regulaciones en el orden y distancias de los diferentes cables que se encuentran acoplados a un poste.

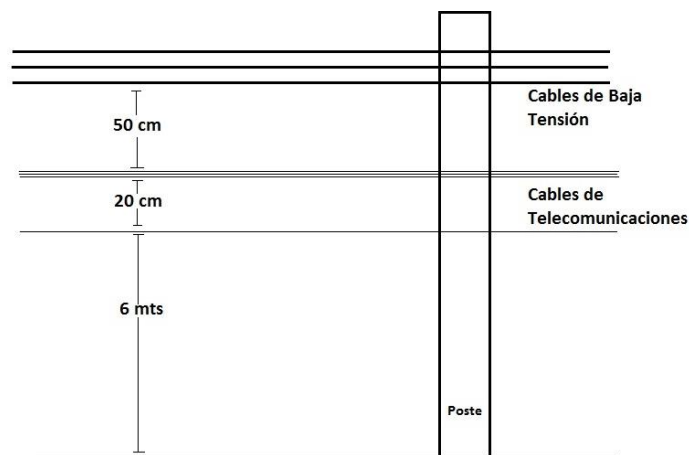


Figura 2.3: Distancias para la instalación de cables en postes Empresa Eléctrica de Guayaquil [1]

En los primeros 6 metros medidos desde el suelo se colocan cables de telecomunicaciones, 20 centímetros hacia arriba se permite colocar grupos de cables de telecomunicaciones con una máximo de 3 grupos, luego 50 centímetros hacia arriba solo se permite la instalación de cables de baja tensión.

Con respecto a la red hacia los abonados, la Tabla 4 muestra los parámetros referenciales sobre la cantidad de cables de acceso permitidos en los postes; los cuales no tienen costo de alquiler por parte de la Empresa Eléctrica y en los que la migración tiene el beneficio de que se permite mayor cantidad de cables.

Tipo de cable	Cable de acceso	Máxima cantidad de postes para cable de acceso
Fibra	1 entrada a 8 salidas	8 Postes
Coaxial	1 entrada a 6 salidas	4 Postes

Tabla 4: Normativa de uso de postes para cables de acceso Empresa Eléctrica de Guayaquil [1]

2.5.2 Cableado soterrado

En lo que se refiere a cableado soterrado, el Departamento de Obras Públicas Municipales, ente regulador del Municipio de Guayaquil, es el encargado en inspeccionar y emitir solicitudes de permisos de soterramiento ante cualquier trabajo, público o privado, como calzadas para así realizar el cobro de impuestos correspondientes.

Actualmente la Dirección de Obras Públicas Municipales establece que todas las redes de telecomunicaciones soterradas deben ir contenidas en tubos lisos de PVC rígidos tipo II por debajo de las calzadas y finalizarán en ductos de revisión de 1.50 m x 1.00 m x 0.80 m.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA EN LA RUTA 13 DE LA CENTRAL NORTE DE CNT

3.1 Esquema y distribución de la red de fibra óptica

Para el diseño de la nueva red de fibra óptica se propone el uso de la tecnología de acceso GPON mediante el servicio FTTH debido a la alta tasa de velocidad de transmisión, el área de cobertura y los servicios requeridos por los usuarios en el determinado sector, con el esquema básico presentado en la figura 3.1.

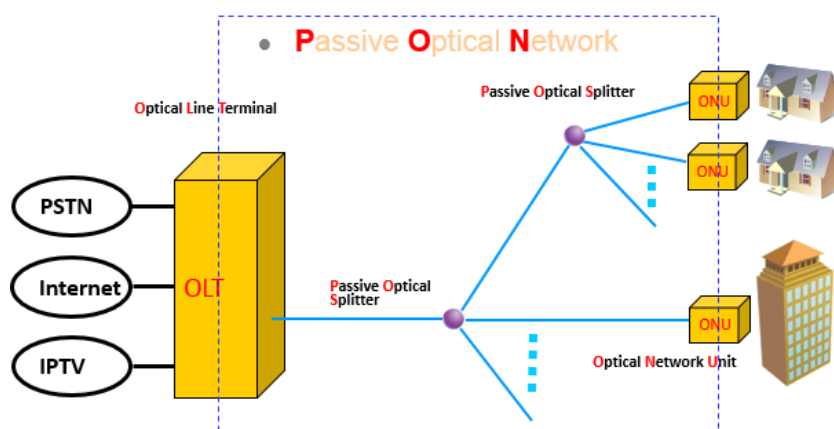


Figura 3.1: Topología Red PON [6]

3.2 Infraestructura y equipamiento de la nueva red

La figura 3.2 detalla el diagrama de bloques de la nueva red GPON FTTH.

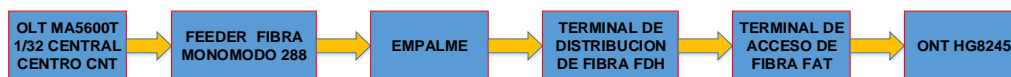


Figura 3.2: Diagrama de Bloques Red GPON - FTTH Ruta 13

Como punto de partida, la OLT es el equipo transmisor de datos para toda la red GPON. CNT, en la actualidad, para las nuevas redes GPON en reemplazo de las

rutas existentes de cobre, ha implementado una OLT en la Central Centro (ubicada en las calles Chile y Aguirre).

Partiendo de la central, el equipo transmisor de datos a los usuarios es un OLT MA5600T 1/32; que contiene 14 tarjetas de servicio por frame, donde cada una posee 8 puertos PON, alcanzando a 32 clientes por puerto PON, 256 por tarjeta y 3584 por frame de OLT.

De la OLT, para los 773 clientes, se usarán 4 tarjetas de un frame. Una vez establecida la transmisión desde la OLT en la Central Centro, por medio de fibra se comunicará la OLT con la FDH, la misma que repartirá la señal a los clientes.

Dado que una FDH puede distribuir la señal máximo a 288 clientes, es necesario distribuir el total de 773 clientes por grupos. El total de clientes en la ruta actual de cobre ya se encuentra distribuido en 5 sectores; se aprovechará esta distribución, ya que el número de clientes por sector respeta la capacidad máxima del FDH. Donde, los armarios en cada sector serán reemplazados por FDHs, teniendo así 5 FDHs con la que la OLT se comunicará para alcanzar al total de clientes.

Todo el tendido de fibra óptica que se diseñará para este proyecto se lo realizará mediante cableado soterrado, gracias a la disponibilidad de los ductos de canalización actualmente construidos por la M.I. Municipalidad de Guayaquil realizado en la regeneración urbana de la ciudad (canalización Chile-Luque CNT).

La tecnología de acceso GPON, al poseer el principio de bajada y subida de datos BROADCAST y TDMA respectivamente, no presenta la necesidad de emplear una numerosa cantidad de cables de acuerdo al número de clientes existentes como lo requiere una red de cobre, haciendo uso solo de la cantidad necesaria de hilos en una sola fibra que soporten el ancho de banda y velocidad de transmisión requerida por el número total de clientes.

Para una efectiva distribución de la señal emitida por la OLT a toda la ruta, se colocará un cable de fibra principal backbone (Feeder) de 2.3 Km, desde la Central Centro partiendo de la calle Chile a través de la calle Gabriel José de

Luque hasta llegar a José Mascote para luego tomar en sentido este la Av. 9 de Octubre y en la Av. Del Ejército en dirección norte hacia los diferentes sectores de clientes. En la intersección entre Av. Del Ejército y Alejo Lascano se ubicará el primer empalme, que distribuirá la fibra en sentido oeste hacia los FDHs 3, 4 y 5 (distritos 450, 453 y 451). En la intersección entre Av. Del Ejército y Manuel Galecio se ubicará el segundo empalme, que distribuirá la fibra en sentido este hacia los FDHs 1 y 2 (distritos 449 y 431).

La figura 3.3 presenta el mapa geo-referenciado de la nueva red GPON de la Ruta 13.

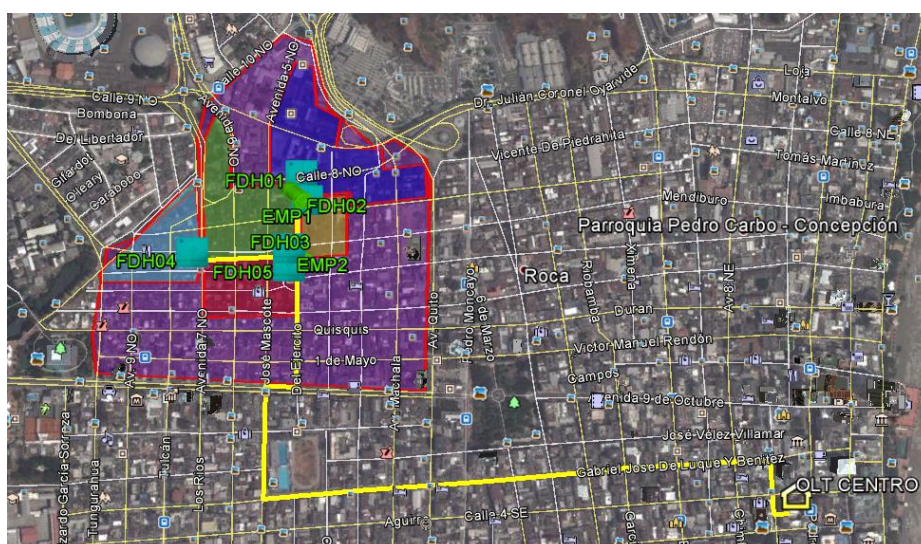


Figura 3.3: Mapa Geo-referenciado Red GPON - FTTH Ruta 13

En la OLT, por la capacidad máxima de 3584 clientes por frame, el área de cobertura en esta ruta se extiende de acuerdo al área sombreada de color morado en la figura 3.3.

Cada hilo de fibra óptica provee datos a un total de 32 clientes. Debido al elevado número de clientes que podría alcanzar la OLT en su nueva área de cobertura, en el Feeder se usará la fibra monomodo G.652D de 288 hilos; cable con número máximo de hilos de fibra de venta en la actualidad, que comprende 24 tubos con 12 hilos de fibra por tubo, para hacer uso del mismo en la futura expansión.

La figura 3.4 ilustra la estructura de la fibra monomodo 288 G652.D. [7]

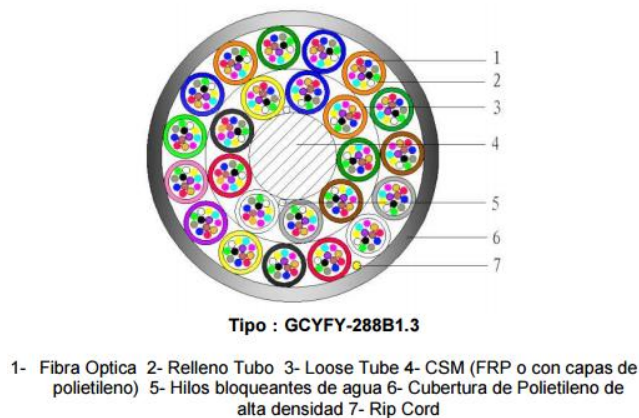


Figura 3.4: Estructura Fibra Monomodo 288 G652.D [7]

La Tabla 5 muestra las características principales de la fibra según su número de hilos en el que se especifica también la fibra 288. [7]

Cable de Fibras	Número de tubos	Trenzados unidades	Fibras en cada tubo	Diámetro del cable	Peso del cable Kg/Km
24	1	N.A	24	4.0	13
48	4	5	12	5.2	17
72	6	6	12	5.6	20
96	8	8	12	6.5	30
144	12	12	12	8.2	51
288	24	9 + 15	12	10.2	62

Tabla 5: Características de cables de Fibra Óptica [7]

Teniendo el Feeder de la nueva red, por medio de empalmes se distribuirán los hilos a cada uno de los 5 FDHs de la ruta.

Cada FDH requiere de 12 hilos de fibra, 9 activos y 3 de reserva; los 9 hilos activos mediante 9 Splitters 1:32, ubicados en su interior, dividen la capacidad de los hilos alcanzando a 288 clientes por FDH.

La red de distribución de la fibra desde los FDH hacia los equipos FAT se muestran en las figuras 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10.

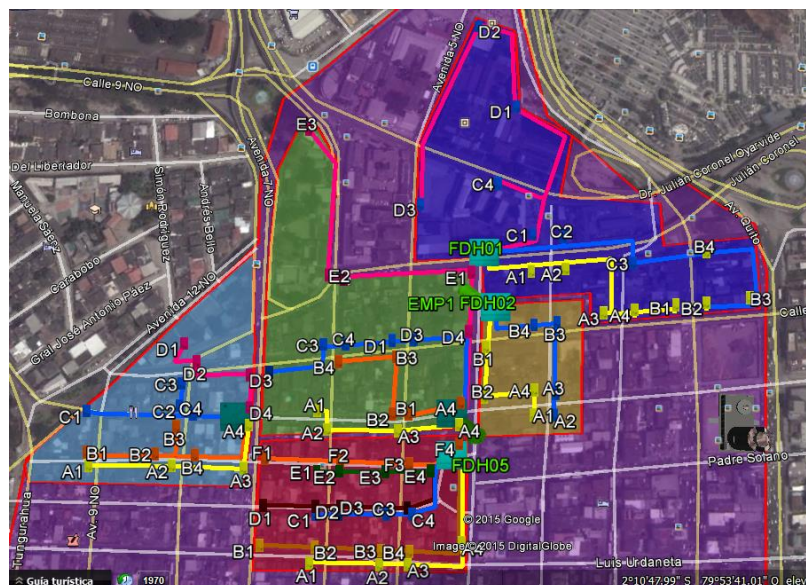


Figura 3.6: Mapa Geo-referenciado Red FDH - FAT Red GPON - FTTH Ruta 13

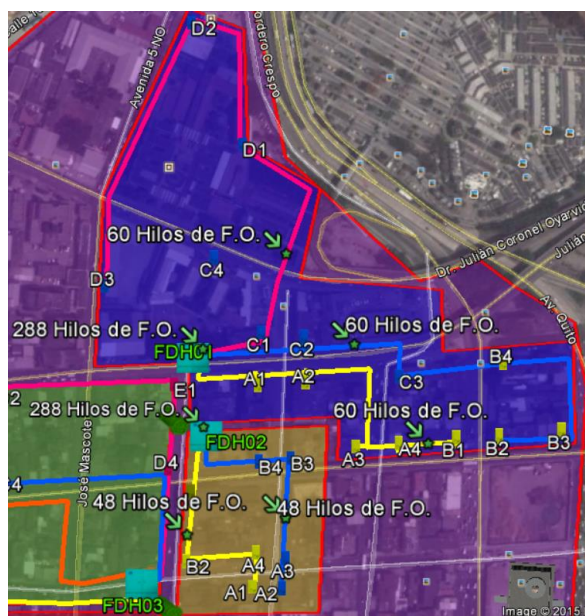


Figura 3.7: Mapa Geo-referenciado ampliado Red FDH - FAT FDH01-02



Figura 3.8: Mapa Geo-referenciado ampliado Red FDH - FAT FDH03



Figura 3.9: Mapa Geo-referenciado ampliado Red FDH - FAT FDH04

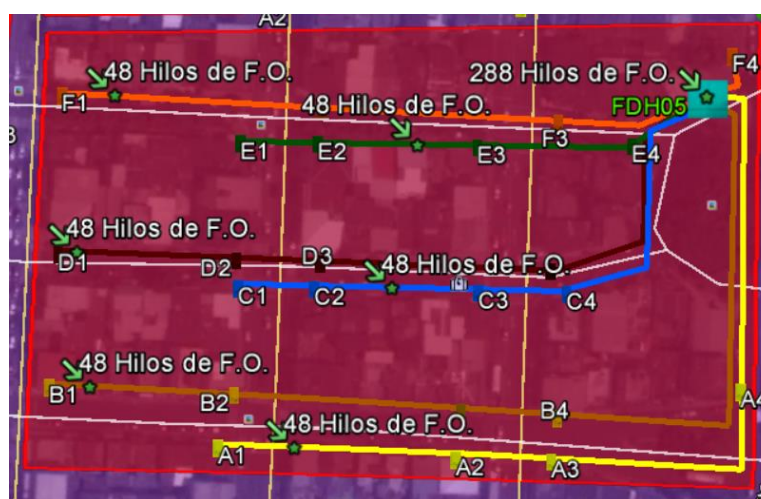


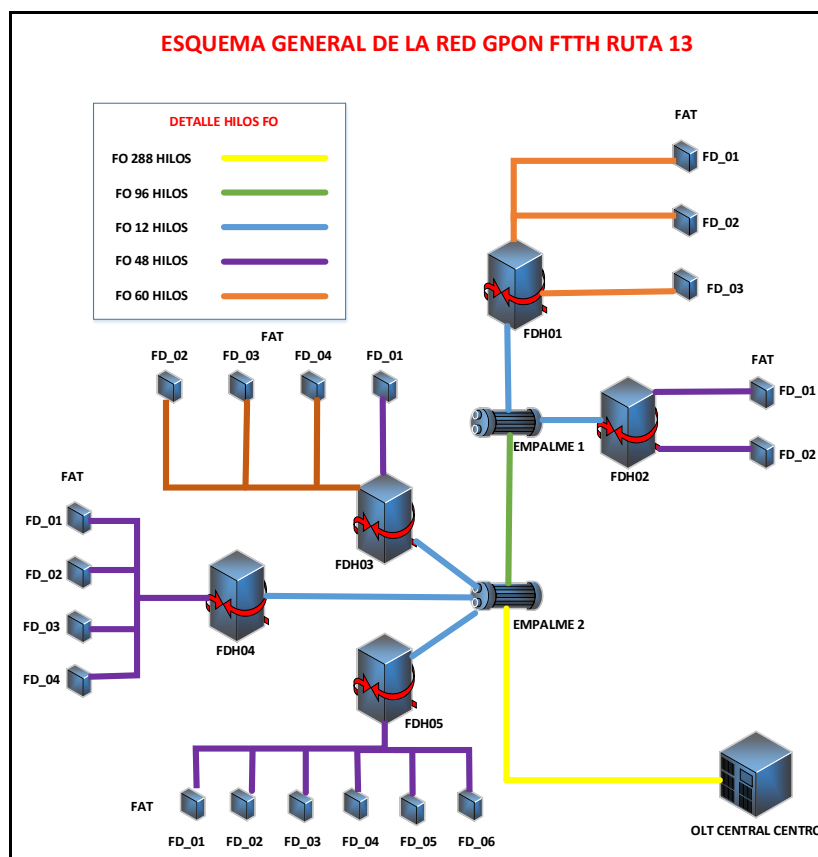
Figura 3.10: Mapa Geo-referenciado ampliado Red FDH - FAT FDH05

Finalmente cada equipo FAT, mediante conexión DROP G.657A, repartirá la señal hacia los usuarios finales. Donde, en su residencia, recibirán la señal por medio del ONT HG8245, el mismo que posee 4 puertos Ethernet y 2 POTS para los servicios de telefonía e internet fijo como se muestra en la figura 3.11. [6]



Figura 3.11: Optical Network Terminal (ONT) HG8245 [6]

En la figura 3.12 se presenta el esquema completo detallado de la nueva red en su enlace desde la OLT en la central hasta las cajas FAT.



3.3 Análisis Óptico de la Red

Para estimar el correcto funcionamiento del diseño de la red GPON FTTH propuesta, se procede a realizar el análisis óptico de la red, que consiste en la evaluación de los siguientes puntos:

- Configuración de la OLT
- Análisis de Longitud de Cable
- Presupuesto Óptico

3.3.1 Configuración de la OLT

En la OLT se configuran las siguientes variables:

- Tipo de transceiver óptico
- Longitud de onda de la señal

- Tipo de encapsulamiento
- Velocidad de transmisión
- Potencia óptica máxima y mínima
- Sensibilidad en el receptor
- Tipo de conector óptico
- Tipo de fibra óptica
- Distancia de transmisión

Todos los valores de las variables nombradas son estándar a diferencia de la distancia de transmisión, la misma que varía de acuerdo al número de clientes requeridos (a un mayor número de clientes, menor es el número de la distancia de transmisión).

La Tabla 6 muestra los valores específicos para cada variable en la OLT.

Transmisor de Fibra Óptica GPON	
Tipo de Transceptor Óptico	Fibra Bi-Direccional, Clase B+
Longitud de Onda Central	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm
Tipo de encapsulación	SFP
Tráfico por puerto	Tx: 2.488 Gb/s Rx: 1.244 Gb/s
Potencia Óptica Mínima de Salida	1.5 dBm
Potencia Óptica Máxima de Salida	5.0 dBm
Máxima Sensibilidad	-28 dBm
Tipo de Conector Óptico	SC/PC
Tipo de Fibra Óptica	Monomodo
Distancia del transmisor	20 Km

Tabla 6: Configuración OLT [6]

3.3.2 Análisis de Longitud de Cable

Este análisis representa la longitud necesaria de cada hilo de fibra; desde la FDH hasta las cajas FAT ubicadas en los postes de cada sector.

La longitud de cable toma en cuenta todo el recorrido de la fibra detallado a continuación:

- Longitud desde la FDH hasta el pozo subterráneo de partida.
- Longitud de fibra de reserva en el pozo inicial de 15 m.
- Longitud de fibra desde el pozo de partida hacia el pozo donde se encuentra el poste que posee FAT.
- Longitud de fibra desde el pozo al poste que posee FAT.
- Longitud de fibra de subida y bajada del poste para llegar al FAT (ubicado a 8 m de altura).
- Longitud de fibra de regreso al pozo.
- Longitud de fibra de reserva en las FAT (cantidad de FATs * 6.5).
- Longitud de fibra de reserva extras de 20 m.

La sumatoria de todas las medidas nombradas multiplicadas por un margen de 1.05 proporcionará la longitud total necesaria de fibra en la red FDH – FAT.

El Anexo B muestra de manera detallada las longitudes por FDH.

3.3.3 Presupuesto Óptico

El presupuesto óptico detalla, según los elementos usados en la red, todas las pérdidas de potencia involucradas. Las variables a considerar dentro del presupuesto óptico son de acuerdo al recorrido de la señal; desde su emisión hasta su recepción, comprendiendo valores de pérdidas típicas de conectores, empalmes, fusiones, fibra y Splitters, como se muestra en el esquema de la figura 3.13.

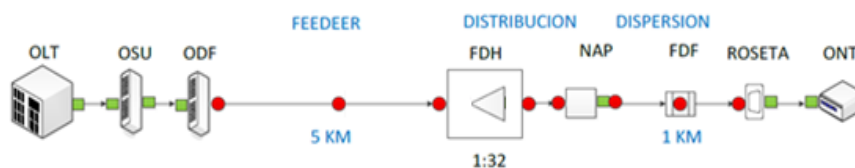


Figura 3.13: Esquema Elementos Presupuesto Óptico

El margen de atenuación máximo establecido, para certificar un óptimo desempeño de la red, es de 28 dB (detallado previamente en el valor estándar de la sensibilidad requerida en el receptor en la Tabla 6); dado

que los equipos tienen un margen de error de ± 3 dB se trabaja con un valor teórico de 25 dB. En la práctica, el margen de atenuación máximo es de 16 dB.

Las Tablas 7, 8, 9, 10 y 11 muestran el presupuesto óptico detallado de cada FDH. Como se puede observar, el total de pérdidas de cada tabla no supera los 25 dB predeterminados, certificando a la red propuesta como un diseño viable para el escenario de la Ruta 13.

FDH01		FD_01			FD_02			FD_03		
Elementos de la Red de Fibra Óptica		Cantidad	Perdida de elemento Típica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Típica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Típica (dB)	Total Perdida (dB)
Connectors (mated) ITU671=0.5dB		7	0,50	3,50	7	0,50	3,50	7	0,50	3,50
Fusion splices ITU751=0.1db average		5	0,10	0,50	5	0,10	0,50	5	0,10	0,50
Mechanical Splices ITU 751=0.1dB average			0,20	0,00		0,20	0,00		0,20	0,00
Splitters	1x2		3,50	0,00		3,50	0,00		3,50	0,00
	1x4		7,00	0,00		7,00	0,00		7,00	0,00
	1x8		10,50	0,00		10,50	0,00		10,50	0,00
	1x16		14,00	0,00		14,00	0,00		14,00	0,00
	1x32	1	17,50	17,50	1	17,50	17,50	1	17,50	17,50
	1x64		21,00	0,00		21,00	0,00		21,00	0,00
	2X4		7,90	0,00		7,90	0,00		7,90	0,00
	2X8		11,50	0,00		11,50	0,00		11,50	0,00
	2X16		14,80	0,00		14,80	0,00		14,80	0,00
	2X32		18,50	0,00		18,50	0,00		18,50	0,00
Fibras - Longitudes de Onda	1310nm	3,03	0,35	1,06	3,19	0,35	1,12	3,36	0,35	1,18
	1490nm		0,30	0,00		0,30	0,00		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00		0,25	0,00		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				22,56			22,62			22,68

Tabla 7: Presupuesto Óptico FDH01 Red GPON – FTTH Ruta 13

FDH02		FD_01			FD_02		
Elementos de la Red de Fibra Óptica		Cantidad	Perdida de elemento Típica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Típica (dB)	Total Perdida (dB)
Connectors (mated) ITU671=0.5dB		7	0,50	3,50	7	0,50	3,50
Fusion splices ITU751=0.1db average		5	0,10	0,50	5	0,10	0,50
Mechanical Splices ITU 751=0.1dB average			0,20	0,00		0,20	0,00
Splitters	1x2		3,50	0,00		3,50	0,00
	1x4		7,00	0,00		7,00	0,00
	1x8		10,50	0,00		10,50	0,00
	1x16		14,00	0,00		14,00	0,00
	1x32	1	17,50	17,50	1	17,50	17,50
	1x64		21,00	0,00		21,00	0,00
	2X4		7,90	0,00		7,90	0,00
	2X8		11,50	0,00		11,50	0,00
	2X16		14,80	0,00		14,80	0,00
	2X32		18,50	0,00		18,50	0,00
Fibras - Longitudes de Onda	1310nm	2,87	0,35	1,00	2,87	0,35	1,00
	1490nm		0,30	0,00		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				22,50			22,50

Tabla 8: Presupuesto Óptico FDH02 Red GPON – FTTH Ruta 13

FDH03			FD_01			FD_02			FD_03			FD_04		
Elementos de la Red de Fibra Optica	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)		
Connectors (mated) ITU671+0.5dB	7	0,50	3,50	7	0,50	3,50	7	0,50	3,50	7	0,50	3,50		
Fusion splices ITU751+0.1db average	5	0,10	0,50	5	0,10	0,50	5	0,10	0,50	5	0,10	0,50		
Mechanical Splices ITU 751+0.1dB average		0,20	0,00		0,20	0,00		0,20	0,00		0,20	0,00		
Splitters	1x2	3,50	0,00		3,50	0,00		3,50	0,00		3,50	0,00		
	1x4	7,00	0,00		7,00	0,00		7,00	0,00		7,00	0,00		
	1x8	10,50	0,00		10,50	0,00		10,50	0,00		10,50	0,00		
	1x16	14,00	0,00		14,00	0,00		14,00	0,00		14,00	0,00		
	1x32	17,50	17,50	1	17,50	17,50	1	17,50	17,50	1	17,50	17,50		
	1x64	21,00	0,00		21,00	0,00		21,00	0,00		21,00	0,00		
	2X4	7,90	0,00		7,90	0,00		7,90	0,00		7,90	0,00		
	2X8	11,50	0,00		11,50	0,00		11,50	0,00		11,50	0,00		
	2X16	14,80	0,00		14,80	0,00		14,80	0,00		14,80	0,00		
	2X32	18,50	0,00		18,50	0,00		18,50	0,00		18,50	0,00		
Fibras - Longitudes de Onda	1310nm	2,70	0,35	0,95	2,77	0,35	0,97	2,88	0,35	1,01	3,08	0,35	1,08	
	1490nm		0,30	0,00		0,30	0,00		0,30	0,00		0,30	0,00	
	1550nm		0,25	0,00		0,25	0,00		0,25	0,00		0,25	0,00	
	GRAND TOTAL (dB)			22,45			22,47			22,51			22,58	

Tabla 9: Presupuesto Óptico FDH03 Red GPON – FTTH Ruta 13

FDH04			FD_01			FD_02			FD_03			FD_04		
Elementos de la Red de Fibra Optica	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)		
Connectors (mated) ITU671+0.5dB	7	0,50	3,50	7	0,50	3,50	7	0,50	3,50	7	0,50	3,50		
Fusion splices ITU751+0.1db average	5	0,10	0,50	5	0,10	0,50	5	0,10	0,50	5	0,10	0,50		
Mechanical Splices ITU 751+0.1dB average		0,20	0,00		0,20	0,00		0,20	0,00		0,20	0,00		
Splitters	1x2	3,50	0,00		3,50	0,00		3,50	0,00		3,50	0,00		
	1x4	7,00	0,00		7,00	0,00		7,00	0,00		7,00	0,00		
	1x8	10,50	0,00		10,50	0,00		10,50	0,00		10,50	0,00		
	1x16	14,00	0,00		14,00	0,00		14,00	0,00		14,00	0,00		
	1x32	17,50	17,50	1	17,50	17,50	1	17,50	17,50	1	17,50	17,50		
	1x64	21,00	0,00		21,00	0,00		21,00	0,00		21,00	0,00		
	2X4	7,90	0,00		7,90	0,00		7,90	0,00		7,90	0,00		
	2X8	11,50	0,00		11,50	0,00		11,50	0,00		11,50	0,00		
	2X16	14,80	0,00		14,80	0,00		14,80	0,00		14,80	0,00		
	2X32	18,50	0,00		18,50	0,00		18,50	0,00		18,50	0,00		
Fibras - Longitudes de Onda	1310nm	3,29	0,35	1,15	2,80	0,35	0,98	2,75	0,35	0,96	2,69	0,35	0,94	
	1490nm		0,30	0,00		0,30	0,00		0,30	0,00		0,30	0,00	
	1550nm		0,25	0,00		0,25	0,00		0,25	0,00		0,25	0,00	
	GRAND TOTAL (dB)			22,65			22,48			22,46			22,44	

Tabla 10: Presupuesto Óptico FDH04 Red GPON – FTTH Ruta 13

FDH05			FD_01			FD_02			FD_03			FD_04			FD_05			FD_06		
Elementos de la Red de Fibra Optica	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)	Cantidad	Perdida de elemento Tipica (dB)	Total Perdida (dB)		
Connectors (mated) ITU671+0.5dB	7	0,50	3,50	7	0,50	3,50	7	0,50	3,50	7	0,50	3,50	7	0,50	3,50	7	0,50	3,50		
Fusion splices ITU751+0.1db average	5	0,10	0,50	5	0,10	0,50	5	0,10	0,50	5	0,10	0,50	5	0,10	0,50	5	0,10	0,50		
Mechanical Splices ITU 751+0.1dB average		0,20	0,00		0,20	0,00		0,20	0,00		0,20	0,00		0,20	0,00		0,20	0,00		
Splitters	1x2	3,50	0,00		3,50	0,00		3,50	0,00		3,50	0,00		3,50	0,00		3,50	0,00		
	1x4	7,00	0,00		7,00	0,00		7,00	0,00		7,00	0,00		7,00	0,00		7,00	0,00		
	1x8	10,50	0,00		10,50	0,00		10,50	0,00		10,50	0,00		10,50	0,00		10,50	0,00		
	1x16	14,00	0,00		14,00	0,00		14,00	0,00		14,00	0,00		14,00	0,00		14,00	0,00		
	1x32	17,50	17,50	1	17,50	17,50	1	17,50	17,50	1	17,50	17,50	1	17,50	17,50	1	17,50	17,50		
	1x64	21,00	0,00		21,00	0,00		21,00	0,00		21,00	0,00		21,00	0,00		21,00	0,00		
	2X4	7,90	0,00		7,90	0,00		7,90	0,00		7,90	0,00		7,90	0,00		7,90	0,00		
	2X8	11,50	0,00		11,50	0,00		11,50	0,00		11,50	0,00		11,50	0,00		11,50	0,00		
	2X16	14,80	0,00		14,80	0,00		14,80	0,00		14,80	0,00		14,80	0,00		14,80	0,00		
	2X32	18,50	0,00		18,50	0,00		18,50	0,00		18,50	0,00		18,50	0,00		18,50	0,00		
Fibras - Longitudes de Onda	1310nm	3,06	0,35	1,07	3,01	0,35	1,05	2,97	0,35	1,04	3,03	0,35	1,06	2,84	0,35	1,03	3,02	0,35	1,06	
	1490nm		0,30	0,00		0,30	0,00		0,30	0,00		0,30	0,00		0,30	0,00		0,30	0,00	
	1550nm		0,25	0,00		0,25	0,00		0,25	0,00		0,25	0,00		0,25	0,00		0,25	0,00	
	GRAND TOTAL (dB)			22,87			22,86			22,84			22,86			22,83			22,86	

Tabla 11: Presupuesto Óptico FDH05 Red GPON – FTTH Ruta 13

3.3.4 Simulación

De acuerdo al presupuesto óptico detallado, para cada terminal FAT en los FDHs, se ha confirmado de manera teórica la correcta funcionabilidad de la red al no presentar pérdidas mayores al margen de atenuación máximo establecido de 25 dB.

El equipo físico que permite realizar pruebas para estimar la longitud de la fibra, y su atenuación, incluyendo pérdidas por empalmes y conectores en una red GPON es el Optical Time Domain Reflectometer (OTDR).

Para lograr una simulación virtual del diseño de la red propuesta y comprobar el análisis teórico del presupuesto óptico presentado, se usará el software de simulación "VanGuard Data OTDR Emulator", el mismo que permite ingresar los elementos de una red GPON y simular el cálculo de potencias presentes.

El presupuesto óptico del FDH01 en su FD_01, que alcanza a las cajas FAT A1, A2, A3, A4 y B1, señala que la pérdida de potencia total en ese recorrido es de 22.56 dB. Mediante el software de simulación se procederá a verificar de manera virtual la potencia en este tramo.

El proceso de simulación para el resto de la red es el mismo que se detallará a continuación. Como parte de presentar una simulación en este informe se realizará el análisis virtual solo del FD_01 en el FDH01.

La figura 3.14 muestra la interfaz gráfica inicial del software de simulación VanGuard Data OTDR Emulator.

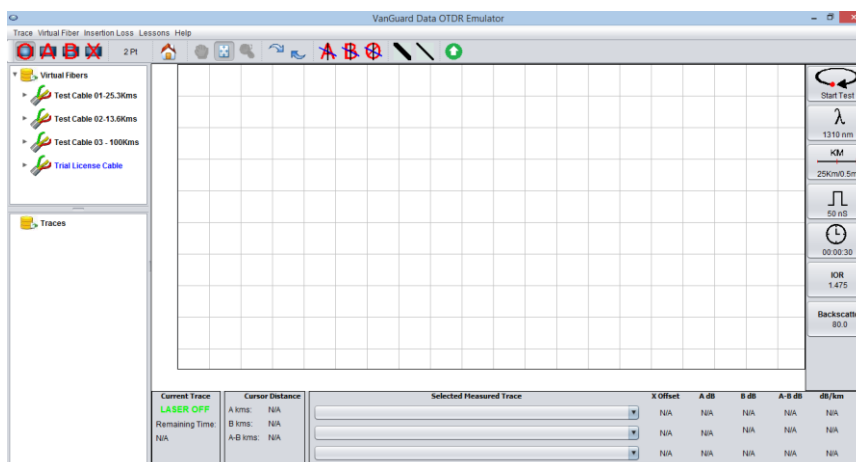


Figura 3.14: Interfaz inicial VanGuard Data OTDR Emulator

Una vez en el programa se procede, en la barra de menú, a ingresar en la opción *Virtual Fiber*, *Create/Edit Virtual Fiber* apareciendo la ventana de la figura 3.15.

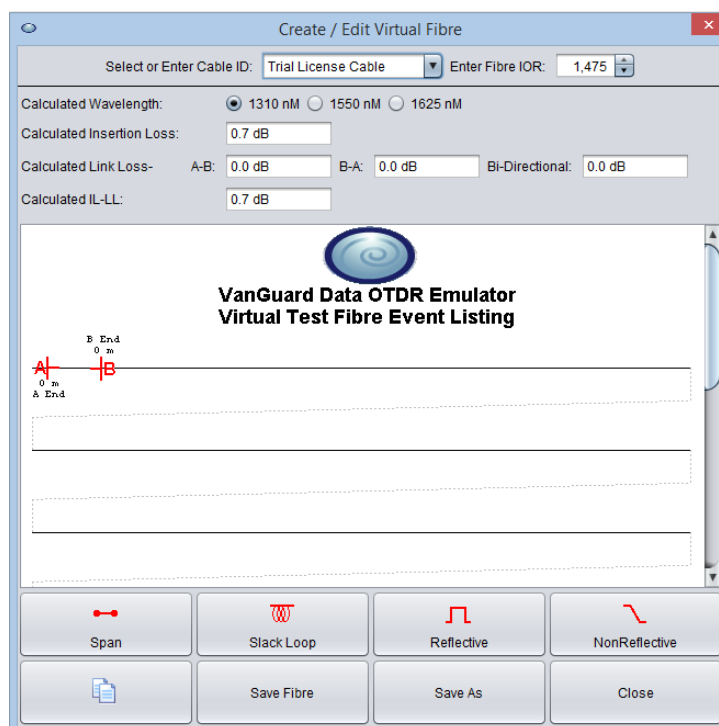


Figura 3.15: Ventana para crear Fibra Virtual en VanGuard Data OTDR Emulator

La figura 3.15 presenta la ventana de simulación para una red de fibra óptica. En la misma se introducen todos los componentes que conforman la red con sus valores de potencia típica. En la parte superior de la ventana se ingresa el tipo de fibra con su índice de refracción respectivo, en la parte inferior se encuentran las opciones del tipo de componente a ingresar; en el cuadro de *Span* se ingresan los tramos de fibra con su distancia y en el cuadro de *Reflective* los demás componentes. Las figuras 3.16 y 3.17 muestran las ventanas que permiten ingresar los datos una vez seleccionada la opción de *Span* o *Reflective*.

	A-B dB	B-A dB
1310nM:	0.35	0.35
1490nM:	0	0
1550nM:	0	0
1625nM:	0	0

Figura 3.16: Ventana Ingreso de Datos Span en VanGuard Data OTDR Emulator

The image shows a dialog box titled "Add New Event" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following fields and controls:

- Event Title:** EMPALME 1 (with an "Optional" label to its right)
- From A End:** 2230 (with "Meters" label to its right)
- Loss Values Table:**

	A-B dB	B-A dB
1310nM:	0.1	0.1
1490nM:	0	0
1550nM:	0	0
1625nM:	0	0
- Type:** Angled (dropdown menu)
- Cleanliness:** Excell... (dropdown menu)
- Quality:** Excell... (dropdown menu)
- Add Ghost:**
- Buttons:** OK and Cancel

Figura 3.17: Ventana Ingreso de Datos Reflective en VanGuard Data OTDR Emulator

De acuerdo al diseño de la red GPON propuesta para el FD_01 del FDH01 se proceden a ingresar todos los componentes, desde la OLT hasta el ONT; incluyendo tipo de fibra con su distancia, valores de potencia para conectores y fusiones. La figura 3.18 muestra la ventana de simulación con todos los componentes ingresados, evidenciando en la parte superior en el cuadro de "Calculated Link Loss" el valor virtual de pérdida de potencia total de 21.473 dB, verificando la correcta funcionalidad del diseño de la red al no superar el margen de atenuación máximo establecido de 25 dB.

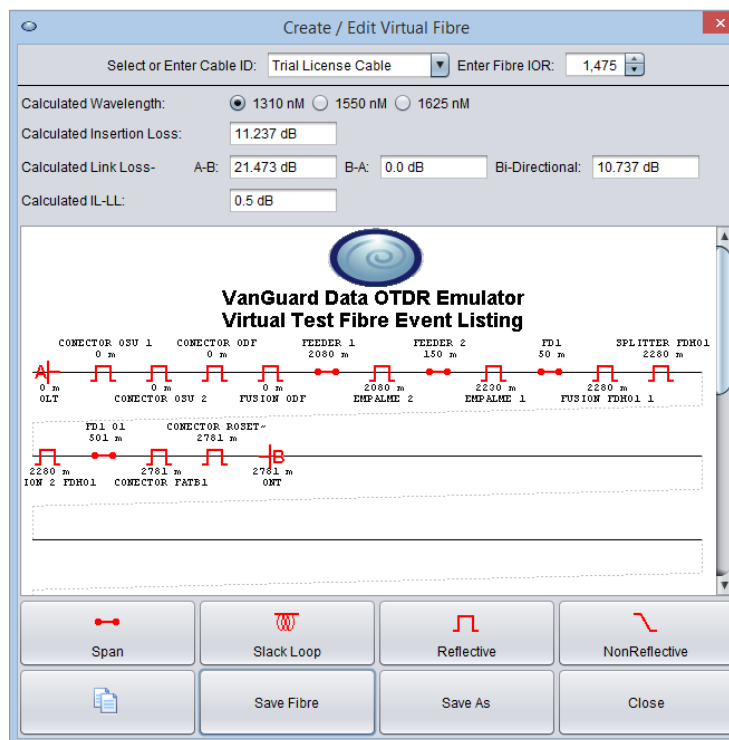


Figura 3.18: Simulación Margen de Atenuación de Red FD_01 FDH01 en VanGuard Data OTDR Emulator

Con el fin de certificar el diseño propuesto de una forma más acertada se procedió a identificar una red GPON FTTH, construida e implementada en CNT, que cumpla con las mismas características de la red propuesta de manera que, con el OTDR, se realicen pruebas reales de potencia que aseguren el límite del margen de atenuación máximo establecido, que en la práctica no debe de ser mayor a 16 dB.

El recorrido de la red, desde la Central Norte hasta la caja FAT B4 de la red GPON FTTH de la Cdla. Las Garzas, se asemeja al recorrido del FD_01 del FDH01 del diseño de la red propuesta con una distancia de 3.46 Km. Por medio del OTDR se procedió a realizar mediciones de potencias generando el margen de atenuación promedio máximo en la red de 15.10 dB certificando también de esta forma su operación.

La figura 3.19 muestra el OTDR que se usó y las figuras 3.20 y 3.21, la caja FAT B4 sobre la que se realizaron las pruebas de potencias.



Figura 3.19: OTDR - CNT



Figura 3.20: Caja FAT B4 - CNT 1



Figura 3.21: Caja FAT B4 - CNT 2

El Anexo C presenta el informe detallado generado por el OTDR al realizar las pruebas en la caja FAT B4.

3.4 Alcance y servicios proporcionados por la nueva red

Cada hilo de fibra proporciona una velocidad de 2.4 Gbps de bajada y 1.2 Gbps de subida. Debido a que cada hilo abastece a 32 clientes, cada cliente tendrá una velocidad de 64 Mbps de bajada y 32 Mbps de subida evidenciando claramente una mejora total en el servicio.

La alta capacidad de transmisión proporcionará la oportunidad de poder introducir en el mercado el servicio “Triple Play” añadiendo IPTV (Televisión en alta definición por fibra) a los planes actuales de telefonía y banda ancha fija, el mismo que usa 32 Mbps de bajada, dejando 32 Mbps disponibles para el resto de servicios.

El esquema necesario del servicio IPTV para ser agregado a la red GPON diseñada se muestra en la figura 3.22.

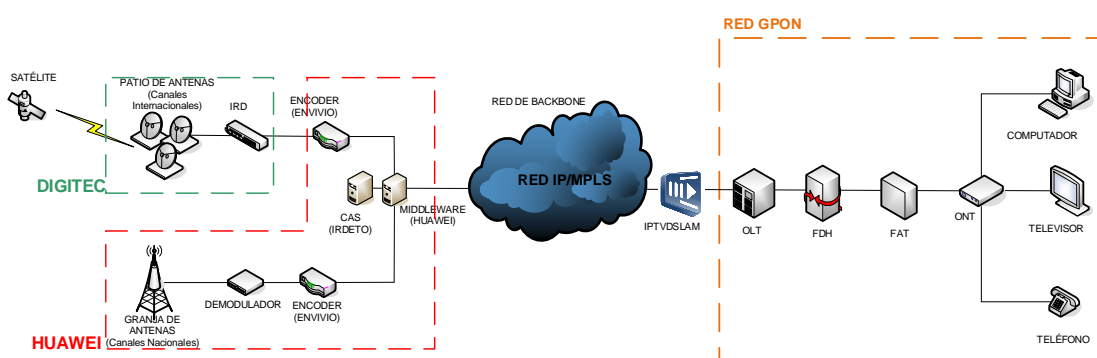


Figura 3.22: Esquema general del servicio de IPTV agregado a la red GPON – FTTH Ruta 13

CNT cuenta con una estación terrena que le permite tener comunicación internacional de voz y datos de forma satelital. Esta estación ha sido adecuada con equipos de manera que le permitan tener acceso a las señales de televisión de los distintos canales extranjeros y nacionales. Por medio de antenas receptoras se recibe la señal de TV, se procede al proceso de demodulación y codificación para luego enviarla a la Red IP/MPLS (red principal de CNT llamada

nube). Una vez en la nube, por medio de un IPTVDSLAM (Multiplexor de línea de acceso de abonado digital) se empaqueta la señal de TV para agregarla finalmente al OLT y ser transmitida a los ONT en los clientes finales.

Para el desarrollo de IPTV en todo el país es necesaria la aprobación, por medio del Ministerio de Telecomunicaciones mediante una licencia, que certifique la confiabilidad y viabilidad del servicio. En la actualidad, para completar este proceso, IPTV se encuentra implementado en la ciudad de Quito en la Central Lñaquito con dos usuarios de prueba. A finales del mes de agosto del 2015 completa un año de correcta operación, esperando completar los trámites finales que le permitan a CNT desplegar a nivel nacional el servicio de IPTV.

Dado que la recepción de la señal de TV internacional y nacional se encuentra establecida y ubicada en la nube, para la implementación del servicio IPTV en la Ruta 13 solo es necesaria la adaptación del equipo IPTVDSLAM a la OLT de la Central Norte de manera que se empaquete el servicio de TV a los de telefonía y banda ancha fija.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

El presente capítulo detalla un análisis financiero que evalúa todos los costos involucrados en el proyecto, como los ingresos correspondientes a su instalación, permitiendo así, certificar la viabilidad del desarrollo del diseño propuesto para el escenario de la Ruta 13 en la Central Norte de CNT.

También se presenta un análisis de costos e ingresos implementando el servicio de IPTV.

4.1 Costo inicial de inversión

El costo inicial de inversión comprende todos los costos de los procesos que intervienen hasta lograr el levantamiento final del proyecto. Dichos procesos se detallan a continuación:

- Estudio de Demanda Actual.- Se refiere al estudio de la situación actual de la zona; que comprende el área de cobertura, cantidad de clientes, servicios presentes y requeridos.
El presente diseño alcanza a 773 clientes ubicados en la Ruta 13. Para este análisis el número de clientes finales se agrega en un 23% (grado de crecimiento de clientes según el Plan de Expansión presentado por CNT a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL) llegando a 951 clientes.
- Ingeniería Comercial.- Comprende la planificación de los planes y servicios a comercializar en el mercado.
- Ingeniería Técnica.- Se enfoca en el análisis de la tecnología presente y de la proporción del nuevo sistema a implementar.
- Implementación.- Lleva a cabo el levantamiento inicial de los equipos de planta interna.
- Diseño.- Elaboración de la distribución de la nueva red, desde la central hasta el cliente final. Para este análisis se toma en cuenta la cantidad de clientes que puede llegar a soportar toda la red (1200).

- Construcción.- Levantamiento físico de la red diseñada en planta externa ODN. Para este análisis se toma en cuenta la cantidad de clientes que puede llegar a soportar toda la red (1200).
- Instalación.- Provee el funcionamiento final de los equipos de la red.
- Mantenimiento.- Controla la permanente operación de toda la red; tiempo de trabajo, factor humano, gastos operativos y logísticos de equipo de trabajo, mano de obra, herramientas, movilización, sueldos, seguros, imprevistos y licencias anuales.

La Tabla 12 muestra el costo en dólares de los procesos detallados, determinando el costo inicial de inversión de la nueva tecnología de fibra en comparación con los costos actuales de cobre. Los costos por proceso se basan en el valor establecido, por el área comercial de CNT, para proyectos de cobre y fibra.

Costo Inicial de Inversión					
Detalle	No. de Clientes	Fibra		Cobre	
		Costo por Cliente	Total	Costo por Cliente	Total
1 ESTUDIO DE DEMANDA ACTUAL	773				
ESTUDIO DE DEMANDA PROYECTADO 23%	178				
	951	\$ 3,00	\$ 2.853,00	\$ 3,00	\$ 2.853,00
2 INGENIERÍA COMERCIAL	951	\$ 3,00	\$ 2.853,00	\$ 3,00	\$ 2.853,00
3 INGENIERÍA TÉCNICA	951	\$ 6,00	\$ 5.706,00	\$ 6,00	\$ 5.706,00
4 IMPLEMENTACIÓN	951	\$ 43,00	\$40.883,00	\$ 120,00	\$114.120,00
5 DISEÑO	1200	\$ 4,00	\$ 4.800,00	\$ 8,00	\$ 9.600,00
6 CONSTRUCCIÓN	1200	\$ 47,00	\$ 56.400,00	\$ 15,00	\$498.000,00
7 INSTALACIÓN	951	\$ 60,00	\$ 57.060,00	\$ 45,00	\$ 42.795,00
8 MANTENIMIENTO	951	\$ 1,00	\$ 951,00	\$ 7,00	\$ 6.657,00
TOTAL:			\$171.516,00		\$682.584,00

Tabla 12: Costo Inicial de Inversión Fibra – Cobre Ruta 13

Se evidencia, según la Tabla 12, que el costo de inversión en fibra resulta mucho menor que el costo en la actualidad de cobre.

4.2 Costo Anual Proyectado

Luego de la inversión inicial, a partir del segundo año, los costos anuales que representaría la nueva tecnología de fibra serían de mantenimiento, mientras que en cobre, además de mantenimiento también de construcción dado que en cobre, por los equipos usados, se involucran reparaciones anuales. La Tabla 13 muestra el flujo a mediano plazo (6 años) del costo anual de ambas tecnologías.

Costo por año		
Año	Fibra	Cobre
1	\$ 171.516,00	\$ 682.545,36
2	\$ 11.412,00	\$ 181.676,52
3	\$ 11.412,00	\$ 181.676,52
4	\$ 11.412,00	\$ 181.676,52
5	\$ 11.412,00	\$ 181.676,52
6	\$ 11.412,00	\$ 181.676,52
TOTAL	\$ 228.576,00	\$ 1.590.966,60

Tabla 13: Costo por año Fibra - Cobre Ruta 13

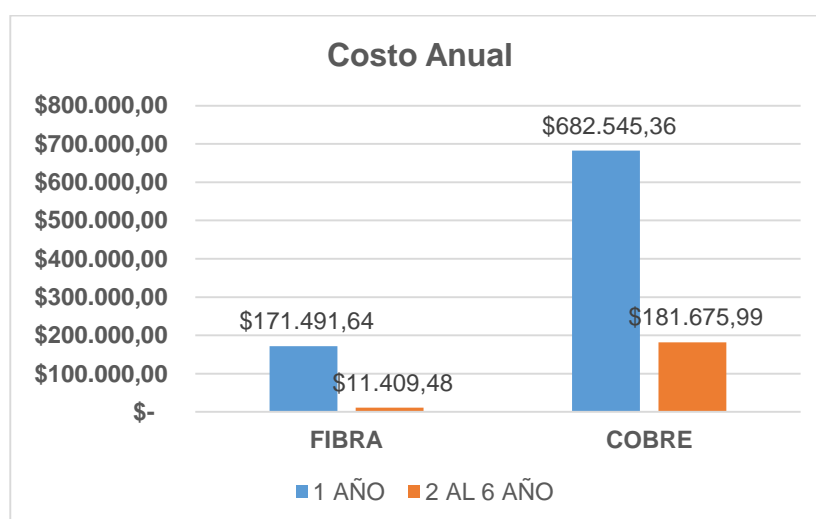


Figura 4.1: Histograma Costos Anuales de Fibra - Cobre Ruta 13

Notando claramente, según la figura 4.1, que los costos en fibra reducen en un 74.87% al costo actual en cobre.

4.3 Ingreso Anual

Los beneficios económicos anuales corresponden a los servicios ofertados en el mercado, provenientes de telefonía fija (POTS) y de internet fijo. La Tabla 14 muestra el costo promedio por cliente para adquirir ambos servicios con el total de ingreso anual correspondiente a los 951 clientes proyectados. Según estadísticas presentadas en la Rendición de Cuentas de CNT para el año 2014, el número de clientes que acceden al servicio de banda ancha fija de CNT aumenta anualmente en un 17.83%.

Ingreso por año					
Año	POTS		Internet (+17,83% anual)		Total
	No. de Clientes	Costo por Cliente	No. de Clientes	Costo por Cliente	
1	773	\$ 7,20	158	\$ 24,50	\$ 113.239,20
		\$ 5.565,60			
2	951	\$ 7,20	328	\$ 24,50	\$ 178.598,40
		\$ 6.847,20			
3	951	\$ 7,20	497	\$ 24,50	\$ 228.284,40
		\$ 6.847,20			
4	951	\$ 7,20	667	\$ 24,50	\$ 278.264,40
		\$ 6.847,20			
5	951	\$ 7,20	836	\$ 24,50	\$ 327.950,40
		\$ 6.847,20			
6	951	\$ 7,20	951	\$ 24,50	\$ 361.760,40
		\$ 6.847,20			

Tabla 14: Ingreso por año POTS - Internet Ruta 13

4.4 Análisis Costo – Retorno

Conociendo los costos e ingresos por año de ambas tecnologías, se procede a evaluar el estado de retorno de la inversión correspondiente. La Tabla 15 muestra, a mediano plazo, el retorno monetario en fibra y cobre tomando en cuenta los costos e ingresos anuales.

Relación Costo - Retorno		
Año	Fibra	Cobre
1	-58252,44	-569306,16
2	\$ 108.933,96	-572384,28
3	\$ 325.806,36	-525776,40
4	\$ 592.658,76	-429188,52
5	\$ 909.197,16	-282914,64
6	\$ 1.259.545,56	-102830,76

Tabla 15: Relación Costo y Retorno Fibra - Cobre Ruta 13

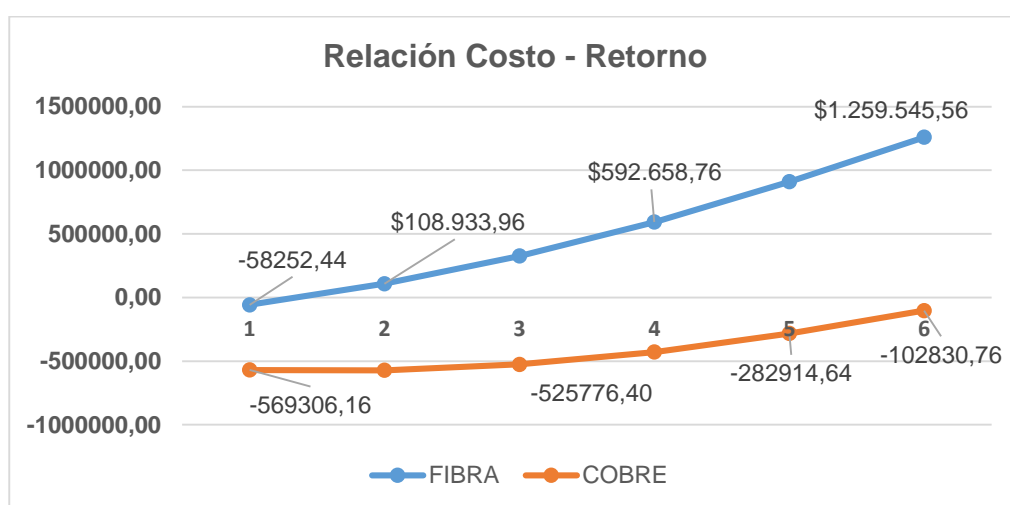


Figura 4.2: Gráfico Relación Costo y Retorno Fibra - Cobre Ruta 13

De acuerdo a la figura 4.2 se puede observar que, en fibra, a partir del segundo año se presentan ganancias de \$108.933,96 asegurando desde el inicio retorno de la inversión. Mientras que en cobre, en el sexto año se continúan mostrando pérdidas sin evidenciar retorno de la inversión.

4.5 Análisis Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se procederá a analizar el TIR como indicador de rentabilidad del proyecto, el mismo que promedia de forma geométrica los rendimientos futuros esperados según la inversión inicial: a mayor TIR, mayor rentabilidad.

La Tabla 16 presenta el TIR obtenido para el presente proyecto, tomando en cuenta la inversión inicial como los costos y gastos anuales correspondientes a la Red GPON – FTTH Ruta 13.

Análisis TIR			
Año	Flujo de Ingresos	Flujo de Costos	Flujo Efectivo Neto
Inversión inicial		\$ 171.516,00	(171.491,64)
1	\$ 113.239,20	\$ 171.516,00	-\$ 58.276,80
2	\$ 178.598,40	\$ 11.412,00	\$ 167.186,40
3	\$ 228.284,40	\$ 11.412,00	\$ 216.872,40
4	\$ 278.264,40	\$ 11.412,00	\$ 266.852,40
5	\$ 327.950,40	\$ 11.412,00	\$ 316.538,40
6	\$ 361.760,40	\$ 11.412,00	\$ 350.348,40
		TIR:	60,49%

Tabla 16: Análisis TIR Red GPON – FTTH Ruta 13

4.6 Análisis de costos e ingresos implementando IPTV

Al desarrollar el servicio IPTV en la red GPON FTTH propuesta, de acuerdo al esquema de la figura 3.22, el equipo adicional requerido para la red es el IPTVDSLAM y la licencia anual respectiva teniendo en la Tabla 17 el costo inicial de inversión.

Costo inicial de inversión "Triple Play"		
Detalle	Valor	
RED GPON	\$ 171.516,00	
IPTV		
IPTVDSLAM	\$	6.000,00
LICENCIA	\$	4.000,00
TOTAL	\$ 181.516,00	

Tabla 17: Costo inicial de inversión "Triple Play" Ruta 13

Los costos anuales al implementar IPTV en la red que se agregan son de licencias. La Tabla 18 muestra el costo proyectado a mediano plazo.

Costo por año "Triple Play"	
Año	Valor
1	\$ 181.516,00
2	\$ 15.412,00
3	\$ 15.412,00
4	\$ 15.412,00
5	\$ 15.412,00
6	\$ 15.412,00
TOTAL	\$ 258.576,00

Tabla 18: Costo por año "Triple Play" Ruta 13

Según estadísticas presentadas en la Rendición de Cuentas de CNT para el año 2014, el servicio de TV tiene un porcentaje de penetración de 22% en el mercado incrementando anualmente en un 8%. La Tabla 19 presenta el ingreso por año proyectado a mediano plazo tras implementar el servicio de IPTV, evidenciando un aumento de 30.66% a los ingresos generados por los servicios de telefonía y banda ancha fija.

Ingreso por año "Triple Play"							
Año	POTS		Internet (+17,83% anual)		IPTV (+8% anual)		Total
	No. de Clientes	Costo por Cliente	No. de Clientes	Costo por Cliente	No. de Clientes	Costo por Cliente	
1	773	\$ 7,20	158	\$ 24,50	0	\$ 18,00	\$113.239,20
		\$ 5.565,60					
2	951	\$ 7,20	328	\$ 24,50	209	\$ 18,00	\$223.789,92
		\$ 6.847,20					
3	951	\$ 7,20	497	\$ 24,50	285	\$ 18,00	\$289.909,20
		\$.847,20					
4	951	\$ 7,20	667	\$ 24,50	361	\$ 18,00	\$356.322,48
		\$ 847,20					
5	951	\$ 7,20	836	\$ 24,50	437	\$ 18,00	\$ 22.441,76
		\$ 6.847,20					
6	951	\$ 7,20	951	\$ 24,50	514	\$ 18,00	\$472.685,04
		\$ 6.847,20					

Tabla 19: Ingreso por año "Triple Play" Ruta 13

La Tabla 20 muestra el análisis de costo y retorno manteniendo al segundo año el retorno de la inversión.

Relación Costo - Retorno "Triple Play"	
Año	Fibra
1	-68276,80
2	\$ 140.101,12
3	\$ 414.598,32
4	\$ 755.508,80
5	\$ 1.162.538,56
6	\$ 1.619.811,60

Tabla 20: Relación Costo y Retorno "Triple Play" Ruta 13

La Tabla 21 presenta el análisis del TIR al contar con la implementación de IPTV a la Red GPON – FTTH propuesta, tomando en cuenta la inversión inicial como los costos y gastos anuales correspondientes.

Análisis TIR "Triple Play"			
Año	Flujo de Ingresos	Flujo de Costos	Flujo Efectivo Neto
Inversión inicial		\$ 181.516,00	(181.516,00)
1	\$ 113.239,20	\$ 181.516,00	-\$ 68.276,80
2	\$ 223.789,92	\$ 15.412,00	\$ 208.377,92
3	\$ 289.909,20	\$ 15.412,00	\$ 274.497,20
4	\$ 356.322,48	\$ 15.412,00	\$ 340.910,48
5	\$ 422.441,76	\$ 15.412,00	\$ 407.029,76
6	\$ 472.685,04	\$ 15.412,00	\$ 457.273,04
TIR:			68,73%

Tabla 21: Análisis TIR "Triple Play" Ruta 13

4.7 Análisis de rentabilidad del proyecto

Para certificar la rentabilidad de un proyecto, el retorno de la inversión debe de ser generado máximo en un plazo de dos años; tiempo que asegura a la empresa tener la seguridad de crear ganancias.

Para este análisis se ha mostrado que el tiempo de retorno de la inversión, tras la implementación de la nueva tecnología de fibra, sería de dos años. En

comparación a la tecnología actual de cobre, en más de los seis años que se recupera la inversión, con fibra la ganancia en ese mismo tiempo se supera en un 1325%.

Mediante el análisis del TIR como indicador de rentabilidad de un proyecto se obtuvo, para el primer escenario manteniendo los servicios de telefonía y banda ancha fija, una tasa de 60.49%. Mientras que en el segundo escenario, implementando el servicio de IPTV, una tasa de 68.73%. En ambos casos se observa una tasa alta, asegurando la aceptación de la inversión.

Cabe mencionar que el Feeder de 288 hilos proyectado, soporta hasta 9216 clientes desde la OLT hasta su ODN; esto significa, que el resto del despliegue de la ODN que se adjunte a este Feeder tendrá la mitad del costo de la inversión. Siendo mucho más rentable cada proyecto a partir de este.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El proyecto desarrollado permitió la realización de un análisis sobre la tecnología que mantiene CNT para los servicios de telefonía y banda ancha fija en la Ruta 13 con su red actual de cobre; conociendo su realidad física y técnica junto con la demanda del sector llegando a la conclusión de que este sistema no satisface la calidad de servicio que se requiere en lo que comprende cobertura como velocidad y capacidad de transmisión. Con relación a las tecnologías y soluciones que implementan países de primer mundo, para los mismos escenarios, existe una decadencia en el desarrollo tecnológico de las telecomunicaciones en el país.
2. La tecnología ADSL, que emplea el cobre como medio de transmisión, ha sido un buen recurso que ha dado gran solución desde los inicios de las telecomunicaciones hasta la actualidad en el Ecuador, sirviendo de gran apoyo al desarrollo tecnológico del país. Sin embargo, frente a la demanda actual tecnológica no responde a la convergencia de servicios requeridos, siendo así una tecnología obsoleta.
3. La evolución y los avances tecnológicos en los países desarrollados incentivan al Ecuador a promover el crecimiento tecnológico nacional y emprender en el uso de tecnologías de punta que permiten satisfacer completamente las necesidades y demanda de servicios.
4. La luz como medio de transporte de una señal, implementado en la fibra óptica, es una realidad que da paso a una gran evolución en cobertura, capacidad y velocidad de transmisión para las telecomunicaciones, sirviendo en la actualidad como óptimo recurso en la construcción de redes para el transporte de datos alcanzando una velocidad de transmisión de 1 Gbps superando los 1.54 Mbps ofrecido por el cobre.
5. Por medio del análisis del escenario de la Ruta 13 se evidenció que del total de clientes, los principales servicios requeridos son de telefonía fija, banda ancha fija y televisión. A la vez se apreció que se centran en hogares y oficinas. Por estos motivos, según el estudio realizado, se propuso el uso de la red de fibra

óptica GPON FTTH, la misma que presenta una red de distribución enfocada a clientes residenciales proveyéndoles de acceso a estos tres servicios.

6. Se logró emplear los criterios fundamentales sobre fibra óptica en el escenario de la Ruta 13 diseñando satisfactoriamente una red GPON FTTH, que por medio del mismo en todo su recorrido desde la central hasta el cliente, cubre totalmente la demanda del sector; desplegando el servicio de banda ancha fija aumentando la velocidad y capacidad de transmisión, dando apertura a la implementación del servicio "Triple Play" incluyendo IPTV a los servicios actuales que ofrece CNT.
7. Al desarrollar el diseño de la nueva red GPON FTTH se ha observado claramente una optimización en el servicio ofertado; incrementando la velocidad de 5 Mbps de bajada y 2 Mbps de subida a 64 Mbps de bajada y 32 Mbps de subida por cada cliente. Dicho avance permite a la operadora ofrecer el servicio de IPTV por el mismo sistema, que usa 32 Mbps de bajada.
8. El software de simulación VanGuard Data OTDR permitió la verificación del diseño propuesto mediante las mediciones de potencias y pérdidas totales de la red, evidenciando así, que para cada recorrido de la fibra al cliente final, el margen de atenuación no supera al valor máximo establecido de 25 dB asegurando técnicamente el correcto funcionamiento de la red tras su implementación.
9. El análisis financiero expuesto revela el gran aprovechamiento que generaría el desarrollo de la fibra óptica por su implementación en sistemas de telecomunicaciones, ya que además de optimizar aspectos técnicos, genera también altas ganancias monetarias superando en más de 6 años el retorno de inversión y la obtención de ganancias con relación a la tecnología actual de la red de cobre, alcanzando un posible TIR de 68.73%.
10. El diseño desarrollado para el escenario de la Ruta 13 asegura una optimización completa en aspectos técnicos generando mucha mayor cobertura, incremento en capacidad y velocidad de transmisión, y la apertura para la implementación de nuevos servicios a través de la misma red. Como en aspectos económicos; al presentar un retorno de la inversión en dos años.

Recomendaciones

1. Para una efectiva migración de una red es fundamental recopilar toda la información necesaria del escenario sobre el cual se va a trabajar; estudio de la demanda del sector comprendiendo número, tipo y capacidad económica de gasto de clientes, servicios requeridos, requerimientos de expansión y condiciones legales, como el estado de la red conociendo su tecnología, infraestructura y capacidad. De manera que se pueda con mayor precisión proponer la mejor alternativa de solución.
2. Para un mayor acierto en la propuesta de implementación de una tecnología es necesario profundizar en el estudio de las posibles alternativas que se han desarrollado a nivel mundial, ya que debido a la evolución tecnológica en la actualidad existe una diversa gama de soluciones según las distintas necesidades.
3. Para la migración a una red GPON en un determinado sector de una ciudad, es necesario conocer las demás redes de la zona, ya que los recursos de otra red pueden contribuir en la nueva permitiendo optimizar y generar ahorros en su implementación.
4. El número máximo de clientes en una red de cobre puede llegar a 1800 sin dejar cables de reserva. Al momento de determinar la cantidad de hilos que comprenderán el Feeder de una nueva red GPON, se recomienda usar cable de fibra de 288 hilos, el mismo que permitirá cubrir a 9216 clientes, aprovechando el presente proyecto para dejar una gran cantidad de reserva de hilos para una futura expansión o diseño de una red próxima al sector.
5. La distribución de los FDH y las cajas FAT son de gran importancia en el diseño de una red GPON, ya que por su alcance de clientes máximo deben de estar ubicadas estratégicamente de forma que cubran toda la ruta. Para lograr esto, se recomienda realizar un censo real de la zona que permita conocer el número y posición exacta de los clientes en cada sector.
6. Una vez desarrollado el diseño de una red GPON, el análisis del presupuesto óptico es una gran herramienta para comprobar de manera teórica la eficiencia de la red. Sin embargo, el uso de software de simulación ayuda de manera virtual a evidenciarlo también.

7. En el análisis financiero de un proyecto de red GPON, para presentar objetivamente el número de clientes alcanzados en un tiempo determinado es necesario entender el comportamiento de los clientes y de la operadora en el sector deduciendo su margen de penetración en los distintos servicios, expuestos en indicadores anuales que presentan los entes regulatorios.
8. En la implementación de las nuevas redes GPON, es fundamental la promoción de la publicidad necesaria de manera que la penetración en el mercado de la operadora en los distintos servicios se continúe desarrollando de acuerdo al análisis presentado y se asegure en su totalidad la rentabilidad del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M.I. Municipalidad de Guayaquil, "Ordenanza que Regula la Instalación de Postes y Líneas de Media y Baja Tensión de Energía Eléctrica y de Telecomunicaciones Aéreas y subterráneas en el Cantón Guayaquil", M.I. Municipalidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2012."
- [2] JM Fiber Optics Inc., "Introduction to Fiber Optics", Chino, California, USA, 2013.
- [3] Central Norte CNT, "Rutas Central Norte", Corporación Nacional de Telecomunicaciones, Guayaquil, Ecuador, 2015.
- [4] Corporación Nacional de Telecomunicaciones (2015, Junio 13). Planes Fijos Internet CNT. Disponible en:
<http://www.cnt.gob.ec/internet/plan/internet-banda-ancha-hogar/>
- [5] W. Carvalho de Araújo (2015, Junio 20). Planta Externa, Telefonía Básica. Disponible en:
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAjK4Al/telecom?part=7>
- [6] Huawei Technologies Co., "Entrenamiento GPON", China, 2011.
- [7] HellermannTyton SRL, "Sistema y soluciones para cableado", Villa Lynch, Buenos Aires, Argentina, 2015.

ANEXOS

ANEXO A: MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE RED PRIMARIA Y SECUNDARIA ADSL RUTA 13



Figura A.1: Red Primaria ADSL Ruta 13 [3]



Figura A.2: Red Secundaria ADSL Ruta 13 [3]

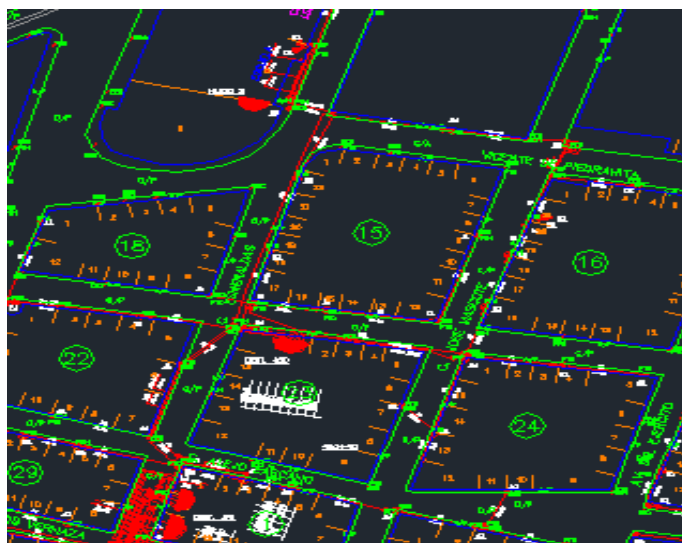


Figura A.3: Red Secundaria D453 Ruta 13 [3]



Figura A.4: Red Secundaria D450 Ruta 13 [3]



Figura A.5: Red Secundaria D451 Ruta 13 [3]



Figura A.6: Red Secundaria D449 Ruta 13 [3]

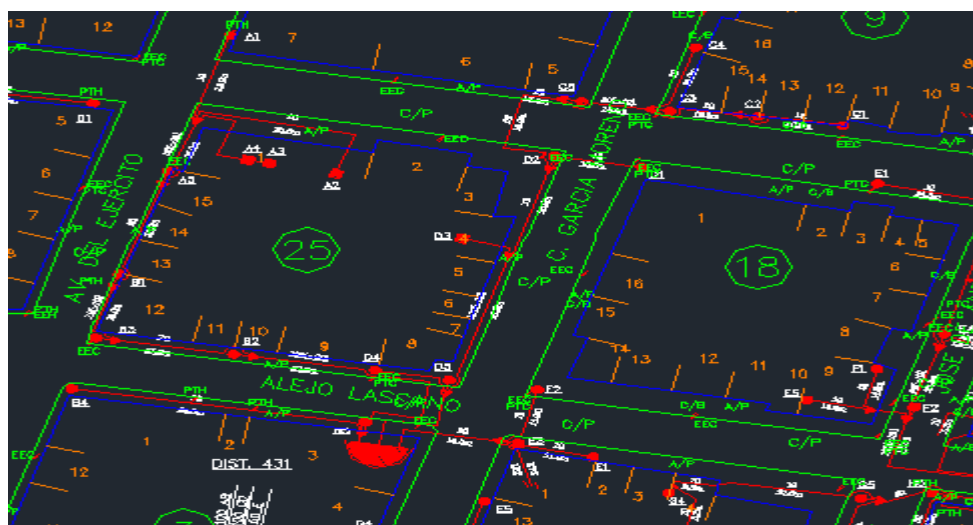


Figura A.7: Red Secundaria D431 Ruta 13 [3]

ANEXO C: PRUEBA FÍSICA DE SIMULACIÓN DE OTDR SOBRE FAT B4 RED GPON – FTTH CDLA. LAS GARZAS

Informe de datos del medidor de potencia

Información de trabajo

ID de trabajo: Simulacion Potencia Ruta 13 GPON
 Cliente: CNT
 ID de cable: Fibra Optica Ruta 13
 Ubicación A: FAT
 Ubicación B:
 Unidad: PM-102X-VFL
 Número de serie: 777472
 Fecha y hora: 06/08/2015 10:03:31
 Comentarios: Daniel Dik - Bryant Niola

Mediciones

Estado	Fibra	Longitud de onda	Medición	Referencia
	001	1310 nm	-14,91 dBm	
	002	1310 nm	-14,76 dBm	
	003	1310 nm	-14,73 dBm	
	004	1310 nm	-15,35 dBm	
	005	1310 nm	-15,11 dBm	
	006	1310 nm	-15,25 dBm	
	007	1310 nm	-14,63 dBm	
	008	1310 nm	-15,10 dBm	
	009	1310 nm	-15,45 dBm	
	010	1310 nm	-16,68 dBm	
	011	1310 nm	-14,64 dBm	
	012	1310 nm	-14,99 dBm	

Estadísticas

Longitud de onda	Promedio
1310 nm	-15,10 dBm

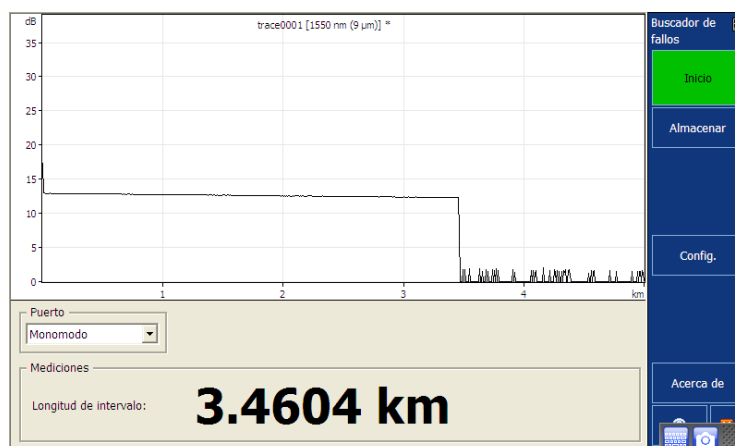


Figura C.1: OTDR Gráfico dB vs. Km FAT B4 Red GPON – FTTH Cdl. Las Garzas