



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED PARA PROVEER
SERVICIOS DE INTERNET, DIRIGIDO A LOS HABITANTES
DE LA PARROQUIA DE SALANGO, CANTÓN PUERTO
LÓPEZ, PROVINCIA DE MANABÍ

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y

TELECOMUNICACIONES

ALEJANDRO WILLIAM GARCÍA QUIMÍS

JOSHUA IVÁN MENDIETA ZURITA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestros padres, a la ESPOL y a nuestros profesores por habernos guiado durante nuestra carrera universitaria.

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mis padres, quienes han sido los pilares fundamentales a lo largo de mi vida y que se han sacrificado para darme la mejor educación, también se lo dedico a mi hermano porque quiero ser su ejemplo a seguir.

Alejandro García Quimís

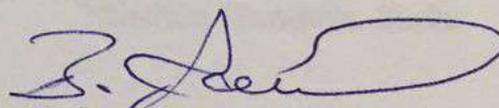
Dedico este proyecto a Dios, a mi padre y a mi madre, quienes, sin ellos, sin su sacrificio, sin su constancia, sin sus enseñanzas, sin su apoyo y sin su amor, no podría haber llegado hasta este punto de mi vida, ni sería la persona que soy ahora.

Joshua Mendieta Zurita

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



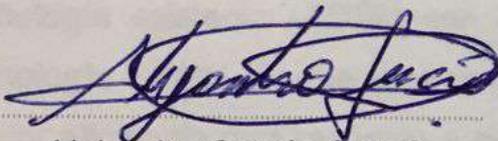
M.A. Ing. Edison Del Rosario C.
PROFESOR EVALUADOR



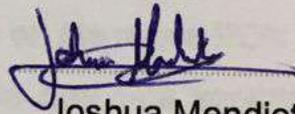
Ph.D. Boris Ramos S.
PROFESOR EVALUADOR

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"



Alejandro García Quimís



Joshua Mendieta Zurita

RESUMEN

El presente proyecto comprende el análisis y diseño de una red para proveer servicios de internet en la parroquia de Salango, del cantón Puerto López, provincia de Manabí.

En primera instancia se analiza los antecedentes de la parroquia Salango, hallando la problemática que hay en la red y en el servicio de internet que actualmente se provee, por lo tanto, se propone una solución que es hacer el análisis y diseño de una red alternativa a la existente para proveer un servicio de internet de calidad para así impulsar las tecnologías de la información y comunicación.

Una vez propuesta la solución, se realiza un detallado análisis técnico comparando la tecnología existente (ADSL) con las tecnologías FTTH, finalmente se optó por la tecnología GPON, ya que esta es una mejora basada en las redes PON y ofrece una mayor eficiencia con respecto a sus predecesores, ya que este soporta una mayor densidad de usuarios por puerto frente a BPON y EPON, por lo tanto, el ancho de banda útil es mayor, brindado así un mejor servicio a menor coste.

Se procede a realizar el diseño de la red GPON teniendo en cuenta los 652 lotes que existen en la superficie de la cabecera parroquial de Salango es de 1.543 km aproximadamente, tomando como criterio de diseño un crecimiento del 20% haciendo a la red capaz de soportar el crecimiento de la población de Salango.

El enlace troncal se lo hace desde el cantón Jipijapa hasta Salango cubriendo una distancia de 63.5 km, se lo diseño con fibra óptica ya que no hay línea de vista para hacerlo por radio enlace, aparte de que el radio enlace no tiene la capacidad para cubrir la demanda de 180 Mbps.

Al realizar el análisis financiero, teniendo como inversión inicial \$204,292.74, se obtuvieron como resultados, un VAN de -\$243,011.68 y una TIR de -198.16%, lo que nos lleva a acudir al FODETEL para la realización del presente proyecto.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ABREVIATURAS.....	ix
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivos.....	1
1.1.1 Objetivos Generales.....	1
1.1.2 Objetivos Específicos.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación.....	5
1.4 Alcance.....	7
1.5 Limitaciones.....	7
1.6 Ingresos proyectados.....	8
1.7 Ingreso Promedio por Usuario (ARPU).....	10
1.8 Descripción del Proyecto.....	10
CAPÍTULO 2.....	11
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Fibra Óptica.....	11
2.2 Comparación entre Fibra Óptica y Cable de Cobre.....	13
2.3 Evolución del Ancho de Banda de Última Milla.....	14
2.4 DSL (Digital Subscriber Line).....	16
2.5 FTTH (Fiber To The Home).....	17
2.6 Comparación entre FTTH y ADSL.....	18
2.7 Estructura de una Red PON.....	20

2.8	Tipos de Redes Pasivas PON	22
2.9	Tecnología GPON	24
CAPÍTULO 3		27
3.	DISEÑO DE LA RED	27
3.1	Análisis de la Información	27
3.2	Área de Servicio	27
3.3	Sectorización	28
3.4	Cuantificación	29
3.5	Cableado	33
3.6	Equipos	42
3.6.1	Equipos del nodo	42
3.6.2	Equipo Terminal	46
3.7	Planta Externa	47
3.7.1	Cable de Fibra Óptica	47
3.7.2	Herrajes	48
3.8	Diseño Troncal	49
CAPÍTULO 4		52
4.	EVALUACIÓN FINANCIERA	52
4.1.	Cronograma del Proyecto	52
4.2.	Análisis de Ingresos y desarrollo de planes	53
4.3.	Análisis de Inversiones	53
4.4.	Análisis de Costos	57
4.5.	Flujo de Caja	58
4.6.	Análisis Final	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		62
BIBLIOGRAFÍA		64
ANEXOS		68

ABREVIATURAS

INEC	INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS
PEA	POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA
ENEMDU	ENCUESTA NACIONAL DE EMPLEO, DESEMPLEO Y SUBEMPLEO
ADSL	ASYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE
TIC	TECNOLOGIAS DE INFORMACION Y COMUNICACIÓN
ARPU	AVERAGE REVENUE PER USER
SMF	SINGLE MODE FIBER
MMF	MULTI-MODE FIBER
PON	PASSIVE OPTICAL NETWORK
POTS	PLAIN OLD TELEPHONE SERVICE
CATV	COMMUNITY ACCESS TELEVISION
HFC	HYBRID FIBER-COAXIAL
DSL	DIGITAL SUBSCRIBER LINE
SDSL	SYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE
HDSL	HIGH-BIT-RATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE
VDSL	VERY-HIGH-BIT-RATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE
FTTH	FIBER TO THE HOME
P2P	POINT-TO-POINT
P2MP	POINT-TO-MULTI-POINT
BPON	BROADBAND PASSIVE OPTICAL NETWORK

EPON	ETHERNET PASSIVE OPTICAL NETWORK
GPON	GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK
ONU	OPTICAL NETWORK UNIT
OLT	OPTICAL LINE TERMINAL
ODN	OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK
ONT	OPTICAL NETWORK TERMINAL
APON	ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE-BASED PASSIVE OPTICAL NETWORK
GEAPON	GIGABIT ETHERNET PASSIVE OPTICAL NETWORK
ITU	INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
IEEE	INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS
TDM	TIME DIVISION MULTIPLEXING
TDMA	TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS
CNT	CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
VAN	VALOR ACTUAL NETO
TIR	TASA INTERNA DE RETORNO
FODETEL	FONDO DE DESARROLLO DE TELECOMUNICACIONES

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCION

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos Generales

- Realizar una red para proveer servicios de internet de calidad ampliando el acceso a la información de los 4534 habitantes de la Parroquia de Salango, cantón Puerto López, provincia de Manabí.
- Proponer una alternativa al servicio existente, ofreciendo un nuevo competidor en el mercado con tarifas y calidad mejoradas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Proponer una alternativa de proveedor de servicios de internet de banda ancha para los 4534 habitantes de la parroquia Salango en donde 2349 son hombres y 2185 mujeres [1], de los cuales son económicamente activos el 64.90% de hombres y el 16.39% de mujeres.
- Desarrollar el estudio para el diseño de la red para el área de 89.17 Km^2 que posee la parroquia de Salango, cantón Puerto López, provincia de Manabí.
- Empezar el análisis y diseño de la red de internet por la parte de mayor densidad poblacional ubicada en la cabecera parroquial de Salango, debido a que es en donde 1698 de los 4534 habitantes de la parroquia Salango se encuentran principalmente agrupados, de acuerdo al censo realizado por el INEC en el año 2010.

1.2 Antecedentes

La Parroquia Salango está localizada al sur de la Provincia de Manabí, la cual pertenece al Cantón Puerto López con coordenadas $1^{\circ} 35' 30,305''$ S - $80^{\circ} 50' 36,369''$ O. Cuenta con una superficie de 89.17 Km^2 , con una población de 4534 habitantes según el censo realizado en el año 2010, proyectado a 5150 habitantes para el año 2015 [2].

La Parroquia Salango la conforman 5 comunidades, Salango (Cabecera Parroquial), Río Chico, Puerto Rico, Las Tunas y Ayampe. Ver Figura 1.1



Figura 1.1: Localización de la Parroquia Salango [3].

La población económicamente activa (PEA) de la parroquia Salango es de 1460, de las cuales 236 personas se dedican a la pesca (16,16%) [2].

Otras actividades en la zona son realizadas para atender turistas que visitan la parroquia, tales como deportes náuticos (buceo, snorkeling, surf y pesca al anzuelo), observación de ballenas jorobadas; paseos a caballo y bicicletas, recorrido por campo agrícola y montaña; avistamiento de aves y arrecifes coralinos, recorrido a la Isla Salango, parcela marina, visita al museo, centro de investigación Salango y sitios arqueológicos.

La gastronomía típica de la parroquia Salango es muy variada y reconocida a nivel nacional, entre los platos más conocidos están los ceviches de pescado, pulpo y concha spondylus, arroz marinero, pescado frito y asado, las cazuelas de mariscos, los percebes, entre muchos más.

La Empresa Pesquera Polar S.A. es una fábrica que se dedica a la elaboración de harina de pescado y extracción de aceite de pescado, vendiendo su producto a nivel nacional e internacional, se encuentra ubicada en la cabecera parroquial de Salango [2].

En la Parroquia Salango se tiene aproximadamente 365 hogares [3], de los cuales el porcentaje de hogares que disponen de internet es del 4.2%, y un 8.0% de hogares disponen de computadoras [2], esto limita enormemente el acceso a la información de los habitantes, privándolos de los servicios en línea que en la actualidad se utilizan para agilizar trámites, y los estudiantes de la Escuela Primaria Felicísimo López y a los estudiantes del Colegio 2 de Agosto.

A continuación, se puede observar el porcentaje de hogares que tienen acceso al internet a nivel nacional. Ver Figura 1.2.

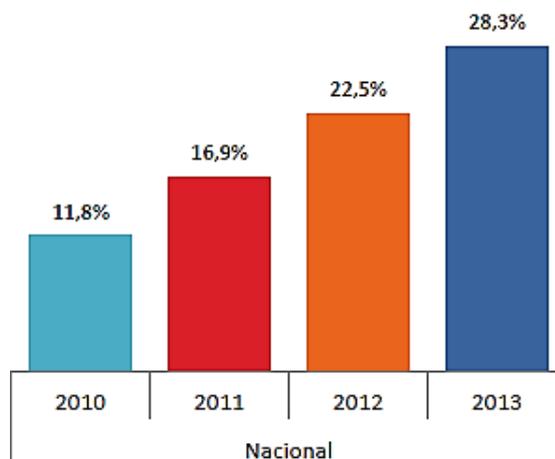


Figura 1.2: Acceso al Internet a nivel Nacional Anual [4].

Del 28,3% de hogares que tienen acceso a Internet, 24,9% accede a través de Banda ancha, en el año 2013. Ver Figura 1.3.

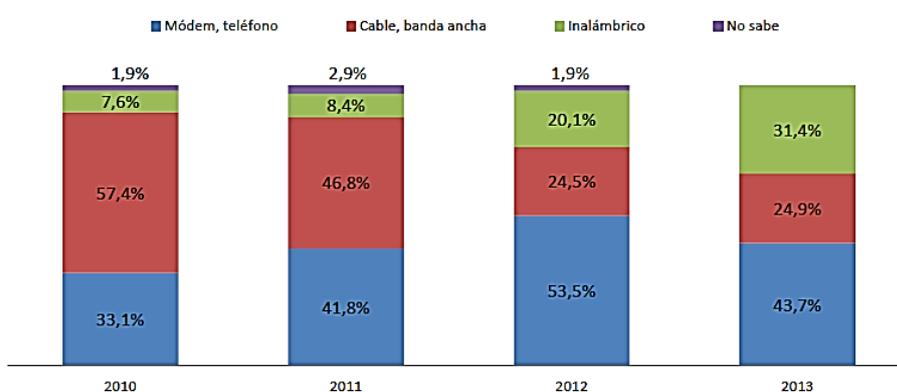


Figura 1.3: Acceso al Internet a nivel Nacional [5].

Según la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU), la provincia de Manabí se encuentra en el antepenúltimo lugar con el 29.5% de personas que tienen acceso a internet, y la provincia de Pichincha se encuentra en primer lugar con el 53.1% de personas con mayor acceso a internet en el año 2013. Ver Figura 1.4.

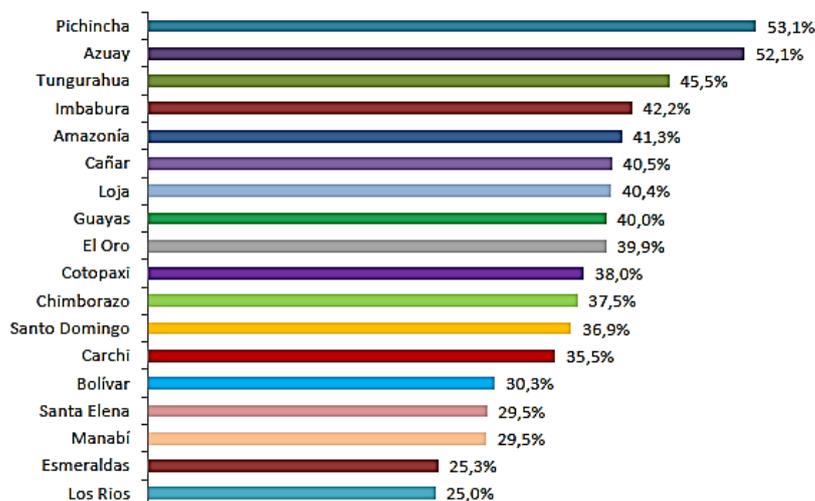


Figura 1.4: Porcentaje de personas que tienen acceso al Internet por provincia en el 2013 [6].

El servicio de internet que actualmente se ofrece debería ser mejorado, pues sufre de muchos cortes. El servicio se recibe por medio de tecnología ADSL que es vulnerable ambiente costero, ya que este corroe el cable de cobre, genera capas de óxido en cada empalme y en cada borne de las cajas de la red actual, además de producir daños en los circuitos de los equipos terminales.

1.3 Justificación

Actualmente con el avance de la tecnología y las regulaciones que el Estado Ecuatoriano tiene con respecto a las comunicaciones, se espera que todas las compañías que ofrecen servicios de internet, ofrezcan una buena calidad, y estén acorde con las regulaciones dadas. Lamentablemente esto no se ha alcanzado en la Comunidad de Salango, por lo cual nos hemos basado en los siguientes artículos para el estudio de nuestro proyecto.

El Artículo 22 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones 2015 en el literal 1 establece que los abonados, clientes y usuarios de servicios de telecomunicaciones tendrán derecho a disponer y recibir los servicios de

telecomunicaciones contratados de forma continua, regular, eficiente, con calidad y eficacia. [7]

Además, el Artículo 89 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones establece que el Servicio Universal constituye la obligación de extender un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones, a todos los habitantes del territorio nacional, con condiciones mínimas de accesibilidad, calidad y a precios equitativos, con independencia de las condiciones económicas, sociales o la ubicación geográfica de la población.

El Estado promoverá la prestación del Servicio Universal para la reducción de las desigualdades y la accesibilidad de la población a los servicios y a las tecnologías de la información y las comunicaciones, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley, sus reglamentos y el Plan de Servicio Universal. [7]

De igual manera el artículo 387 de la Constitución de la República del Ecuador literal 3 establece que es responsabilidad del Estado asegurar la difusión y el acceso a los conocimientos científicos y tecnológicos, el usufructo de sus descubrimientos y hallazgos en el marco de lo establecido en la Constitución y la Ley. [8]

Actualmente Salango dispone del servicio de internet banda ancha por ADSL. Salango al estar en un ambiente salino, este es desfavorable para el cable de cobre que utiliza ADSL, además de que llegara un punto en que el cable de cobre no pueda utilizarse más, por lo que se tendría que realizar un recableado en las zonas servidas por la red ADSL, lo que trae pérdidas económicas.

La tecnología ADSL al no poder cubrir grandes rangos de distancias, ni poseer gran capacidad, traería inconvenientes al expandir el servicio a las parroquias aledañas a la cabecera parroquial, como la colocación de nodos en cada parroquia a la que se le quiera dar el servicio, lo que conlleva un gasto adicional por cada parroquia.

También tiene la desventaja de que la velocidad depende de la distancia entre el abonado y el nodo, lo que genera limitantes para los abonados que se encuentren lejos del nodo.

Con la información disponible se ha propuesto a realizar un estudio y diseño pertinentes para ofrecer un servicio de internet con una calidad óptima para la Comunidad costera de Salango.

1.4 Alcance

El presente proyecto cuenta con suficiente capacidad de internet, y además posee una posibilidad de expansión a futuro hacia las parroquias adjuntas a Salango, con el cual se ampliaría y mejoraría el servicio actual en aquellas parroquias.

El diseño permite a futuro la implementación de telefonía, televisión digital terrestre, o cualquier otro servicio utilizando la red propuesta, permitiendo una mejora en la comunicación entre habitantes de la Parroquia de Salango y sus alrededores.

El proyecto permite también atender las necesidades de internet y tecnologías de la información para las escuelas y colegios de las parroquias, mejorando las herramientas disponibles en la educación en las nuevas generaciones.

Además, la parroquia de Salango recibió 50 mil turistas solo en el 2014, lo cual lo convierte en un sector de desarrollo turístico, con este proyecto se pretende mejorar la cobertura de internet de los puntos de mayor concentración turística, para mantener al turista comunicado con sus familiares y amigos.

1.5 Limitaciones

El presente proyecto empezara en cabecera parroquial y será el primer paso para el mejoramiento del servicio de internet en toda la parroquia de Salango, debido a que posee la mayor concentración de habitantes de entre las comunas, convirtiendo este proyecto en la parte inicial para el despliegue de las TIC's (Tecnologías de Información y Comunicación) que en futuro cercano abarcaría a las parroquias aledañas.

La cabecera parroquial posee un área geográfica de 1.543 Km^2 , y cuenta 1698 habitantes (los cuales tienen un ingreso promedio de \$366 mensuales) respecto al censo realizado en el año 2010, proyectado a 1929 habitantes para el 2015 [2]. Ver Figura 1.5

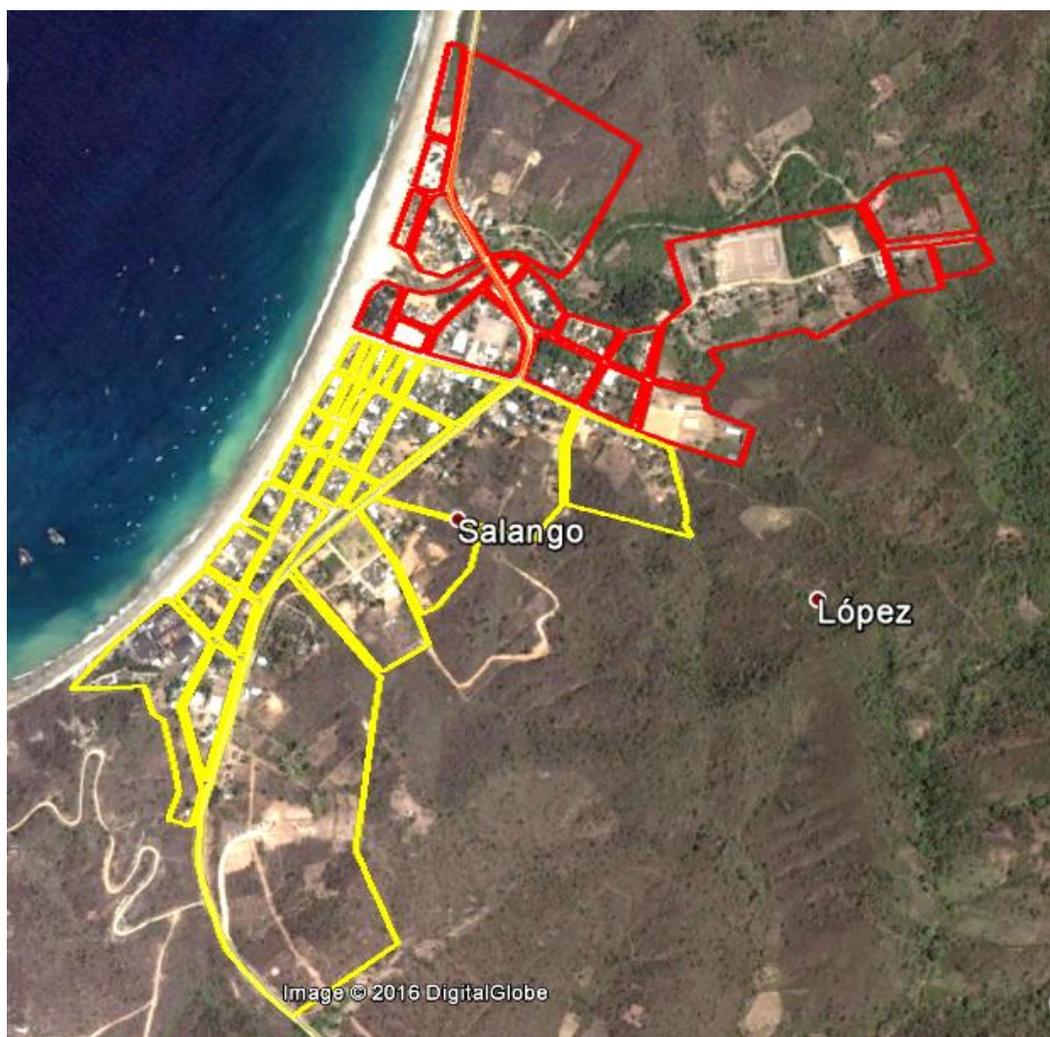


Figura 1.5: Plano de la Comunidad Salango [9].

1.6 Ingresos Proyectados

Para el cálculo de los ingresos proyectados para los tres primeros años, hemos tomado los siguientes valores, considerando el tercer escenario (50% de las viviendas, para mayor información dirigirse al Anexo A):

- Número de Suscriptores: 183
- Costo de Inscripción: \$90 (Se lo puede pagar durante el primer año de servicio)
- Plan Hogar 3Mbps: \$30.46

- Plan Hogar 5Mbps: \$51.41
- Plan Profesional 3Mbps: \$38.95
- Plan Industrial 5Mbps: \$69.50

En la Tabla 1 podemos observar el número de suscriptores para los tres primeros años.

	Año 1	Año 2	Año 3
Suscriptores	187	187	187

Tabla 1: Cantidad de Suscriptores del Primer, Segundo y Tercer Año

Como se puede observar en la Tabla 1, no hay crecimiento anual, puesto que por conveniencia se abarco 183 viviendas de la cabecera parroquial, en conjunto con el museo, escuela, colegio e industria.

Los resultados de los Ingresos Proyectados los podemos observar en la Tabla 2.

Descripción	Años		
	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos Proyectados	\$95,249.23	\$78,419.23	\$78,419.23
Inscripción	\$16,830.00	\$ 0	\$ 0
Plan Hogar 3Mbps	\$53,358.04	\$53,358.04	\$53,358.04
Plan Hogar 5Mbps	\$22,825.15	\$22,825.15	\$22,825.15
Plan Profesional 3Mbps	\$1,402.09	\$1,402.09	\$1,402.09
Plan Industrial 5Mbps	\$ 833.95	\$ 833.95	\$ 833.95

Tabla 2: Proyección de Ingresos del Primer, Segundo y Tercer Año

1.7 Ingreso Promedio por Usuario (ARPU)

En consideración a los ingresos proyectados del primer año, en la Tabla 3 se detalla el ARPU mensual y anual respectivamente.

	ARPU	Tarifa Básica de Servicio de Internet
Mensual	\$47.58	\$30.46
Anual	\$570.92	\$365.47

Tabla 3: ARPU mensual y anual

1.8 Descripción del Proyecto

En la Cabecera Parroquial de Salango, son muy pocos los habitantes con acceso a internet, privándolos de todos los servicios que se ofrecen a través de internet en la actualidad, tales como, tramites en línea, separación de citas médicas, información de estrados cuentas bancarias, etc., obligando a los habitantes a realizar viajes muy extensos, gastando dinero y tiempo, que mediante internet se los realizaría en segundos.

En vista de estos inconvenientes, hemos visto la necesidad de proporcionar un canal de comunicación, diseñando una red de internet para ofrecer un servicio de calidad, impulsando así el desarrollo y la confianza de los habitantes al hacer uso de esta herramienta que hoy en día es tan necesaria.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fibra Óptica

La fibra óptica son hilos muy finos hechos de un vidrio muy puro, que convencionalmente es sílice (dióxido de silicio), con diámetro aproximado al de un cabello, y estos son usadas para transmitir señales con luz a largas distancias [10].

La fibra óptica consiste en un núcleo delgado de vidrio que es el centro de la fibra, el cual es por donde viaja la luz, a este lo rodea un material óptico que refleja la luz de vuelta denominado vidrio de revestimiento, y todo esto tiene un recubrimiento plástico, que se conoce con el nombre de chaqueta el cual protege la fibra contra cualquier daño [10].

Existen dos tipos de fibra óptica, como podemos observar en la Figura 2.1, la fibra mono-modo (SMF) y la fibra multi-modo (MMF), por ambos se transmite luz láser infrarroja.

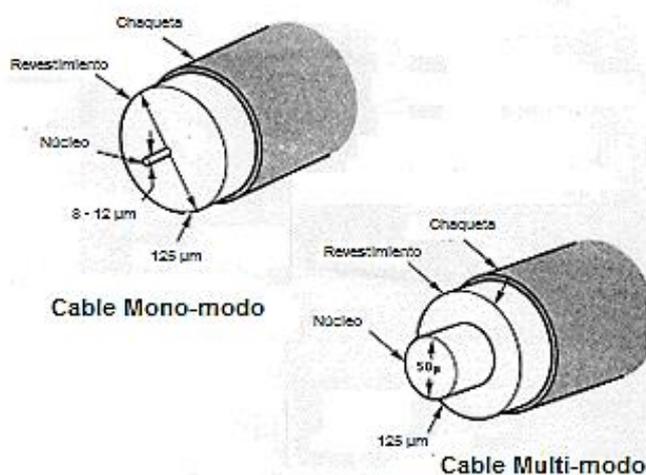


Figura 2.1: Tipos de Fibra Óptica: Mono-modo y Multi-modo [11].

La fibra mono-modo (SMF) tiene un núcleo más pequeño que la fibra multi-modo (MMF), y este solo permite el paso de la luz en un solo modo a través de él, por lo general se usa para cubrir largas distancias, ya que tiene mayor ancho de banda y sufre menos pérdidas que una fibra multi-modo, por este motivo es utilizada en muchas aplicaciones. El estándar para el núcleo de una fibra mono-modo es de 8-10 μm de diámetro [12].

La fibra multi-modo (MMF) tiene un núcleo más grande que la fibra mono-modo (SMF), su diámetro puede variar entre 50-1000 μm , esto permite que cada cable de fibra multi-modo sea capaz de transportar más de una señal independientemente de las demás hebras. Generalmente tienen un gran ancho de banda, debido al gran núcleo que posee, este permite el paso de cientos de haces de luz simultáneamente. La fibra multi-modo típicamente se usa para prototipos que cubran distancias menores a 2 Km [12], aunque su máxima distancia es de 40 Km con el inconveniente de estar limitada a 100Mbps en dicha distancia. [13]

En la Figura 2.2, podemos observar el funcionamiento de las fibras mono-modo y multi-modo.

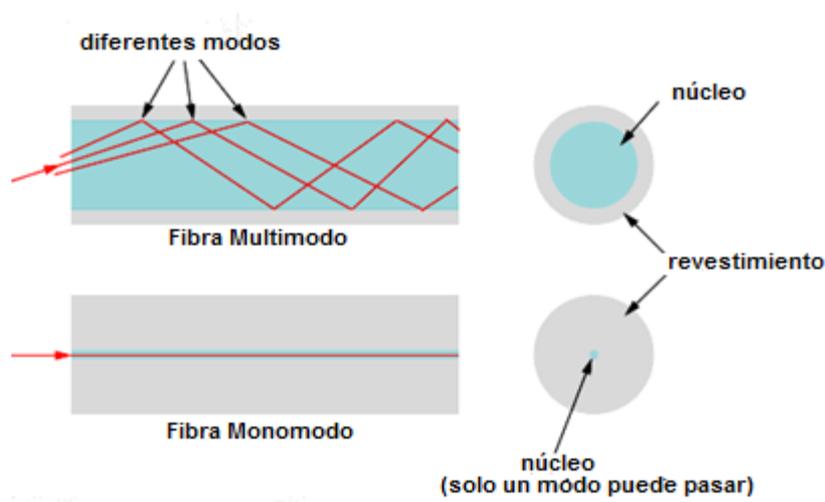


Figura 2.2: Funcionamiento de la Fibra Óptica: Mono-modo y Multi-modo [14].

2.2 Comparación entre Fibra Óptica y Cable de Cobre

La fibra óptica es un medio de propagación muy superior con respecto al cable de cobre, entre los aspectos superiores tenemos:

- Seguridad
 - Fibra Óptica: Ofrece una mayor seguridad debido a que esta no es conductora, y representa ningún peligro al estar cerca de líneas eléctricas de potencia (ambientes urbanos) [15].
- Inmune a Interferencia RF
 - Fibra Óptica: Debido a que no es conductora, la fibra óptica no se ve afectada por inducción o interferencias RF [15].
 - Cable de Cobre: Esta puede actuar como antena, interfiriendo con los datos que se van a enviar a lo largo del cable. En casos extremos el cable de cobre puede tomar energía de transmisores de alta potencia, lo que causa que se sobrecaliente el cable, además de interferir con los datos transmitidos [15].
- Ancho de Banda
 - Fibra Óptica: Las fibras multi-modos, pueden tener un ancho de banda de hasta 2.4 Gbps.
 - Cable de Cobre: El cable de cobre optimizado para velocidades altas de transferencia de datos, tiene un ancho de banda de 100 Mbps.
- Durabilidad
 - El cristal de sílice ultra puro utilizado en la fibra de vidrio tiene una tensión de rotura más alta que el cobre [15].
- Costo
 - Los costos de transmisión por cobre son más baratos que la transmisión por fibra, esto debido a que el costo predominante en la fibra es el láser. Sin embargo, los costos de sistemas de láseres están disminuyendo [15].

- Perdida por Distancia
 - Fibra Óptica: La fibra mono-modo posee pérdidas de 0.2 a 0.5 dB/km, por otro lado, la fibra multi-modo poseer perdidas que varía entre 2 a 3.5 dB/km [16].
 - Cable de Cobre: La atenuación depende de las frecuencias a la que se está trabajando. Y estas son mucho mayores a las de fibra óptica [16].

En la Tabla 4, podemos observar en resumen la comparación entre el cable de cobre (el usado por las tecnologías DSL) y la fibra óptica (el usado por las tecnologías PON).

	Fibra Óptica	Cable de Cobre
Seguro	Si	No
Inmune a Interferencia RF	Sí	No
Ancho de Banda	Muy Alto	Bajo
Durabilidad	Alta	Baja
Costo	Alto	Bajo

Tabla 4: Comparación entre Fibra Óptica y Cable de Cobre

2.3 Evolución del Ancho de Banda de Última Milla

Históricamente, los nodos estaban interconectados por cable coaxial y enlaces microondas o satélite.

Al inicio de los años 80, se comenzó a hablar de DSL una nueva tecnología para su época, ofreciendo velocidades de bajada de hasta 1.5 Mb/s y 512 Kbps de subida, lo suficiente para transmitir un video comprimido [17].

La tecnología DSL siempre se ha enfocado en proveer un camino de datos útil que pueda operar concurridamente con el POTS (plain old telephone service) del cliente. La última entrega utiliza los 3 kHz más bajos del espectro disponible [18], y posee velocidades de hasta 100 Mbps de subida y bajada.

A finales de los 80 se implementaron las redes CATV con la arquitectura HFC (Hybrid Fiber Coaxial), para optimizar y mejorar las redes que funcionaban con coaxial [19], con velocidades de subida de 3.088 Mbit/s, 1.544 Mbit/s y 256 kbit/s, velocidades de bajada de 6 a 9 Mbits/s por 8 MHz de canal [20].

El emergente requerimiento de simetría en las velocidades de subida y bajada, fue consecuencia de factores diversos, entre ellos la proliferación de utilización del servicio de internet en residencias y negocios pequeños, constituía un reto para ambos DSL y Cable Coaxial.

Debido a lo cual se está implementando la tecnología FTTH, la cual busca conectar casas directamente a la fibra óptica, habilitando mejoramientos enormes al ancho de banda que se puede proveer a los consumidores [18].

En la Figura 2.3, se observa las diferentes configuraciones de las tecnologías de ancho de banda terrestre, las líneas rojas en la figura representan la fibra óptica, mientras que las líneas negras representan el cable de cobre.

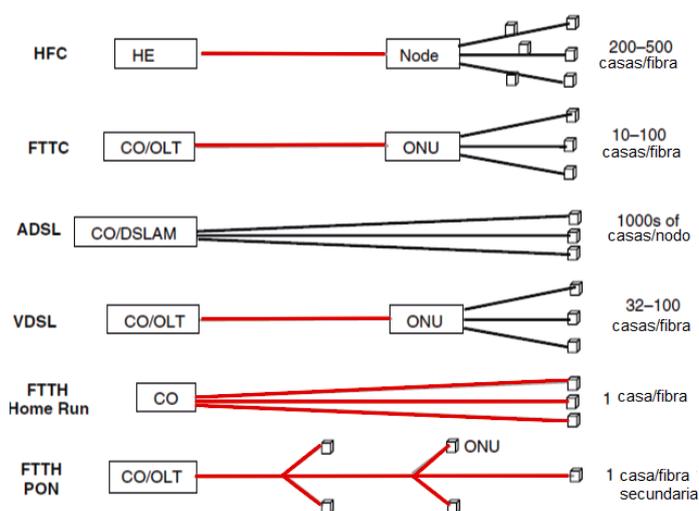


Figura 2.3: Evolución del ancho de banda terrestre [18].

2.4 DSL (Digital Subscriber Line)

DSL es una tecnología que transmite datos a alta velocidad a través de la tradicional línea telefónica de cobre que van hacia las viviendas. El servicio de banda ancha basado en DSL provee de acceso punto a punto altas velocidades, esto depende de la disponibilidad y distancia a la que se encuentra un inmueble de la red de la compañía telefónica [21].

Existen algunas variantes de la tecnología de transmisión DSL asimétricas y simétricas, tales como, DSL Asimétrica (ADSL), DSL Simétrica (SDSL), DSL de Alta velocidad de datos (HDSL), DSL de Muy Alta velocidad de datos (VDSL), estos dos últimos generalmente son usados por empresas ya que estas tienen mayor demanda de ancho de banda y velocidad de transferencia de datos.

ADSL es principalmente usado por los clientes de hogares, quienes por lo general reciben una gran cantidad de datos y envían pocos datos. ADSL permite la transmisión continua de datos de bajada sobre la misma línea usada para proporcionar el servicio de voz sin interrumpir las llamadas telefónicas en la misma línea. [21]

SDSL es típicamente usado por las empresas, ya que necesitan recibir y enviar gran cantidad de datos, como por ejemplo envío de archivos, videoconferencias, etc. [21]

En la Tabla 5, podemos observar las comparaciones entre las variantes de la tecnología DSL.

	ADSL	HDSL	SDSL	VDSL
Bits / segundo	De 1.5 a 9 Mbps en descendente. De 16 a 640 Kbps en ascendente	1.544 a 2.048 Mbps	1.544 a 2.048 Mbps	De 13 a 52 Mbps en descendente. De 1.5 a 2.3 Mbps en ascendente
Modo	Asimétrico	Simétrico	Simétrico	Asimétrico

	ADSL	HDSL	SDSL	VDSL
Pares de Cobre	1	2	1	1
Distancia (cable de calibre 24)	De 3.7 a 5.5 km	3.7 km	3 km	1.4 km

Tabla 5: Comparación entre las variantes de la tecnología DSL [22]

2.5 FTTH (Fiber To The Home)

FTTH está definida como una arquitectura de red de acceso, en la cual la conexión final con los equipos terminales del suscriptor es a través de fibra óptica, puede brindar servicios tales como, triple play (audio, video y datos), conectividad simétrica de alta velocidad, video en alta definición, etc. [23]

Existen dos tipos básicos de topologías, punto a punto (P2P), también conocido como estrella y punto a multi-punto (P2MP) conocido como árbol o red óptica pasiva (PON).

La topología PON provee un solo cable principal (feeder) del nodo de acceso hacia un punto de división (splitter), desde el cual hay una fibra dedicada para cada suscriptor, o si es necesario se realizará otra división para abarcar más suscriptores. [24]

La topología P2P provee fibras dedicadas entre el nodo de acceso y el suscriptor. Cada suscriptor tiene una conexión directa con una fibra dedicada. [24]

En la Figura 2.4, podemos observar las dos topologías básicas para la tecnología FTTH.

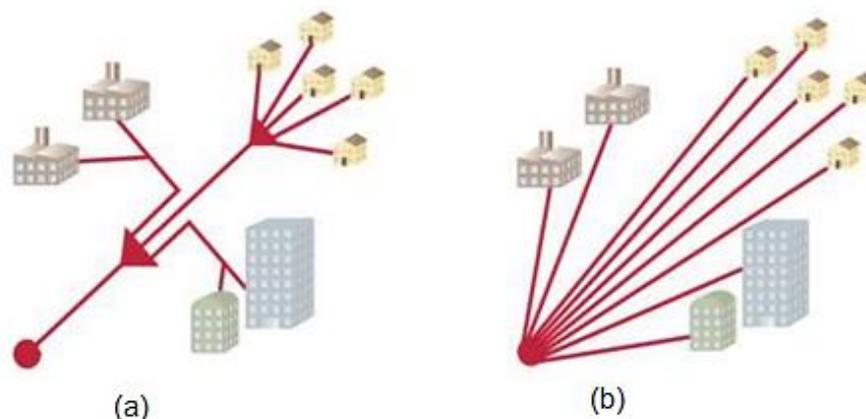


Figura 2.4: Dos topologías básicas para premisas de Fibra Óptica. (a) P2MP árbol o red óptica pasiva (PON) y (b) P2P estrella [24].

2.6 Comparación entre FTTH y ADSL

Las tecnologías FTTH y ADSL ambas presentan ventajas y desventajas, de entre las cuales tenemos:

- FTTH posee:
 - Mayor Estabilidad, la fibra no se ve afectado por condiciones climáticas, ni la distancia entre el nodo y el usuario. [15]
 - Altas velocidades. [25]
 - Instalación dificultosa, hay que abrir la calle para pasar la fibra óptica de manera subterránea, o si es de manera aérea poner postes si lo amerita. [26]
 - Costo Elevado. [25]
 - Descarga de imágenes, músicas, etc., con velocidades de hasta 100Mbps. [26]
 - Dependiendo del tipo de servicio FTTH, puede llegar a tener velocidades en el caso del GPON de hasta 2.4 Gbps simétricos.
- ADSL posee:
 - Menor Estabilidad, se ve afectado por condiciones climáticas (humedad, estática). Dependiente de la distancia entre el nodo y el usuario. [15]

- Velocidades Bajas. [25]
- Fácil Instalación. [26]
- Bajo Costos. [25]
- Descarga de imágenes, músicas, etc., con velocidades de hasta 50 Mbps. [26]
- Dependiendo del tipo de servicio ADSL, se tiene disponibilidad velocidades desde 512 Kbps hasta 5 Mbps, por lo cual la subida de archivos muy grandes, puede tomar tiempo.

Además, de estas comparaciones presentamos en la Tabla 6, comparaciones de las diferentes variantes de DSL y PON.

Servicio	Medio	Mb/s de Bajada	Mb/s de Subida	Máxima Distancia (km)	Estándar
ADSL	Par de Cobre	8	0.64	5.5	Series ITU G.992
VDSL	Par de Cobre	40	6.4	0.4	ANSI T1E1, etc.
ADSL2+	Par de Cobre	16	1.0	1.5	ITU G.992.5
HFC	Mixto (Par de Cobre y Fibra)	57	9.2	25	DOCSIS 2.0
BPON	Fibra	155/622	155	20	Series ITU G.983
GPON	Fibra	1244/2488	155-2400	20	Series ITU G.984
EPON	Fibra	1250	1250	20	IEEE 802.3ah

Tabla 6: Comparación de variantes de DSL, Cable Modems, y Redes Ópticas Pasivas. [27]

Podemos observar que la tecnología FTTH, la cual incluye los estándares BPON, GPON y EPON, ofrecen velocidades superiores a las variantes de DSL y a la tecnología HFC, ofreciendo velocidades de subida y bajada altas, así mismo una mayor distancia con respecto a las DSL, con lo cual se observa la superioridad de las FTTH con respecto a las DSL.

De entre los estándares de FTTH, GPON posee mayor velocidad de transmisión tanto ascendente como descendente, y esta puede llegar a mas equipos terminales (ONUs) que el resto de variantes PON, por lo que es la preferida por las empresas que brindan servicios de internet en estos últimos años.

2.7 Estructura de una Red PON

En la Figura 2.5 podemos observar la estructura y elementos básicos que conforman una red PON.

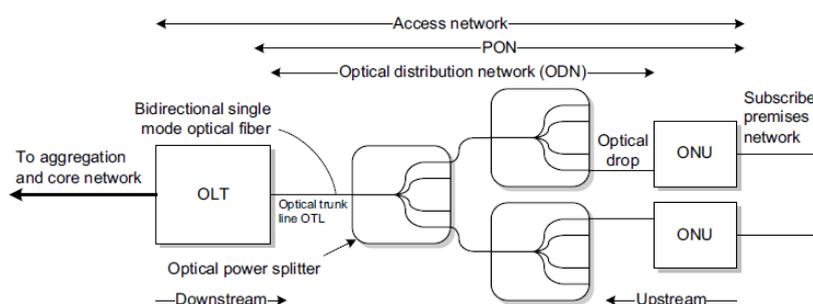


Figura 2.5: Estructura de una red PON [28].

En general tenemos que una red PON está conformada por un OLT, ODN y ONU. A continuación, se definirá cada uno:

OLT (Optical Line Terminal). - La Terminal de Línea Óptica es un elemento activo el cual es la raíz de la red PON, generalmente está ubicado en el Nodo, este transmite una señal continua de datos de bajada, que transporta sincronización, gestión, control y carga útil hacia las ONUs. [28]

ODN (Optical Distribution Network). - La Red de Distribución Óptica es aquella que comunica a la Nodo con las ONUs, que haciendo referencia a los equipos

esta comunica a la OLT con los equipos terminales. Esta está compuesta por los cables de fibra óptica, herrajes, conectores y splitters, ver Figura 2.5, también existen pedestales, cajas de distribución y mangas de empalme, que normalmente se usan para proteger a los splitter de primer y segundo nivel y a las fusiones de fibra óptica respectivamente. Ver Figura 2.6



Figura 2.6: Pedestal, Caja de Distribución, Manga de Empalme.

Herrajes. - Son accesorios de acero galvanizado cuya principal función es sujetar el cable de fibra óptica al elemento que lo soporte. [29]

Conector Óptico. - El conector óptico básicamente es un dispositivo mecánico el cual permite el alineamiento y unión temporal de dos o más fibras ópticas entre sí. Existen dos estándares de conectores, estos son UPC (ultra physical contact) y APC (angled physical contact), lo que los diferencia físicamente es la geometría del acople. Ver Figura 2.7

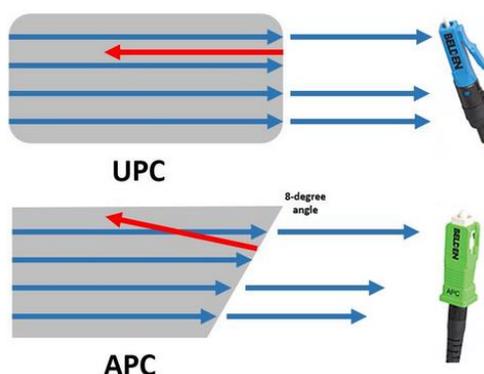


Figura 2.7: Estándares de conectores: UPC y APC.

Splitter. - El splitter es un elemento pasivo, el cual cumple la función de multiplexar o demultiplexar la señal óptica que pasa a través de él, generalmente se lo puede denominar como splitter de primer o segundo nivel, esto según en qué etapa de la red PON estén ubicados. Ver Figura 2.8

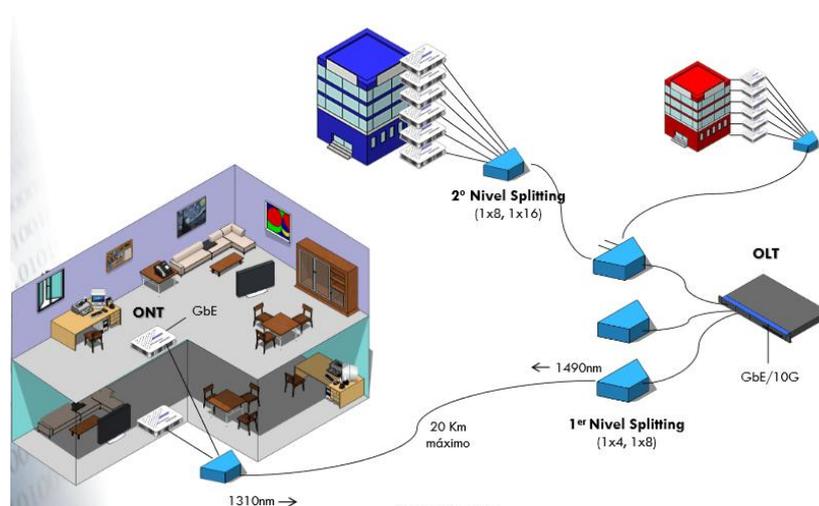


Figura 2.8: Esquema de una red PON [30].

ONU (Optical Network Unit). - La Unidad Óptica de Red también conocido como ONT es el elemento al final de la ODN, este equipo terminal es aquel que llega al usuario. Ver Figura 2.8.

2.8 Tipos de Redes Pasivas PON

Los tipos de Redes Pasivas (PON) son los siguientes:

- **APON (ATM-PON):** Es el primer estándar desarrollado para las tecnologías PON. La transmisión de datos de bajada se efectúa mediante una ráfaga de celdas ATM de 53 bytes cada una con 3 bytes para la identificación del equipo. Cada ráfaga posee una tasa de bits de 155.52 Mbps, los cuales se reparten entre el número de equipos terminales existentes. [31]
- **BPON (Broadband PON):** Es una mejora a la tecnología APON. Posee una arquitectura de forma simétrica, cuya velocidad es de 155 Mbps. [31]

- GPON (Gigabit-Capable PON): Ofrece un ancho de banda mayor que sus predecesores, y posee una eficiencia mayor en el transporte de servicios basados en IP. Se maneja con velocidades de hasta 2.488 Gbps, de igual forma con la BPON posee una arquitectura simétrica. Esta tecnología brinda a los proveedores de servicios la posibilidad de proveer sus servicios tradicionales sin la necesidad de reemplazar equipos para hacerlos compatibles con esta tecnología. [31]
- EPON (Ethernet PON): Esta basado en el transporte de tráfico de Ethernet en lugar del transporte por medio de celdas de ATM. La velocidad de cada usuario final, dependerá de la cantidad de equipos terminales que se interconecten a cada OLT, puede alcanzar velocidades de hasta 1.25Gbps simétricos. [31]
- GEPON (Gigabit Ethernet PON): Combina las tecnologías Gigabit Ethernet y PON, brinda facilidad de la llegada con fibra hacia los abonados. [31]

En la Tabla 7, podemos observar brevemente las comparaciones entre las tecnologías PON.

Parámetro	BPON (G.983)	GPON (G.984)	EPON (802.3ah)
Bits/s descendente	155 ó 622 Mb/s	2.4 Gb/s	1.25 Gb/s
Bits/s ascendente	155 ó 622 Mb/s	1.2 ó 2.4 Gb/s	1.25 Gb/s
No. ONUs	Hasta 32, limitada por atenuación	Hasta 64, limitada por atenuación	16 típicamente, limitada por atenuación

Tabla 7: Comparación entre BPON, GPON y EPON. [32]

La ITU y la IEEE han acordado que para BPON, GPON y EPON, la transmisión continua de bajada de datos digitales, voz o video, viajara a 1490nm de longitud de onda, la transmisión continua de subida de datos digitales, voz y video, se da a 1310nm de longitud de onda, y la transmisión continua de bajada de video analógico se da con una longitud de onda de 1550nm [33], como se puede observar en la Figura 2.9.

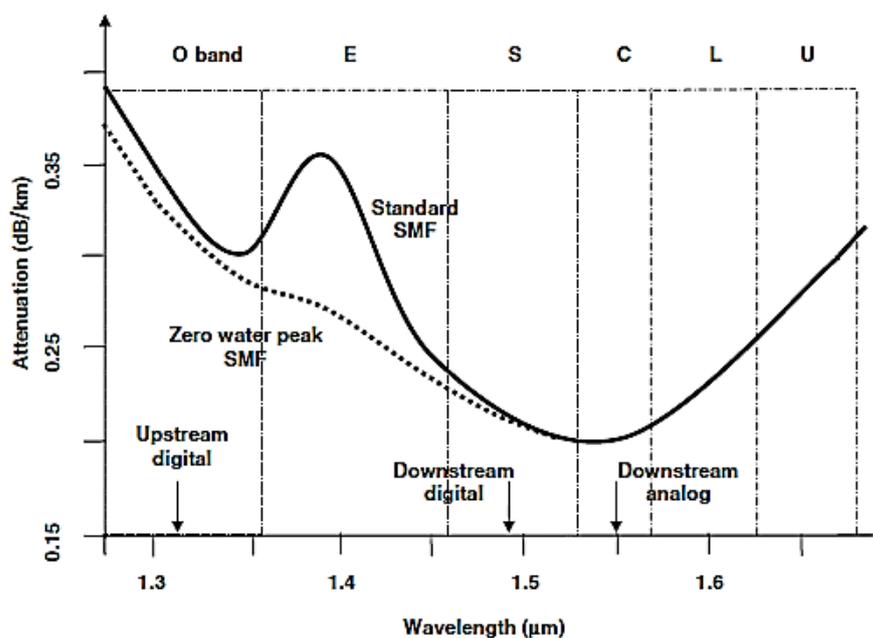


Figura 2.9: Atenuación de la Fibra en función de la Longitud de Onda [33].

En la Figura 2.9, observamos la gráfica de la fibra óptica mono-modo estándar (línea continua) y la gráfica de la fibra óptica pico de agua cero mono-modo (línea punteada), esta última ofrece menores atenuaciones para el rango de longitudes de onda de 1260nm hasta 1535nm en comparación a la fibra óptica mono-modo estándar, haciéndola la preferida en el mercado.

2.9 Tecnología GPON

Se escogió la tecnología GPON ya que esta es una mejora basada en las redes PON y ofrece una mayor eficiencia con respecto a sus predecesores.

GPON se define como una red óptica pasiva con capacidad de gigabit, la cual según el estándar ITU-T G.984 proporciona velocidades de 2.4 Gbps de bajada y 1.25 Gbps de subida y puede ofrecer hasta más de 100 Mbps por usuario. [34]

GPON utiliza los mismos elementos que una red PON, definidos anteriormente.

Algunas de las características de las redes GPON son:

- Soporte de todos los servicios: voz (TDM, tanto SONET como SDH), Ethernet (10/100/1000 BaseT), ATM.
- Alcance máximo de 20 km, aunque el estándar se ha preparado para que pueda llegar hasta los 60 km.
- Soporte de varias tasas de bits con el mismo protocolo, incluyendo velocidades simétricas de 622 Mbps, 1.25 Gbps, y asimétricas de 2.4 Gbps en el enlace descendente y 1.25 Gbps en el ascendente. [34]
- Seguridad del nivel de protocolo para el enlace descendente debido a la naturaleza multicast de PON.
- El número máximo de usuarios que pueden colgar de una misma fibra es 64 (la última entrega del estándar está preparado para dar hasta 128).

Al comunicarse la OLT con el equipo terminal, lo hacen a través del splitter, esta comunicación funcionará de forma diferente si lo hace descendente o ascendentemente.

En el sentido descendente se utiliza la técnica TDM (Time Division Multiplexing), los datos que se envían pasan a través del splitter, este reparte los datos hacia todos los equipos terminales, pero esta filtra los datos recibidos y solo deja pasar aquellos que le corresponden. Ver Figura 2.10. [35]

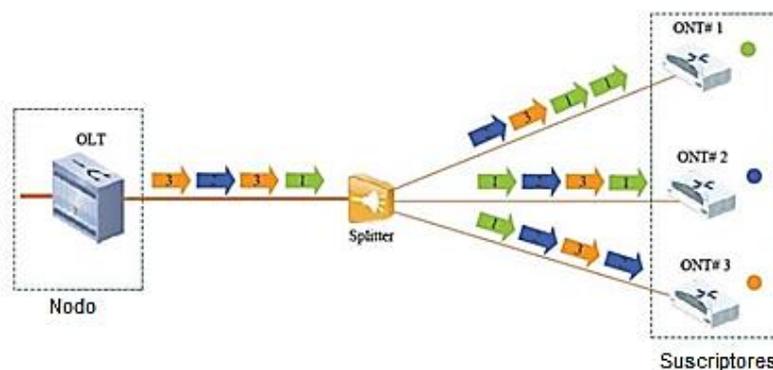


Figura 2.10: Comunicación descendente entre OLT y ONU.

En el sentido ascendente se utiliza la técnica TDMA (Time Division Multiple Access), la OLT controla el canal ascendente, asignando ventanas de tiempo a los equipos terminales. Es requerido un control de acceso al medio para evitar colisiones y para distribuir el ancho de banda entre los usuarios. Al ser el splitter un elemento pasivo, es necesaria la perfecta sincronización de los paquetes ascendentes que le llegan, para que sea capaz de formar la trama GPON. Por esto es necesario que la OLT conozca la distancia a la que se encuentra cada equipo terminal, para tener en cuenta el retardo. Ver Figura 2.11. [35]

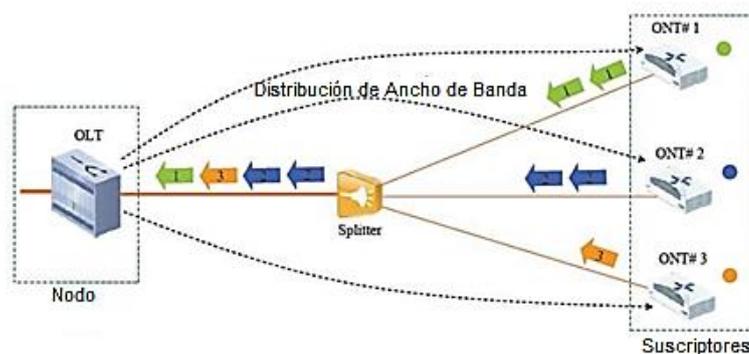


Figura 2.11: Comunicación ascendente entre OLT y ONU.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE LA RED

3.1 Análisis de la Información

Según la información recopilada previamente, se decidió escoger la tecnología FTTH con el estándar GPON para el diseño de la red de servicios de internet para las 365 viviendas en 652 lotes en la cabecera parroquial de Salango, ya que GPON soporta una mayor densidad de usuarios por puerto frente a BPON y EPON, por lo tanto, el ancho de banda útil es mayor, brindado así un mejor servicio a menor coste.

3.2 Área de Servicio

La superficie de la cabecera parroquial de Salango es de 1.543 Km^2 aproximadamente, a la cual se ajustará el diseño que se va a realizar. Ver Figura 3.1.

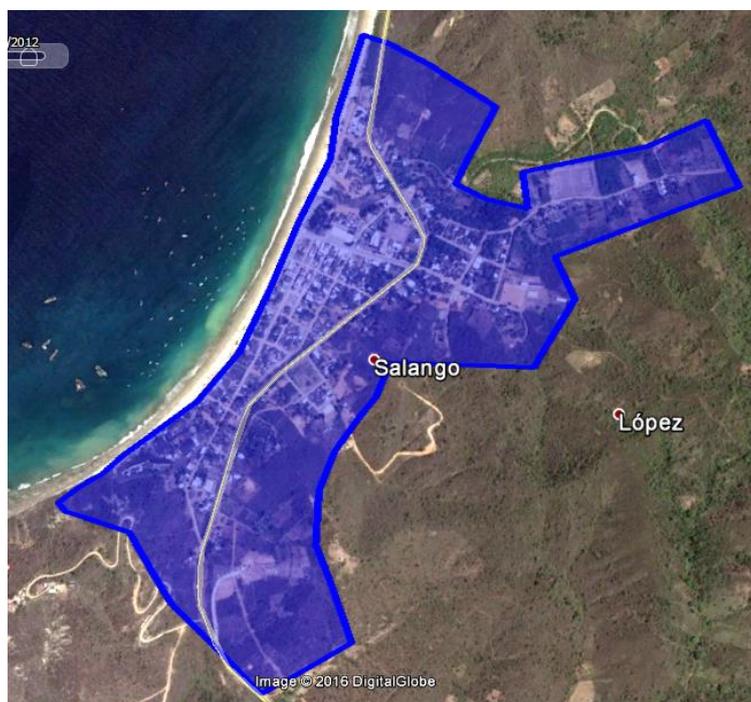


Figura 3.1: Superficie de la Cabecera Parroquial de Salango.

3.3 Sectorización

Contrastando la información obtenida del Google Earth y del plano de la cabecera parroquial de Salango, que fue provisionado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Puerto López, se pudo deducir que donde hay la mayor densidad de viviendas es en la zona centro y sur de la cabecera parroquial, por ende, se decidió sectorizar la superficie de la cabecera parroquial de Salango en dos zonas:

- Zona Norte (Ver Figura 3.2).



Figura 3.2: Zona Norte de la Cabecera Parroquial de Salango.

- Zona Sur (Ver Figura 3.3).



Figura 3.3: Zona Sur de la Cabecera Parroquial de Salango.

3.4 Cuantificación

Según la información obtenida del Google Earth y del plano de la cabecera parroquial de Salango, que fue provisionado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Puerto López, se pudo observar que cada zona (norte y sur), tienen sus respectivas manzanas, y en estas hay viviendas y lotes vacíos, se contabilizó uno a uno incluyendo viviendas y lotes vacíos obteniendo los siguientes datos:

- Zona Norte. Ver Tabla 8.

Cabecera Parroquial Salango - Zona Norte		
Mz.	Numero de Lotes	Observación
1	5	Museo
2	1	-
3	27	Escuela
4	22	-
5	16	-
6	1	Colegio
7	14	-
8	2	-
9	0	Terreno Desocupado
10	11	-
11	4	-
12	32	-
13	12	-
14	35	-
15	25	-
16	0	Cementerio
17	2	-
18	0	Terreno Desocupado
19	0	Terreno Desocupado
20	2	-

Mz.	Numero de Lotes	Observación
21	0	Terreno Desocupado
22	8	-
23	12	-
24	7	-
25	0	Terreno Desocupado

Tabla 8: Número de Lotes por Manzana en la Zona Norte de la Cabecera Parroquial de Salango

- Zona Sur. Ver Tabla 9.

Cabecera Parroquial Salango - Zona Sur		
Mz.	Numero de Lotes	Observación
1	3	Industria
2	22	-
3	3	-
4	8	-
5	9	-
6	22	-
7	5	-
8	5	-
9	13	Nodo Proyectado
10	9	-
11	20	-
12	7	-

Mz.	Numero de Lotes	Observación
13	0	Iglesia y Parque
14	20	-
15	24	-
16	8	-
17	6	-
18	8	-
19	7	-
20	6	-
21	12	-
22	13	-
23	8	-
24	29	-
25	51	-
26	17	-
27	34	-
28	0	Terreno Desocupado
29	22	-
30	23	-

Tabla 9: Número de Lotes por Manzana en la Zona Sur de la Cabecera Parroquial de Salango

Según los datos de la Tabla 8 y la Tabla 9, podemos observar que en la cabecera parroquial de Salango hay 652 lotes que se distribuyen en 238 lotes en la zona norte y 414 en la zona sur, en los cuales se han construido 365 viviendas.

A continuación, se detalla el criterio que se tomó, según el número de lotes con un aumento del 20% (criterio de diseño), para el dimensionamiento de cuantas cajas de distribución son necesarias para la red de acceso. Ver Tabla 10.

Número de lotes totales con un aumento del 20%	Número de cajas de distribución	Número de usuarios por caja de distribución
783	97	8

Tabla 10: Número de Cajas de Distribución necesarias para la cantidad de lotes totales con un aumento del 20%

En Anexo B, se muestra el diagrama de bloques para el diseño de la red de la zona norte y zona sur respectivamente, detallando cuantas cajas de distribución fueron necesarias para la red.

3.5 Cableado

El cableado va a estar dividido en dos partes:

- Cableado para el Enlace Troncal
- Cableado para la Red de Acceso

El cableado para el Enlace Troncal se muestra en la Figura 3.4, que va desde el nodo más cercano que se encuentra en Jipijapa hasta el nodo proyectado de la cabecera parroquial de Salango, este está representado de color azul y tiene una longitud de 63.5 Km aproximadamente, el cual se lo hará con un cable de fibra óptica en el que usaremos dos hilos, uno para transmisión (Tx) y otro para recepción (Rx).

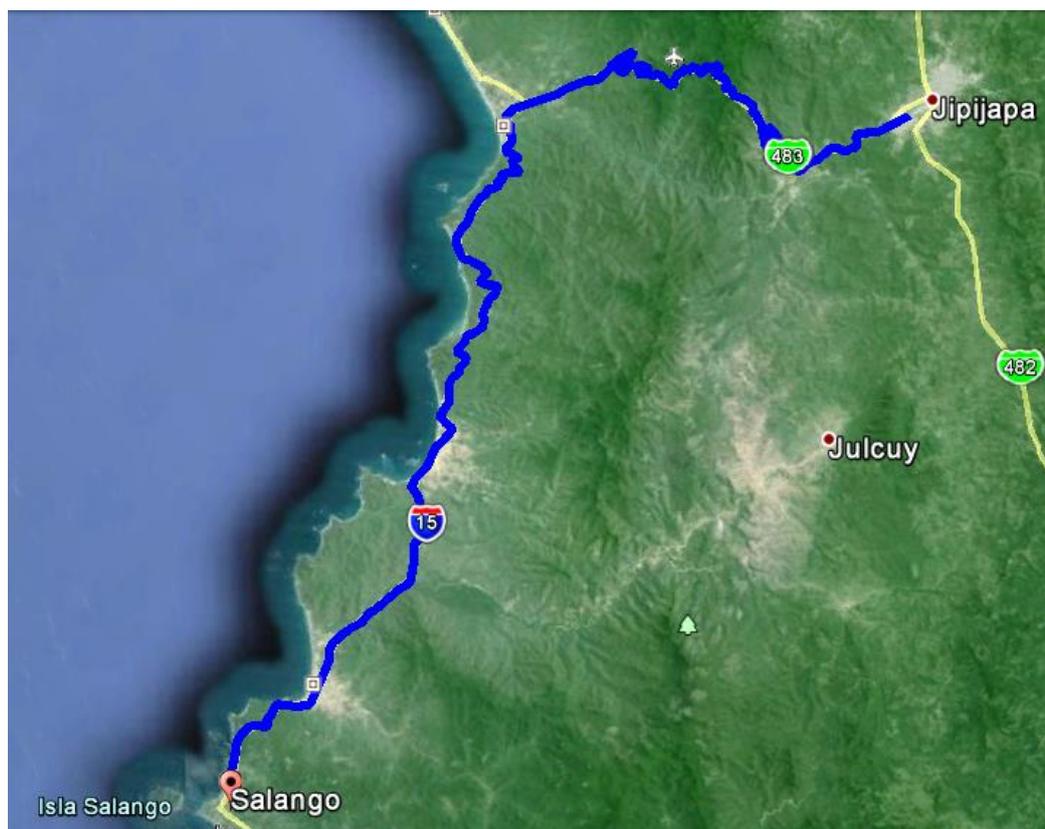


Figura 3.4: Cableado para el Enlace Troncal.

El cableado de la Red de Acceso se lo diseñó en diferentes tramos, siguiendo el esquema mostrado en La Figura 3.5.

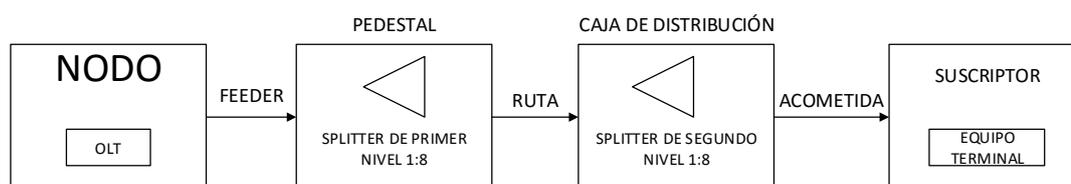


Figura 3.5: Esquema para el Cableado de la Red de Acceso.

En primer lugar, se ubicaron los pedestales de tal manera que cubran las manzanas propuestas en el diagrama de bloques para el diseño de la red Ver el Anexo B.

A continuación, se muestra en donde quedaron ubicados los pedestales para la zona sur. Ver Figura 3.6



Figura 3.6: Pedestales Zona Sur.

A continuación, se muestra en donde quedaron ubicados los pedestales para la zona norte. Ver Figura 3.7

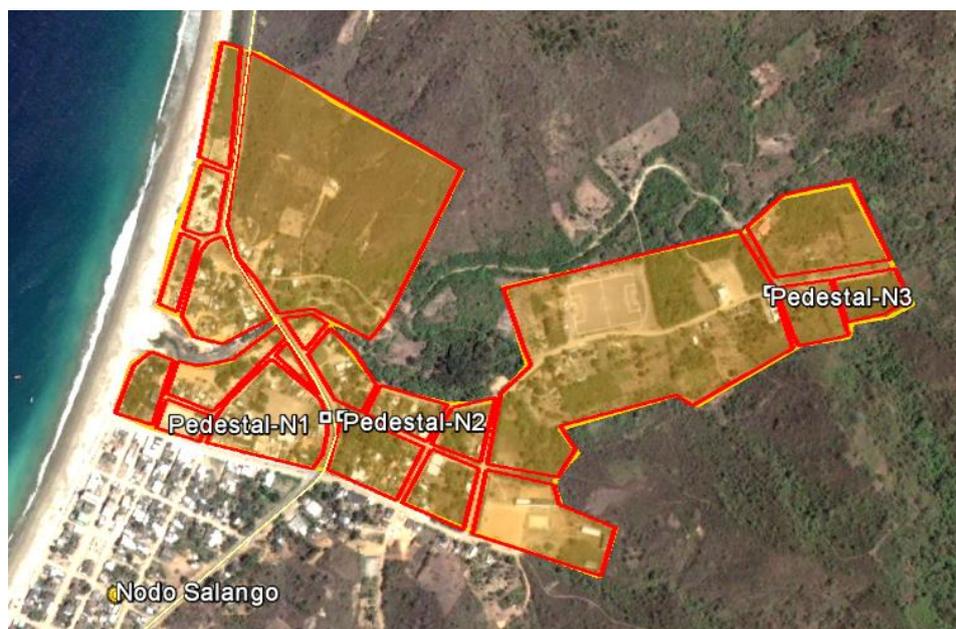


Figura 3.7: Pedestales Zona Norte.

Siguiendo el esquema propuesto se debe colocar un feeder al pedestal. Ver Figura 3.8



Figura 3.8: Feeder para el Pedestal S1.

Por lo tanto, si colocamos un feeder a cada pedestal quedará de la siguiente manera. Ver Figura 3.9.

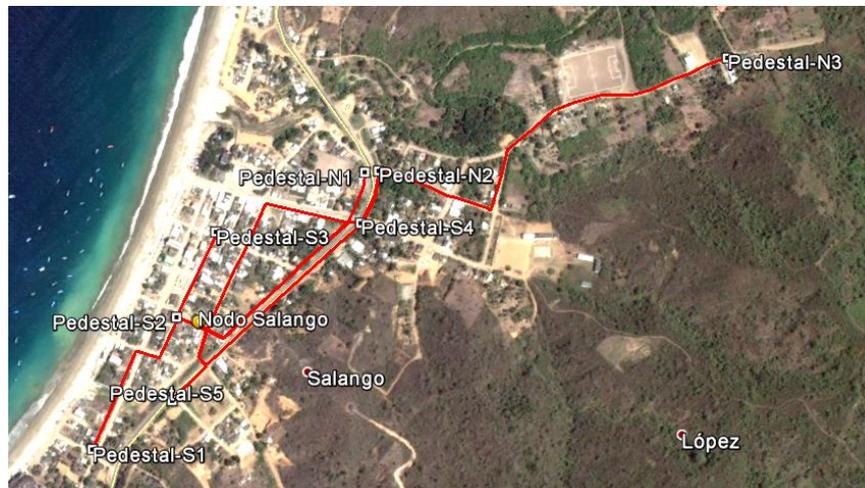


Figura 3.9: Feeders para la Red de Acceso.

Ahora por cada pedestal se obtendrán dos rutas con un máximo de 8 cajas de distribución cada una. Ver Figura 3.10 y Figura 3.11.



Figura 3.10: Cableado de la Ruta 1 del Pedestal S1.



Figura 3.11: Cableado de la Ruta 2 del Pedestal S1.

Para el diseño del tramo final se escogieron 3 manzanas, para mostrar como es el cableado desde la caja de distribución hacia el usuario, para representar la acometida se escogió el color azul.

En la manzana 4 se representaron cinco posibles usuarios, con sus respectivas acometidas. Ver Figura 3.12

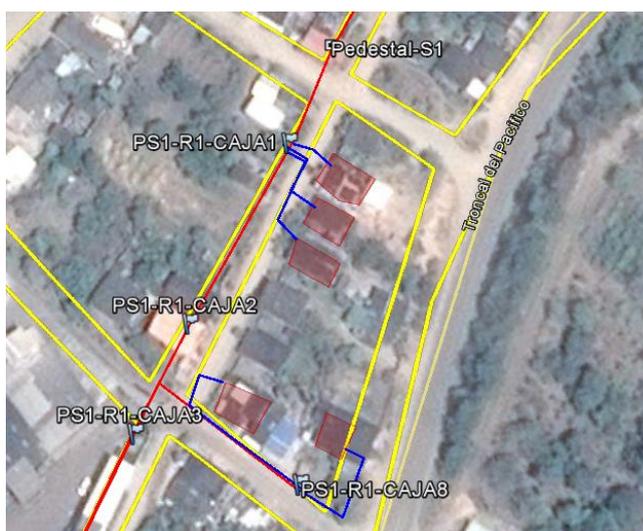


Figura 3.12: Acometidas y usuarios de la Manzana 4.

En la manzana 8 se representaron cuatro posibles usuarios, con sus respectivas acometidas. Ver Figura 3.13



Figura 3.13: Acometidas y usuarios de la Manzana 8.

En la manzana 19 se representaron 8 posibles usuarios, con sus respectivas acometidas. Ver Figura 3.14

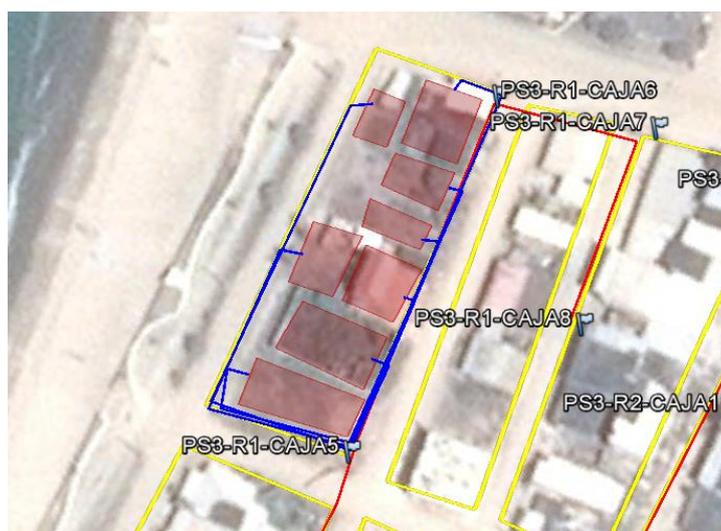


Figura 3.14: Acometidas y usuarios de la Manzana 19.

De forma general tenemos que el cableado de la red de acceso quedará de la siguiente manera. Ver Figura 3.15. Para mayor detalle ver el Anexo C.



Figura 3.15: Cableado de la Red de Acceso.

En total la red de acceso quedo conformada por:

- 8 Feeders.
- 8 Pedestales, 5 para la zona sur y 3 para la zona norte.
- 16 Rutas, 2 rutas por cada pedestal.
- 116 Cajas de Distribución, 74 cajas de distribución para la zona sur y 42 cajas de distribución para la zona norte.
- 132 Splitters, 16 splitters de primer nivel y 116 splitters de segundo nivel.

A continuación, se describe en detalle la longitud de cada feeder y de cada ruta correspondiente a la red de acceso, según La Norma Técnica de Diseño de ODN de CNT aprobada en abril de 2015 indica que se debe de dejar 30 metros de reserva por cada 500 metros de tendido. Ver Tabla 11

Kilometraje de Fibra							
Zona	Feeder (Km)	Reserva de Feeders (Km)	Pedestal	Reserva de Rutas (Km)	Ruta	Kilometraje	Total (Km)
Zona Norte	0.46	0.03	Pedestal N1	0.03	Ruta 1	0.38	0.87
				0.06	Ruta 2	0.63	1.15
	0.58	0.03	Pedestal N2	0.06	Ruta 1	0.55	1.19
				0.06	Ruta 2	0.61	1.25
	1.34	0.06	Pedestal N3	0.12	Ruta 1	0.62	2.08
				0.09	Ruta 2	0.31	1.74
Zona Sur	0.37	0.03	Pedestal S1	0.06	Ruta 1	0.73	1.16
				0.03	Ruta 2	0.36	0.76
	0.05	0.03	Pedestal S2	0.03	Ruta 1	0.48	0.56
				0.03	Ruta 2	0.37	0.45
	0.22	0.03	Pedestal S3	0.03	Ruta 1	0.35	0.6
				0.03	Ruta 2	0.52	0.77
	0.39	0.03	Pedestal S4	0.06	Ruta 1	0.9	1.35
				0.06	Ruta 2	0.72	1.17
0.18	0.03	Pedestal S5	0.03	Ruta 1	0.37	0.58	
			0.03	Ruta 2	0.62	0.83	

Tabla 11: Kilometraje de Fibra para la Red de Acceso

3.6 Equipos

3.6.1 Equipos del nodo

Gigabit Ethernet Transceiver

Es el equipo activo que permite realizar el enlace troncal, se lo puede apreciar en la Figura 3.16, y sus características las observamos en la Tabla 12.



Figura 3.16: Gigabit Ethernet Transceiver.

Características	
Estándares	IEEE802.3ab 1000BaseT IEEE802.3z 1000BaseSX/ 1000BaseLX
Tipo de Fibra	Monomodo
Longitud de Onda de transmisión	1550 nm nominales (1480 nm máximos, 1580 nm mínimos)
Longitud de Onda de recepción	1310 nm nominales (1260 nm máximos, 1360 nm mínimos)
Sensitividad	-33.0 dBm
Potencia de Salida Máxima	-3.0 dBm
Potencia de Salida Mínima	-8.0 dBm

Características	
Potencia de Entrada Máxima	-3.0 dBm
Distancia Máxima	80 km
Alimentación	12 a 48 Vdc
Dimensiones	5.0038cm x 13.589cm x 10.9982cm (AxLxP)
Peso	0.8 Kg
Temperatura de Operación	-40°C hasta 80°C
Puerto	Auto-MDIX RJ-45 Puerto de Autonegociación

Tabla 12: Características del Gigabit Ethernet Transceiver

Switch Ethernet de Última Milla

Es el equipo activo que permite la conexión de varios OLT con la red Troncal, se lo puede apreciar en la Figura 3.17, y sus características las observamos en la Tabla 13.



Figura 3.17: Switch Ethernet de Última Milla.

Características	
Estándares	IEEE 802.1d STP IEEE 802.1w RSTP, MSTP IEEE 802.1q VLAN IEEE 802.3x Flow Control IEEE 802.1p Priority IEEE 802.3ad LACP
Memoria Flash	32MB
Memoria SDRAM	128MB
Sistema Operativo	Linux Embebido
Enlace de Bajada	24 x 100Base-Fx, SFP
Enlace de Subida	1000Base-X (Opcional 100/1000Base-Tx)
Alimentación	90 Vac – 250 Vac, 50Hz – 60Hz
Dimensiones	483mm x 260mm x 482.60mm (AxLxP)
Temperatura de Operación	-20°C hasta 60°C Humedad 5% - 90%

Tabla 13: Características del equipo Last Mile Ethernet Switch

G-PON OLT

Equipo con el cual se manda señales de sincronización, control y carga útil para cada uno de sus puertos, tiene capacidad de 2 tarjetas con 8 puertos cada una, se lo puede apreciar en la Figura 3.18, y sus características las observamos en la Tabla 14.



Figura 3.18: G-PON OLT.

Características	
Estándares	IEEE 802.1d STP IEEE 802.1w RSTP, MSTP IEEE 802.1q VLAN IEEE 802.3x Flow Control IEEE 802.1p Priority IEEE 802.3ad LACP
Memoria Flash	64MB
Memoria DDR SDRAM	512MB
Sistema Operativo	Linux Embebido
Enlace de Bajada	16 Lineas G-PON
Enlace de Subida	4x1000Base-X
Alimentación	90 Vac – 250 Vac, 50Hz – 60Hz
Dimensiones	483mm x 275mm x 965.20mm (AxLxP)
Temperatura de Operación	-0°C hasta 50°C Humedad 5% - 45%

Características	
Unidad de línea GPON	8PON por tarjeta, 2 tarjetas por caja

Tabla 14: Características del G-PON OLT

3.6.2 Equipo Terminal

G-PON ONT

Equipo terminal que se encuentra en la ubicación del cliente, permite la conexión a la red de enlace, se lo puede apreciar en la Figura 3.19, y sus características las observamos en la Tabla 15.



Figura 3.19: G-PON ONT.

Características	
Estándares	ITU-T G.984 compliant
	IEEE 802.3ah MPCP
	IEEE 802.3x Flow Control
	IEEE 802.3p (128Kb Queuing with 8 Classes)
	IEEE 802.3q (VLAN)

Características	
Relación de Spliteo	Máximo 1:64
Rango del Sistema	Máximo 20Km
Longitud de Onda de Subida	1310nm
Longitud de Onda de Bajada	1490nm
Alimentación	100 – 240 Vac, 50 – 60 Hz, DC 12V/2 ^a
Dimensiones	160mm x 110mm x 27mm (AxLxP)
Temperatura de Operación	-0°C hasta 50°C Humedad 10% - 80%
Puertos	LAN (2*RJ45 100/1000 Base-Tx) WAN (G-PON ITU-T G.984)

Tabla 15: Características del G-PON ONT

3.7 Planta Externa

Los materiales necesarios para la infraestructura de planta externa son:

- Cable de Fibra Óptica
- Herrajes

3.7.1 Cable de Fibra Óptica

Para el enlace troncal se necesitarán 63.5 Km de cable de fibra óptica, como no hay bobinas que tengan tal cantidad de cable de fibra óptica será necesario usar 32 bobinas de 2 Km de fibra óptica de estándar G.652D

3.7.2 Herrajes

Herraje tipo A o de Retención

Se usarán dos herrajes por poste cuando el tendido del cable de fibra óptica cambie de dirección. Ver Figura 3.20

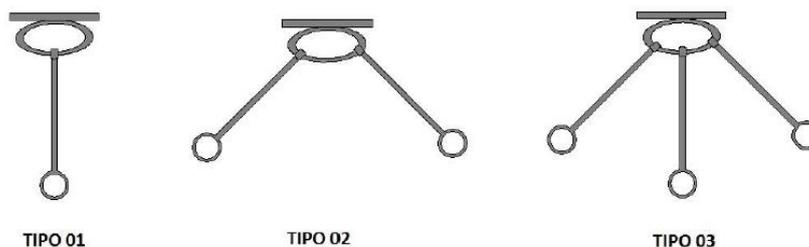


Figura 3.20: Herraje tipo A o de Retención.

Herraje tipo B o de Paso

Se lo usará cuando el tendido del cable de fibra óptica tenga una trayectoria recta. Ver Figura 3.21



Figura 3.21: Herraje tipo B o de Paso.

La cantidad de herrajes se la calcula sumando todas las distancias de tendido aéreo, es decir la longitud de la fibra troncal, más la longitud de la fibra de los feeders, más la longitud de la fibra de cada ruta, todo esto dividido para 90 metros que es aproximadamente la distancia a la que están separados los postes uno del otro, luego asumiremos que el 60% del recorrido tiene una trayectoria recta y el 40% restante el recorrido

cambia de dirección por lo que el resultado del 40% hay que multiplicarlo por dos.

Por lo tanto, en total se tendrá:

- 424 Herrajes tipo B
- 564 Herrajes tipo A

3.8 Diseño Troncal

Para el diseño de la red troncal se utilizaron las ecuaciones 3.1 y 3.2:

$$\begin{aligned}
 \textit{Pérdida de Enlace} = & [\textit{Longitud de la Fibra}(\textit{Km}) \times \\
 & \textit{Atenuación de la Fibra por Km}] + \\
 & [\textit{Pérdidas por Empalmes} \times \textit{\#de Empalmes}] + \\
 & [\textit{Pérdidas por conectores} \times \textit{\#de Conectores}] + \\
 & [\textit{Margen de Guarda}] \qquad (3.1)
 \end{aligned}$$

En donde:

- Longitud de la Fibra (Km): 63.5
- Atenuación por Kilometro (dB)/Km: 0.35
- Perdidas por Empalmes (dB): 0.1
- # de Empalmes: 32
- Pérdidas por Conectores (dB): 0.5
- # de Conectores: 2
- Margen de Guarda (dB): 3

$$P_B = P_{Tx} - S_{Rx}$$

$$P_M = P_B - \textit{Pérdida de Enlace} \qquad (3.2)$$

Para que el enlace sea factible se debe cumplir que $P_M > 0$.

A continuación, se detallan los cálculos realizados para el presupuesto de enlace óptico.

$$\textit{Pérdida de Enlace} = \left[63.5(\textit{Km}) \times \frac{0.35\textit{dB}}{\textit{Km}} \right] + [0.1\textit{dB} \times 32] + [0.5\textit{dB} \times 2] + [3.0\textit{dB}]$$

$$\textit{Pérdida de Enlace} = 29.43 \textit{ dB}$$

$$P_B = P_{Tx} - S_{Rx}$$

$$P_B = -3 \text{ dB} - (-33 \text{ dB})$$

$$P_B = 30 \text{ dB}$$

$$P_M = P_B - LL$$

$$P_M = 30 \text{ dB} - 29.43 \text{ dB}$$

$$P_M = 0.57 \text{ dB}$$

$$P_M > 0 \therefore \text{Enlace Factible}$$

En la Tabla 16 podemos observar el presupuesto de enlace para el presente proyecto.

PRESUPUESTO DE ENLACE DE FIBRA ÓPTICA	
Pérdidas en la fibra por Longitud de Onda	
- Longitud del Cable (Km)	63.5
Pérdidas típicas en la fibra:	
- Tipo de Fibra	Monomodo
- Longitud de Onda (nm)	1310/1550
- Atenuación (dB/Km)	0.35/0.25
- Pérdida Total de la Fibra Monomodo a 1310 nm (dB)	22.23
Pérdidas por Conectores	
- Pérdidas Típicas por Conectores (dB):	0.5
- Número Total de Conectores	2
- Pérdida Total por Conectores (dB)	1
Pérdidas por Empalmes	
- Pérdidas Típicas por Empalme (dB):	0.1
- Número Total de Empalmes	32

PRESUPUESTO DE ENLACE DE FIBRA ÓPTICA	
- Pérdidas Total por Empalmes (dB):	3.2
Plan Total de Atenuación	
- Pérdida total de Fibra (dB)	22.23
- Pérdida Total por Conectores (dB)	1
- Pérdidas Total por Empalmes (dB):	3.2
- Margen de Guarda (dB)	3
- Pérdida Total del Enlace (dB)	29.43
- Especificaciones de los Componentes Activos	Fiber Interface, Singlemode PN 065- 1897WDMBEDTB
- Longitud de Onda de Operación (nm)	1310/1550
- Tipo de Fibra	SM
- Sensitividad de Recepción (dBm)	-33
- Potencia de Transmisión (dBm)	-3
- Potencia de Enlace (dB)	30
Cálculo del Margen de Enlace	
- Potencia de Enlace (dB)	30
- Pérdida Total del Enlace (dB)	29.43
- Margen de Enlace (dB)	0.57

Tabla 16: Presupuesto de Enlace de Fibra Óptica

CAPÍTULO 4

4. EVALUACIÓN FINANCIERA

4.1. Cronograma del Proyecto

El presente proyecto tuvo inicio el martes 20 de octubre del Año 2015 y finalizó el martes 19 de enero del 2016.

En la Figura 4.1, podemos observar todas las actividades que se realizaron para la culminación del presente proyecto.

Desde el planteamiento del problema, la comparación de tecnologías existentes que nos permite resolver el problema, el diseño de la red, hasta el análisis financiero para determinar la viabilidad del proyecto.

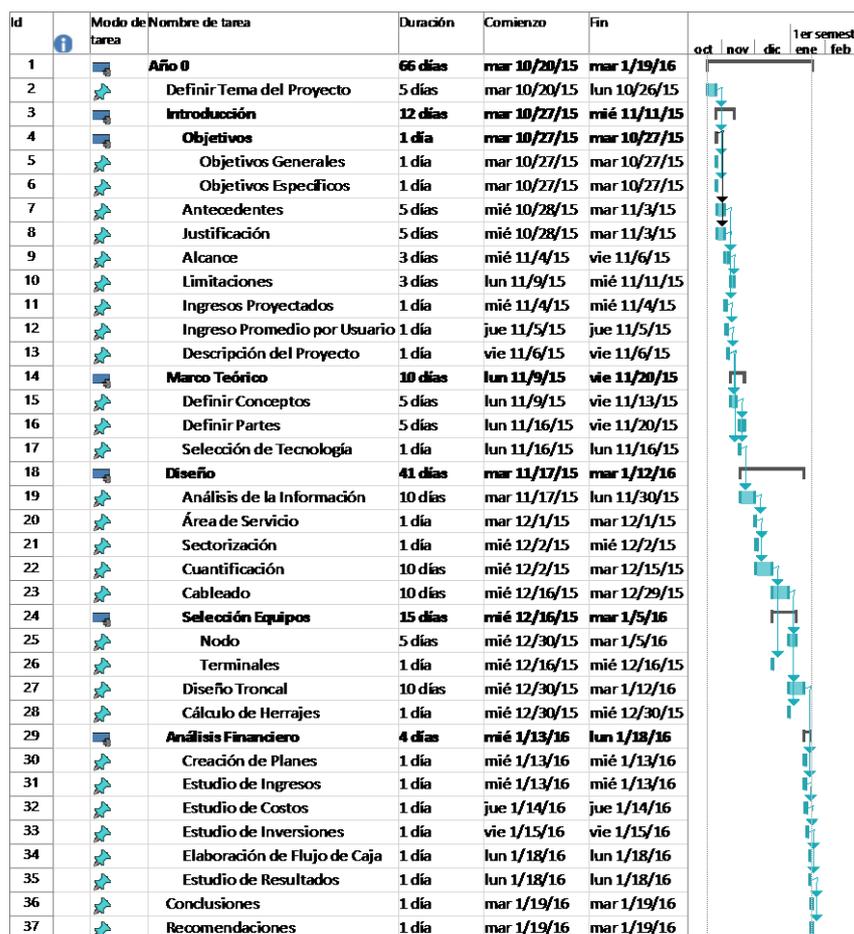


Figura 4.1: Cronograma del Proyecto.

4.2. Análisis de Ingresos y desarrollo de planes

Para el Análisis de los Ingresos y desarrollo de planes, se han considerado las categorías hogar, en 80% de los suscriptores al Plan de 3Mbps, y el 20% de los suscriptores restantes al Plan de 5Mbps.

La escuela, colegio y museo de Salango, fueron considerados en el Plan Profesionales.

Y finalmente la industria fue considerada en el Plan Industrial.

El costo de los planes se especifica a continuación:

- Plan Hogar 3Mbps: \$30.46. Canal Compartido: 1:8
- Plan Hogar 5Mbps: \$51.41. Canal Compartido: 1:8
- Plan Profesional 3Mbps: \$38.95. Canal Compartido: 1:4
- Plan Industrial 5Mbps: \$69.50. Canal Compartido: 1:1

En el Anexo D, podemos observar los ingresos anuales para diferentes escenarios de demanda de usuarios (25%, 50%, 75% y 100% de las 365 viviendas de la cabecera parroquial de Salango).

4.3. Análisis de Inversiones

El presente análisis de inversiones se lo realizó considerando los equipos principales para el enlace troncal, equipos del nodo, equipos terminales, los splitters 1:8, equipos complementarios (fusionadora, ups, aclimatador) y finalmente los materiales.

De acuerdo a los escenarios de viviendas totales a las que se brinda el servicio (100%, 75%, 50% y 25% de las 365 viviendas de la cabecera parroquial), podemos observar los precios unitarios y la cantidad necesaria para el presente proyecto.

- Primer Escenario (100% de las viviendas)

En la Tabla 17, podemos observar la inversión total del proyecto para el primer escenario.

Inversiones	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	Precio Total + I.V.A
Gigabit Ethernet Transceiver	\$3,880.00	1	\$3,880.00	\$4,345.60
Switch Ethernet de Ultima Milla	\$720.00	1	\$720.00	\$806.40
OLT	\$2,060.00	1	\$2,060.00	\$2,307.20
Splitters 1:8	\$25.45	132	\$3,359.40	\$3,762.53
ONU	\$60.00	369	\$22,140.00	\$24,796.80
Fusionadora	\$1,980.00	1	\$1,980.00	\$2,217.60
UPS	\$419.11	1	\$419.11	\$469.40
Aclimatador	\$400.00	1	\$400.00	\$448.00
Computadora	\$300.00	366	\$109,800.00	\$122,976.00
Fibra Red Troncal G.652D Fig 8 por metro	\$1.00	67360	\$67,360.00	\$75,443.20
Fibra Red de Acceso 48 hilos por metro	\$1.00	9330	\$9,330.00	\$10,449.60
Herrajes Tipo A	\$31.99	564	\$18,042.36	\$20,207.44
Herrajes Tipo B	\$19.89	424	\$8,433.36	\$9,445.36
Inversion Total				\$277,675.14

Tabla 17: Inversiones del proyecto para el primer escenario (100% de las viviendas)

- Segundo Escenario (75% de las viviendas)

En la Tabla 18, podemos observar la inversión total del proyecto para el segundo escenario.

Inversiones	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	Precio Total + I.V.A
Gigabit Ethernet Transceiver	\$3,880.00	1	\$3,880.00	\$4,345.60
Switch Ethernet de Ultima Milla	\$720.00	1	\$720.00	\$806.40
OLT	\$2,060.00	1	\$2,060.00	\$2,307.20
Splitters 1:8	\$25.45	132	\$3,359.40	\$3,762.53
ONU	\$60.00	278	\$16,680.00	\$18,681.60
Fusionadora	\$1,980.00	1	\$1,980.00	\$2,217.60
UPS	\$419.11	1	\$419.11	\$469.40
Aclimatador	\$400.00	1	\$400.00	\$448.00
Computadora	\$300.00	275	\$82,500.00	\$92,400.00
Fibra Red Troncal G.652D Fig 8 por metro	\$1.00	67360	\$67,360.00	\$75,443.20
Fibra Red de Acceso 48 hilos por metro	\$1.00	9330	\$9,330.00	\$10,449.60
Herrajes Tipo A	\$31.99	564	\$18,042.36	\$20,207.44
Herrajes Tipo B	\$19.89	424	\$8,433.36	\$9,445.36
Inversion Total				\$240,983.94

Tabla 18: Inversiones del proyecto para el segundo escenario (75% de las viviendas)

- Tercer Escenario (50% de las viviendas)

En la Tabla 19, podemos observar la inversión total del proyecto para el tercer escenario.

Inversiones	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	Precio Total + I.V.A
Gigabit Ethernet Transceiver	\$3,880.00	1	\$3,880.00	\$4,345.60
Switch Ethernet de Ultima Milla	\$720.00	1	\$720.00	\$806.40
OLT	\$2,060.00	1	\$2,060.00	\$2,307.20
Splitters 1:8	\$25.45	132	\$3,359.40	\$3,762.53
ONU	\$60.00	187	\$11,220.00	\$12,566.40
Fusionadora	\$1,980.00	1	\$1,980.00	\$2,217.60
UPS	\$419.11	1	\$419.11	\$469.40
Aclimatador	\$400.00	1	\$400.00	\$448.00
Computadora	\$300.00	184	\$55,200.00	\$61,824.00
Fibra Red Troncal G.652D Fig 8 por metro	\$1.00	67360	\$67,360.00	\$75,443.20
Fibra Red de Acceso 48 hilos por metro	\$1.00	9330	\$9,330.00	\$10,449.60
Herrajes Tipo A	\$31.99	564	\$18,042.36	\$20,207.44
Herrajes Tipo B	\$19.89	424	\$8,433.36	\$9,445.36
Inversion Total				\$204,292.74

Tabla 19: Inversiones del proyecto para el tercer escenario (50% de las viviendas)

- Cuarto Escenario (25% de las viviendas)

En la Tabla 20, podemos observar la inversión total del proyecto para el cuarto escenario.

Inversiones	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	Precio Total + I.V.A
Gigabit Ethernet Transceiver	\$3,880.00	1	\$3,880.00	\$4,345.60
Switch Ethernet de Ultima Milla	\$720.00	1	\$720.00	\$806.40
OLT	\$2,060.00	1	\$2,060.00	\$2,307.20
Splitters 1:8	\$25.45	132	\$3,359.40	\$3,762.53
ONU	\$60.00	95	\$5,700.00	\$6,384.00
Fusionadora	\$1,980.00	1	\$1,980.00	\$2,217.60
UPS	\$419.11	1	\$419.11	\$469.40
Aclimatador	\$400.00	1	\$400.00	\$448.00
Computadora	\$300.00	92	\$27,600.00	\$30,912.00
Fibra Red Troncal G.652D Fig 8 por metro	\$1.00	67360	\$67,360.00	\$75,443.20
Fibra Red de Acceso 48 hilos por metro	\$1.00	9330	\$9,330.00	\$10,449.60
Herrajes Tipo A	\$31.99	564	\$18,042.36	\$20,207.44
Herrajes Tipo B	\$19.89	424	\$8,433.36	\$9,445.36
Inversion Total				\$167,198.34

Tabla 20: Inversiones del proyecto para el cuarto escenario (25% de las viviendas)

Para el presente proyecto se consideró el tercer escenario (50% de las viviendas), con el cual necesitamos una inversión de \$204,292.74, para poder realizar el levantamiento de la infraestructura mínima necesaria para el correcto funcionamiento del servicio que se brindara a la parroquia de Salango.

4.4. Análisis de Costos

En el Análisis de Costos, se consideró los siguientes costos:

- **Mantenimiento:** 5% del costo total de los equipos al año.
- **Sistema de Energía (Incluye planilla eléctrica y banco de baterías):** \$382.50 Mensuales.
- **Costo de Megas (Comprados al nodo de Jipijapa):** \$42.87 por Mbps Mensual.
- **Alquiler del Local (Ubicación del Nodo):** \$135 Mensuales.
- **Personal:** Valores Mensuales
 - **Jefe de Área de Telecomunicaciones:** \$795.42
 - **Ingeniero Electrónico Especialista en Mantenimiento:** \$599.19
 - **Técnico de Fibra Óptica:** \$449.10
 - **Técnico de Mantenimiento de Servidores:** \$449.10
- **Capacitación:** \$3000 cada tres años
- **Costo de Derecho de Vía (aérea):** \$6,073.03 Anuales

En el Anexo E, se puede observar mayor información acerca de los costos.

En el Anexo F, podemos observar los costos anuales para los 4 diferentes escenarios.

4.5. Flujo de Caja

El flujo de caja se lo procede a realizar una vez finalizado el análisis de ingresos, inversiones y costos.

Se ha tomado el tercer escenario (50% de las viviendas) como objeto de estudio, para realizar el cálculo del VAN se necesitó de los flujos de caja para los primeros 9 años (valores obtenidos de la Tabla G3, perteneciente al Anexo G):

- Inversión Año 0: \$117,763.21
- Flujo de Caja Año 1: -\$94,266.17
- Flujo de Caja Año 2: \$5,722.32
- Flujo de Caja Año 3,6,9: -\$14,107.68
- Flujo de Caja Año 4,5,7,8: -\$11,107.68
- Tasa de Descuento: 11.83%

Con los datos mencionados, se procedió a la utilización de la ecuación 4.1:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} \quad (4.1)$$

Donde:

- I_0 es la inversión inicial.
- n es la cantidad de periodos anuales totales del proyecto.
- F_t es el flujo de caja anual del año t .
- r es la tasa de descuento proporcionada por el banco.

Se procede a realizar el reemplazo de valores.

$$\begin{aligned} VAN = & -\$117,763.21 + \frac{-\$94,266.17}{(1 + 0.1183)^1} + \frac{\$5,722.32}{(1 + 0.1183)^2} + \frac{-\$14,107.68}{(1 + 0.1183)^3} \\ & + \frac{-\$11,107.68}{(1 + 0.1183)^4} + \frac{-\$11,107.68}{(1 + 0.1183)^5} + \frac{-\$14,107.68}{(1 + 0.1183)^6} \\ & + \frac{-\$11,107.68}{(1 + 0.1183)^7} + \frac{-\$11,107.68}{(1 + 0.1183)^8} + \frac{-\$14,107.68}{(1 + 0.1183)^9} \\ VAN = & -\$243,011.68 \end{aligned}$$

Para el cálculo de la TIR se utiliza la misma fórmula del VAN, en el cual se busca una tasa de descuento r que haga que el VAN sea cero.

Debido a que el despeje de la tasa r es complicado, el método para calcular la TIR es mediante iteración, en la Tabla 21 podemos observar las iteraciones realizadas hasta encontrar una tasa r que haga nuestra VAN cero.

VAN	Tasa de Descuento
\$(243,011.68)	11.83%
\$100,258.47	-178.17%
\$29,743.47	-188.17%
\$21,947.53	-190.17%
\$15,278.27	-192.17%
\$9,507.00	-194.17%

VAN	Tasa de Descuento
\$4,457.83	-196.17%
\$3,291.68	-196.67%
\$2,160.19	-197.17%
\$1,061.66	-197.67%
\$738.29	-197.82%
\$417.70	-197.97%
\$15.55	-198.16%
\$(382.28)	-198.35%

Tabla 21: Iteraciones para el cálculo de la TIR.

Como se observa, entre los valores de la tasa de descuento (-198.16% y -198.35%) observamos un cambio de positivo a negativo en el VAN, por lo que se la TIR se encuentra entre esos dos valores, para no dar con demasiados decimales se escogió el valor menor de los dos, es decir nuestra TIR es de -198.16%, cabe recalcar que este valor de la TIR es imposible en la práctica.

En Anexos G, podemos observar las tablas para los 4 diferentes escenarios, para el escenario de estudio (el tercer escenario), se lo puede observar en la Tabla G.3.

Como se puede observar en la Tabla G.3 para los nueve primeros años, obtuvimos un VAN negativo, lo que nos indica que el proyecto no es viable para dicho escenario.

4.6. Análisis Final

Los datos obtenidos de las secciones anteriores nos indican que el proyecto no es viable para el tercer escenario, y además la inversión no se recupera en el rango de los 9 años.

Se puede introducir servicios de valor agregado, así como tratar de conseguir equipos más económicos, también la compra en vez del alquiler del local donde

ira ubicado el nodo, tratar de reducir el coste de los megas que se compra al nodo de jipijapa mediante la realización de algún tipo de convenio, aumentar el número de viviendas a las que se les brinda el servicio, si es posible a un porcentaje mayor al 75% (que se encuentre en el rango del primer escenario y segundo escenario) y finalmente pedir asesoramiento por parte del FODETEL.

Todo esto nos permitirá hacer de este proyecto un proyecto viable, con un tiempo de recuperación menor a 9 años, y nos permitirá expansiones futuras a las comunas cercanas, lo cual nos permite aumentar el VAN.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Entre las tecnologías que usan cobre y fibra óptica, se optó por las que usan fibra óptica debido a que su rendimiento no disminuye con respecto a las distancias de separación entre el nodo y el suscriptor, también a que no se ven afectadas por las interferencias electromagnéticas ni cables de alta tensión, y de igual forma no sufren degradación a causa del ambiente salino del lugar.
2. Se ha escogido la tecnología GPON para resolver la problemática de la parroquia de Salango, debido a sus velocidades (2.4 Gbps de bajada y 1.2/2.4 Gbps de subida), lo cual brinda velocidades mejores en comparación con el sistema actual ADSL (1.5 a 9 Mbps de bajada y 16 a 640 Kbps de subida), además de la implementación de nuevos servicios como telefonía VoIP y Televisión Digital.
3. Con una tasa de descuento de 11.83% y una inversión inicial de \$117,763.21, tomando en consideración el tercer escenario (50% de las viviendas) y con un canal compartido para el plan hogar de 1:8, dio como resultado un proyecto no viable con un VAN de -\$243,011.68, por lo que será necesario acudir al FODETEL, para solicitar ayuda con la implementación del presente proyecto.
4. Para el diseño de la red de acceso se escogió que el tendido de cable de fibra óptica fuera aéreo, ya que el sector no está urbanizado, por lo tanto, no se necesitaría invertir en canalización ya que esta es muy costosa lo que elevaría la inversión inicial para empezar con el proyecto, aparte de que si en algún momento se llegase a urbanizar es probable que se dañen los ductos por lo que habrían cortes en el cable de fibra óptica.
5. Para el dimensionamiento de la red de acceso se lo hizo usando la cantidad de lotes totales (vacíos y ocupados) con un aumento del 20% (783 lotes) que es un criterio de diseño, esto es posible ya que algunos lotes son familiares y estos por lo general se reparten entre los miembros de la familia, generando así lotes nuevos más pequeños, no se usó el número de viviendas porque es un dato del año 2005 [3] y en la actualidad gracias al Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (*MIDUVI*) la cantidad de viviendas ha aumentado considerablemente.

6. Para el enlace troncal se optó por la fibra óptica y no por radio enlace ya que el radio enlace no tiene suficiente capacidad para cubrir la demanda de 180 Mbps, aparte de que al encontrarse en un ambiente salino las torres y equipos necesarios para el radio enlace tendrían una vida útil muy corta, aparte de ser muy susceptible al ruido al que la fibra óptica es prácticamente inmune.

Recomendaciones

1. Es recomendable expandir el diseño para las comunas cercanas a Salango (siempre y cuando las comunas se encuentren dentro de los 20Km de distancia), lo cual permitiría la creación de mejores planes, y conllevaría a reducir los costos mediante la compra masiva de equipos terminales, así como la reducción de la inversión para las nuevas comunas ya que los únicamente sería necesario equipos de red de acceso (a excepción de la OLT que se encuentra en el nodo del presente proyecto).
2. Se recomienda realizar un estudio detallado de mercado, ya que así se podría hacer un diseño ajustado de acuerdo a la cantidad de clientes en potencia, por consecuente se necesitaría una menor inversión para poder iniciar con el proyecto. También es importante para saber qué servicios aparte de internet estaría dispuestos a contratar los habitantes de la parroquia Salango.
3. Es importante que cuando se haga la sectorización tener como referencia una calle principal o conocida para que así sea más sencillo al momento de ubicarse y según esto comenzar a dividir el área de población en diferentes zonas, las zonas y cantidad de zonas se elegirán a con el mejor criterio y luego se optimizarán.
4. Hay que tener en cuenta de que no se escogió ninguna marca o modelo de equipo en específico, lo que da flexibilidad al momento de elegir los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Población por sexo, según provincia, parroquia y cantón de empadronamiento”, INEC, Ecuador, 2010. [online] Disponible en: http://www.inec.gob.ec/tabulados_CPV/13_POBL_PROV_CANT_PARR_SEXO.xls
- [2] “Diagnóstico Socio Cultural de Salango”, SNI, Ecuador, 2015. [online] Disponible en: http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/1360041660001_SALANGO_19-05-2015_12-47-01.pdf
- [3] “Autodiagnóstico Comunitario”, PDL, Salango, 2005. [online] Disponible en: <http://www.salango.com.ec/comuna-salango-poblacion.php>
- [4] “Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC´S)”, INEC, Ecuador, 2013, Acceso al Internet a nivel Nacional Anual. [online] Disponible en: 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, Ecuador, 2013, Acceso al Internet a nivel Nacional. [online] Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/Resultados_principales_140515.Tic.pdf
- [6] “Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC´S)”, INEC, Ecuador, 2013, Porcentaje de personas que tienen acceso al Internet por provincia. [online] Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/Resultados_principales_140515.Tic.pdf
- [7] “Ley Orgánica de Telecomunicaciones”, Gobierno del Ecuador, Ecuador, 2015. [online] Disponible en: http://www.asambleanacional.gob.ec/es/system/files/ro_ley_organica_de_telecomunicaciones_ro_439_tercer_suplemento_del_18-02-2015.pdf
- [8] “Constitución de la República del Ecuador”, Gobierno del Ecuador, Ecuador, 2008. [online] Disponible en: <http://www.pichincha.gob.ec/transparencia/ano->

2014/category/23-normas-de-regulacion.html?download=6:constitucion-de-la-republica-del-ecuador

[9] “Plano Salango”, Municipio Puerto Lopez, Ecuador, 2009.

[10] Craig Freudenrich, Ph.D. (2001, Marzo 6). How Fiber Optics Work [online]. Disponible en: <http://computer.howstuffworks.com/fiber-optic1.htm>

[11] R. Victor Jones. (2004, Abril 28). Optical Fiber Technology [online]. Disponible en: http://people.seas.harvard.edu/~jones/ap216/lectures/ls_1/ls1_u8/fo_cable_2.gif

[12] JM Fiber Optics, Inc. Introduction to Fiber Optics [online]. Disponible en: <http://www.jmfiberoptics.com/Links/FOInfo/intro.htm>

[13] News from DRS. (2008, Agosto 5). Fibrer: Single vs. Multi Mode [online]. Disponible en: http://www.imakenews.com/eletra/mod_print_view.cfm?this_id=1146955&u=drs&show_issue_date=F&issue_id=000275935&lid=b11&uid=0

[14] Eldis Mujarić. Multimode and Single-mode Fiber [online]. Disponible en: <http://networking.layer-x.com/p070400-1.html>

[15] Laser Motive. (2013, Enero). Comparison of Optical Fiber to Copper Wire [online]. Disponible en: http://lasermotive.com/wp-content/uploads/2012/12/Fiber_vs_Copper_summary2013Jan.pdf

[16] Aldo Martin. Cobre ó Fibra Óptica, Un Enfoque de Capacidades y Limitaciones [online]. Disponible en: <http://perso.wanadoo.es/aldomartin1/cobre.htm>

[17] Alejandro David Alcudia León. (2005, Mayo 6). Modelado y simulación de transmisión de datos en un ADSL transceiver utilizando LabVIEW [online]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/alcudia_l_ad/portada.html

[18] Paul E. Green, Jr. “The Evolution of the Broadband Last Mile”, Fiber to the Home The New Empowerment. New Jersey: Wiley, 2006, pp. 18-21.

[19] SISTEMIC. HFC Resumen [online]. Disponible en: <http://microe.udea.edu.co/~alince/recursos/lineas/HFC%20resumen>

- [20] ETSI. (1999, Febrero). Hybrid Fiber Coax (HFC) Access networks; Part 1: Interworking with PSTN, N-ISDN, Internet and digital mobile networks [online]. Disponible en: http://www.etsi.org/deliver/etsi_eg/201400_201499/20140001/01.01.01_60/eg_20140001v010101p.pdf
- [21] Types of Broadband Connections [online]. Disponible en: http://www.broadband.gov/broadband_types.html#dsl
- [22] Redes de Transmisión de Datos [online]. Disponible en: <http://informaticaclaret.redmadrigalejo.es/redes-de-transmision-de-datos/>
- [23] FTTH Council Europe, “FTTH Definition of Terms”, 4th ed. Brussels, Belgium, 2015, pp. 3-4.
- [24] FTTH Council Europe, “FTTH Handbook”, 6th ed. Brussels, Belgium, 2014, pp. 14-15.
- [25] Luke Thompson. (2015, Noviembre 19). ADSL vs fibre optic broadband [online]. Disponible en: <https://www.cable.co.uk/guides/adsl-vs-fibre-optic-broadband/>
- [26] AsahiNet. The Difference Between FTTH And ADSL [online]. Disponible en: http://asahi-net.jp/en/service/ftth_vs_adsl.html
- [27] Paul E. Green, Jr. “The Evolution of the Broadband Last Mile”, en Fiber to the Home The New Empowerment. New Jersey: Wiley, 2006, pp. 19.
- [28] Dave Hood, Elmar Trojer, “G-PON OPERATION,” en GIGABIT-CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORKS, 1st Ed., New Jersey: John Wiley & Sons, 2012, pp. 11-13.
- [29] Gerencia de ingeniería e implementación CNT E.P, 2015, **NORMATIVA TÉCNICA DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA, CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**, Quito, Ecuador.
- [30] Adolfo García Yagüe. (2014, Mayo). Topología de una red GPON [online]. Disponible en: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>

[31] Juan Sebastián Guevara Henao. (2010, Junio). TECNOLOGIAS DE REDES PON [online]. Disponible en: http://www.tecnologia.technology/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APOn_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf

[32] Paul E. Green, Jr. "Architectures and Standards", Fiber to the Home The New Empowerment. New Jersey: Wiley, 2006, pp. 64.

[33] Paul E. Green, Jr. "Base Technologies", Fiber to the Home The New Empowerment. New Jersey: Wiley, 2006, pp. 69-70.

[34] Glosariotecnico.com. (2008, Julio). GPON: Gigabit-capable Passive Optical Network [online]. Disponible en: http://tecnologiahechapalabra.com/tecnologia/glosario_tecnico/articulo.asp?i=2686

[35] Harold Guzman, Fernando Ayala. (2011, Marzo). Redes GPON [online]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/mochodog/gpon-7282542>

ANEXOS

ANEXO A: Cuantificación y distribución de suscriptores

La parroquia de Salango posee 365 viviendas, además posee una escuela, un colegio, un museo y una industria, las cuales se han categorizado en 3 tipos de planes: Hogar, Profesional e Industrial.

En el plan Profesional de 3Mbps se consideró a la escuela, colegio y museo.

En el plan Industrial de 5Mbps está la industria del sector.

Para el plan Hogar se han considerado diferentes escenarios:

- 100% de viviendas

Se distribuyeron 292 viviendas hacia el plan de 3Mbps, y 73 viviendas hacia el plan de 5Mbps, como se observa en la Tabla A1.

Usuarios por Plan	Cantidad
Hogar	
3Mbps	292
5Mbps	73
Profesional	
3Mbps	3
Industrial	
5Mbps	1

Tabla A1: Suscriptores finales para el primer escenario (100% de las viviendas)

Esto da un total de suscriptores de 369 como se puede apreciar en la Tabla A2.

Lote	Cantidad
Viviendas	365
Escuela	1
Colegio	1
Museo	1
Industria	1
Total Suscriptores	369

Tabla A2: Suscriptores totales parroquia Salango para el primer escenario (100% de las viviendas)

- 75% de viviendas

Se distribuyeron 219 viviendas hacia el plan de 3Mbps, y 55 viviendas hacia el plan de 5Mbps, como se observa en la Tabla A3.

Usuarios por Plan	Cantidad
Hogar	
3Mbps	219
5Mbps	55
Profesional	
3Mbps	3
Industrial	
5Mbps	1

Tabla A3: Suscriptores finales para el segundo escenario (75% de las viviendas)

Esto da un total de suscriptores de 278 como se puede apreciar en la Tabla A4.

Lote	Cantidad
Viviendas	274
Escuela	1
Colegio	1
Museo	1
Industria	1
Total Suscriptores	278

Tabla A4: Suscriptores totales parroquia Salango para el segundo escenario (75% de las viviendas)

- 50% de las viviendas

Se distribuyeron 146 viviendas hacia el plan de 3Mbps, y 37 viviendas hacia el plan de 5Mbps, como se observa en la Tabla A5.

Usuarios por Plan	Cantidad
Hogar	
3Mbps	146
5Mbps	37
Profesional	
3Mbps	3
Industrial	
5Mbps	1

Tabla A5: Suscriptores finales para el tercer escenario (50% de las viviendas)

Esto da un total de suscriptores de 187 como se puede apreciar en la Tabla A6.

Lote	Cantidad
Viviendas	183
Escuela	1
Colegio	1
Museo	1
Industria	1
Total Suscriptores	187

Tabla A6: Suscriptores totales parroquia Salango para el tercer escenario (50% de las viviendas)

- 25% de las viviendas

Se distribuyeron 73 viviendas hacia el plan de 3Mbps, y 18 viviendas hacia el plan de 5Mbps, como se observa en la Tabla A7.

Usuarios por Plan	Cantidad
Hogar	
3Mbps	73
5Mbps	18
Profesional	
3Mbps	3
Industrial	
5Mbps	1

Tabla A7: Suscriptores finales para el cuarto escenario (25% de las viviendas)

Esto da un total de suscriptores de 95 como se puede apreciar en la Tabla A8.

Lote	Cantidad
Viviendas	91
Escuela	1
Colegio	1
Museo	1
Industria	1
Total Suscriptores	95

**Tabla A8: Suscriptores totales parroquia Salango para el cuarto escenario
(25% de las viviendas)**

ANEXO B: Diagrama de Bloques para el Diseño de la Red de la Zona Norte y Zona Sur

Zona Norte

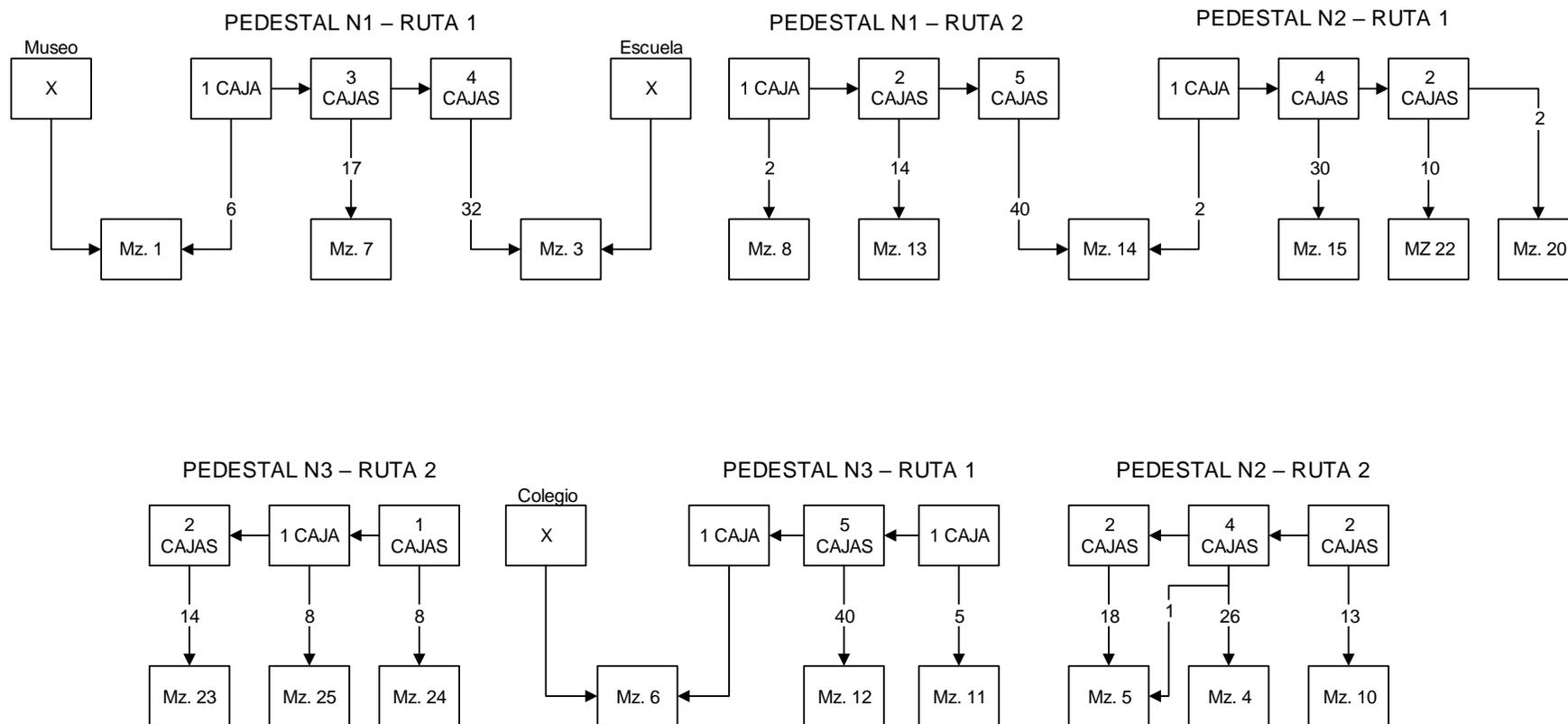


Figura B1: Diagrama de Bloques del Diseño de la Red de Acceso Zona Norte.

Zona Sur

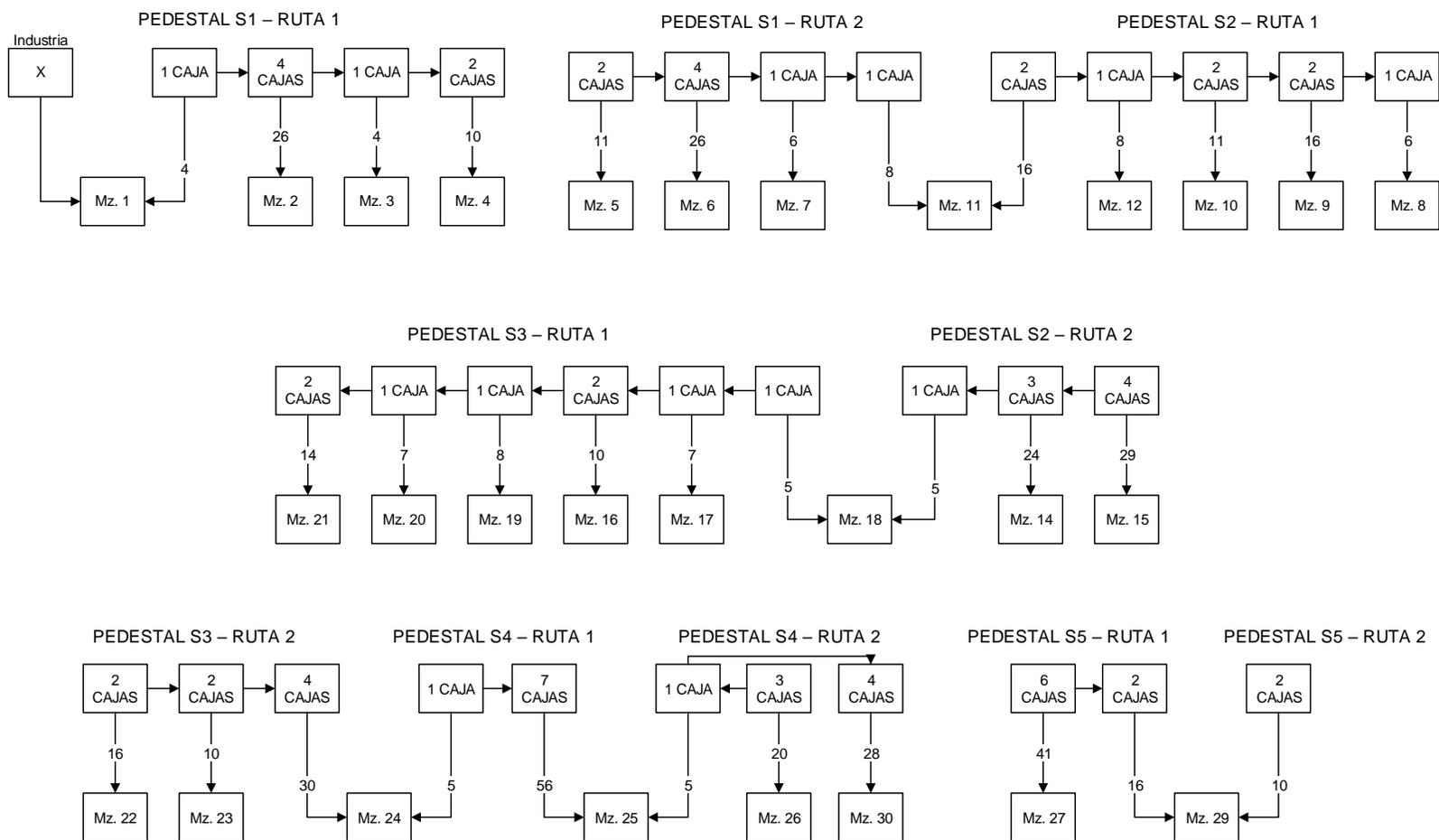


Figura B2: Diagrama de Bloques del Diseño de la Red de Acceso Zona Sur.

ANEXO C: Red de Acceso

Zona Norte

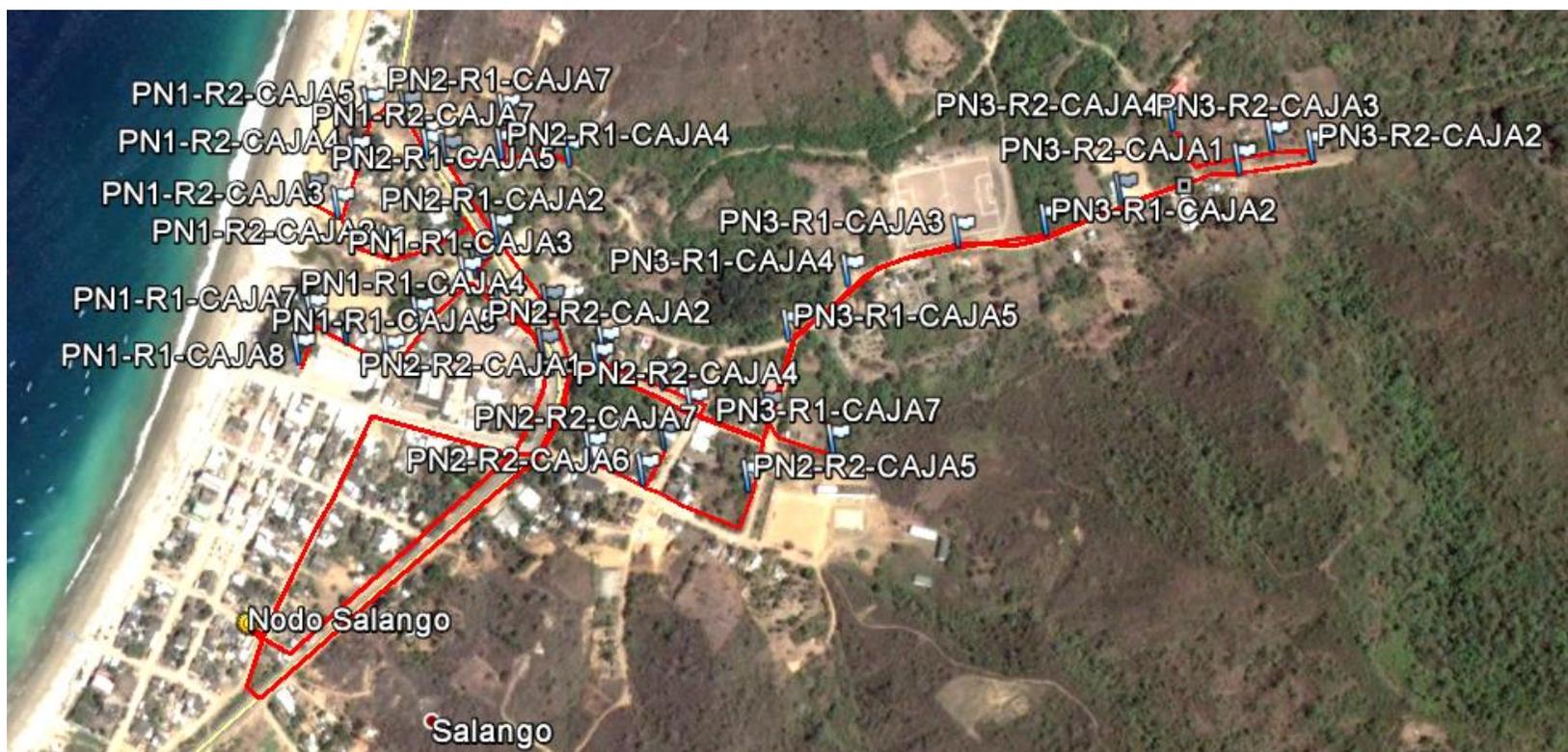


Figura C2: Red de Acceso Zona Norte.

Zona Sur

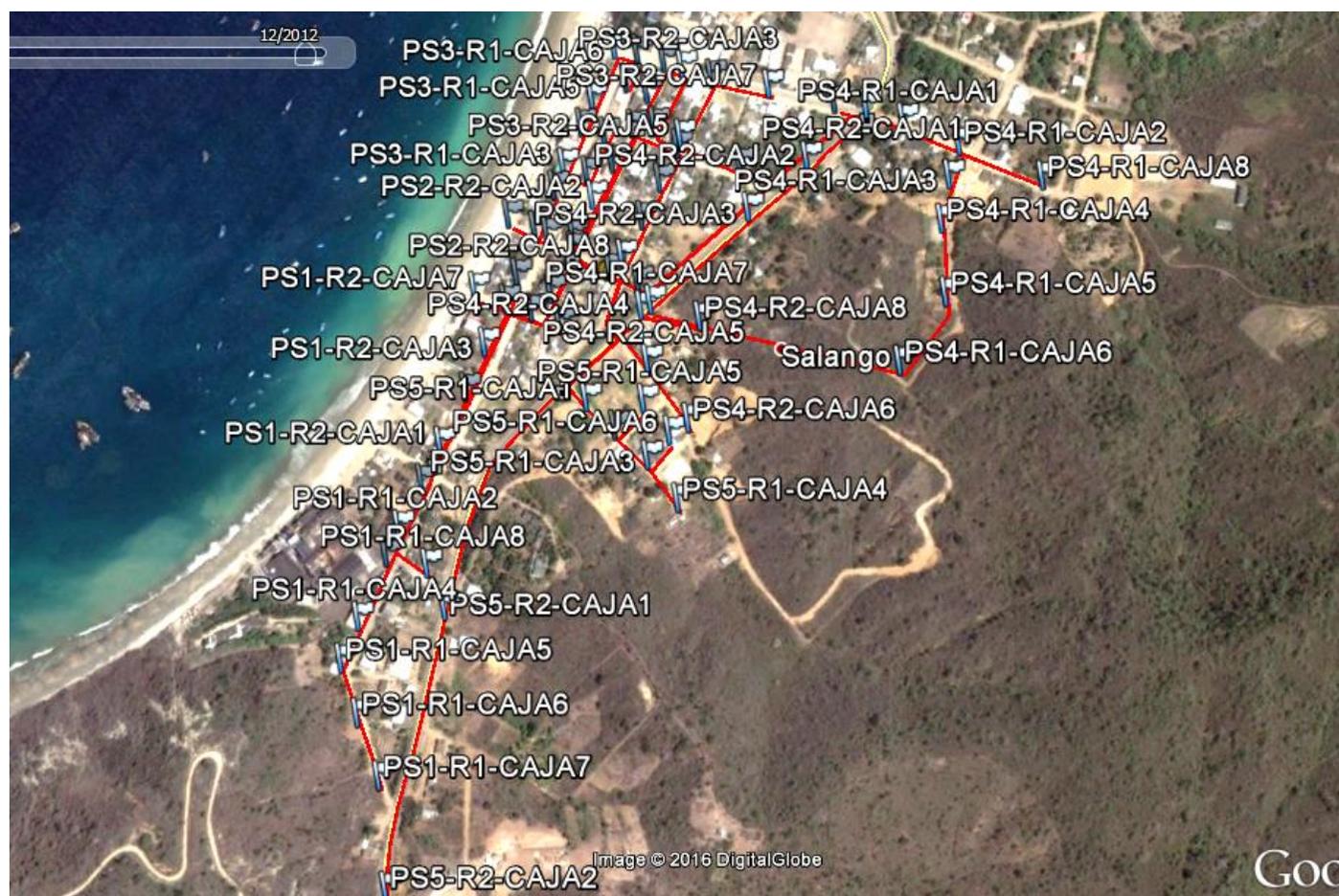


Figura C3: Red de Acceso Zona Sur.

ANEXO D: Ingresos para los nueve primeros años

Ingresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Inscripción	\$0,00	\$0,00	\$33.210,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Hogar										
Plan 3Mbps	\$0,00	\$0,00	\$106.716,07	\$106.716,07	\$106.716,07	\$106.716,07	\$106.716,07	\$106.716,07	\$106.716,07	\$106.716,07
Plan 5Mbps	\$0,00	\$0,00	\$45.033,41	\$45.033,41	\$45.033,41	\$45.033,41	\$45.033,41	\$45.033,41	\$45.033,41	\$45.033,41
Profesional										
Plan 3Mbps	\$0,00	\$0,00	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09
Industrial										
Plan 5Mbps	\$0,00	\$0,00	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95
Total	\$0,00	\$0,00	\$187.195,52	\$153.985,52	\$181.159,44	\$181.159,44	\$181.159,44	\$181.159,44	\$181.159,44	\$181.159,44

Tabla D1: Ingresos para el primer escenario (100% de las viviendas)

Ingresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Inscripción	\$0,00	\$0,00	\$25.020,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Hogar										
Plan 3Mbps	\$0,00	\$0,00	\$80.037,05	\$80.037,05	\$80.037,05	\$80.037,05	\$80.037,05	\$80.037,05	\$80.037,05	\$80.037,05
Plan 5Mbps	\$0,00	\$0,00	\$33.929,28	\$33.929,28	\$33.929,28	\$33.929,28	\$33.929,28	\$33.929,28	\$33.929,28	\$33.929,28
Profesional										
Plan 3Mbps	\$0,00	\$0,00	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09
Industrial										
Plan 5Mbps	\$0,00	\$0,00	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95
Total	\$0,00	\$0,00	\$141.222,38	\$116.202,38						

Tabla D2: Ingresos para el segundo escenario (75% de las viviendas)

Ingresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Inscripción	\$0,00	\$0,00	\$16.830,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Hogar										
Plan 3Mbps	\$0,00	\$0,00	\$53.358,04	\$53.358,04	\$53.358,04	\$53.358,04	\$53.358,04	\$53.358,04	\$53.358,04	\$53.358,04
Plan 5Mbps	\$0,00	\$0,00	\$22.825,15	\$22.825,15	\$22.825,15	\$22.825,15	\$22.825,15	\$22.825,15	\$22.825,15	\$22.825,15
Profesional										
Plan 3Mbps	\$0,00	\$0,00	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09
Industrial										
Plan 5Mbps	\$0,00	\$0,00	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95
Total	\$0,00	\$0,00	\$95.249,23	\$78.419,23						

Tabla D3: Ingresos para el tercer escenario (50% de las viviendas)

Ingresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Inscripción	\$0,00	\$0,00	\$8.550,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Hogar										
Plan 3Mbps	\$0,00	\$0,00	\$26.679,02	\$26.679,02	\$26.679,02	\$26.679,02	\$26.679,02	\$26.679,02	\$26.679,02	\$26.679,02
Plan 5Mbps	\$0,00	\$0,00	\$11.104,13	\$11.104,13	\$11.104,13	\$11.104,13	\$11.104,13	\$11.104,13	\$11.104,13	\$11.104,13
Profesional										
Plan 3Mbps	\$0,00	\$0,00	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09	\$1.402,09
Industrial										
Plan 5Mbps	\$0,00	\$0,00	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95	\$833,95
Total	\$0,00	\$0,00	\$48.569,19	\$40.019,19						

Tabla D4: Ingresos para el cuarto escenario (25% de las viviendas)

**ANEXO E: Mantenimiento, Costo por Mbps, Personal y Costo de
Derecho de Vía (aérea)**

Para el mantenimiento de los equipos se procedió a tomar el 8% de la suma del costo del total de equipos a utilizarse.

El costo de mantenimiento varía dependiendo de los escenarios considerados, como se puede observar a continuación:

- Primer Escenario (100% de las viviendas)

En la Tabla E1 se indica el mantenimiento total anual para el primer escenario.

Equipos	Costo
Gigabit Ethernet Transceiver	\$3,880.00
Switch Ethernet de Ultima Milla	\$720.00
OLT	\$2,060.00
ONU	\$22,140.00
Fusionadora	\$1,980.00
UPS	\$419.11
Aclimatador	\$400.00
Computadoras	\$109,800.00
Total	\$141,399.11
Mantenimiento	\$7,069.96

Tabla E1: Mantenimiento anual del primer escenario (100% de las viviendas)

- Segundo Escenario (75% de las viviendas)

En la Tabla E2 se indica el mantenimiento total anual para el segundo escenario.

Equipos	Costo
Gigabit Ethernet Transceiver	\$3,880.00
Switch Ethernet de Ultima Milla	\$720.00
OLT	\$2,060.00
ONU	\$16,680.00
Fusionadora	\$1,980.00
UPS	\$419.11
Aclimatador	\$400.00
Computadoras	\$82,500.00
Total	\$108,639.11
Mantenimiento	\$5,431.96

Tabla E2: Mantenimiento anual del segundo escenario (75% de las viviendas)

- Tercer Escenario (50% de las viviendas)

En la Tabla E3 se indica el mantenimiento total anual para el tercer escenario.

Equipos	Costo
Gigabit Ethernet Transceiver	\$3,880.00
Switch Ethernet de Ultima Milla	\$720.00
OLT	\$2,060.00
ONU	\$11,220.00
Fusionadora	\$1,980.00
UPS	\$419.11
Aclimatador	\$400.00
Computadoras	\$55,200.00

Total	\$75,879.11
Mantenimiento	\$3,793.96

Tabla E3: Mantenimiento anual del tercer escenario (50% de las viviendas)

- Cuarto Escenario (25% de las viviendas)

En la Tabla E4 se indica el mantenimiento total anual para el cuarto escenario.

Equipos	Costo
Gigabit Ethernet Transceiver	\$3,880.00
Switch Ethernet de Ultima Milla	\$720.00
OLT	\$2,060.00
ONU	\$5,700.00
Fusionadora	\$1,980.00
UPS	\$419.11
Aclimatador	\$400.00
Computadora	\$27,600.00
Total	\$42,759.11
Mantenimiento	\$2,137.96

Tabla E4: Mantenimiento anual del cuarto escenario (25% de las viviendas)

El Costo por Mbps que el nodo de Jipijapa ofrece, esta detallado en la Tabla E5.

Troncal Jipijapa	Mbps	Trimestral	Trimestral por Mbps	Costo Mensual por Mbps
STM-1	155.52	\$20,000.00	\$128.60	\$42.87

Tabla E5: Costo por Mbps

De lo cual, la cantidad de Mbps necesarios por plan y su coste mensual varía dependiendo de los escenarios considerados, como se lo muestra a continuación:

- Primer Escenario (100% de las viviendas)

En la Tabla E6, se puede observar cuantos Mbps por plan se necesita para cubrir todos los usuarios de Salango, y también cuanto es el costo mensual por todos los planes en lo que respecta al primer escenario.

Cantidad de Mbps por Plan	Canal Compartido 1:	Cantidad de Usuarios	Mbps Necesarios por Plan	Costo Mensual
Plan Hogar				
3	8	292	111	\$4,758.23
5	8	73	50	\$2,143.35
Plan Profesional				
3	4	3	3	\$128.60
Plan Industrial				
5	1	1	5	\$214.33
Total de Megas			169	
Costo Total				\$7,244.51

Tabla E6: Mbps necesarios por plan y costo mensual del primer escenario (100% de las viviendas)

- Segundo Escenario (75% de las viviendas)

En la Tabla E7, se puede observar cuantos Mbps por plan se necesita para cubrir todos los usuarios de Salango, y también cuanto es el costo mensual por todos los planes en lo que respecta al segundo escenario.

Cantidad de Mbps por Plan	Canal Compartido 1:	Cantidad de Usuarios	Mbps Necesarios por Plan	Costo Mensual
Plan Hogar				
3	8	219	111	\$3,600.82
5	8	55	35	\$1,500.34
Plan Profesional				
3	4	3	3	\$128.60
Plan Industrial				
5	1	1	5	\$214.33
Total de Megas			127	
Costo Total				\$5,444.10

Tabla E7: Mbps necesarios por plan y costo mensual del segundo escenario (75% de las viviendas)

- Tercer Escenario (50% de las viviendas)

En la Tabla E8, se puede observar cuantos Mbps por plan se necesita para cubrir todos los usuarios de Salango, y también cuanto es el costo mensual por todos los planes en lo que respecta al tercer escenario.

Cantidad de Mbps por Plan	Canal Compartido 1:	Cantidad de Usuarios	Mbps Necesarios por Plan	Costo Mensual
Plan Hogar				
3	8	146	57	\$2,443.42

Cantidad de Mbps por Plan	Canal Compartido 1:	Cantidad de Usuarios	Mbps Necesarios por Plan	Costo Mensual
Plan Hogar				
5	8	37	25	\$1,071.67
Plan Profesional				
3	4	3	3	\$128.60
Plan Industrial				
5	1	1	5	\$214.33
Total de Megas			90	
Costo Total				\$3,858.02

Tabla E8: Mbps necesarios por plan y costo mensual del tercer escenario (50% de las viviendas)

- Cuarto Escenario (25% de las viviendas)

En la Tabla E9, se puede observar cuantos Mbps por plan se necesita para cubrir todos los usuarios de Salango, y también cuanto es el costo mensual por todos los planes en lo que respecta al cuarto escenario.

Cantidad de Mbps por Plan	Canal Compartido 1:	Cantidad de Usuarios	Mbps Necesarios por Plan	Costo Mensual
Plan Hogar				
3	8	73	30	\$1,286.01
5	8	18	15	\$643.00

Cantidad de Mbps por Plan	Canal Compartido 1:	Cantidad de Usuarios	Mbps Necesarios por Plan	Costo Mensual
Plan Profesional				
3	4	3	3	\$128.60
Plan Industrial				
5	1	1	5	\$214.33
Total de Megas			53	
Costo Total				\$2,271.95

Tabla E8: Mbps necesarios por plan y costo mensual del cuarto escenario (25% de las viviendas)

Para el personal, el sueldo mensual es el resultado de la multiplicación entre el sueldo básico mensual por profesión del IESS y un factor que hemos variado dependiendo de las profesiones, como se puede observar en la Tabla E9.

El personal fue escogido para garantizar la calidad del servicio, a futuro como resultado de una expansión o implementación de nuevos servicios, será necesario de mayor personal.

Personal	Sueldo Básico Mensual IESS	Factor Multiplicador	Sueldo Mensual	Personal Requerido	Costo Mensual Empresarial
Jefe de Area Telecomunicaciones	\$382.71	2	\$765.42	1	\$765.42

Personal	Sueldo Básico Mensual IESS	Factor Multiplicador	Sueldo Mensual	Personal Requerido	Costo Mensual Empresarial
Ingeniero Electrónico Especialista en Mantenimiento	\$381.65	1.57	\$599.19	1	\$599.19
Técnico de Fibra Óptica	\$380.59	1.18	\$449.10	1	\$449.10
Técnico Mantenimiento de Servidores	\$380.59	1.18	\$449.10	1	\$449.10
Total					\$2,262.80

Tabla E9: Mbps necesarios por plan y Costo Mensual

Para el Costo de Derecho de Vía (aérea) se contabilizó el uso de postes por cada vía de los diferentes trayectos de nuestra red, como podemos observar en la Tabla E10 y Tabla E11.

FEEDERS	POSTES
FEEDER S1	11
FEEDER S2	3
FEEDER S3	8
FEEDER S4	11
FEEDER S5	8
FEEDER N1	13
FEEDER N2	18
FEEDER N3	40

FEEDERS	POSTES
TOTAL	112

Tabla E10: Total de Postes por cada ruta de Feeder

RUTAS	POSTES
S1-R1	10
S1-R2	10
S2-R1	11
S2-R2	9
S3-R1	12
S3-R2	13
S4-R1	18
S4-R2	15
S5-R1	9
S5-R2	12
N1-R1	14
N1-R2	18
N2-R1	13
N2-R2	17
N3-R1	17
N3-R2	9
TOTAL	207

Tabla E11: Total de Postes por cada ruta

En total, necesitaremos utilizar 319 postes para nuestra red, el precio de alquiler anual por poste se detalla a continuación:

- Alquiler Anual por Poste: \$16.50
- I.V.A: 12%
- Inflación Anual: 3.38%

Lo cual nos da un costo de alquiler anual por los 319 postes de \$6,073.03 Anuales.

ANEXO F: Costos para los nueve primeros años

Costos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Mantenimiento	\$0,00	\$0,00	\$7,069.96	\$7,069.96	\$7,069.96	\$7,069.96	\$7,069.96	\$7,069.96	\$7,069.96	\$7,069.96
Sistema de Energía	\$0,00	\$0,00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00
Costo de Megas	\$0,00	\$0,00	\$86,934.16	\$86,934.16	\$86,934.16	\$86,934.16	\$86,934.16	\$86,934.16	\$86,934.16	\$86,934.16
Alquiler Local	\$0,00	\$0,00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00
Personal	\$0,00	\$1,663.61	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63
Capacitación	\$0,00	\$0,00	\$0.00	\$3,000.00	\$0.00	\$0.00	\$3,000.00	\$0.00	\$0.00	\$3,000.00
Derecho de Vía	\$0,00	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03
Total	\$0,00	\$7,736.64	\$133,440.77	\$136,440.77	\$133,440.77	\$133,440.77	\$136,440.77	\$133,440.77	\$133,440.77	\$136,440.77

Tabla F1: Costos para el primer escenario (100% de las viviendas)

Costos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Mantenimiento	\$0,00	\$0,00	\$5,431.96	\$5,431.96	\$5,431.96	\$5,431.96	\$5,431.96	\$5,431.96	\$5,431.96	\$5,431.96
Sistema de Energía	\$0,00	\$0,00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00
Costo de Megas	\$0,00	\$0,00	\$65,329.22	\$65,329.22	\$65,329.22	\$65,329.22	\$65,329.22	\$65,329.22	\$65,329.22	\$65,329.22
Alquiler Local	\$0,00	\$0,00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00
Personal	\$0,00	\$1,663.61	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63
Capacitación	\$0,00	\$0,00	\$0.00	\$3,000.00	\$0.00	\$0.00	\$3,000.00	\$0.00	\$0.00	\$3,000.00
Derecho de Vía	\$0,00	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03
Total	\$0,00	\$7,736.64	\$110,197.83	\$113,197.83	\$110,197.83	\$110,197.83	\$113,197.83	\$110,197.83	\$110,197.83	\$113,197.83

Tabla F2: Costos para el segundo escenario (75% de las viviendas)

Costos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Mantenimiento	\$0,00	\$0,00	\$3,793.96	\$3,793.96	\$3,793.96	\$3,793.96	\$3,793.96	\$3,793.96	\$3,793.96	\$3,793.96
Sistema de Energía	\$0,00	\$0,00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00
Costo de Megas	\$0,00	\$0,00	\$46,296.30	\$46,296.30	\$46,296.30	\$46,296.30	\$46,296.30	\$46,296.30	\$46,296.30	\$46,296.30
Alquiler Local	\$0,00	\$0,00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00
Personal	\$0,00	\$1,663.61	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63
Capacitación	\$0,00	\$0,00	\$0.00	\$3,000.00	\$0.00	\$0.00	\$3,000.00	\$0.00	\$0.00	\$3,000.00
Derecho de Vía	\$0,00	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03
Total	\$0,00	\$7,736.64	\$89,526.91	\$92,526.91	\$89,526.91	\$89,526.91	\$92,526.91	\$89,526.91	\$89,526.91	\$92,526.91

Tabla F3: Costos para el tercer escenario (50% de las viviendas)

Costos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Mantenimiento	\$0,00	\$0,00	\$2,137.96	\$2,137.96	\$2,137.96	\$2,137.96	\$2,137.96	\$2,137.96	\$2,137.96	\$2,137.96
Sistema de Energía	\$0,00	\$0,00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00	\$4,590.00
Costo de Megas	\$0,00	\$0,00	\$27,263.37	\$27,263.37	\$27,263.37	\$27,263.37	\$27,263.37	\$27,263.37	\$27,263.37	\$27,263.37
Alquiler Local	\$0,00	\$0,00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00	\$1,620.00
Personal	\$0,00	\$1,663.61	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63	\$27,153.63
Capacitación	\$0,00	\$0,00	\$0.00	\$3,000.00	\$0.00	\$0.00	\$3,000.00	\$0.00	\$0.00	\$3,000.00
Derecho de Vía	\$0,00	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03	\$6,073.03
Total	\$0,00	\$7,736.64	\$68,837.99	\$71,837.99	\$68,837.99	\$68,837.99	\$71,837.99	\$68,837.99	\$68,837.99	\$71,837.99

Tabla F4: Costos para el cuarto escenario (25% de las viviendas)

ANEXO G: Flujo de Caja para los nueve primeros años

Valores	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Ingresos	\$0.00	\$0.00	\$187,195.52	\$153,985.52	\$153,985.52	\$153,985.52	\$153,985.52	\$153,985.52	\$153,985.52	\$153,985.52
Inversiones	\$117,763.21	\$159,911.93	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Costos	\$0.00	\$7,736.64	\$133,440.77	\$136,440.77	\$133,440.77	\$133,440.77	\$136,440.77	\$133,440.77	\$133,440.77	\$136,440.77
Flujo de Caja	\$(117,763.21)	\$(167,648.57)	\$53,754.75	\$17,544.75	\$20,544.75	\$20,544.75	\$17,544.75	\$20,544.75	\$20,544.75	\$17,544.75
Acumulado	\$0.00	\$(285,411.78)	\$(231,657.03)	\$(214,112.27)	\$(193,567.52)	\$(173,022.77)	\$(155,478.02)	\$(134,933.27)	\$(114,388.52)	\$(96,843.77)
Valor Actual	\$(117,763.21)	\$(149,913.77)	\$42,983.34	\$12,545.05	\$13,136.13	\$11,746.52	\$8,970.10	\$9,392.75	\$8,399.13	\$6,413.90
VAN	\$(154,090.05)		TIR	-8.72%		Tasa de Descuento		11.83%		

Tabla G1: Flujo de caja para el primer escenario (100% de las viviendas)

Valores	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Ingresos	\$0.00	\$0.00	\$141,222.38	\$116,202.38	\$116,202.38	\$116,202.38	\$116,202.38	\$116,202.38	\$116,202.38	\$116,202.38
Inversiones	\$117,763.21	\$123,220.73	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Costos	\$0.00	\$7,736.64	\$110,197.83	\$113,197.83	\$110,197.83	\$110,197.83	\$113,197.83	\$110,197.83	\$110,197.83	\$113,197.83
Flujo de Caja	\$(117,763.21)	\$(130,957.37)	\$31,024.54	\$3,004.54	\$6,004.54	\$6,004.54	\$3,004.54	\$6,004.54	\$6,004.54	\$3,004.54
Acumulado	\$0.00	\$(248,720.58)	\$(217,696.03)	\$(214,691.49)	\$(208,686.95)	\$(202,682.40)	\$(199,677.86)	\$(193,673.32)	\$(187,668.77)	\$(184,664.23)
Valor Actual	\$(117,763.21)	\$(117,103.97)	\$24,807.83	\$2,148.34	\$3,839.25	\$3,433.12	\$1,536.13	\$2,745.19	\$2,454.78	\$1,098.38
VAN	\$(192.804.15)		TIR	-26.18%		Tasa de Descuento		11.83%		

Tabla G2: Flujo de caja para el segundo escenario (75% de las viviendas)

Valores	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Ingresos	\$0.00	\$0.00	\$95,249.23	\$78,419.23	\$78,419.23	\$78,419.23	\$78,419.23	\$78,419.23	\$78,419.23	\$78,419.23
Inversiones	\$117,763.21	\$86,529.53	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Costos	\$0.00	\$7,736.64	\$89,526.91	\$92,526.91	\$89,526.91	\$89,526.91	\$92,526.91	\$89,526.91	\$89,526.91	\$92,526.91
Flujo de Caja	\$(117,763.21)	\$(94,266.17)	\$5,722.32	\$(14,107.68)	\$(11,107.68)	\$(11,107.68)	\$(14,107.68)	\$(11,107.68)	\$(11,107.68)	\$(14,107.68)
Acumulado	\$0.00	\$(212,029.38)	\$(206,307.06)	\$(220,414.74)	\$(231,522.42)	\$(242,630.10)	\$(256,737.78)	\$(267,845.46)	\$(278,953.14)	\$(293,060.82)
Valor Actual	\$(117,763.21)	\$(84,294.17)	\$4,575.68	\$(10,087.43)	\$(7,102.15)	\$(6,350.85)	\$(7,212.83)	\$(5,078.26)	\$(4,541.06)	\$(5,157.40)
VAN	\$(243.011.68)		TIR	-198.16%		Tasa de Descuento		11.83%		

Tabla G3: Flujo de caja para el tercer escenario (50% de las viviendas)

Valores	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Ingresos	\$0.00	\$0.00	\$48,569.19	\$40,019.19	\$40,019.19	\$40,019.19	\$40,019.19	\$40,019.19	\$40,019.19	\$40,019.19
Inversiones	\$117,763.21	\$49,435.13	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Costos	\$0.00	\$7,736.64	\$68,837.99	\$71,837.99	\$68,837.99	\$68,837.99	\$71,837.99	\$68,837.99	\$68,837.99	\$71,837.99
Flujo de Caja	\$(117,763.21)	\$(57,171.77)	\$(20,268.80)	\$(31,818.80)	\$(28,818.80)	\$(28,818.80)	\$(31,818.80)	\$(28,818.80)	\$(28,818.80)	\$(31,818.80)
Acumulado	\$0.00	\$(174,934.98)	\$(195,203.78)	\$(227,022.58)	\$(255,841.38)	\$(284,660.18)	\$(316,478.98)	\$(345,297.78)	\$(374,116.58)	\$(405,935.38)
Valor Actual	\$(117,763.21)	\$(51,123.82)	\$(16,207.33)	\$(22,751.44)	\$(18,426.49)	\$(16,477.23)	\$(16,267.99)	\$(13,175.52)	\$(11,781.74)	\$(11,632.12)
VAN	\$(295.606.88)		TIR	-----		Tasa de Descuento		11.83%		

Tabla G4: Flujo de caja para el cuarto escenario (25% de las viviendas)