



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED PARA BRINDAR SERVICIOS DE
INTERNET Y TELEFONÍA A LA CIUDADELA 3 DE MAYO DEL
CANTÓN JIPIJAPA PROVINCIA DE MANABÍ”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

OMAR WILLIAM REYES BACUSOY

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

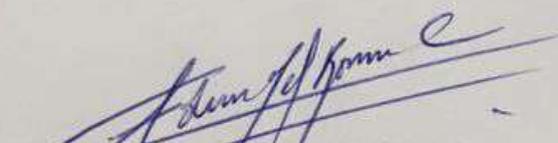
AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios, por brindarme las fuerzas necesarias para seguir adelante en mis estudios. A mis padres por sus consejos y el esfuerzo que han realizado para poder ayudarme a lo largo de mi vida estudiantil. A mis hermanos por estar a mi lado y brindarme su apoyo constante. A mi novia por su amor y comprensión a lo largo de estos años. A mi compañero de proyecto, profesores y amigos por la ayuda brindada en el presente proyecto.

DEDICATORIA

A Dios por guiar mis pasos y darme fuerzas para superar cualquier adversidad. A mi familia por estar siempre a mi lado, dándome su apoyo y alentándome día a día.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



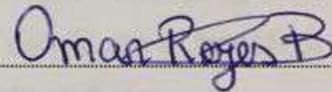
Msc. Edison Del Rosario C.
PROFESOR EVALUADOR



Msc. José Menéndez S.
PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi 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"



Omar William Reyes Bacusoy

RESUMEN

Este proyecto está enfocado en el análisis y diseño de una red de comunicación para los habitantes de la ciudadela 3 de Mayo del cantón Jipijapa, provincia de Manabí. Esta red permitirá brindar varios servicios de comunicación como internet y telefonía usando fibra óptica que llega hasta los hogares, llamada redes FTTH.

La propuesta de diseño se realiza usando la arquitectura GPON, porque posee características que lo colocan como primera opción ante otros estándares para brindar este tipo de servicios. Una de sus principales características es que permite transferir información a grandes distancias en forma asimétrica, con longitudes de ondas diferentes tanto de subida como de bajada para evitar colisiones al transferir información y tienen una buena relación de usuarios por puerto de fibra óptica.

El diseño de la red tendrá una cobertura suficiente para el sector de interés, dimensionando los equipos para los servicios que permitan el título habilitante o licencia de servicio. Sin embargo, al usar fibra óptica se abren oportunidades de ampliar los servicios a futuro, con los respectivos beneficios para la comunidad.

Para evaluar la sostenibilidad del proyecto en el tiempo, se incluye un análisis financiero necesario para la operación de la red inicialmente a cinco años, donde se incluyen los ingresos proyectados, costos e inversión iniciales, que determinarán la rentabilidad del proyecto. Como resultado se obtuvo, que el proyecto no es viable para sectores con poblaciones pequeñas.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iii
DECLARACIÓN EXPRESA	iv
RESUMEN	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
CAPÍTULO 1	1
1. PROYECTO BRINDAR INTERNET Y TELEFONÍA EN JIPIJAPA	1
1.1. Descripción del Problema.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.2.1. Internet	2
1.2.2. Telefonía	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivos Generales.....	4
1.3.2. Objetivo Específico.....	4
1.4. Justificación.....	5
1.5. Alcance.....	5
1.6. Limitaciones.....	6
1.7. Ingresos.....	7
CAPÍTULO 2.....	9
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. La Fibra Óptica	9
2.2. Comparación con otros Medios de transmisión.....	10
2.2.1. Fibra Óptica y Cable Coaxial.....	10
2.2.2. Fibra Óptica y Comunicación por Satélite	11

2.3.	Ventaja de la Fibra Óptica	11
2.4.	Desventaja de la Fibra Óptica	12
2.5.	Clasificación de la Fibra Óptica	12
2.6.	Fibra Óptica hasta las casas (Redes FTTH)	14
2.6.1.	Tecnologías.....	16
2.6.2.	Estándar EPON.....	17
2.6.3.	Estándar GPON	18
2.7.	Arquitectura de la Red.....	18
2.8.	Equipamiento de la Red FTTH	19
CAPÍTULO 3.....		21
3.	DISEÑO DE UN RED DE FIBRA ÓPTICA PARA LA CIUDADELA “3 DE MAYO”	21
3.1.	Conocimientos Previos.....	21
3.2.	Diseño de la red	21
3.2.1.	Esquema de la Red FTTH - GPON	22
3.3.	Ubicación del OLT	22
3.4.	Tendido de la Red de Fibra	23
3.5.	Distancia Troncal hacia el Terminal de Línea Óptico (OLT).	24
3.5.1.	Distancia del OLT al Cliente más Lejano.	25
3.5.2.	Cálculo de Pérdidas del OLT al Cliente más lejano.	27
3.6.	Diseño y Ubicación de los Splitter de primer y segundo Nivel para la Red FTTH - GPON en el Sector.....	28
3.6.1.	Ancho de Banda para Usuario.	31
3.6.2.	Herrajes de Retención y de Suspensión.	32
3.7.	Terminal de Red Óptica (ONT).....	33

CAPÍTULO 4.....	34
4. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO	34
4.1. Diagrama de Gantt.	34
4.2. Ingresos.....	35
4.3. Gastos	36
4.4. Inversión.....	37
4.5. Valor Actual Neto (VAN).....	38
4.6. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXOS.....	45
ABREVIATURAS	52

CAPÍTULO 1

1. PROYECTO BRINDAR INTERNET Y TELEFONÍA EN JIPIJAPA

En el cantón Jipijapa el porcentaje de habitantes que cuenta con servicios de internet y telefonía fija es muy bajo, por lo que se realizará un estudio en un pequeño sector del cantón para posteriormente diseñar una red que brinde dichos servicios.

1.1. Descripción del Problema

En el cantón Jipijapa – provincia de Manabí existen sectores que no tienen servicios de internet y una de ellas es la ciudadela 3 de Mayo, cuyo lugar cuenta solamente con el servicio de telefonía por par de cobre. En el sector se encuentra un Centro de Rehabilitación Física (CRF) donde diariamente acuden aproximadamente 40 personas en busca de atención de terapia infantil y física, tal como lo describe la publicación hecha en septiembre del 2013 por el diario “La Hora”. La ubicación del CRF se indica en color verde en el recuadro [1]. Ver Figura 1.1.



Figura 1.1: Sector ciudadela 3 de Mayo [2].

1.2. Antecedentes

El cantón Jipijapa cuenta con 71.083 habitantes, cifra que corresponde a 35.012 mujeres y 36.071 hombres, cuentan con 19.233 hogares con un promedio de personas por hogar de 3.68, en donde solo el 3.75% de la población cuenta con servicio de internet y el 13.46% con la telefonía convencional; datos del Instituto de Estadística y Censo (INEC) del 2010, publicados por el medio de comunicación escrito “El Diario” [3].

El internet es una herramienta muy utilizada para el desarrollo cotidiano de nuestras actividades, nos presta ventajas para en periodos de tiempos muy cortos realizar gestiones financieras, trámites gubernamentales, registros de estudiantes en escuelas y colegios, etc.

Según los datos presentados por INEC en el 2013, en el Ecuador el 47.6% del área urbana ha utilizado internet y solo el 25.3% en la parte rural. Esto indica que las áreas rurales siguen siendo las zonas menos atendidas, ver Figura 1.2.

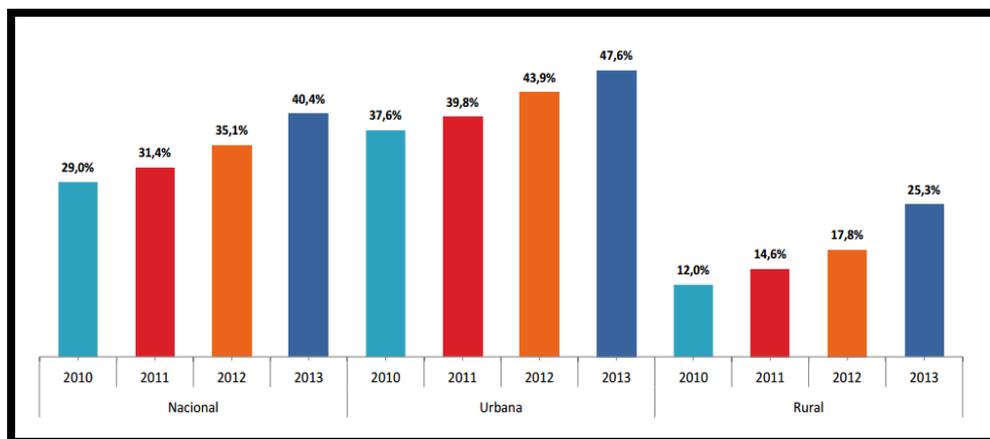


Figura 1.2: Porcentaje de personas sobre uso del internet por Área [4].

1.2.1. Internet

La provincia de Manabí, según la publicación del INEC en el 2013, se encuentra entre las últimas provincias con acceso a internet con el 29.5%; al contrario de otras provincias como Pichincha y Azuay

donde sus habitantes cuentan con el mayor porcentaje a este tipo de acceso. Ver Figura 1.3

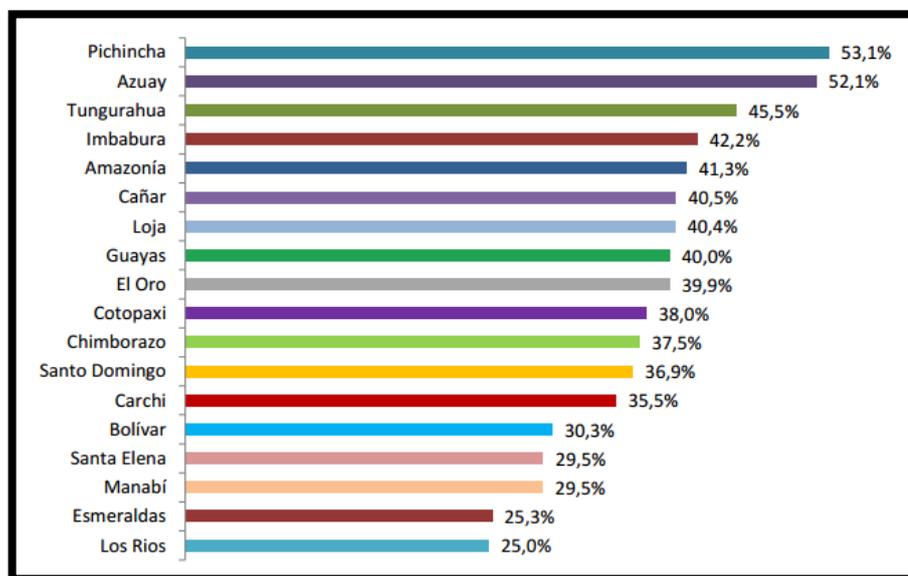


Figura 1.3: Porcentaje del acceso al internet a nivel nacional [5].

1.2.2. Telefonía

En el cantón Jipijapa de la provincia de Manabí, la disponibilidad de acceso a nuevas tecnologías de comunicación son alarmantes, tan solo el 13.46% de la población tiene telefonía convencional en sus hogares frente al 86.54% de su población que no lo tiene, según la publicación del INEC en el 2010, ver Figura 1.4

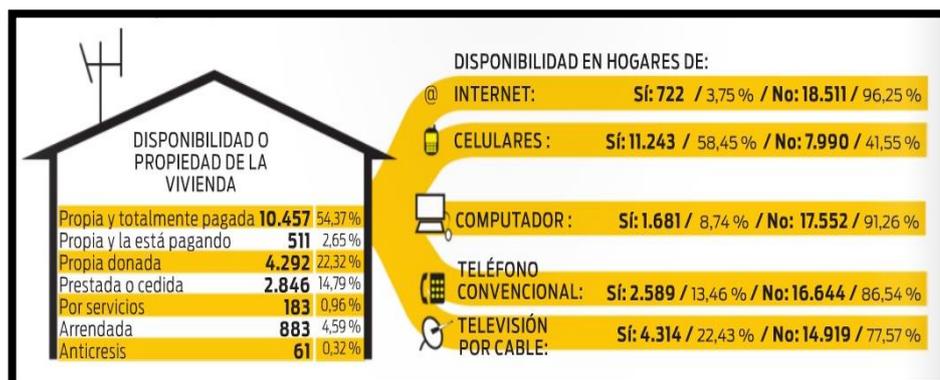


Figura 1.4: Porcentaje del acceso al internet en Jipijapa [6].

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos Generales

Este proyecto está enfocado en:

- Diseñar una red de fibra óptica para los habitantes de la ciudadela 3 de Mayo del cantón Jipijapa, provincia de Manabí. Para que tengan en sus hogares acceso a servicio de internet y telefonía.
- Aportar con el desarrollo de nuevos esquemas de comunicación para mejorar el servicio de telefonía convencional con la que actualmente cuentan los moradores de dicho sector.

1.3.2. Objetivo Específico

- Realizar un estudio para el diseño de una red que cuente con una infraestructura y tecnología capaz de responder a las necesidades presentes y futuras de acceso a internet y telefonía en dicho sector.
- Determinar el lugar óptimo para la colocación de los equipos y las rutas de acceso de la red de distribución, que llegará a cada usuario final en el área seleccionada.

- Establecer la factibilidad del diseño de la red, usando los estándares técnicos y reglamentos establecidos por los agentes reguladores del país.
- Determinar la factibilidad técnica y viabilidad económica del proyecto, para su posible implementación en la ciudadela 3 de Mayo.

1.4. Justificación

En la actualidad la banda ancha es muy usada en los hogares, lugares de trabajo y establecimientos educativos, debido a sus beneficios y múltiples aplicaciones en lo que a medios de comunicación corresponde.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) crea incentivos para el acceso a tecnologías como se indica en el Capítulo VIII, Art. 48 del Servicio Universal y del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones. “Los proyectos de implementación del servicio universal en áreas rurales y urbano marginales, que no hayan sido contemplados en los planes de expansión de los prestadores de servicios y operadores de redes, aprobados por el CONATEL, serán financiados con los recursos provenientes del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones (FODETEL) en áreas rurales y urbano-marginales” [7].

1.5. Alcance

Este proyecto realiza un análisis y diseño de una red que permitirá dar servicios de internet y telefonía a 283 hogares en la ciudadela 3 de Mayo del cantón Jipijapa de la provincia de Manabí.

El área a cubrir en el diseño de la red es de 265.600,43 m², con coordenadas de Latitud 1°20'42.29" S y Longitud 80°34'04.17" O, donde se identifican alrededor de 27 manzanas. Ver Figura 1.5



Figura 1.5: Área de cobertura de la red.

En el diseño considera la posibilidad futura de expansión a los sectores aledaños a la ciudadela 3 de Mayo, aprovechando que la cobertura de fibra óptica es muy amplia (20Km) y la ampliación de puertos en el nodo. Facilitando el desarrollo de otros proyectos hacia aquellas áreas del cantón que aún no cuentan con una nueva tecnología de comunicación. La tecnología usada permitirá ofrecer otros servicios de valor agregado en caso de obtener los respectivos títulos habilitantes de operadora.

1.6. Limitaciones

Este proyecto realiza el análisis para el sector con su respectivo diseño, mas no se encarga de su implementación, que será una fase posterior.

Existen áreas con lotes de extensión grande que aún permanecen vacíos, que no representan clientes en el corto plazo. Algunos de estos lotes se usarán como límites para las áreas de la red.

Los sectores aledaños al proyecto, son parte de otro estudio que podrían ser realizados a futuro como expansión de coberturas y servicios. La ampliación de servicios requiere realizar los trámites para obtener nuevos títulos habilitantes como operador.

1.7. Ingresos

Con la información que se obtuvo del sector, en la siguiente tabla se muestra el número de puertos necesarios para cubrir toda el área seleccionada para su respectivo análisis y diseño de la red, además se estima un porcentaje de demanda o servicio para el cliente, ya sea de Voz o de Internet, que nos servirá para estimar precios de instalación como se observa el Tabla 1.

Clientes	Penetración Estimada	Equipos terminales	Precio de instalación por Servicios
Voz	100%	283	\$ 39.000,00
Internet	40%	113	\$ 15.600,00

Tabla 1: Ingresos Projectados.

Los ingresos proyectados están basados en un modelo de precios y tarifas comerciales de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) (ver en anexos pág. 45) para cada uno de sus clientes, correspondientes a los servicios de internet y telefonía que se brindarán según se muestra en la Tabla 2.

Descripción	Costo
Instalación	\$ 60,00
Plan básico Telefonía	\$ 6,20
Tráfico Adicional	\$ 4,00
Tráfico Internacional	\$ 10,00
Internet Básico 3Mbps	\$ 18,00
Internet Medio 10Mbps	\$ 36,00
Plan pyme 10Mbps	\$ 280,00

Tabla 2: Tarifa de Servicios de Internet y Telefonía.

En la Tabla 3 se muestra las dos zonas que están presentes en el sector: zona residencial y zona pymes que dependiendo del servicio tendremos los siguientes ingresos proyectados.

	Residencial (R)	Pyme (P)	Total (R+P)
Telefonía	\$ 43.357,40	\$ 242,40	\$ 43.599,80
Internet	\$ 18.860,40	\$ 3.360,00	\$ 22.220,40

Tabla 3: Ingresos Proyectados Anuales.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

Los servicios que se van a brindar son: internet y telefonía. Como medio de transmisión se utilizará la fibra óptica por los beneficios que esta nos brinda, conociendo también que dicho medio de transmisión servirá para futuros nuevos servicios, tal como televisión en alta definición.

2.1. La Fibra Óptica

Vemos a detalle como la fibra óptica está compuesta, donde entenderemos sus ventajas y desventajas, así como también se logrará tener una visión global de este medio de comunicación.

A continuación se muestra un cable compuesto de varias partes, donde hay que tener en cuenta que hay diferentes cables que se adaptan a distintas ocasiones, tanto interior, como exterior, etc. Tenemos el siguiente ejemplo como referencia porque se pueden ver a detalle que elementos puede contener. Ver Figura 2.1

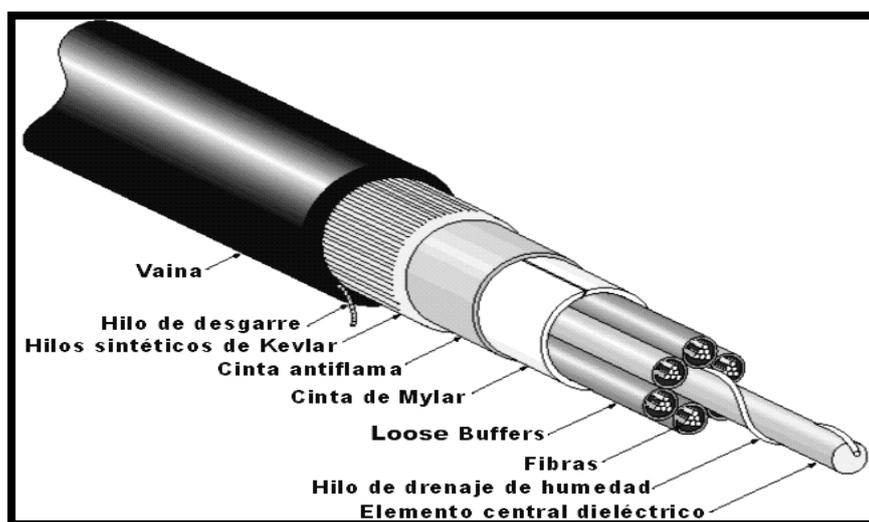


Figura 2.1: Cable de Fibra Óptica desde el interior al exterior [8].

Elemento central dieléctrico: Ayuda a la solidez del cable y es un filamento que no conduce la electricidad debido a que es un dieléctrico.

Hilo de drenaje de humedad: Sirve para mantener los filamentos libres de la humedad.

Fibras: Es el medio por donde se transmite la información y por ende es la parte más importante del cable.

Loose Buffers: Es el tubo que arroja la fibra y sirve para que los rayos de luz no se dispersen hacia afuera de la fibra.

Cinta de Mylar: Es una capa de poliéster fina que sirve como aislante.

Cinta Antiflama: Sirve para proteger al cable del calor.

Hilos Sintéticos de Kevlar: Son hilos ayudan a la duración y protección del cable.

Hilo de Desgarre: son hilos que ayudan a la consistencia del cable.

Vaina: Es la capa superior del cable que da un aislamiento al todo lo que tiene en su interior.

Ahora que sabemos cómo está compuesto un cable de fibra óptica veamos cómo funciona esta nueva tecnología en comparación con otros medios de transmisión [9].

2.2. Comparación con otros Medios de transmisión

2.2.1. Fibra Óptica y Cable Coaxial

En los medios guiados, la fibra óptica presenta grandes diferencias frente al cable coaxial, como son:

- La fibra óptica permite llevar señales a distancias diez veces superiores a las que puede llevar el cable coaxial.

- La fibra óptica en redes de transmisión requiere el uso de repetidores treinta veces menos, en comparación con el cable coaxial.
- La fibra óptica posee una atenuación hasta cien veces menor, que el cable coaxial.

2.2.2. Fibra Óptica y Comunicación por Satélite

En los sistemas inalámbricos, la fibra óptica logra notorias diferencias, como son:

- La calidad de la señal es mayor, ya que los retardos están por debajo de los 100 mseg. frente a los 500 mseg. del satélite.
- La capacidad de transmisión de la fibra óptica es más de 1.000 veces mayor que la del satélite.
- Los equipos de fibra óptica son mucho más pequeños y económicos [10].

2.3. Ventaja de la Fibra Óptica

Baja Atenuación. Poseen poca pérdida de potencia y permiten establecer enlaces directos sin repetidores de 100 a 200 Km con alta fiabilidad y economía en los equipamientos.

Gran Ancho de Banda. Tienen capacidad y velocidad de transmisión muy elevada, para permitir transmitir datos, voz, videos, etc.

Peso y Tamaño Reducidos. El diámetro de una fibra óptica es equivalente al de un cabello humano y muy ligero en su peso, mostrando ventaja en sistemas de ductos congestionados, cuartos de computadoras o el interior de aviones.

Gran Flexibilidad y Recursos Disponibles. La materia prima usada en la fabricación es el dióxido de silicio (SiO_2) que es uno de los recursos más abundantes en la superficie terrestre.

Aislamiento Eléctrico entre Terminales. Como no utiliza elementos metálicos, no hay inducciones de corriente en el cable.

Ausencia de Radiación Emitida. Solo transmiten luz y no emiten radiaciones electromagnéticas que alcancen a interferir con equipos electrónicos, por lo que se constituyen como el medio más seguro para transmitir información de muy alta calidad sin degradación de la misma.

Costo y Mantenimiento. Actualmente el costo de construcción de una planta de fibra óptica es comparable con una planta de cobre. Además de que sus costos de mantenimiento de la planta de fibra óptica son muy inferiores a los de una planta de cobre.

2.4. Desventaja de la Fibra Óptica

Los costos de fibra se justifican cuando su gran capacidad de ancho de banda y baja atenuación son requeridos y demandados, pero para bajo ancho de banda puede ser una solución muy costosa, muchos más que el conductor de cobre.

Al no transmitir energía eléctrica limita su aplicación, es decir el terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica.

Como el agua corroe la superficie del vidrio, resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica.

2.5. Clasificación de la Fibra Óptica

Existen dos tipos de fibra óptica llamada Monomodo (Modo simple) y Multimodo.

Fibra Monomodo. Es donde los haces se transmiten por una sola vía hasta el rayo óptico central, como se observa en la Figura 2.2 y es utilizada en grandes distancias, de los 10 km hasta 400 km. Su ancho de banda es muy grande, por lo que tiene una capacidad de transmisión de datos muy alta, además de su inmunidad a las interferencias electromagnéticas.



Figura 2.2: Fibra Óptica Monomodo [11].

Fibra Multimodo. Es donde los haces de luz pueden ser transportados por más de una vía, es decir viajan en diferentes trayectorias por sucesivos modos de propagación y de manera simultánea, debido a su núcleo de gran tamaño, como se observa en la Figura 2.3. Son utilizados generalmente en un radio de distancia menor a los 10 km.

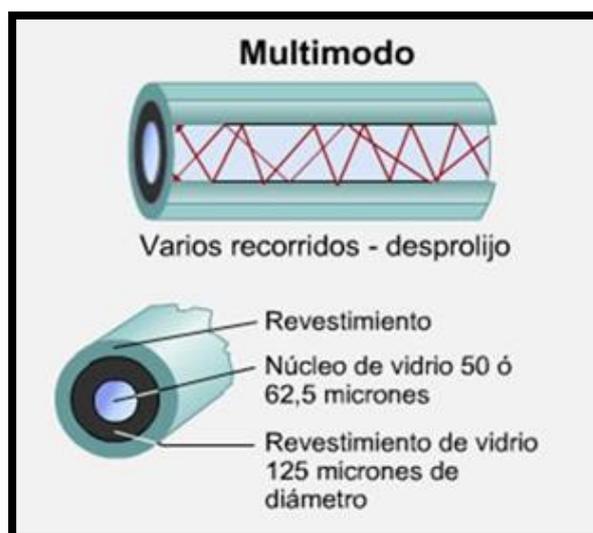


Figura 2.3: Fibra Óptica Multimodo [12].

Existen dos tipos de fibra óptica multimodo, que varía según el índice de refracción del núcleo:

- **Escalonado:** Donde su índice de refracción es constante en la totalidad de su sección cilíndrica y su dispersión modal es alta.
- **Gradual:** Donde su índice no es constante y el núcleo está formado por materiales diversos y su dispersión modal es baja [13].

2.6. Fibra Óptica hasta las casas (Redes FTTH)

Regularmente el usuario está interesado en tener un internet lo suficientemente rápido para poder enviar o recibir fotos, videos, llamadas y videollamadas con familiares y amigos estén donde estén, también poder trabajar desde casa como lo hacen desde sus oficinas.

Entonces, esta tecnología ofrece al cliente cualquiera de estos servicios, gracias a su gran ancho de banda como lo muestra la siguiente Figura 2.4.

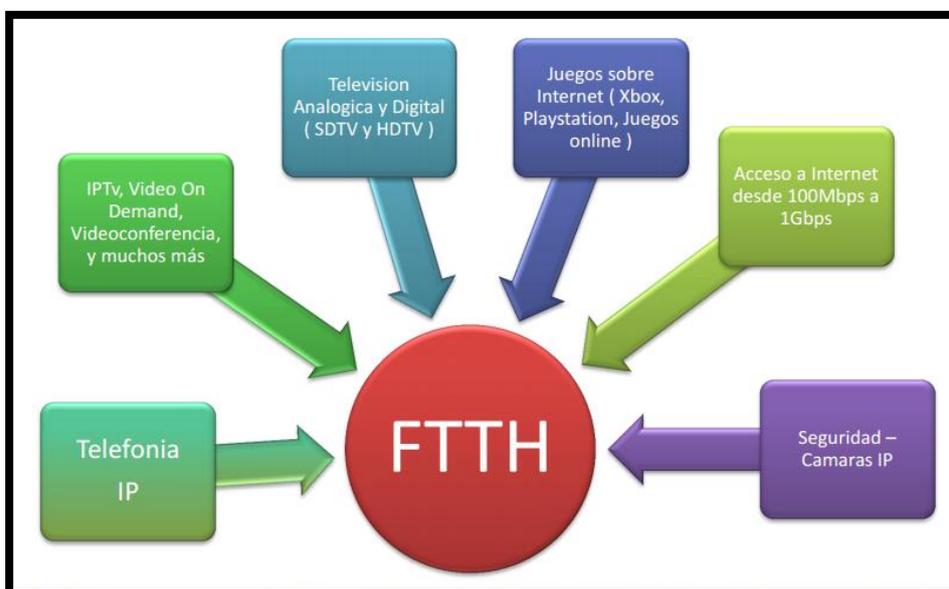


Figura 2.4: Red FTTH [14].

Actualmente es muy usada en gran parte de América, Europa y Asia apostando fuertemente a esta tecnología que es una inversión a prueba de futuro.

Estas tecnologías pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- **Redes Activas.** Son aquellas que están basadas en el Standard IEEE 802.ah, que ofrecen simetría en su ancho de banda, y esto permite una transmisión de datos Full-Dúplex, mediante una conexión punto a punto con un ancho de banda dedicado al usuario. Ver Figura 2.5

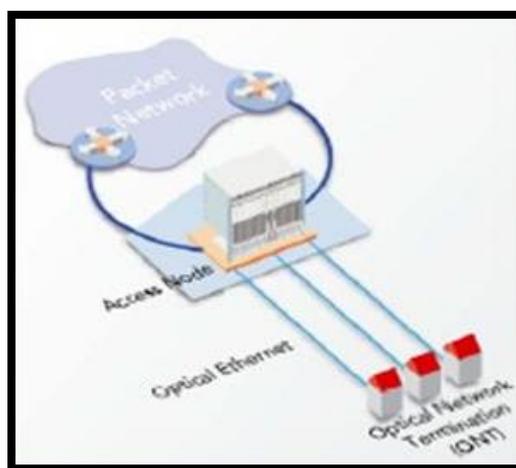


Figura 2.5: Red Activa punto a punto [15].

- **Redes Pasivas.** También llamadas PON (Passive Optical Network), es un sistemas de comunicación punto multipunto entre un router central denominado en estos montajes OLT (Optical Line Terminal) y los equipos en campo ONT (Optical Network Terminal). Ver Figura 2.6.

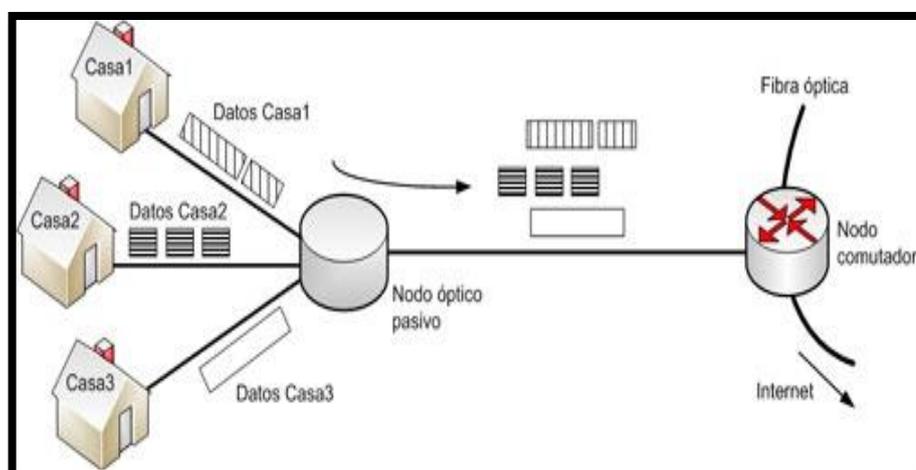


Figura 2.6: Red Pasiva punto multipunto [16].

Para nuestro proyecto se utilizará redes pasivas, entonces hablaremos a continuación de sus estándares y tecnología que nos ofrecen.

2.6.1. Tecnologías

Las redes PON tienen varias gamas de protocolos y estándares, donde actualmente hay dos tecnologías que lideran el mercado, las denominadas EPON y GPON, como se describe a continuación en la Tabla 4.

	EPON	GPON
Estándar	IEEE 802,3 ah	ITU-T G.984
Transmisión	Ethernet	ATM, TDM y Ethernet
Ancho de Banda	Hasta 1,25 Gbps simétrico.	Simétrico o asimétrico hasta 2.5/1.25 Gbps.
Alcance máximo	10 Km	20 Km
Velocidad de transmisión	1244 Downstream 1244 Upstream	1244 o 2448 Downstream 155 a 2448 Upstream

Tabla 4: Parámetros Principales de la Tecnología EPON y GPON.

2.6.2. Estándar EPON

Definido como estándar por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Utiliza Ethernet como medio de transporte y el protocolo MPCP (Multi Point Control Protocol) para asignar time slots, reporte de ancho de banda requerido y negociación de parámetros ópticos, y permite QoS en tráfico ascendente y descendente.

2.6.3. Estándar GPON

Este estándar es la más aceptada por su capacidad de explotación de las redes PON. Utiliza multiplexación por división de longitud de onda óptica (WDM) por lo que una sola fibra puede ser utilizada tanto para los datos descendentes y ascendentes, con una longitud de onda (λ) de 1.490 nm y 1310 nm respectivamente. Para la distribución de televisión se utiliza una longitud de onda de 1550 nm [17].

2.7. Arquitectura de la Red

Las redes PON están conformadas normalmente por un Terminal de Línea Óptico (OLT) ubicado en la central, luego van varios elementos pasivos de ramificación óptica llamados Splitter y los terminales que se encuentran en los hogares de los usuarios denominados ONT, que son los dispositivos que con los cuales se hace uso del servicio. En la siguiente Figura 2.7 se muestra una posible arquitectura de una red PON genérica [18].

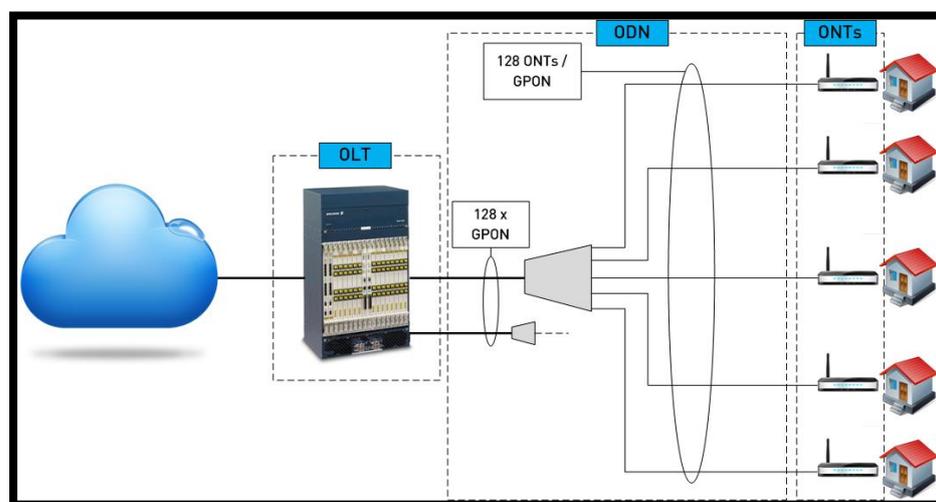


Figura 2.7: Arquitectura básica [19].

2.8. Equipamiento de la Red FTTH

La **OLT**, Terminal de Línea Óptica, es la que se encarga de la transmisión desde la oficina central hasta el abonado. Ver figura 2.8



Figura 2.8: OLT.

El **Splitter** o también conocido como divisor óptico pasivo, no necesita de una fuente de alimentación y se encarga de dividir la señal óptica y retransmitirla. Ver Figura 2.9



Figura 2.9: Splitter.

En la siguiente Tabla 5 se observa las pérdidas típicas que se presentan en los splitter comerciales actualmente disponibles.

Relación	Pérdida (dB)
1:2	3,6
1:4	7,2
1:8	11,0
1:16	14,0
1:32	17,5

Tabla 5: Pérdida en los Splitter segun su Relación

La **ONT** (“Optical Network Termination”) es la interfaz que permite la interacción con los equipos propios del usuario [20]. Ver Figura 2.10



Figura 2.10: ONT.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE UN RED DE FIBRA ÓPTICA PARA LA CIUDADELA “3 DE MAYO”

Para el diseño de la red se ha pensado usar una de las arquitecturas que nos ofrece la fibra óptica llamada redes FTTH, que nos permiten llegar hasta los hogares de cada uno de los usuarios usando redes pasivas (PON). Las redes PON son las más utilizadas en la actualidad y con una alta probabilidad de que lo sigan siendo en el futuro.

3.1. Conocimientos Previos

En el Ecuador existen agentes reguladores de telecomunicaciones como lo es el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) y la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), son las que permiten normalizar, administrar y controlar el sector de las telecomunicaciones. Y en base a estas directrices se procederá a realizar el diseño respectivo de la red.

De acuerdo con el CONATEL, en el art. 58 de la Ley para la Transformación Económica del Ecuador se reformó el Capítulo VII de la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada y se estableció en el artículo 38 que todos los servicios de telecomunicaciones se brindaran en régimen de libre competencia [21].

Por lo tanto existe una vía de acceso para ingresar en los servicios de telecomunicaciones, como se pretende hacer en la ciudadela 3 de Mayo y sus sectores aledaños, con un diseño o topología de la red que brinde seguridad, flexibilidad y buena calidad de servicios a todos los moradores.

3.2. Diseño de la red

La red propuesta es de tipo pasiva, denominada redes PON usando la tecnología FTTH con estándar GPON, que tiene capacidad suficiente para

soportar la demanda de ancho de banda que se tendrá en un futuro y por medio de la cual se pretende llegar a cada usuario o suscriptor.

3.2.1. Esquema de la Red FTTH - GPON

El nodo se ubicará en el cuarto de comunicaciones, donde se encontrará un rack y chasis con las tarjetas GPON de 4 puertos de salida que alcanza para atender hasta 64 usuarios por puerto. Cada puerto se conecta a la red de distribución por un cable de fibra primario (feeder) hasta los splitter 1:4 de primer nivel; cada rama continúa hasta los splitter 1:16 de segundo nivel de donde finalmente se conecta a cada usuario como se muestra en la Figura 3.1.

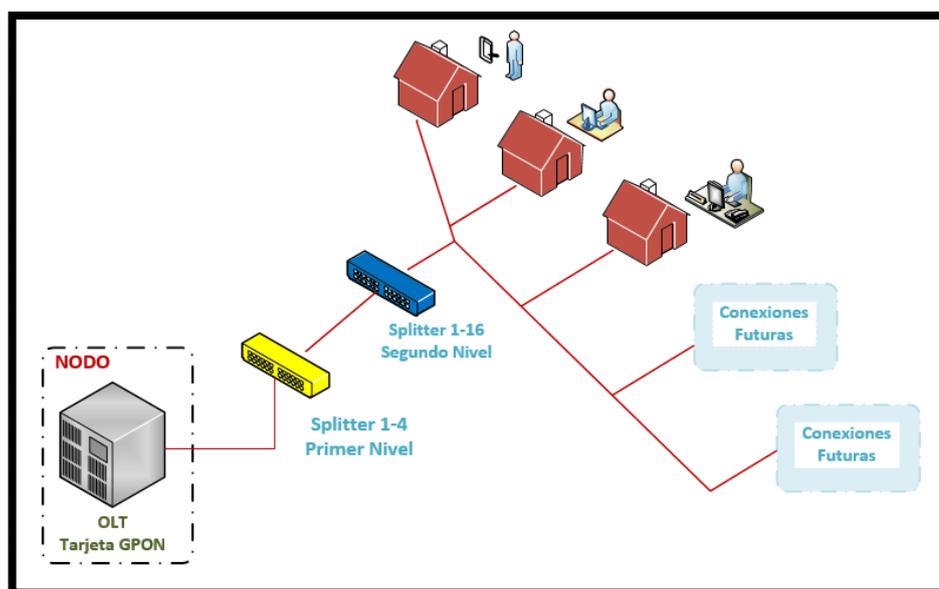


Figura 3.1: Modelo de la Red FTTH – GPON

3.3. Ubicación del OLT

El OLT o nodo estará colocado en la Escuela “Enrique Delgado Copiano”, ubicado cerca de la ciudadela 3 de Mayo, con una distancia a la troncal de 1.72 km. La elección de colocar el OLT en este establecimiento educativo, tiene varias ventajas como: su corta distancia a la troncal y la facilidad de

equipos necesarios para su respectivo funcionamiento, desde la central hasta los equipos terminales.

El método de enrollado retractable fijo consiste básicamente en colocar el cable desde el carrete, partiendo hacia arriba por el alambre y tirado por un bloque que solamente viaja hacia adelante y es mantenido en alto por los soportes de cables. Cabe mencionar que la distancia del carrete al poste debe ser igual a dos veces la altura del poste de alumbrado público [24]. Ver Figura 3.3.

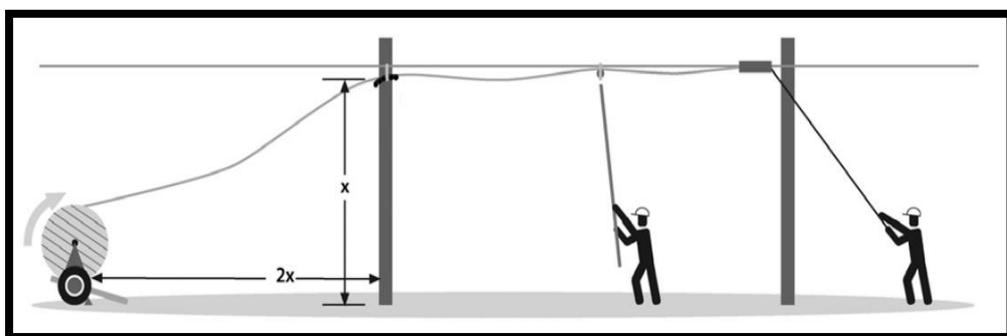


Figura 3.3: Método de enrollado retractable/fijo

3.5. Distancia Troncal hacia el Terminal de Línea Óptico (OLT).

El punto de la troncal de enlace se encuentra ubicado en la calles Bolívar y 9 de Octubre, donde la distancia medida entre el punto de enlace y el nodo OLT es de 1.72 Km., como se muestra en la Figura 3.4.

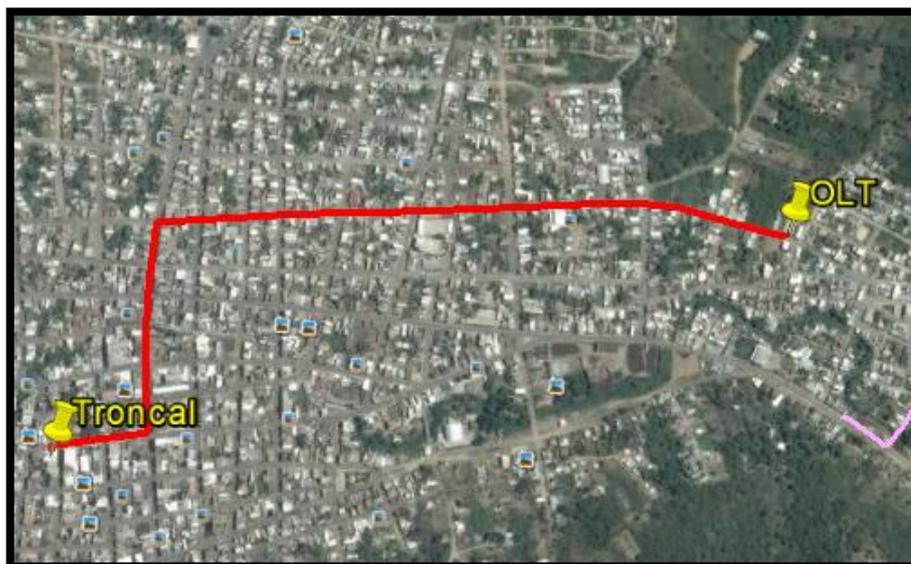


Figura 3.4: Distancia Troncal a OLT.

La Tabla 6 muestra las coordenadas del punto de la troncal de enlace y el OLT o nodo, para conocer su respectiva distancia de separación.

Equipo	Latitud	Longitud
Punto Troncal de enlace	1°20'56.99"S	80°34'49.40"O
OLT	1°20'38.77"S	80°34'9.05"O

Tabla 6: Coordenadas Geográficas.

3.5.1. Distancia del OLT al Cliente más Lejano.

La distancia es un factor importante que se debe considerar en el diseño de la red, porque nos permite conocer las máximas pérdidas o atenuación que se generarán en el enlace del cliente, entre la OLT y ONT. Conocer las distancias máximas, también permiten saber si el

resultado está dentro de los límites establecidos por la IUT-T G.652 que es de 0.275 dB.

A continuación en la Figura 3.5 se muestra un esquema donde se detallan los conectores, empalmes y cajas de empalmes necesarios para enlazar la fibra óptica al cliente más lejano. En la Tabla 7 se muestra las pérdidas.

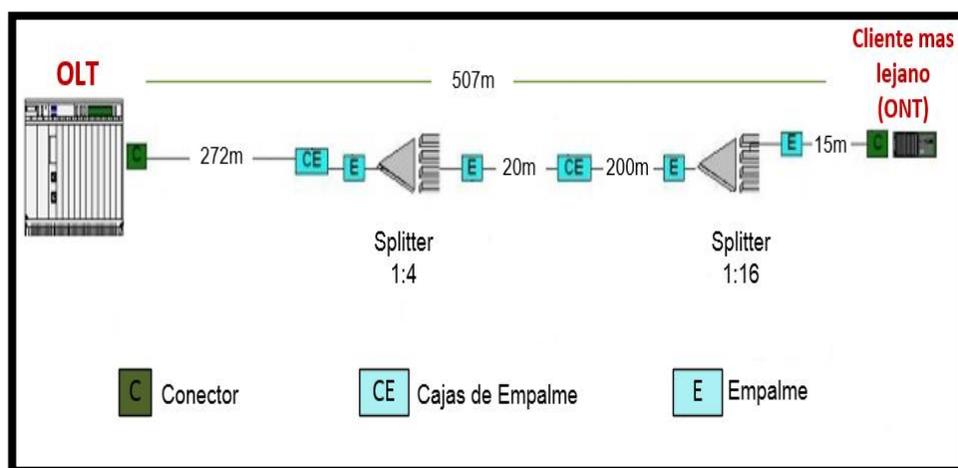


Figura 3.5: Esquema OLT al Cliente más lejano.

Descripción	Pérdidas (dB)	Cantidad
Conectores	0,5	2 u
Empalmes y Cajas de Empalmes	0,1	6 u
Fibra Monomodo UIT-T G.652	0,35	0,507 Km

Tabla 7: Pérdidas para el alcance del cliente.

3.5.2. Cálculo de Pérdidas del OLT al |Cliente más lejano.

Para conocer la atenuación A del enlace que existe de extremo a extremo, se lo calculará a través de la siguiente ecuación 3.1:

$$At(dB) = A + A_{s4} + A_{s16} + A_e \quad (3.1)$$

Donde:

L = longitud del cable en Km .

α = coeficiente de atenuación en dB/Km

X = número de empalmes

α_s = atenuación por empalme

Y = número de conectores

α_c = atenuación por conector

Entonces, con la información de la tabla anterior tenemos lo siguiente:

$$A(dB) = (0,35)(0,507) + (0,1)(6) + (0,5)(2)$$

$$A = 1,77 \text{ dB}$$

Ahora para obtener la atenuación total A_t , se debe sumar la atenuación del splitter 1:4= 7,2dB, splitter 1:16= 14dB y el margen de seguridad de agentes extrínsecos = 1dB para aplicarla en la ecuación 3.2:

$$At(dB) = A + A_{s4} + A_{s16} + A_e \quad (3.2)$$

Donde

A atenuación de la fibra

A_{s16} atenuación de los splitter 1:4

A_{s4} atenuación de los splitter 1:16

A_e atenuación agentes extrínsecos.

Entonces:

$$At(dB) = 1,77 + 7,2 + 14 + 1$$

$$At = 23,97 \text{ dB} \approx 24 \text{ dB}$$

Como resultado se tiene un valor de atenuación igual a 24 dB, valor que cumple con el valor permitido de 28 dB, mencionado anteriormente.

3.6. Diseño y Ubicación de los Splitter de primer y segundo Nivel para la Red FTTH - GPON en el Sector.

Los splitter son elementos pasivos de la red, y permiten la conexión punto a multipunto, es decir permite que la señal de la fibra pueda ser distribuida entre dos o varias fibras más.

Entonces, partiendo del nodo que está ubicado en la escuela “Enrique Delgado Copiano”, se conectan los splitters 1:4 de primer nivel por medio de una fibra óptica monomodo que distribuirá para todas las manzanas del sector con la ayuda de los splitters 1-16 de segundo nivel.

Para el cálculo del número de splitters que utilizaremos en el diseño completo de la red, usaremos la ecuación 3.3:

$$\frac{\text{Número de hogares o casas}}{N - 2} ; N = \text{splitter (1:N)} \quad (3.3)$$

Cálculo de splitter 1:16 igual a:

$$\frac{283}{16 - 2} = 20,21 \approx 21 \text{ Splitter (1:16)}$$



Figura 3.7: Ubicación de los Splitters en el mapa de Google Earth.

La Tabla 8 muestra las coordenadas de los splitters de 1:4 y la Tabla 9 muestra las coordenadas de los splitters de 1:16, como se muestra a continuación.

SPLITTER 1:4	LATITUD	LONGITUD
Splitter 1	1°20'38.67"S	80°34'11.66"O
Splitter 2	1°20'43.84"S	80°34'9.26"O
Splitter 3	1°20'42.44"S	80°34'8.98"O
Splitter 4	1°20'42.44"S	80°34'8.98"O
Splitter 5	1°20'42.20"S	80°34'0.83"O
Splitter 6	1°20'43.86"S	80°33'59.08"O

Tabla 8: Coordenadas Splitter 1:4

SPLITTER 1:4	SPLITTER 1:16	LATITUD	LONGITUD
Splitter 1	splitter 1	1°20'38.26"S	80°34'13.55"O
	splitter 2	1°20'38.48"S	80°34'17.45"O
	splitter 3	1°20'45.01"S	80°34'16.91"O
	splitter 4	1°20'43.60"S	80°34'16.02"O
Splitter 2	splitter 5	1°20'43.87"S	80°34'10.68"O
	splitter 6	1°20'42.50"S	80°34'10.56"O
	splitter 7	1°20'42.70"S	80°34'13.92"O
	splitter 8	1°20'41.77"S	80°34'10.36"O
Splitter 3	splitter 9	1°20'42.40"S	80°34'7.64"O
	splitter 10	1°20'42.42"S	80°34'5.43"O
	splitter 11	1°20'44.18"S	80°34'3.09"O
Splitter 4	splitter 12	1°20'41.07"S	80°34'7.57"O
	splitter 13	1°20'41.10"S	80°34'5.44"O
	splitter 14	1°20'41.67"S	80°34'4.27"O
Splitter 5	splitter 15	1°20'42.24"S	80°34'1.90"O
	splitter 16	1°20'43.12"S	80°34'1.04"O
	splitter 17	1°20'42.32"S	80°33'59.78"O
Splitter 6	splitter 18	1°20'44.11"S	80°34'1.32"O
	splitter 19	1°20'45.65"S	80°34'1.49"O
	splitter 20	1°20'46.90"S	80°34'1.89"O
	splitter 21	1°20'47.55"S	80°34'2.05"O

Tabla 9: Coordenadas Splitter 1:16

3.6.1. Ancho de Banda para Usuario.

Una de las características del estándar GPON es que nos ofrece un ancho de banda hasta 2.5 Gbps según se muestra en la tabla 4 del capítulo 2. Entonces, se puede distribuir este ancho de banda para cada usuario con la ecuación 3.5.

Transformando los 2,5 Gbps a Mbps, es decir $2.5 \text{ Gbps} = 2500 \text{ Mbps}$; y luego dividiéndolos para el número de usuarios que ofrece un puerto de la tarjeta GPON.

$$\frac{\text{Velocidad(Gbps) de tarjeta GPON}}{\text{usuarios 1 puerto de tarjeta GPON}} = \text{Velocidad Mbps/usuario} \quad (3.5)$$

$$\frac{2500 \text{ Mbps}}{64 \text{ usuarios}} = 39.0625 \approx 39 \text{ Mbps/usuarios}$$

Entonces, para cada usuario se tendrá un ancho de banda de 39 Mbps, que mediante un controlador de ancho de banda con su respectivo software se optimizará este ancho de banda, con el uso compartido, ya sea este de 1:2, 1:4 o 1:8.

3.6.2. Herrajes de Retención y de Suspensión.

Elementos usados para fijación del cable en los postes durante la construcción del tendido de la red de fibra óptica. El tipo de herraje a utilizar dependerá del diámetro del cable y la distancia máxima entre los postes.

A menos distancia menos agarre, para distancias más grandes se necesita más agarre por lo que las varillas de retención son más largas. Los herrajes de suspensión se instalan uno por poste de paso, donde no hay cambio de ruta del cable. Ver Figura 3.8

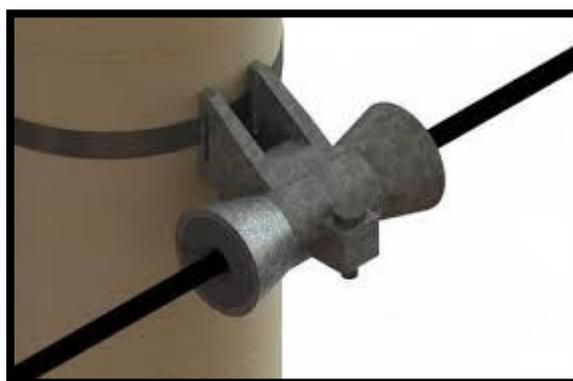


Figura 3.8: Herraje de Suspensión [25]

Los herrajes de retención se usan por poste cuando hay cambios de dirección y/o existen distancias mayores a 100 metros. Ver Figura 3.9

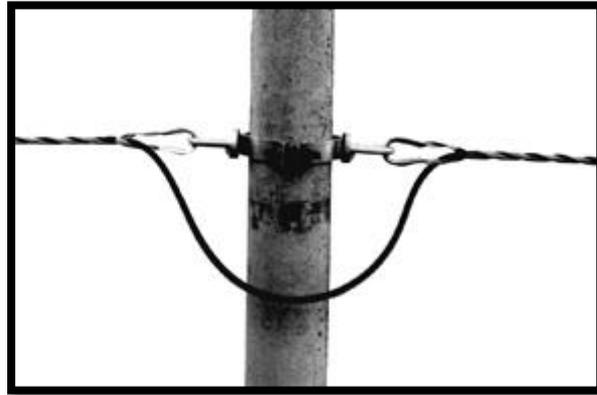


Figura 3.9: Herraje de Retención [26].

3.7. Terminal de Red Óptica (ONT)

Es el dispositivo donde termina la fibra óptica, colocada en la casa del usuario. Permitiéndole disponer y disfrutar de las múltiples aplicaciones que brindan el internet y la telefonía. Estos equipos están preparados para soportar las inclemencias meteorológicas y tienen un panel de indicadores que muestra el grado de operatividad en la red.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

Para poder determinar la rentabilidad del proyecto es necesario realizar el respectivo análisis financiero; haciendo una proyección de los primeros 5 años en que esté en funcionamiento la red se obtendrán los flujos de caja correspondientes a dicho periodo y así determinar los parámetros de VAN y TIR que nos permitirán concluir sobre la viabilidad del proyecto.

4.1. Diagrama de Gantt.

Herramienta que permite la planificación de actividades de manera fácil en periodos determinados de tiempo. Visualizando el desarrollo del proyecto de manera ordenada de principio a fin.

En la Tabla 10 se muestra de manera detallada el desarrollo del proyecto y el tiempo en que toma ejecutar cada tarea, cabe mencionar que existen tareas dependientes de otras (ver en anexos pág. 45). A continuación se explica en resumen en qué consiste cada fase del proyecto:

Planteamiento Problema: Caso de investigación acerca de las problemáticas y necesidades que pueden presentar un sector determinado.

Estudio Demanda: Estudio poblacional y capacidad de demanda que se requerirá cubrir.

Diseño de la Red: La búsqueda de tecnología y protocolos para una buena y correcta transmisión de información.

Ingeniería de Detalle: Bosquejo de la topología de la red, con sus respectivos equipos a utilizar para la realización de la misma.

Elaboración del Contrato: Es la legalización y elaboración de los respectivos permisos para la realización e implementación de la red.

Contratación de servicio especializado: Usar el servicio de personas con experiencias en el área para la respectiva instalación de equipos de planta interna y externa.

Inicio y proceso de Ventas: Uso de medios de comunicación para captar la atención del usuario y luego proceder con la instalación de los equipos finales.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
Inicio de proyecto	0 días	lun 02/01/17	lun 02/01/17	
Planteamiento Problema	2 sem.	lun 02/01/17	vie 13/01/17	1
Estudio Demanda	3 sem.	lun 16/01/17	vie 03/02/17	2
Diseño de la red	1 ms	lun 06/02/17	vie 03/03/17	3
Ingeniería de Detalle	35 días	lun 06/03/17	vie 21/04/17	4
Elaboración del Contrato	1 ms	lun 24/04/17	vie 19/05/17	8,5
Contratación de servicio especializado	80 días	lun 22/05/17	vie 08/09/17	9
Inicio de Ventas	0 días	vie 08/09/17	vie 08/09/17	12,10
Proceso de ventas	2 mss	lun 11/09/17	vie 03/11/17	13
Inicio de Instalación	0 días	vie 03/11/17	vie 03/11/17	13FC+10 días,14

Tabla 10: Tiempo de ejecución del Proyecto.

4.2. Ingresos

Con la información mencionada en el capítulo 1, respecto a los 283 hogares en el sector, para el cálculo de los ingresos como se muestra en la Tabla 11, se hizo el respectivo análisis de acuerdo con la demanda del número de

los posibles suscriptores. El sector cuenta con: zonas residenciales, una escuela y un centro de rehabilitación. El precio final para ofrecer el servicio de internet se han segmentado en tipo de plan por ancho de banda que desee el suscriptor, y a su vez en residencial o pyme (comercial). Para los servicios de telefonía se tienen precios compuestos por: pensión básica con minutos incluidos dentro de operadora, tráfico adicional, tráfico internacional e identificador de llamadas, ver en anexos en la Tabla 17 para una mejor observación detallada.

INGRESOS			
Servicios	Residencial (R)	Pyme (P)	R+P
Telefonía	\$ 43.357,40	\$ 242,40	\$ 43.599,80
Internet	\$ 18.860,40	\$ 3.360,00	\$ 22.220,40
		TOTAL	\$ 65.820,20

Tabla 11: Ingresos del primer año.

Por limitaciones de título habilitante de operador, no se incluyen en este caso otro tipo de servicios de valor agregado, lo que no se descarta usar a futuro dadas las amplias capacidades que ofrece la red de fibra óptica.

4.3. Gastos

Los gastos representan el dinero saliente de cada año, que corresponderían a la implementación del diseño de la red, según la necesidad presente en la ciudadela 3 de Mayo en cuanto a servicios de comunicación corresponde. Como se muestra en la Tabla 12, se lo clasificó de la siguiente manera:

- **Mano de Obra:** Sueldo del personal de planta externa y planta interna.
- **Arrendamiento:** Alquiler de oficina donde estará ubicado el nodo (OLT).

- **Servicios Básicos:** Consumo de agua potable y consumo de energía eléctrica para los equipos.
- **Postes:** Alquiler de postes de alumbrado público para el tendido de red.
- **Interconexión:** Para hacer llamadas a otras operadoras fijas o móviles.
- **Internet Internacional:** Es el servicio de internet que se recibe para ser distribuido de acorde al diseño de la red. Se adquiere por capacidades en este caso de al menos 155Mbps (STM1), entregados al nodo por medio de la troncal en Jipijapa.

GASTOS	
Mano de obra	\$ 21.250,60
Arrendamiento	\$1.200,00
Servicios Básicos	\$ 480,00
Postes	\$ 1.124,90
Interconexión	\$ 1.162,00
Internet Internacional	\$ 95.333,33
Total	\$ 120.550,83

Tabla 12: Costos Anuales.

Los costos pueden variar entre años, el detalle de los costos se puede observar en el anexo.

4.4. Inversión.

Las inversiones en el proyecto se generan principalmente por la adquisición de equipos y la instalación de la infraestructura de red (planta externa), tal como muestra en la Tabla 13. La inversión inicial del proyecto es \$ 100.097,44, resultado obtenido por los factores que se detallan a continuación:

- **Herramientas:** Materiales para la respectiva colocación de equipos, ver en anexo. Tabla 19.
- **Planta Externa:** Equipos correspondientes a la expansión y distribución de la red, ver en anexo. Tabla 20.
- **Equipos:** Son los dispositivos que pertenecen al terminal de línea óptica (OLT) o también llamado nodo, ver en anexo. Tabla 21.
- **Servicio de Instalación:** Labor que se realiza en la línea de acometida, en la instalación de equipos de los usuarios, ver en anexo. Tabla 22.

INVERSIÓN	
Herramientas	\$ 11.354,20
Planta Externa	\$ 47.662,64
Equipos	\$ 3.630,60
Servicio de Instalación	\$ 37.450,00
TOTAL	\$ 100.097,44

Tabla 13: Inversión total.

Los equipos utilizados en la red permiten el crecimiento añadiendo tarjetas de puertos, que podrían atender a nuevos sectores, lo que finalmente disminuye el costo incremental para la expansión de coberturas.

4.5. Valor Actual Neto (VAN)

Mediante flujos de caja se puede calcular la rentabilidad del proyecto considerando sus ingresos, costos e inversión inicial. La Tabla 14 muestra el flujo de caja del proyecto, resultado que se obtuvo de la diferencia entre sus ingresos y sus gastos, proyectados a cinco años.

Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(100.097,44)	(55.670,63)	(18.436,10)	(18.436,10)	(18.436,10)	(18.436,10)

Tabla 14: Flujo de Caja.

La Tabla 15 muestra el flujo de caja acumulado proyectado a cinco años, donde aun dentro de los cinco años no se termina de pagar la inversión inicial, por lo que tampoco se tendrá utilidades dentro de este periodo de tiempo establecido para el análisis financiero.

Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(100.097,44)	(154.768,07)	(173.204,17)	(191.640,27)	(210.076,37)	(228.512,47)

Tabla 15: Flujo Acumulado.

Utilizando una tasa de descuento del 12%, el valor actual neto dio como resultado \$ -198.907,72, valor que indica claramente que el proyecto para este sector no resulta rentable, como se muestra en la Tabla 16.

Tasa	12%
VA Flujo de Caja	\$ -198.907,72

Tabla 16: VAN.

4.6. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa de interés con la cual el valor actual neto es igual a cero, es decir, utilizado para decidir si la inversión en un determinado proyecto puede ser aceptada o no. Para nuestro caso dio como resultado una TIR negativa, que quiere decir, que de acuerdo con el análisis financiero hecho, resulta en una tasa en la cual se considera que el proyecto no es rentable para sectores o poblaciones pequeñas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber realizado el estudio correspondiente para el diseño de la red en este sector se concluye lo siguiente:

Una realidad de los sectores rurales y urbano-marginales es que son sectores donde el acceso universal y el acceso a medios de comunicación son limitados y escasos, debido a la falta de interés de las operadoras y al analfabetismo digital de las personas que residen en dichos lugares.

Un factor a considerar en el diseño de la red es el crecimiento urbano del sector, por lo que la red debe ser de fácil escalabilidad para poder ampliar la cobertura a otras zonas.

Las redes FTTH con estándar GPON fueron utilizadas en este proyecto para brindar servicios de internet y telefonía IP, pero también se puede usar para brindar servicios de televisión en alta definición (Tv HD) debido a sus ventajas y a su amplia capacidad para poder transmitir estos servicios por la misma fibra óptica.

Para el diseño de la red se consideraron varias opciones, entre ellas la relación de los splitter a usar para el alcance de los usuarios finales. Se optó por usar splitters 1-4 de primer nivel y splitters 1-16 de segundo nivel debido a la concentración de casas muy cercanas por cuadra.

Luego de haber realizado el análisis financiero del proyecto, se obtuvo como resultado un VAN y un TIR negativo, lo que significa que el proyecto no es viable para este sector.

Basándose en el proceso del diseño de la red y en los resultados obtenidos se recomienda que cuando se realice el estudio del problema y la necesidad que exista en el sector o área seleccionada, trabajar con estudios de demanda detallados, cuyos resultados sean lo más cercano a la realidad del sector escogido.

Es preferible usar equipos que tengan la capacidad de responder a la demanda presente y futura del sector escogido en caso de que haya un incremento poblacional y por ende un aumento en el número de usuarios.

Si en un futuro se desea brindar otros servicios como televisión en alta definición, se lo puede lograr adecuando el nodo OLT con el equipo necesario; sin que existan problemas por limitaciones de capacidad debido a las ventajas que ofrece el diseño de la red.

Para que el análisis financiero del proyecto tenga una rentabilidad dentro de los primeros seis años, se recomienda expandir la red a los sectores aledaños, logrando incrementar el número de usuarios (ver anexos, tabla 23), mejorando los

ingresos por los servicios de internet y telefonía, recuperando la inversión a partir del año 4 (ver anexo, tabla 24).

Debido a que el proyecto no es viable desde el punto de vista económico la opción para su implementación es recurrir al FODETEL, para obtener el debido financiamiento y que los habitantes del sector accedan a servicio universal.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] La Hora, Manabí 4 años del Centro de rehabilitación física, Sept. 2013. [online] Disponible:<http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101562536/#.Vyo9loR97IU>
- [2] “Ciudad de Jipijapa”, Municipalidad de Jipijapa, Ecuador, 2002.
- [3] El Diario. “Manabí por Cantones”. Manabí: Jipijapa, 2011, pp. 2-3.
- [4] “Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC´S)”, INEC, Agosto, 2014, Porcentaje de personas que han utilizado internet en los últimos 12 meses por área [online]. Disponible: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/Resultados_principales_140515.Tic.pdf
- [5] “Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC´S)”, INEC, Agosto, 2014, Porcentaje de personas que tienen acceso al Internet por provincia [online]. Disponible: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/Resultados_principales_140515.Tic.pdf
- [6] “Porcentaje del acceso al internet en Jipijapa”, ISSUU, Ecuador, 2011 [online]. Disponible: http://issuu.com/eldiarioec/docs/pdf_jipijapa
- [7] “Reglamento para otorgar concesiones de los Servicios de telecomunicaciones”, ARCOTEL, Julio, 2013 [online]. Disponible: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/reglamento_concesion_serv_telecom.pdf
- [8] Alben Telecom, Fibra Óptica, “Cable de fibra óptica desde el interior al exterior”. Febrero, 2013 [online]. Disponible: <http://www.alebentelecom.es/servicios-informaticos/faqs/fibra-optica-que-es-y-como-funciona>
- [9] Alben Telecom, Fibra Óptica, “Como está compuesta la Fibra Óptica”. Febrero, 2013 [online]. Disponible: <http://www.alebentelecom.es/servicios-informaticos/faqs/fibra-optica-que-es-y-como-funciona>
- [10] MINTIC, Comparación con otros Medios de Comunicación, “ABC de la Fibra Óptica”. Noviembre, 2015 [online]. Disponible: <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>

- [11] Características de la Fibra Óptica, “Fibra Monomodo”, Julio, 2011 [online]. Disponible:http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208019/MODULO%20ANTENAS%20Y%20PROPAGACION-2011/leccin_11_caractersticas_de_la_fibra_ptica.html
- [12] Características de la Fibra Óptica, “Fibra Multimodo”, Julio, 2011 [online]. Disponible:http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208019/MODULO%20ANTENAS%20Y%20PROPAGACION-2011/leccin_11_caractersticas_de_la_fibra_ptica.html
- [13] Clasificación de Fibra Óptica, “Tipos de Fibra Óptica”. Noviembre, 2015 [online]. Disponible: <http://www.tipos.co/tipos-de-fibra-optica/>
- [14] Redes FTTH, “Introducción a las redes FTTH”, Marzo, 2013 [online]. Disponible: <http://es.slideshare.net/jcbenitezp/ftth-tecnored-v20>
- [15] Redes de Acceso, “Redes Activas”. Septiembre, 2015 [online]. Disponible: <http://ricardo-redesdeacceso.blogspot.com/2011/05/redes-opticas-activas-y-pasivas.html>
- [16] Redes de Acceso, “Redes Pasivas”. Septiembre, 2015 [online]. Disponible: <http://ricardo-redesdeacceso.blogspot.com/2011/05/redes-opticas-activas-y-pasivas.html>
- [17] Electronic Desing (2013, Enero), “Stándard GPON” [online]. Disponible: <http://electronicdesign.com/what-s-difference-between/what-s-difference-between-epon-and-gpon-optical-fiber-networks>
- [18] Juan Domínguez (2015, Julio), Redes FTTH, “Arquitectura de la Red” [online]. Disponible: http://www.tecnoredsa.com.ar/documentacion/FTTH_Tecnored_v2.0.pdf
- [19] FTTH, “Estructura de red terminal de usuario”, Marzo, 2013 [online]. Disponible: <http://www.telequismo.com/2013/03/ftth-fttb.html>
- [20] “Equipamiento de la Red FTTH”, Tecnored, Noviembre, 2015 [online]. Disponible: <http://www.tecnoredsa.com.ar/page/productos/idcat/1/title/Servidores>
- [21] “Reglamento para otorgar concesiones de los servicios de telecomunicaciones”, CONATEL, Julio, 2001 [online]. Disponible: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/reglamento_concesion_serv_telecom.pdf

[22] Ministerio de Educación, Acuerdo 224-11, Junio, 2011 [online]. Disponible: <http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/ACUERDO-224-11.pdf>

[23] Furukawa, "OLT GPON FK-OLT-G1040 OLT", Tecnored S.A., Cordova, Argentina, Dic. 2013.

[24] COMMSCOPE. "Manual de Construcción y Aplicaciones de Banda Ancha". pp. 3,6.

[25] "Herrajes de Suspensión", Wave Optics, Diciembre, 2013 [online]. Disponible: http://www.fibrasopticasdemexico.com/fichas/hsadss_herraje%20de%20suspensi%C3%B3n%20adss.pdf

[26] "Herrajes de Retención", PLP Brazil, Diciembre, 2013 [online]. Disponible: http://www.plp.com.br/es/index.php?option=com_k2&view=item&id=197:retenci%C3%B3n-preformada-para-cable-cce-apl-asf&Itemid=11

ANEXOS

Plan	Tarifa sin impuestos	Tarifa con impuestos	Velocidad de bajada	Velocidad de subida	Inscripción
Plan 3 Mbps	\$ 18.00	\$ 20,16	3 Mbps	Hasta 1 Mbps	\$ 50 + imp.
Plan 5 Mbps	\$ 24.90	\$ 27,89	5 Mbps	Hasta 1 Mbps	\$ 50 + imp.
Plan 10 Mbps	\$ 36.00	\$ 40,32	10 Mbps	Hasta 1 Mbps	\$ 50 + imp.
Plan 15 Mbps	\$ 49.90	\$ 55,89	15 Mbps	Hasta 1 Mbps	\$ 50 + imp.

Tarifa de Servicios Residenciales. Fuente CNT.

PLAN DE INTERNET PYMES ASIMÉTRICO (Velocidad Bajada x Velocidad Subida)	Tarifa mensual		Inscripción	
	Sin Impuesto	Con Impuesto	Sin Impuesto	Con Impuesto
Hasta 1 x 0,512 Mbps	\$45.00	\$50.40	\$80.00	\$89.60
Hasta 2 x 0,768 Mbps	\$65.00	\$72.80	\$80.00	\$89.60
Hasta 3 x 0,768 Mbps	\$80.00	\$89.60	\$80.00	\$89.60
Hasta 4 x 2 Mbps	\$91.51	\$102.49	\$250.00	\$280.00
Hasta 6 x 3 Mbps	\$109.00	\$122.08	\$250.00	\$280.00
Hasta 10 x 5 Mbps	\$150.00	\$168.00	\$250.00	\$280.00
Hasta 15 x 7 Mbps	\$200.00	\$224.00	\$380.00	\$425.00
Hasta 20 x 10 Mbps	\$260.00	\$291.20	\$380.00	\$425.00
Hasta 25 x 15 Mbps	\$300.00	\$336.00	\$380.00	\$425.00

Tarifa Pymes. Fuente CNT.



Escala de tiempo del Proyecto.



Cronograma de tareas del Proyecto.

Sector Ciudadela 3 de mayo Clientes Residenciales															
	Puntos	Costos	Mes												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Año
Telefonía	283		80	30	20	25	12	20	20	18	20	23	0	283	
Instalación		\$ 60,00	\$ 4.800,00	\$ 1.800,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00	\$ 1.500,00	\$ 720,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00	\$ 1.380,00	\$ -	\$ 16.980,00
Pensión Básica		\$ 6,20	\$ 496,00	\$ 682,00	\$ 806,00	\$ 961,00	\$ 1.035,40	\$ 1.159,40	\$ 1.283,40	\$ 1.376,40	\$ 1.488,00	\$ 1.612,00	\$ 1.754,60	\$ 1.754,60	\$ 14.408,80
Traffic Adicional		\$ 4,00	\$ 320,00	\$ 440,00	\$ 520,00	\$ 620,00	\$ 668,00	\$ 748,00	\$ 828,00	\$ 888,00	\$ 960,00	\$ 1.040,00	\$ 1.132,00	\$ 1.132,00	\$ 9.296,00
Traffic Internacional		10%	\$ 80,00	\$ 110,00	\$ 130,00	\$ 155,00	\$ 167,00	\$ 187,00	\$ 207,00	\$ 222,00	\$ 240,00	\$ 260,00	\$ 283,00	\$ 283,00	\$ 2.324,00
Identificador de llamadas		\$ 0,15	\$ 12,00	\$ 16,50	\$ 19,50	\$ 23,25	\$ 25,05	\$ 28,05	\$ 31,05	\$ 33,30	\$ 36,00	\$ 39,00	\$ 42,45	\$ 42,45	\$ 348,60
Internet	113														
Ventas			113	13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	113
Instalación			\$ -	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Servicio Básico 3Mbbs			\$ 18,00	\$ 163,80	\$ 289,80	\$ 415,80	\$ 541,80	\$ 667,80	\$ 793,80	\$ 919,80	\$ 1.045,80	\$ 1.171,80	\$ 1.297,80	\$ 1.423,80	\$ 10.155,60
Servicio Medio 10Mbps			\$ 36,00	\$ 140,40	\$ 248,40	\$ 356,40	\$ 464,40	\$ 572,40	\$ 680,40	\$ 788,40	\$ 896,40	\$ 1.004,40	\$ 1.112,40	\$ 1.220,40	\$ 8.704,80
Total de los 2 servicios			\$ 6.012,20	\$ 3.586,70	\$ 3.447,70	\$ 4.265,45	\$ 3.855,65	\$ 4.796,65	\$ 5.257,65	\$ 5.361,90	\$ 5.980,20	\$ 6.561,20	\$ 7.236,25	\$ 5.866,25	\$ 62.217,80

Tabla 18: Ingresos mensuales correspondiente al primer año.

Años	1	2	3	4	5	Total
servicios de voz	\$ 43.357,40	\$ 38.544,60	\$ 38.544,60	\$ 38.544,60	\$ 38.544,60	\$ 197.535,80
servicios de datos	\$ 18.860,40	\$ 31.730,40	\$ 31.730,40	\$ 31.730,40	\$ 31.730,40	\$ 145.782,00
					Total en 5 años	\$ 343.317,80

Tabla 17: Ingreso de los 2 servicios en los primeros 5 años.

HERRAMIENTAS				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Pinzas soporte de fibra óptica	M	4	\$ 1,80	\$ 7,20
Amarras de 30 cm blancas (funda)	U	10	\$ 5,00	\$ 50,00
Cinta aislante ¾	U	15	\$ 0,60	\$ 9,00
Velcro 3/4" X 4.5 color negro	U	4	\$ 12,00	\$ 48,00
Porta reservas para FO	U	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Etiquetas	U	100	\$ 2,50	\$ 250,00
OTDR	U	1	\$ 6.560,00	\$ 6.560,00
Fusionadora	U	1	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00
Taladro	U	2	\$ 300,00	\$ 600,00
extensiones electricas	m	10	\$ 18,00	\$ 180,00
TOTAL				\$ 11.354,20

Tabla 19: Lista de Herramientas.

PLANTA EXTERNA				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Fibra óptica monomodo de 1 hilo tipo G.652	m	2000	\$ 1,30	\$ 2.600,00
Fibra óptica monomodo de 24 hilos tipo G.652	m	3000	\$ 1,50	\$ 4.500,00
Manga de empalme de 24 hilos	U	1	\$ 75,90	\$ 75,90
Splitters con relacion 1:4	U	6	\$ 27,99	\$ 167,94
Splitters con relacion 1:16	U	21	\$ 44,80	\$ 940,80
ONT indoor	U	300	\$ 131,26	\$ 39.378,00
Pigtail SC monomodo 2m	U	500	\$ 16,00	\$ 8.000,00
Abrazadera p. postes sujeccion	U	300	\$ 8,00	\$ 2.400,00
TOTAL				\$ 47.662,64

Tabla 20: Lista para Planta Externa.

EQUIPOS				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Fuente de energía principal	U	1	\$ 850,00	\$ 850,00
Fuente de energía de auxiliar	U	1	\$ 850,00	\$ 850,00
OLT tarjeta 4 interfaces GPON	U	1	\$ 534,36	\$ 534,36
OLT tarjeta de enlace	U	1	\$ 1.360,24	\$ 1.360,24
ODF de 19"	U	1	\$ 18,00	\$ 18,00
Tornillo, tuerca para rack (funda de 20 U)		3	\$ 6,00	\$ 18,00
			TOTAL	\$ 3.630,60

Tabla 21: Lista de Equipos.

SERVICIOS DE INSTALACIÓN				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Montaje y programación de OLT	U	1	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00
Armado de rack de fibra óptica y accesorios	U	1	\$ 300,00	\$ 300,00
Montaje y armado de splitters 1:4	U	6	\$ 60,00	\$ 360,00
Montaje y armado de splitters 1:16	U	21	\$ 140,00	\$ 2.940,00
Pruebas de atenuación de fibra óptica	U	300	\$ 60,00	\$ 1.800,00
Tendido de fibra óptica	M	100	\$ 2,50	\$ 250,00
Armado e instalación de ONT	U	300	\$ 30,00	\$ 9.000,00
Conexión, fusion y organización de fibras	U	1000	\$ 30,00	\$ 30.000,00
			TOTAL	\$ 46.450,00

Tabla 22: Listado de Servicios de Instalación.

Sector 3 de Mayo		Mes												Año	
Expansión	casas	650												650	
		Costos													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	
Ciudad Residentes		100	120	150	37	55	20	40	20	50	30	28	0	650	
Telefonia	100%	100	220	370	407	462	482	522	542	592	622	650	650	650	
Instalación		\$ 60,00	\$ 7,200,00	\$ 9,000,00	\$ 2,220,00	\$ 3,300,00	\$ 1,200,00	\$ 2,400,00	\$ 1,200,00	\$ 3,000,00	\$ 1,800,00	\$ 1,680,00	\$ -	\$ 39,000,00	
Pensión básica		\$ 6,20	\$ 1,364,00	\$ 2,294,00	\$ 2,522,40	\$ 2,864,40	\$ 2,988,40	\$ 3,238,40	\$ 3,380,40	\$ 3,670,40	\$ 3,856,40	\$ 4,030,00	\$ 4,030,00	\$ 34,837,80	
Traffic Adicional		\$ 4,00	\$ 880,00	\$ 1,480,00	\$ 1,628,00	\$ 1,848,00	\$ 1,928,00	\$ 2,088,00	\$ 2,168,00	\$ 2,368,00	\$ 2,468,00	\$ 2,600,00	\$ 2,600,00	\$ 22,476,00	
Traffic Internacional	10%	\$ 10,00	\$ 220,00	\$ 370,00	\$ 407,00	\$ 462,00	\$ 482,00	\$ 522,00	\$ 542,00	\$ 592,00	\$ 622,00	\$ 650,00	\$ 650,00	\$ 5,619,00	
Identificador de llamadas		\$ 0,15	\$ 33,00	\$ 55,50	\$ 61,05	\$ 69,30	\$ 72,30	\$ 78,30	\$ 81,30	\$ 88,80	\$ 93,30	\$ 97,50	\$ 97,50	\$ 842,85	
Internet	40%														
Ventas		260	45	30	20	10	32	25	15	20	20	18	25	0	260
Instalación		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
servicio básico	70%	\$ 20,00	\$ 630,00	\$ 1,050,00	\$ 1,330,00	\$ 1,470,00	\$ 1,918,00	\$ 2,288,00	\$ 2,478,00	\$ 2,758,00	\$ 3,038,00	\$ 3,290,00	\$ 3,640,00	\$ 43,680,00	
Servicio Medio	30%	\$ 36,00	\$ 486,00	\$ 800,00	\$ 1,026,00	\$ 1,194,00	\$ 1,479,60	\$ 1,749,60	\$ 1,911,60	\$ 2,127,60	\$ 2,343,60	\$ 2,538,00	\$ 2,808,00	\$ 33,696,00	
Total de los 2 servicios		\$ 8,251,00	\$ 11,557,00	\$ 15,556,50	\$ 9,443,45	\$ 11,941,30	\$ 10,688,30	\$ 12,714,30	\$ 12,237,30	\$ 15,100,80	\$ 14,687,70	\$ 15,505,50	\$ 13,825,50	\$ 151,507,65	

Tabla 23: Ingresos de los dos servicios incluyendo sector aledaños a la ciudadela 3 de Mayo.

		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Flujo de Caja	\$ (201.553,10)	\$ 22.887,52	\$ 64.908,70	\$ 64.908,70	\$ 64.908,70	\$ 64.908,70	\$ 64.908,70
Flujo acumulado	\$ (201.553,10)	\$ (178.665,58)	\$ (113.756,88)	\$ (48.848,18)	\$ 16.060,52	\$ 80.969,22	\$ 145.877,92
Tasa de descuento	12%						
Valor Actual	-\$ 201.553,10	\$ 20.435,28	\$ 51.744,82	\$ 46.200,73	\$ 41.250,65	\$ 36.830,94	\$ 29.361,40
VA Flujo de Caja	\$ 24.270,72						
Valor Actual Proyecto	\$ 24.270,72						
Tasa interna de retorno	16,23%						

Tabla 24: Flujo de Caja, Van y TIR.

ABREVIATURAS

ARCOTEL	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
CNT	Corporación Nacional de Telecomunicaciones
CONATEL	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
CRF	Centro de Rehabilitación Física
EPON	Ethernet sobre redes ópticas pasivas
FODETEL	Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones.
FTTH	Fiber To The Home
GPON	Gigabit-capable Passive Optical Network
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
INEC	Instituto de Estadística y Censo
MINEDUC	Ministerio de Educación
MPCP	Multi Point Control Protocol
OLT	Terminal de Línea Óptica
ONT	Terminal de Red Óptico
PON	Redes Pasivas Ópticas
TIC	Tecnologías de la Información y Comunicación
WDM	Multiplexación por División de Longitud de Onda