



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA NUEVA RED PARA PROVEER  
SERVICIO DE INTERNET AL CANTÓN ZARUMA DE LA PROVINCIA  
DE EL ORO”

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

CARLOS FERNANDO ESPINOZA VINUEZA  
CINTHIA JAMILET VÁSQUEZ ARMIJOS

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios que me ha bendecido en todo este periodo. A mis padres Carlos Y Bolivia por todo el esfuerzo que ha invertido en mí y por apoyarme en todo momento, a mi novia Naomi por su apoyo incondicional desde que comencé con este reto y por cada momento difícil que supo ayudarme a superar. Al tutor de mi proyecto Ingeniero Edison Del Rosario Camposano por la disposición que ha tenido en el transcurso de todo este proceso.

Carlos Fernando Espinoza Vinueza

Agradezco a Dios que me concede sabiduría, entendimiento, fuerzas y bendiciones ayudándome a superar todo obstáculo. A mis padres César y Aury por su apoyo incondicional quienes me motivan a superarme personal y profesionalmente, gracias por haber depositado su confianza en mí. A mi hermana Dayana por ayudarme en todo momento. Al Ingeniero Edison Del Rosario tutor del proyecto por guiarnos con paciencia y disponibilidad. A mis maestros por compartir sus conocimientos y experiencias con nosotros.

Cinthia Jamilet Vásquez Armijos

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico principalmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos llegar hasta este momento que es demasiado importante en nuestra formación profesional, a mis padres Carlos y Bolivia por el apoyo incondicional y por ayudarme en la formación de mi futuro, a mi novia Naomi por su apoyo incondicional, a mi hermano Jorge por su apoyo y al Ingeniero Edison Del Rosario por haberme guiado en todo el proyecto.

Carlos Fernando Espinoza Vinueza

Dedico el presente proyecto especialmente a Dios un ser maravilloso que nos concede la vida y fortaleza para superarnos. A mis padres César y Aury por inculcarme valores y enseñándome que con perseverancia y constancia todo es posible. A mi mamita Hilda por sus oraciones, consejos y amor que me guían a ser mejor cada día. A mi hermana Dayana que ha sido mi apoyo incondicional.

Cinthia Jamilet Vásquez Armijos

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

**M.Sc. Edison Del Rosario Camposano**

PROFESOR EVALUADOR

**PhD. Boris Ramos Sánchez**

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"

---

Carlos Fernando Espinoza Vinueza

---

Cinthia Jamilet Vásquez Armijos

## RESUMEN

El presente proyecto realiza un análisis del sector oriental del cantón Zaruma y detalla la falta de servicios de telecomunicaciones de forma alámbrica en las parroquias de Salvias y Sinsao.

Por esta razón, se propone crear una red PON para dichas parroquias y así ofrecer un servicio de calidad y eficiencia a sus habitantes. La red que se propone crear GPON que es un estándar de la tecnología PON. La tecnología basada en Redes Ópticas Pasivas con Capacidad de Gigabit (GPON) otorga varios beneficios que serán descritos en el presente proyecto, además es un estándar que garantiza poder acceder a todos los servicios de telecomunicaciones, es decir soporta eficientemente Internet, Voz y Televisión a través de una mismo medio.

En Primera instancia se propone la creación de dos nodos ubicados en las parroquias de Salvias y Sinsao, además de solo brindar el servicio de Internet como primera parte del proyecto diseñando una estructura física que sea capaz de soportar Internet. A través de un análisis se ha determinado ubicar dos niveles de splitters, uno ubicado en pedestales y el otro ubicado en cajas de distribución que serán las que brinden el servicio a cada usuario.

Finalmente se concluye que el proyecto a realizar es viable, pero que es necesario recurrir al FODETEL para realizarlo.

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>TRIBUNAL DE EVALUACIÓN</b> .....	iv
<b>DECLARACIÓN EXPRESA</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vi
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	10
<b>1. SITUACIÓN ACTUAL DEL CANTÓN ZARUMA</b> .....	10
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	10
<b>1.2 Justificación del Proyecto</b> .....	17
<b>1.3 Objetivos</b> .....	18
<b>1.3.1 Objetivo General</b> .....	18
<b>1.3.2 Objetivos Específicos</b> .....	19
<b>1.4 Alcance</b> .....	19
<b>1.5 Limitaciones</b> .....	19
<b>1.6 Estimaciones de ingresos</b> .....	19
<b>1.7 Ingreso Promedio Por Usuario (ARPU)</b> .....	20
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	22
<b>2. TEORÍA DE LAS REDES DE FIBRA ÓPTICA</b> .....	22
<b>2.1 Fibra óptica</b> .....	22
<b>2.2 Evolución en la última milla</b> .....	23
<b>2.3 Redes PON</b> .....	23
<b>2.4 Estándares de Redes PON</b> .....	25
<b>2.4.1 Arquitectura APON</b> .....	25
<b>2.4.2 Arquitectura BPON</b> .....	26
<b>2.4.3 Arquitectura EPON</b> .....	27
<b>2.4.4 GPON</b> .....	28

2.4.5	Esquema de una red GPON.....	29
2.5	Comparación de las redes PON.....	31
CAPÍTULO 3.....		33
3.	DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA GPON.....	33
3.1	Análisis de la información.....	33
3.2	Área de servicio.....	34
3.3	Sectorización.....	36
3.4	Cuantificación por armarios.....	38
3.5	Cableado.....	42
3.5.1	Topología de la Red.....	43
3.5.2	Cableado para la Red troncal.....	44
3.5.3	Cableado para red de acceso.....	46
3.5.4	Fibra óptica a escoger.....	51
3.5.5	Especificaciones para el tendido de fibra óptica.....	54
3.6	Equipos.....	55
3.6.1	OLT (Optical Line Terminal).....	55
3.6.2	ONT (Optical Network Terminal).....	56
3.6.3	Cuantificación de materiales.....	57
3.7	Presupuesto de enlace.....	61
3.7.1	Presupuesto de enlace: usuario más lejano.....	63
3.7.2	Presupuesto de enlace: usuario más cercano.....	64
CAPÍTULO 4.....		67
4.	SITUACIÓN FINANCIERA.....	67
4.1	Tiempo de ejecución del proyecto.....	67
4.1.1	Planteamiento del problema y estudio de demanda.....	67
4.1.2	Diseño de la red y equipos a usar.....	68
4.1.3	Implementación de la red.....	68
4.1.4	Estimación de realización del proyecto.....	69



<b>4.2. Presupuesto del proyecto.....</b>	<b>70</b>
<b>4.2.1. Inversiones fijas .....</b>	<b>70</b>
<b>4.2.2. Inversiones del tendido de la red .....</b>	<b>72</b>
<b>4.2.3. Inversión por instalación de equipos de planta interna .....</b>	<b>72</b>
<b>4.2.4. Inversión Inicial .....</b>	<b>73</b>
<b>4.3. Gastos de operación del proyecto .....</b>	<b>74</b>
<b>4.3.1. Gastos Operativos .....</b>	<b>74</b>
<b>4.3.2. Gastos Administrativos.....</b>	<b>75</b>
<b>4.3.3. Gastos Adicionales.....</b>	<b>76</b>
<b>4.3.4. Estados Financieros.....</b>	<b>77</b>
<b>4.3.5. Caso óptimo .....</b>	<b>77</b>
<b>4.3.6. Ingresos por instalación de planes caso optimo .....</b>	<b>80</b>
<b>4.3.7. Egresos para el caso óptimo .....</b>	<b>81</b>
<b>4.3.8. VAN y TIR caso óptimo.....</b>	<b>82</b>
<b>4.3.9. Caso crítico.....</b>	<b>84</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>

## CAPÍTULO 1

### 1. SITUACIÓN ACTUAL DEL CANTÓN ZARUMA

En el capítulo que se detalla a continuación se describirá la situación actual del cantón Zaruma de la provincia de El Oro, sobre todo haciendo hincapié en la forma en que la población accede a los diversos tipos de servicios de telecomunicaciones. Además se trata sobre la problemática que da origen a la formulación del proyecto y las limitaciones que el proyecto tendrá.

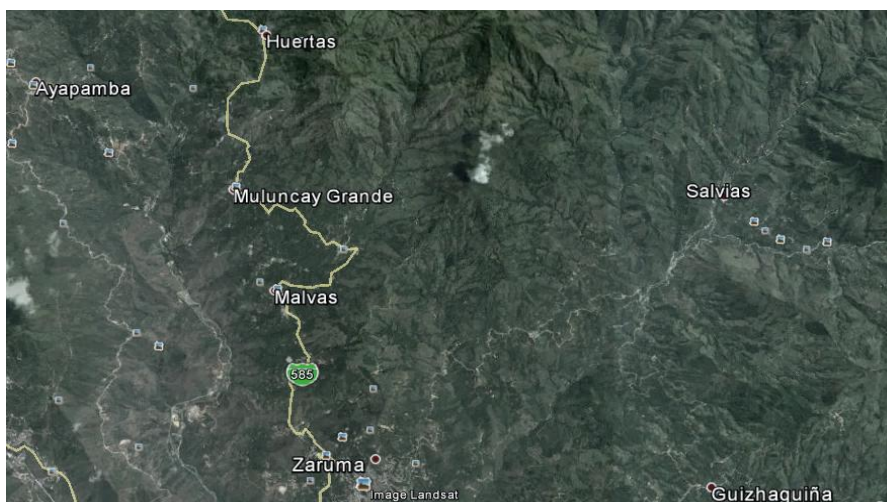
#### 1.1 Antecedentes

El cantón Zaruma se encuentra ubicado en el Callejón Interandino, al sureste del Ecuador, y al suroeste de la Provincia de El Oro, extremo oriental, con coordenadas de latitud sur: S 3° 50' / S 3° 40' y Longitud occidental: W 79° 45' / W 79° 30', se asienta en las faldas de la cordillera de Vizcaya, ramal desprendido de la Cordillera de Chilla, en la Hoya de Zaruma [1], como se muestra en la Figura 1.1.



Figura 1.1: Mapa del Cantón Zaruma [14]

Su altura varía de 900 a 3500 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado mesotérmico y su temperatura oscila desde 18 a 22 grados. Zaruma limita la norte con la provincia del Azuay, al sur con el cantón Piñas, al Este con el cantón Portovelo y al Oeste con los cantones Chilla y Atahualpa. Posee una superficie de 643,5 km<sup>2</sup>. La cabecera cantonal de Zaruma es su parroquia urbana Zaruma y además está formada por las parroquias rurales: Abañín, Arcapamba, Guanazán, Güizhagüiña, Huertas, Malvas, Muluncay Grande, Salvias y Sinsao [1], como se observa en la Figura 1.2.



**Figura 1.2: Mapa de Parroquias del Cantón Zaruma**

Las actividades económicas a la que los habitantes de este cantón se dedican son: extracción de oro ya que es una zona en la cual se desarrolla la gran parte de la actividad minera artesanal del Ecuador, también se desarrolla la agricultura siendo una región orientada a la producción de productos como café, maíz, tomate, caña de azúcar, panela, aguardiente, yuca, fréjol. Cabe señalar que por su ubicación geográfica esta producción tiene salida hacia importantes centros de consumo como Machala o Loja. A lo anterior se agrega una importante producción ganadera, como carne, quesos y lácteos con sus derivados [1].

Además, Zaruma fue declarada por la UNESCO Patrimonio Cultural y Natural de la Humanidad, cada año la ciudad es visitada por miles de turistas nacionales y extranjeros [1].

En el centro de Zaruma se concentra la “modernidad”, pero en la periferia rural existen bajos índices de desarrollo social y de infraestructura [1]. En Tabla 1 se detalla la población registrada en el cantón Zaruma.

<b>Población del Cantón Zaruma de la Provincia de El Oro</b>	
<b>Nombre de Parroquia</b>	<b>Población</b>
Zaruma	10.559
Abañín	1.684
Arcapamba	995
Guanazán	3.045
Güizhagüña	1.704
Huertas	1.996
Malvas	1.185
Muluncay Grande	845
Sinsao	1.336
Salvias	748

**Tabla 1: Población del Cantón Zaruma – Censo del 2010**

Además, según los datos del censo del 2010, el número de hogares que se registró se detalla en la Tabla 2.

<b>Nombre de la Parroquia</b>	<b>Total de personas</b>	<b>Total de familias</b>	<b>Promedio de personas por familias</b>
Sinsao	1.336	362	3,69
Zaruma	10.496	2.998	3,50
Arcapamba	995	293	3,40
Abañín	1.684	467	3,61
Güizhagüiña	1.704	458	3,72
Guanazán	3.045	767	3,97
Huertas	1.995	570	3,50
Malvas	1.182	340	3,48
Muluncay Grande	787	225	3,50
Salvias	748	197	3,80

**Tabla 2: Población de Familias del Cantón Zaruma – Censo del 2010**

La población que será tomada en cuenta para este proyecto son los habitantes de las parroquias Sinsao y Salvias, la cual comprende un total de 2084 personas, y el número de hogares es de 559.

En el centro parroquial de Salvias hay aproximadamente 91 familias. También la parroquia está conformada por barrios los cuales son: Ortega (27 familias), San Antonio (20 familias), Palmas (20 familias). Además en esta parroquia hay sitios poblados que se encuentran cerca de los barrios como son: Tambillo (2 familias), El Molino (7 familias), San José (4 familias), Loma Larga (8 familias) y Elvira (8 familias).

La parroquia tiene un centro educativo con aproximadamente 120 estudiantes hasta décimo de básica, a este centro educativo llegan también niños del barrio Daule perteneciente a la parroquia Guizhagüiña.

Los habitantes de la parroquia cuentan con el Programa Nuestros Niños CNH, se reúnen una vez por semana para capacitaciones en el convento y los otros días de

la semana los niños son visitados en sus casas, además tienen el programa de atención de adultos mayores y discapacitados.

La comunidad tiene a su disposición un Subcentro de Salud y el Infocentro perteneciente al Ministerio de Educación, en este lugar tienen acceso a Internet gratuito 8 horas diarias de Lunes a Viernes en la junta parroquial.

En el centro parroquial de Sinsao hay aproximadamente 170 familias. También la parroquia está conformada por barrios los cuales son: Roma Chico (40 familias), Robles (20 familias), Los Guabos (15 familias), Palmal (10 familias), Loma Seca (15 familias). Además hay un sitio poblado llamado Andro (12 familias).

En Sinsao hay una escuela donde aproximadamente asisten 180 niños hasta séptimo de básica.

Al igual que en la parroquia de Salvias los habitantes cuentan con dos Programas como son: Nuestros Niños CNH y el programa de atención de adultos mayores y discapacitados. También cuentan con un Infocentro y un dispensario de salud.

En estas parroquias, algunos de sus habitantes tienen el servicio de Internet proporcionado por una empresa privada y el servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 proporcionado por CNT EP. Los dos operadores que se encuentran actualmente en el cantón de Zaruma acceden a los sitios céntricos despreocupándose de los sectores populares de este cantón.

Según datos tomados del INEC, actualizada al censo del año 2010, se muestran los datos de población, a continuación en la Tabla 3 se presenta la disponibilidad de teléfono convencional que tiene la población de Zaruma.

<b>Población con disponibilidad de teléfono convencional por familias</b>			
<b>Parroquias</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Total de familias</b>
Zaruma	1.304	1.694	2.998
Abañín	24	443	467
Arcapamba	2	291	293
Guanazán	32	735	767
Güizhagüiña	22	436	458
Huertas	44	526	570
Malvas	58	282	340
Muluncay Grande	29	196	225
Sinsao	2	360	362
Salvias	1	196	197
<b>Total</b>	<b>1.518</b>	<b>5.159</b>	<b>6.677</b>

**Tabla 3: Disponibilidad de teléfono convencional por familias en el Cantón Zaruma**

En la Tabla 4, según datos tomados del INEC, se muestran los datos de la disponibilidad de Internet por familia del Cantón Zaruma, estos datos son basados en el Censo del año 2010.

<b>Población con disponibilidad de Internet por familias</b>			
<b>Parroquias</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Total de familias</b>
Zaruma	447	2.551	2.998
Abañín	-	467	467
Arcapamba	9	284	293
Guanazán	7	760	767
Güizhagüiña	8	450	458
Huertas	31	539	570
Malvas	23	317	340
Muluncay Grande	9	216	225
Sinsao	14	348	362
Salvias	12	185	197
<b>Total</b>	<b>560</b>	<b>6.117</b>	<b>6.677</b>

**Tabla 4: Disponibilidad de Internet por familias en el Cantón Zaruma**

En la Tabla 5, según datos tomados del INEC, se muestran los datos disponibilidad de Internet por familia en el Cantón Zaruma, estos datos son basados en el Censo del año 2010.



<b>Población con disponibilidad de televisión por cable</b>			
<b>Parroquias</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Total de familias</b>
Zaruma	1.581	1.417	2.998
Abañín	2	465	467
Arcapamba	26	267	293
Guanazán	13	754	767
Güizhagüiña	2	456	458
Huertas	12	558	570
Malvas	43	297	340
Muluncay Grande	7	218	225
Sinsao	15	347	362
Salvias	3	194	197
<b>Total</b>	<b>1.704</b>	<b>4.973</b>	<b>6.677</b>

**Tabla 5: Disponibilidad de televisión por cable por familia en el Cantón Zaruma**

## 1.2 Justificación del Proyecto

La ciudad de Zaruma requiere de cobertura de Internet y telefonía fija para todas sus parroquias sin excepción, según lo detalla la ley de Telecomunicaciones en el artículo 22 literal 1 y 2, que todos los ecuatoriano tenemos derecho a “disponer y recibir los servicios de telecomunicaciones contratados de forma continua, regular, eficiente, con calidad y eficacia” a “escoger con libertad al prestador del servicio, así como a la modalidad de contratación y el equipo terminal en el que recibirá los servicios contratados” [2].

Esto es necesario debido a que en estas parroquias existen centros educativos y es indispensable que los estudiantes cuenten con todas las facilidades para acceder al Internet y de esta manera logren los conocimientos que la época actual requiere. Además, es un potencial sitio turístico ya que cuenta con una diversidad de espacios

naturales y arqueológicos relevantes como Guayquichuma, Cerro Patalco, San Antonio, petroglifos de Buza y Guizhagüiña entre otros. En las parroquias a las que se les brindará los servicios se encuentran las Lagunas de Papa Beto y de Arcos fomentando así el desarrollo económico de la población.

Los prestadores de un futuro servicio deben cumplir con las obligaciones señaladas en el artículo 24 literal 1 y 2 en el cual se debe “Garantizar el acceso igualitario y no discriminatorio a cualquier persona que requiera sus servicios”, así también “Prestar el servicio de forma obligatoria, general, uniforme, eficiente, continua, regular, accesible y responsable, cumpliendo las regulaciones que dicte la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y lo establecido en los títulos habilitantes” [2].

Según también detalla el artículo 89 el servicio universal se “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” [2].

Además que “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” [2].

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Optimizar el servicio de comunicación de Internet para los 2.084 habitantes de las parroquias Sinsao y Salvias que se encuentran ubicadas a 15 km en la zona oriental del cantón de Zaruma de la provincia de El Oro.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Mejorar la comunicación para los pobladores de la zona oriental ubicada a 3°41 latitud Sur y 79°36 longitud occidental del cantón de Zaruma mediante el diseño de una nueva red para servicios de Internet.
- Proveer una nueva red de telecomunicaciones a los clientes residenciales y centros educativos de la zona oriental del Cantón de Zaruma.

### **1.4 Alcance**

Este proyecto beneficiaría a los 2084 habitantes de las parroquias Sinsao y Salvias, las familias beneficiadas serán 559. Existen 2 centros educativos los cuales serían los principales beneficiados y en este cantón minimizar el analfabetismo digital. También el proyecto busca potenciar el sector turístico ofreciendo una alternativa de comunicación y difusión como la que les brindaría el Internet atrayendo a personas de todas partes del país. Siendo una zona crucial para el desarrollo aurífero artesanal una red de telecomunicaciones potenciaría este sector.

Además del diseño de una red para proveer Internet, en el futuro se puede expandir los servicios de telecomunicaciones para ofrecer televisión y telefonía fija por cable para estas parroquias.

### **1.5 Limitaciones**

Este proyecto se limita solo a proveer el servicio de Internet a ambas parroquias debido a que la empresa que proveerá el servicio de banda ancha de Internet para los nodos solo posee licencia para Internet, por lo que a futuro es posible brindar televisión y telefonía fija para las parroquias en mención.

### **1.6 Estimaciones de ingresos**

En la Tabla 6 se muestran los siguientes Planes Residenciales y Corporativos:

---

Plan A – Básico

Internet fijo

**3 Mbps de bajada y 1 Mbps de subida costo mensual: \$ 35.83**

**Costo de Inscripción : \$50.00**

Plan B

Internet fijo

**6 Mbps de bajada y 2 Mbps de subida costo mensual: \$ 60.48**

**Costo de Inscripción : \$50.00**

Plan C - Corporativo

Internet fijo

**10 Mbps de bajada y 10 Mbps de subida costo mensual: \$ 81.76.**

**Costo de Inscripción : \$80.00**

**Tabla 6: Planes Residenciales – Corporativos**

**1.7 Ingreso Promedio Por Usuario (ARPU)**

Servicio Internet fijo	ARPU	Porcentaje de clientes
Plan A Básico residencial 3 Megas	\$ 35,83	70%
Plan B Básico residencial 6 Megas	\$60,48	28,33%
Plan C Corporativos	\$81,76	1,67%

**Tabla 7: ARPU**

El ingreso promedio por familia es superior al salario básico, debido a que también se dedican a otras actividades comerciales y además existen familias en las que aportan económicamente varios miembros. En la Tabla 7 se muestra el porcentaje de futuros clientes para cada plan que se ha creado según la necesidad del cliente, de los 479 posibles clientes que tenemos en las parroquias el 1,67% son clientes corporativos, mientras que de los 471 se ha considerado que el 70% de los habitantes es posible que contraten el plan A que es un plan básico residencial 3 Megas y el 28,33% de los pobladores es probable que contraten el plan B básico residencial 6 Megas.

## CAPÍTULO 2

### 2. TEORÍA DE LAS REDES DE FIBRA ÓPTICA

En este capítulo se presenta una breve introducción a los diferentes tipos de estándares que existen para las redes de fibra óptica, conforme se avanza el capítulo se detalla la tecnología y los estándares empleados para resolver el problema que se presentó en el capítulo 1 de este proyecto; además se realiza una comparación entre los estándares que fueron propuestos a emplear.

#### 2.1 Fibra óptica

Es un medio de transmisión que se emplea en redes de datos y telecomunicaciones que consisten en un hilo muy fino de material transparente (vidrio) en el cual se envían pulsos de luz, los cuales representan los datos que se desean transmitir.

La fibra óptica posee un ancho de banda muy amplio, lo que permite flujos muy elevados de datos, así como también está compuesta de un material ligero y pequeño tamaño por lo cual ocupa muy poco espacio y resulta menos pesado que un cable convencional [3].

Según el tipo de trayectoria que puede seguir el haz de luz dentro de una fibra óptica se tiene dos tipos de fibra óptica:

- Multimodo
- Monomodo

La fibra óptica monomodo es en la que se propaga un solo modo de luz, esta fibra permite alcanzar grandes distancias gracias a su baja atenuación, aproximadamente 400 km con un láser de alta densidad, y transmitir a elevadas tasas de información [3].

Este tipo de fibra es ideal para el tendido de una red troncal debido a sus bajas atenuaciones y que permite transmitir a grandes distancias. Su mayor desventaja es

que debido a que su núcleo es pequeño requiere mayor precisión para unir dos hilos de fibra por lo que los conectores usados son más costosos.

## **2.2 Evolución en la última milla**

En la actualidad la tecnología y los servicios avanzan a pasos muy acelerados, por lo que las redes no satisfacen las velocidades existentes para los nuevos servicios multimedia. ADSL, que consiste en la transmisión analógica de datos digitales apoyada en el cable de pares simétricos de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado, sólo permite ofrecer una velocidad de 512kbps, 1Mbps, 2Mbps y hasta 4 Mbps, siempre y cuando la distancia entre el abonado y la central que provee el servicio no sea mayor a 5,5 km, esto sería una limitación para los usuarios que requieren mayor velocidad y ancho de banda. Habiendo ya analizado las limitaciones que tienen las redes ADSL, se buscará usar otras tecnologías que permitan brindar mayores velocidades en el rango de Gbps como las que ofrecen las redes con fibra óptica con tecnología GPON [10].

Las redes GPON tienen alcances de hasta 60 Km permitiendo velocidades simétricas de 622 Mbps, 1.25Gbps, y asimétricas de 2.5 Gbps en el enlace descendente y 1.25 Gbps en el ascendente.

## **2.3 Redes PON**

Una red óptica pasiva (PON, del inglés Passive Optical Network) es una red punto-multipunto que lleva una conexión de fibra óptica hasta casa del usuario [4].

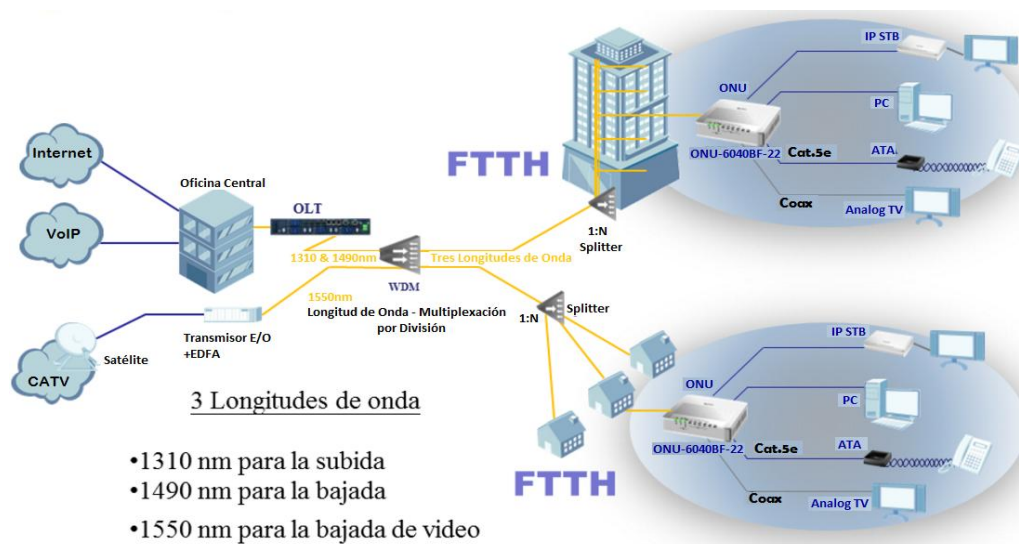
Una red PON está formada por los siguientes equipos: un Terminador de red Óptico (OLT, Optical Line Termination) en la central local del proveedor de servicios y una serie de Unidades de Red Ópticas (ONU, Optical Network Units) próximo a los usuarios de acceso [8] [4].

La ventaja de las redes PON es que solo se necesitan equipos activos en los extremos (nodo y usuario). Para guiar el tráfico intermedio en la red se usan divisores

ópticos pasivos, que reparten la señal por las fibras que se dirigen a cada punto de conexión [9] [4].

El tramo principal de fibra se tiende entre el terminal de línea óptica (OLT), situado en el nodo central (CO), y el centro distribuidor óptico (ODF), posicionando cerca del grupo de abonados. En este punto se utiliza un splitter para la conexión de los abonados al núcleo de la fibra. A continuación, cada bucle de abonado se equipa con un terminal de red óptica (ONT) que se conecta con el splitter. Esta arquitectura punto multipunto disminuye el costo de instalación y control [5] [6].

Para usar un solo hilo de fibra óptica, el OLT transmite voz y datos a una longitud de onda distinta a la transmisión del ONT (a 1490nm OLT y a 1310nm a ONT), con lo cual se consigue realizar la transmisión en ambos sentidos sobre tan solo una fibra sin interferencia de señales [5] [6].



**Figura 2.1: Esquema General de una Red Pon [21]**

Como se muestra en la Figura 2.1 el OLT puede estar conectado a un multiplexor por longitud de onda (WDM) para la difusión conjunta de video, voz y datos sobre



una fibra. La emisión de la señal de video se realiza en un solo sentido, normalmente a 1550 nm [5] [6].

## 2.4 Estándares de Redes PON

Una vez descrito el funcionamiento global de una red PON es preciso describir las distintas arquitectura existentes de redes PON y desde el punto de vista de la normalización la ITU, a través de FSAN (FULL SERVICE ACCESS NETWORK), y la IEEE han elaborado una serie de estándares para las redes PON (Redes Ópticas Pasivas), los cuales mostramos en la siguiente Tabla 8 [5] [15]:

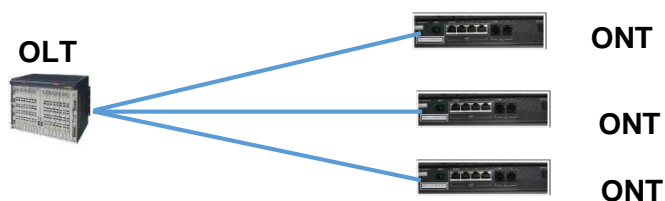
ITU-T G.983	APON (ATM ((Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network)
	BPON (Broadband Passive Optical Network)
ITU-T G.983	GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network)
IEEE 802.3	EPON (Ethernet Passive Optical Network)
IEEE 802.3AV	10G-EPON

**Tabla 8: Estándares de Redes PON**

### 2.4.1 Arquitectura APON

A-PON o ATM-PON (Redes Ópticas Pasivas ATM) está definida en la revisión del estándar de la ITU-T G.983, el cual fue el primer estándar desarrollado para las redes PON. Las especificaciones iniciales definidas para las redes PON fueron hechas por el comité FSAN (Full Service Access Network), el cual utiliza el estándar ATM como protocolo de señalización de la capa 2 (Enlace de Datos). Los sistemas APON usan el protocolo ATM como portador (Figura 2.2). A-PON se adecua a distintas arquitecturas de redes de acceso,

como, FTTH (Fibra hasta la vivienda), FTTB/C (fibra al edificio) y FTTCab [6] [7].



**Figura 2.2: Arquitectura Básica de una Red APON**

#### 2.4.2 Arquitectura BPON

Esta tecnología de las redes PON surgió como una mejora de la tecnología APON para integrar y obtener acceso a más servicios como Ethernet, distribución de video, VPL, y multiplexación por longitud de onda (WDM) logrando un mayor ancho de banda, entre otras mejoras.

Ya que se trata de una mejora de la tecnología APON, también posee sus características. Al igual que APON utiliza el protocolo ATM, pero tiene la diferencia que puede dar soporte a otros estándares de banda ancha. En su primera versión, las redes BPON estaban definidas bajo una tasa fija de transmisión de 155 Mbps, tanto para el canal ascendente como para el descendente [5] [7].

Sin embargo, más adelante se modificó para flexibilizar la, admitiendo canales asimétricos:

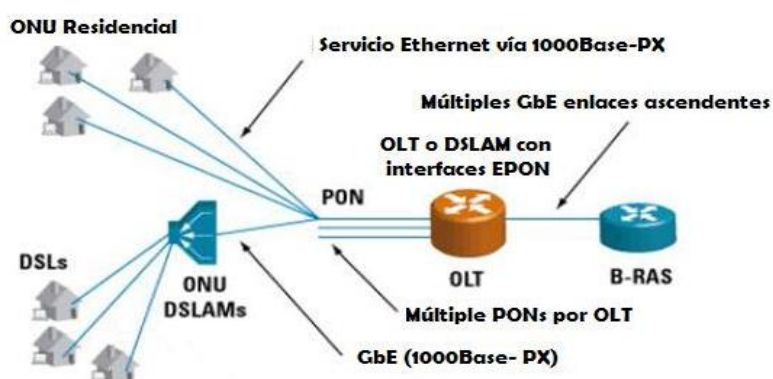
- Canal descendente: 622 Mbps.
- Canal ascendente: 155 Mbps.

Sin embargo, y a pesar de presentar mejoras respecto a las redes APON, tenían un elevado costo de implementación, así como diversas limitaciones

técnicas. De esta forma, se ha ido avanzando poco a poco para solventar los problemas que suponía esta tecnología que, al día de hoy, permite de forma asimétrica alcanzar velocidades de hasta 1.2 Gbps de la siguiente forma:

- Canal descendente: 1,244 Gbps.
- Canal ascendente: 622 Mbps.

### 2.4.3 Arquitectura EPON



**Figura 2.3: Esquema General de una Red EPON [22]**

Paralelamente a la evolución de las redes PON estandarizadas por la ITU, y que tienen su origen en la FSAN, surge una nueva especificación realizada por el grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile o Ethernet en última milla), constituido por la IEEE. La intención de este proyecto era aprovechar las ventajas de la tecnología de fibra óptica de redes PON, y aplicarlas a Ethernet [6] [7].

Como se muestra en la Figura 2.3 el sistema se basa principalmente en el transporte de tráfico Ethernet en vez del transporte por medio de celdas de ATM, que en muchos casos resulta ser ineficiente. Funciona con velocidades de Gigabit, por lo cual la velocidad con la que dispone cada usuario final

depende del número de ONT que se interconectan a cada OLT. Sus principales ventajas frente a los sistemas anteriores APON y BPON son [6]:

- Ofrece QoS (Calidad de servicio) en ambos sentidos, tanto descendente como ascendente.
- La interconexión entre las etapas es más simple.
- Facilita en gran medida la llegada con fibra hasta los abonados, ya que los equipos con los que se accede son más económicos al usar interfaces Ethernet.
- La gestión y administración de la red se basa en el protocolo SNMP, lo cual permite reducir la complejidad de los sistemas de gestión de otras tecnologías.

#### 2.4.4 GPON



Figura 2.4: Esquema de una Red GPON [23]

Gigabit PON, Figura 2.4, es otra tecnología perteneciente a la arquitectura PON. A día de hoy, se trata del estándar más avanzado sobre el que se sigue aun trabajando [11].

Cabe destacar que es una evolución de las redes BPON, por lo cual, al igual que este, se basa en el protocolo ATM. Fue creado con el principal objetivo de poder ofrecer un ancho de banda mucho más alto que sus predecesores, y por tanto lograr una mayor eficiencia para el transporte de servicios [6] [7] [11].

La característica más importante de GPON, es que permite la transmisión de información encapsulada bajo varias tecnologías. Esto es gracias a la introducción de un nuevo método de encapsulamiento, GEM (GPON Encapsulation Method), el cual permite acomodar los servicios de ATM (al igual que pasaba en BPON, pero de una manera más eficiente), Ethernet y TDM en la red [6] [7].

Otras características destacadas en las redes GPON son:

- Las velocidades de transmisión van desde los 150Mbps hasta los 2Gbps: Downstream: 1244 o 2488Mbps y Upstream: 155, 622, 1244 o 2488Mbps.
- La máxima relación de división óptica es de 64 usuarios.
- La longitud de la fibra se extiende entre los 10 y los 20 km.

#### **2.4.5 Esquema de una red GPON**

El estándar GPON, como se muestra en la Figura 2.5, se basa en tres componentes fundamentales, OLT, ONU y ODN. Dichas componentes se describen a continuación [11].

##### **Optical Line Termination (OLT)**

Es el elemento activo situado en los nodos (central telefónica). Desde donde parten cada uno de los hilos de fibra hacia los usuarios. La OLT es la que

agrega el tráfico que proviene de los clientes y lo encamina hacia la red, es decir realiza funciones de router para poder ofrecer a todos los usuarios los servicios que demanda [5] [14].

La OLT consta de:

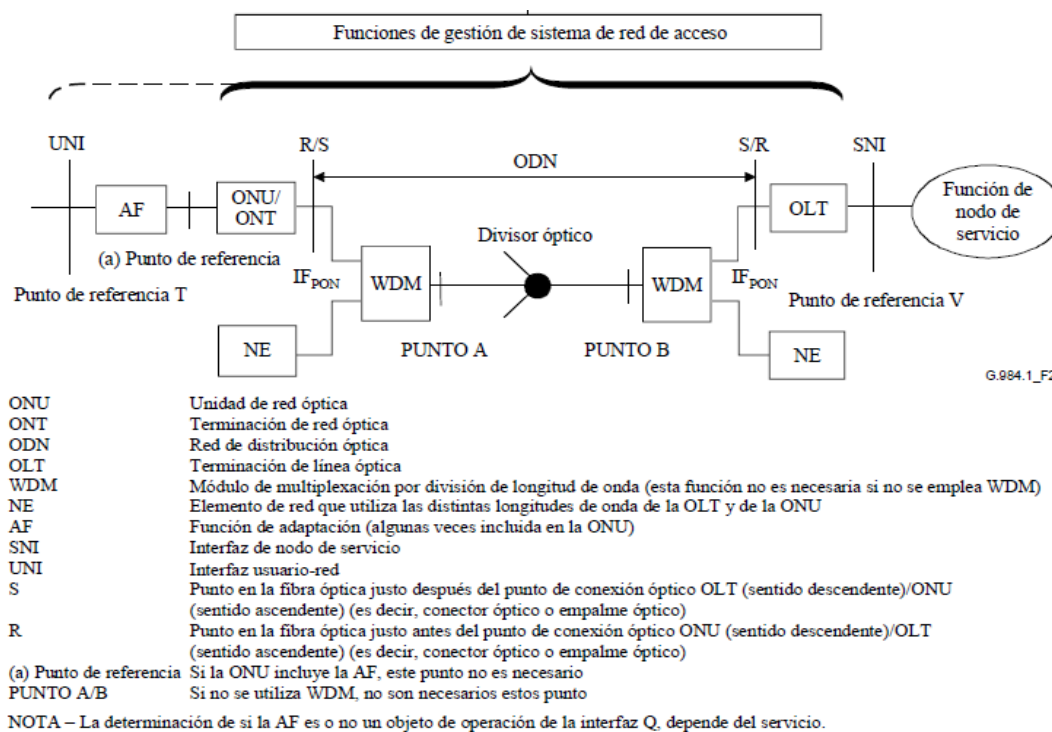
- Función de interfaz de puerto de servicio.
- Función de conexión cruzada.
- Interfaz de red de distribución óptica (ODN, Optical Distribución Network).

### **Optical Network Unit (ONU)**

La ONU es el dispositivo que realiza la conversión de señales ópticas a eléctricas, y realiza las funciones de multiplexor-demultiplexor para manejar el tráfico [5] [14].

### **Optical Distribution Network (ODN)**

En general, la red de distribución óptica provee el medio de transmisión óptica para la conexión física entre ONUs y OLTs, esta conexión se da a través de elementos ópticos pasivos [5] [14].



**Figura 2.5: Esquema General de una Red GPON [24]**

## 2.5 Comparación de las redes PON

A continuación se muestra una Tabla comparativa en la cual se muestra las principales características de las redes PON [5] [14]:

<b>Características</b>	<b>BPON</b>	<b>EPON</b>	<b>GPON</b>
<b>Estándar</b>	ITU-T G.983	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984
<b>Velocidades de transmisión (Mbps)</b>	Down: 155, 622, 1244 Up: 155, 622	Down: 1244 Up: 1244	Down: 1244, 2488 Up: 155, 622, 1244, 2488
<b>Tipo de Fibra</b>	Monomodo estándar (ITU-T G.652)		
<b>Características</b>	<b>BPON</b>	<b>EPON</b>	<b>GPON</b>
<b>Número de fibras por ONT</b>	1 ó 2	1	1 ó 2
<b>División Óptica</b>	1:32 (puede aumentar a 1:64)	1:16 (permite 32)	1:128 (en la práctica 1:64)
<b>Máxima longitud de fibra entre OLT y ONT</b>	20 Km	10 Km	10-20 Km
<b>Modo de tráfico</b>	ATM	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM
<b>Arquitectura de transmisión</b>	Asimétrica, Simétrica	Simétrica	Asimétrica, Simétrica

**Tabla 9: Características de Redes PON**



## **CAPÍTULO 3**

### **3. DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA GPON**

En este capítulo se realizará un análisis de la información que se recopiló en el capítulo 1 y 2, y de cómo la tecnología a implementar puede resolver la problemática que se planteó en el capítulo 1 del proyecto. Además se realiza un análisis de las distancias, zonas y sectores en los cuales se proveerá el servicio de Internet; una vez que se realice el análisis se presentaran las características de los equipos que se escogieron para la implementación de la nueva red.

#### **3.1 Análisis de la información**

En las parroquias de Salvias y Sinsao hay una población de 2084 habitantes y un total de 559 hogares distribuidos en ambas parroquias, tal como se mencionó en el capítulo 1 los sectores poblados de las parroquias Sinsao y Salvias están distribuidos en barrios.

Estas parroquias tienen los servicios de Internet, telefonía y televisión por medio inalámbrico, para mejorar el servicio usaremos el estándar GPON debido a que estas parroquias no poseen red alámbrica.

GPON permite ofrecer televisión digital, telefonía e Internet, es decir una dispondría de muchos servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura, cabe recalcar que este proyecto solo se implementará para dar cobertura de Internet por limitante de licencias de operador, pero se planifica expandir los servicios a futuro.

Una red GPON, según la norma ITU G.983.1, se especifica máximo 64 ONTs por puerto GPON del OLT, para este proyecto usaremos 4 tarjetas para los OLT y así brindar cobertura a las 559 familias.

### 3.2 Área de servicio

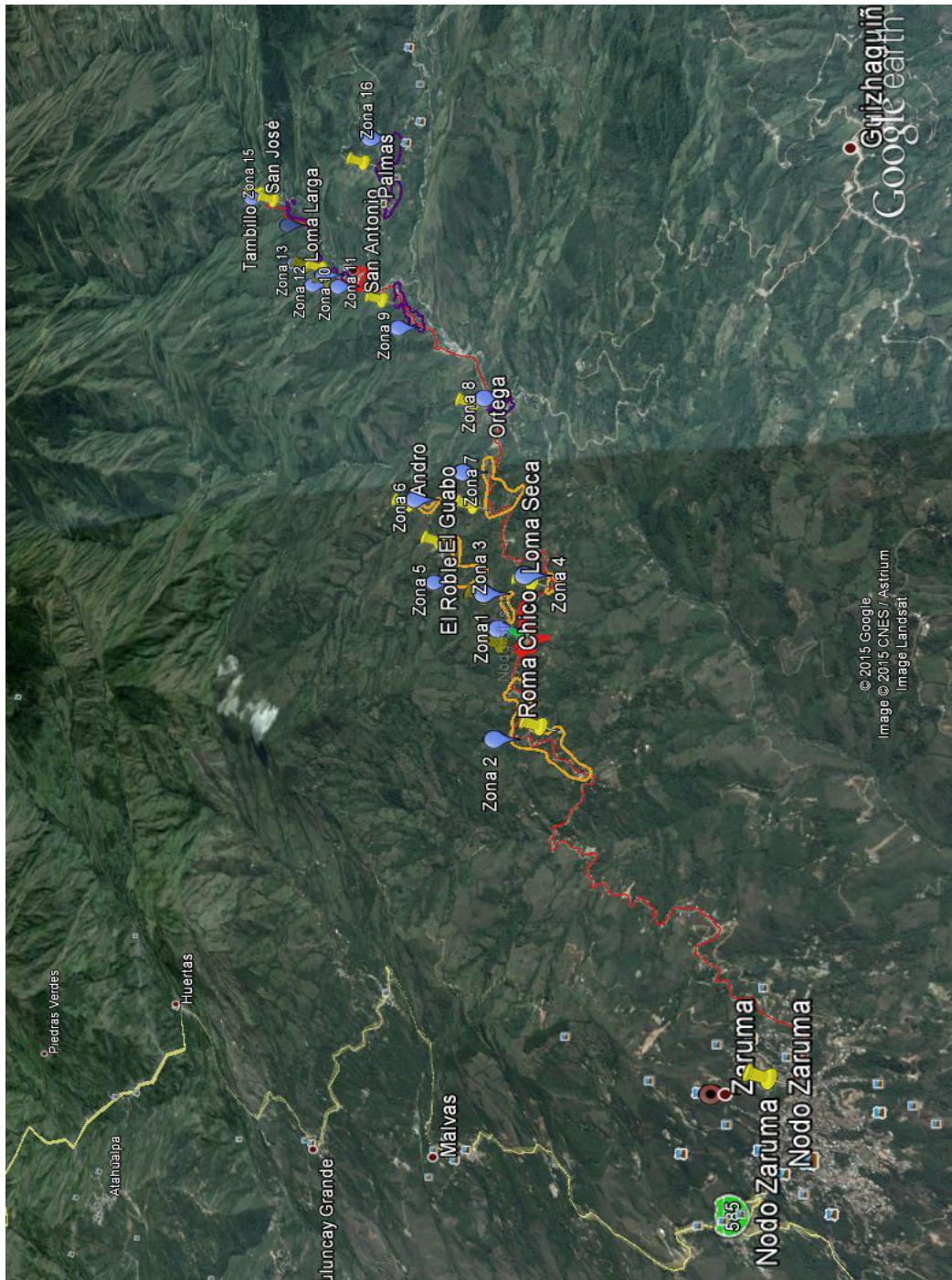


Figura 3.1: División de parroquias y barrios en diferentes zonas

Para brindar cobertura a los 559 hogares de las parroquias Salvias y Sinsao se dividido al sector en varias zonas las cuales agrupan barrios y centros parroquiales. Estas zonas suman un total 479 familias, además existen 88 familias que se encuentran en los caminos hacia cada uno de los barrios por lo cual se hace complicado poder zonificar.

Para el diseño se considera el área de Sinsao que es de 45,71 Km<sup>2</sup> y para el área de la parroquia Salvias de 96,95 Km<sup>2</sup>. Una vez hecho el ajuste de familias a las que se les va a brindar el servicio, se procede a dividir como muestra en la Figura 3.1

**Zona 1:** Esta zona comprende al centro parroquial de Sinsao con un área de 45,71 Km<sup>2</sup> donde habitan aproximadamente 170 familias, en esta zona está concentrada la mayor parte de la población, aquí se encuentra la escuela de Salvias, Infocentro, coliseo, la junta parroquial, Iglesia, convento, centro de salud y pequeños de negocios para el abastecimiento de víveres.

Luego se procede a zonificar los barrios que en su mayoría se encuentran alejados de la zona parroquial de Sinsao y se procede a la sectorización de la siguiente manera:

**Zona 2:** En esta zona agrupamos al barrio Roma Chico en el cual habitan 40 familias.

**Zona 3:** Esta zona comprende al Barrio Palmal con 10 familias.

**Zona 4:** Aquí encontramos al Barrio Loma Seca donde habitan 15 familias.

**Zona 5:** Comprende al Barrio El Roble es este sector hay 20 familias.

**Zona 6:** El sitio Andro es un sector donde se desarrolla la ganadería y agricultura aquí habitan 12 familias.

**Zona 7:** Esta es la zona que comprende al Barrio El Guabo donde se encuentran 15 familias.

Las siguientes zonas comprenden a la parroquia Salvias y al igual que en la parroquia Sinsao se realiza la zonificación de acuerdo al centro y barrios pertenecientes a la parroquia

**Zona 8:** Barrió Ortega perteneciente a la parroquia Salvias y habitan 27 familias.

**Zona 9:** Barrio San Antonio pertenece a la parroquia Salvias aquí se encuentran 20 familias.

**Zona 10:** Es la zona en la que se encuentra el Centro parroquial de Salvias, tiene un área de 96,95 Km<sup>2</sup>, comprende una población de 91 familias aproximadamente, en este sector también encontramos una escuela, Infocentro, subcentro de salud y la junta parroquial.

**Zona 11:** Comprende al barrio El Molino con 7 familias.

**Zona 12:** Comprende a la población del barrio Loma Larga con 8 familias.

**Zona 13:** Comprende al barrio Elvira con 8 familias.

**Zona 14:** Comprende al barrio San José con 4 familias

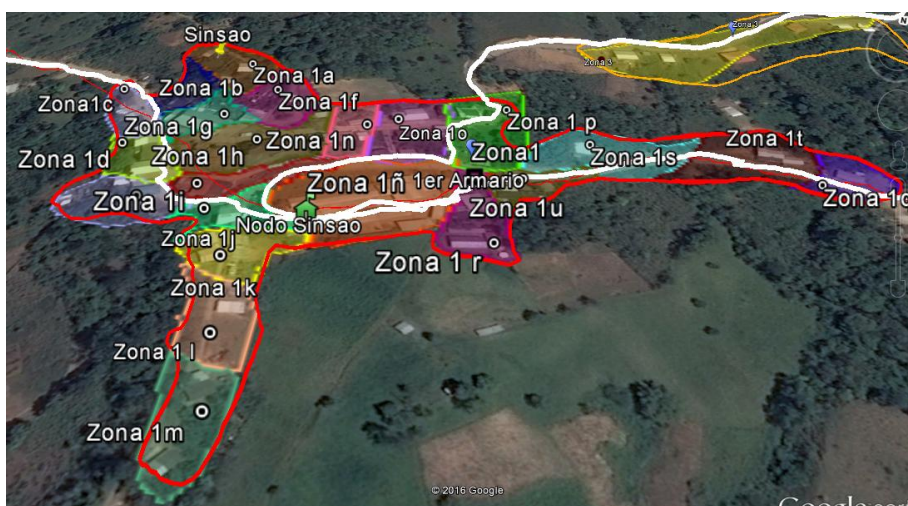
**Zona 15:** Comprende al barrio Tambillo con 2 familias.

**Zona 16:** Comprende al barrio Palmas con 30 familias.

### 3.3 Sectorización

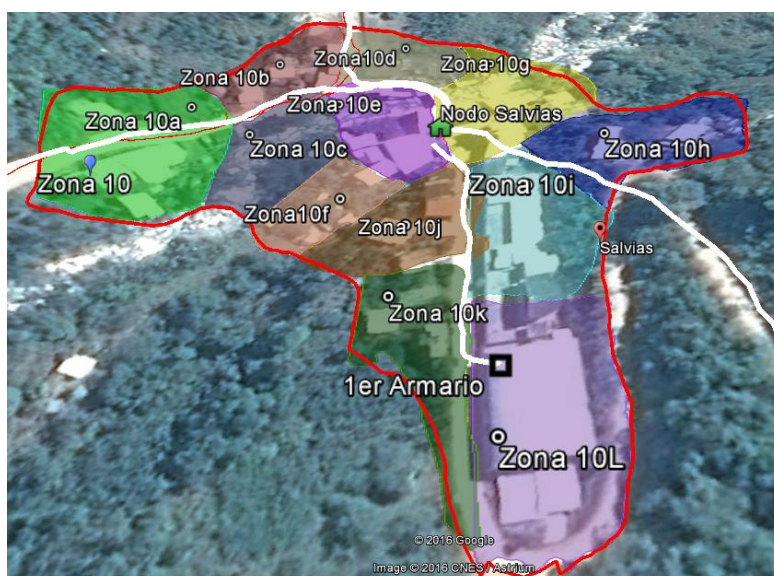
Luego de haber dividido en zonas, esto quiere decir haber agrupado en centros parroquiales y barrios, se procede a sectorizar cada zona en cuadras aproximadamente de 8 casas cada una. Para esta sectorización se ha decidido usar splitter 1 a 8 debido a que este splitter proporciona menor pérdida.

En la Figura 3.2 se muestra la sectorización del centro parroquial de Sinsao en 22 zonas en cada una de ellas se encuentran agrupadas aproximadamente 8 casas, estas zonas se encuentran enumeradas desde la zona 1a hasta la zona 1u, en la última zona se encuentran 2 hogares.



**Figura 3.2: Desde la zona 1a hasta la zona 1u**

La siguiente zona que ha sido sectorizada es el centro de la parroquia de Salvias como ya se mencionó anteriormente en esta zona se encuentran aproximadamente 91 hogares, al igual que el centro parroquial de Sinsao se realiza la agrupación de aproximadamente 8 casas, estas zonas han sido enumeradas como zona 10a hasta la zona 10L, en la última zona se encuentran 3 hogares.



**Figura 3.3: Desde la zona 10a hasta la zona 10L**

De la misma manera como se realizó la sectorización de los centros parroquiales se procede a sectorizar los barrios de cada una de las parroquias, cada zona se sectoriza en cuadras de al menos 8 casas.

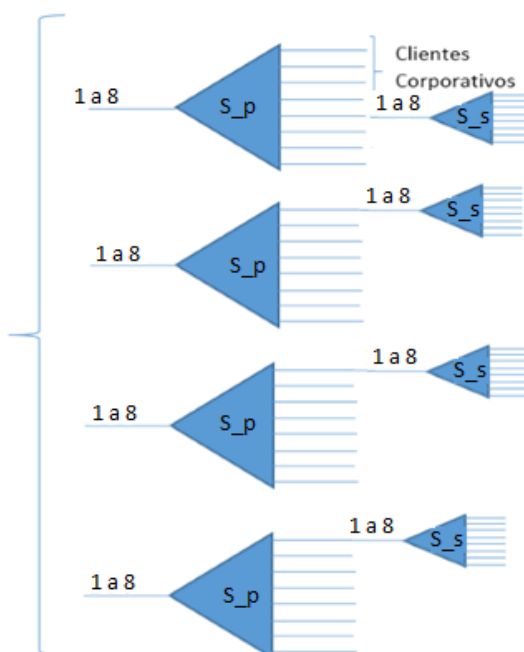
### **3.4 Cuantificación por armarios**

Luego de que cada zona fue sectorizada en cuadras de aproximadamente 8 hogares se procede a cuantificar los splitter necesarios para cubrir cada zona y así brindar cobertura a la mayor cantidad de pobladores.

Para conseguir resultados más óptimos es recomendable considerar dos niveles de splitter, de esta manera obtenemos menores pérdidas.

Empezaremos primeramente por la zona 1 que es la parroquia de Sinsao donde usaremos para el primer armario 4 splitter primarios, del primer splitter primario dejaremos 4 hilos para clientes corporativos ya que como se mencionó anteriormente en esta zona encontramos el Infocentro, Subcentro de salud, junta parroquial y la escuela, de los siguientes hilos se conectan 22 splitter secundarios con los cuales brindamos cobertura a 176 usuarios cubriendo así las 170 familias del centro parroquial de Sinsao.

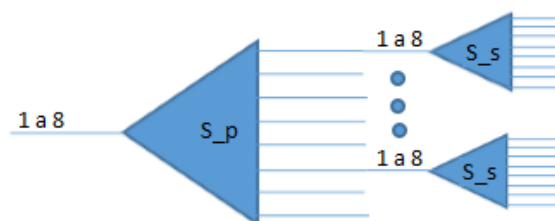
El esquema de los splitter según los niveles se muestra en la figura 3.4.



**Figura 3.4: Esquema de Splitter Armario 1 – Sinsao**

Con el segundo armario cubriremos los barrios El Roble, Palmal y el sitio El Andro con 42 usuarios, necesitaremos 1 splitter primario y 6 splitter secundarios con lo cual tendremos la capacidad de brindar cobertura a 48 usuarios.

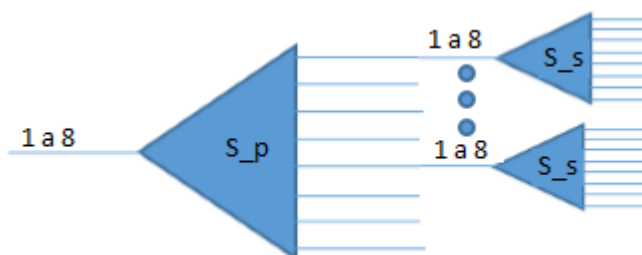
En la Figura 3.5 mostramos el esquema de splitter necesarios para el armario 2.



**Figura 3.5: Esquema de Splitter Armario 2 – Sinsao**

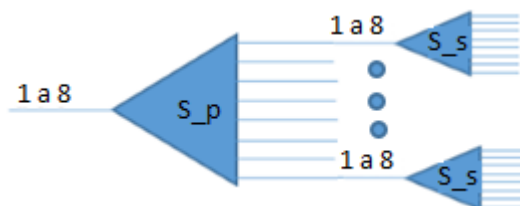
Con el tercer armario brindaremos servicio a los 40 hogares de los barrios Roma chico, para lo cual necesitaremos 1 splitter primario y 5 splitter secundario.

A continuación, mostramos en la Figura 3.6 la configuración de los niveles de splitter.



**Figura 3.6: Esquema de Splitter Armario 3 - Sinsao**

Finalmente con un cuarto armario y usando 1 splitter primario y 8 splitter secundarios de la misma manera que en el tercer armario brindaremos servicio a 57 usuarios pertenecientes a los barrios El Guabo, Loma Seca y Ortega.



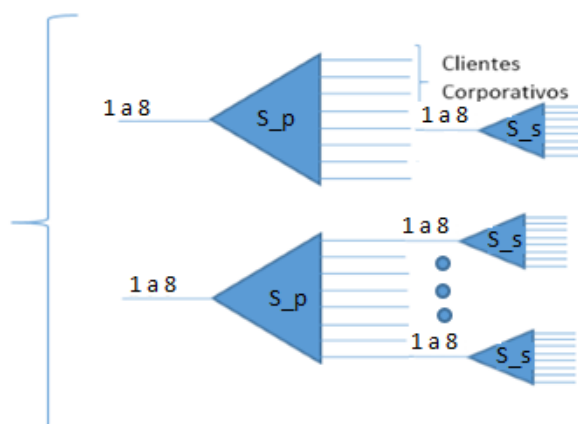
**Figura 3.7: Esquema de Splitter Armario 4 – Sinsao**

Luego de haber realizado la cuantificación de los splitter con los que cubriremos a la parroquia de Sinsao y a sus barrios, procedemos a realizar la cuantificación para los sectores pertenecientes a la parroquia de Salvias así mismo por armarios y en cada uno de los armarios constará de 2 niveles de splitter primarios y secundarios.

Para la zona 10 que comprende al centro parroquial de Salvias estará ubicado el primer armario con 2 splitter en el primer nivel, reservando 4 hilos para clientes corporativos como ya se mencionó antes en esta zona se encuentran un Infocentro,



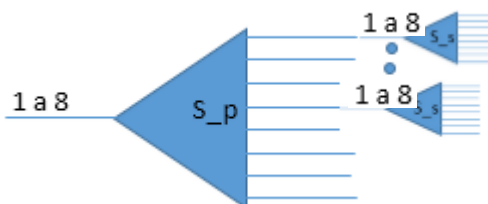
Subcentro de salud, junta parroquial y la escuela, para brindar cobertura a los 91 hogares de esta zona es necesario 12 splitters en el segundo nivel. En la Figura 3.8 se observa el esquema de cuantificación de splitter para la zona 10.



**Figura 3.8: Esquema de Splitter Armario 1 – Salvias**

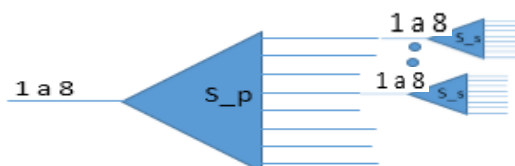
Para llegar hasta los barrios de la parroquia de Salvias será necesario colocar 3 armarios adicionales. A continuación se detalla cada armario con los respectivos splitter necesarios para cubrir cada barrio.

El segundo armario será ubicado en el barrio San Antonio con 1 splitter para el nivel primario y 4 splitter en el segundo nivel, con esta cuantificación se brindará cobertura a los 20 hogares de esta zona.



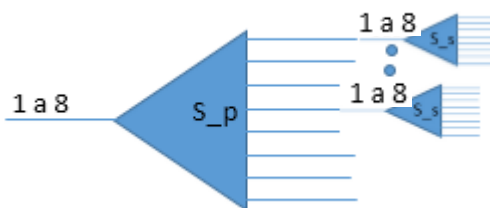
**Figura 3.9: Esquema de Splitter Armario 2 – Salvias**

Para cubrir la zona 16 que comprende al barrio Palmas es necesario colocar un tercer armario con 1 splitter en el nivel primario y 4 splitter en el nivel secundario con la finalidad de los 30 hogares de la zona tengan acceso al servicio.



**Figura 3.10: Esquema de Splitter Armario 3 - Salvias**

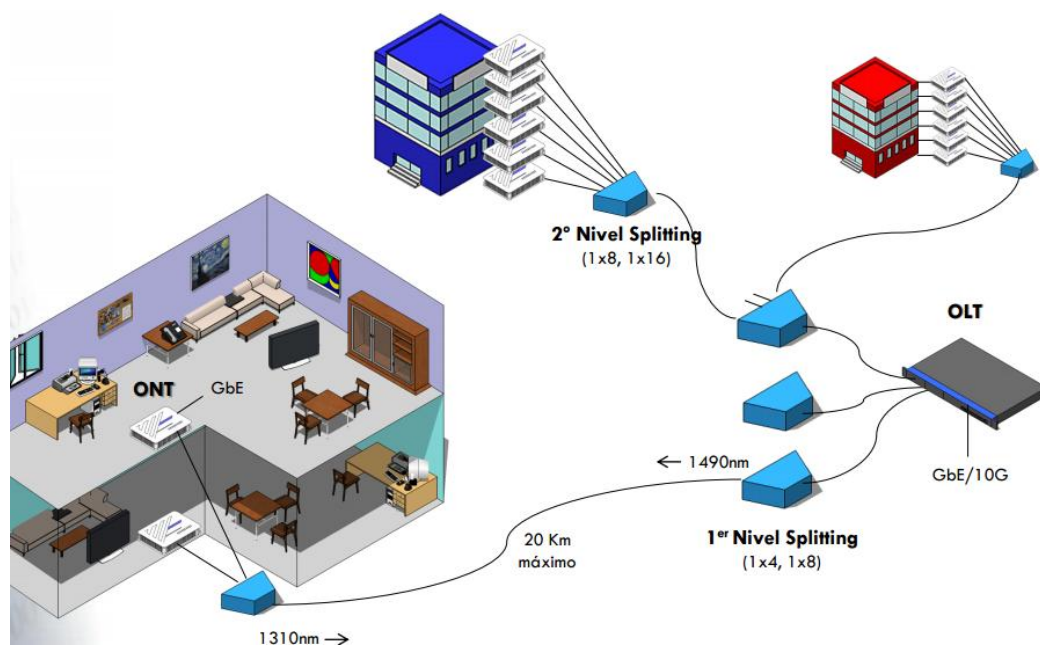
Finalmente para acceder a los barrios El Molino, Loma Larga, Elvira, San José y Tambillo colocaremos al cuarto armario ubicado en la zona 13 que comprende al barrio Elvira, en el primer nivel es necesario 1 splitter y para el segundo nivel 4 splitter, con la cuantificación realizada garantizamos que los 29 hogares de las zonas mencionadas tenga acceso al servicio.



**Figura 3.11: Esquema de Splitter Armario 4 – Salvias**

### 3.5 Cableado

En el siguiente diagrama se muestra los diferentes elementos que se muestran en una red GPON.



**Figura 3.12: Elementos de una Red GPON [25]**

Se observa, en la Figura 3.12, que el OLT es el elemento activo de la red, se ubicará en el nodo Sinsao en la Escuela Vicente Rocafuerte en un espacio que será asignado por dicha institución y el otro OLT se ubicará en el Nodo Salvias ubicado en la Escuela Doctor Ernesto A. Castro. Del nodo Sinsao y del Nodo Salvias se transporta la fibra óptica hacia el exterior para así poder realizar la división entre usuarios mediante splitters; de cada splitters saldrían los hilos de fibra para cada usuario final.

### 3.5.1 Topología de la Red

A continuación se analizará de manera general la topología física de la red y la posible ubicación de los equipos pasivos, los cuales seguirán en modelo lógico de una red GPON explicado en el capítulo 2. Los puntos más destacados a explicar son:

- El punto central de interconexión será el OLT, que se ubicará en el Nodo Sinsao, ubicado en la Escuela Vicente Rocafuerte, y en el Nodo

Salvias ubicado en la Escuela Doctor Ernesto A. Castro; como ya se explicó anteriormente.

- Cada Zona será abastecida por uno o varios splitters primarios, estos splitters primarios se ubicarán en armarios.
- En el centro de Sinsao se ubicará el primer armario, dicho armario estará situado a la salida del Nodo Sinsao (Zona 1), se necesitará 4 splitters primarios debido a que proveerá servicio a 170 familias y 4 clientes corporativos, estos clientes corporativos requieren un enlace uno a uno. De igual en el centro de Salvias se ubicará el primer armario, dicho armario estará situado a la salida del Nodo Salvias (Zona 10), este armario requerirá 2 splitters debido a que se proveerá servicio a 91 familias y cuatro clientes corporativos; el resto de barrios, debido a la poca densidad poblacional que poseen, podrán ser alimentados con un solo splitter primario.
- El OLT alimentará a cada uno de los splitters primarios. Los splitters primarios serán alimentados, cada uno, por un único hilo de fibra óptica. Estos hilos serán distribuidos por un enlace de Backbone.
- Una vez distribuidos los hilos en los splitters primarios, se procederá a un nuevo tendido. Realizado este tendido se procederá a asignar un hilo a cada splitter secundario, y a partir del splitter secundario se establecerán los enlaces hacia cada ONU.
- El backbone de fibra óptica podrá ser implementado tanto por tendido aéreo a través de postes en las vías de accesos o por medio de tendido subterráneo realizando una canalización.

### **3.5.2 Cableado para la Red troncal**

Para el cableado de la Red Troncal, enlace entre nodos, se va a realizar dos tendidos un principal y el otro tendido de respaldo. El enlace principal se realizará por medio de tendido aéreo, usando postes, y el enlace secundario

se va a realizar por medio de ducteria, manguera de media pulgada negra, a lo largo de la carretera.

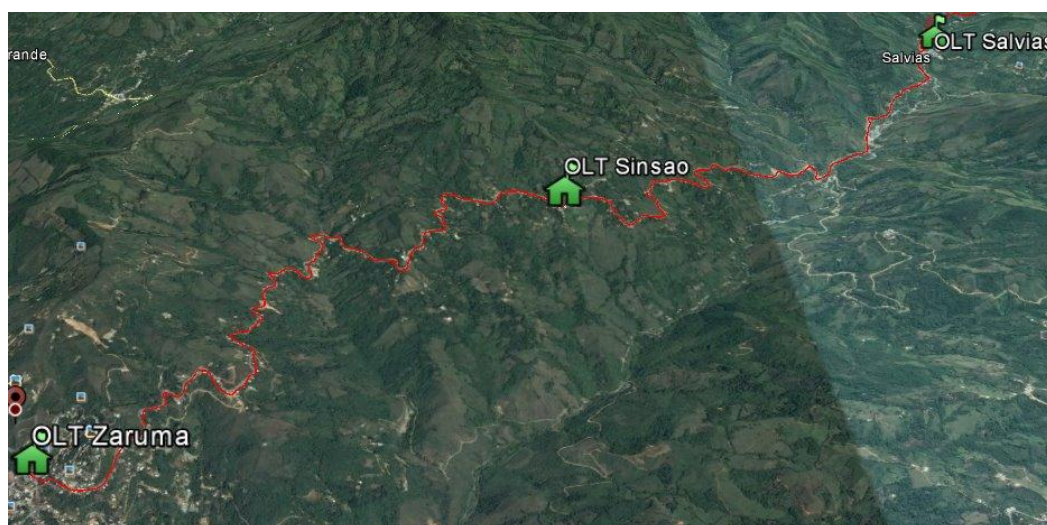
Para realizar la unión de nodos se necesita de dos hilos, uno para transmisión Tx y uno para recepción Rx, por lo cual nosotros hemos decidido usar una fibra óptica de 12 hilos debido que es más robusta que la fibra de 2 hilos. Este aspecto técnico es considerado para realizar los tendidos entre nodos.

A continuación se detallaran las distancias en la Tabla 10, esto es un estimado realizado mediante el software de Google Earth. Estas distancias se han medido desde el OLT existente hacia el Nuevo Nodo Sinsao y desde el Nodo Sinsao hacia el Nodo Salvias.

<b>Trayecto de fibra óptica</b>	<b>Distancia</b>
OLT Zaruma - OLT Sinsao	7,62 Km.
OLT Sinsao - OLT Salvias	6,70 Km.

**Tabla 10: Distancia entre OLT**

Como se puede observar para el tendido aéreo se necesitará aproximadamente 14.32 Km, a esta distancia se le sumará un 20% de holgura, para precautelar y dejar reserva de cable. Adicional es necesario dejar 50 metros de fibra óptica para las fusiones de las mangas. Con estos criterios se llega que se necesitarán aproximadamente 17,68 Km de fibra óptica para el enlace principal entre Nodos. Cabe señalar que por la ubicación geográfica de Sinsao y Salvias no es posible realizar un nuevo tendido desde Salvias a Zaruma debido a que existe una única vía de acceso hacia esa parroquia, entonces sería repetir una ruta para poder cerrar el anillo.



**Figura 3.13: Diseño del tendido entre nodos**

### 3.5.3 Cableado para red de acceso

Como ya se describió, para la alimentación de los splitters primarios se realizará un único enlace backbone. El backbone será sangrado en cada armario donde se ubicaran los splitters primarios.

A continuación se detallaran las distancias desde los OLTs a cada uno de los armarios, estas distancias son un estimado que se realizó por medio del software Google Earth. Cabe recalcar que las distancias no exactas debido a que tienen un rango de error.

Trayecto de fibra óptica	Distancia
OLT Sinsao - Primer Armario	0,11 Km.
OLT Sinsao - Segundo Armario	1,63 Km.
OLT Sinsao - Tercer Armario	0,52 Km.
OLT Sinsao - Cuarto Armario	2,45 Km.

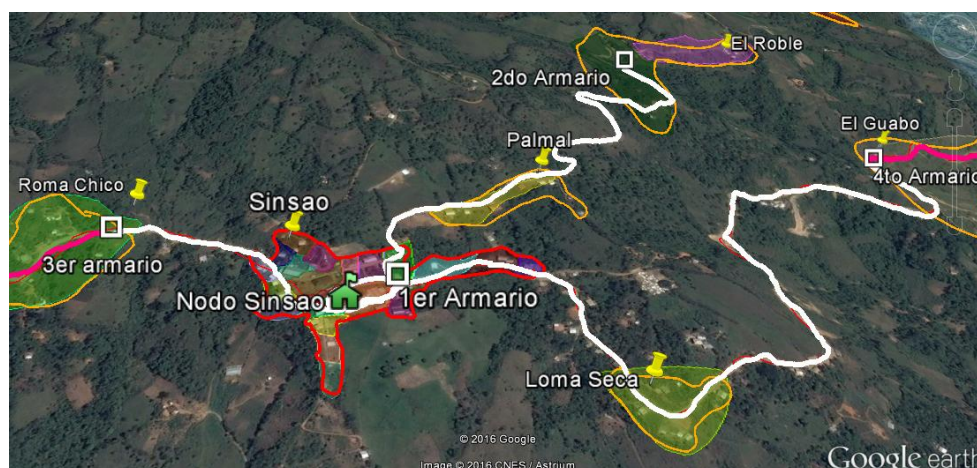
**Tabla 11: Distancias del OLT Sinsao hacia los armarios**

**Primer armario:** comprenderá la Zona 1, que comprende el centro parroquial de Sinsao que cuenta con un total de 170 familias.

**Segundo Armario:** comprenderá las Zonas 3, 5 y 6. Estas zonas que cuenta con un total de 42 familias.

**Tercer Armario:** comprenderá la Zona 2. Esta zona cuenta con un total de 40 familias.

**Cuarto Armario:** comprenderá las Zonas 7 y 8. Estas zonas cuentan con un total de 40 familias.



**Figura 3.14: Ubicación de armarios – Sinsao**

Trayecto de fibra óptica	Distancia
OLT Salvias - Primer Armario	0,14 Km.
OLT Salvias - Segundo Armario	0,83 Km.
OLT Salvias - Tercer Armario	1,0 Km.
OLT Salvias - Cuarto Armario	0,99 Km.

**Tabla 12: Distancias del OLT Salvias hacia los armarios**

**Primer Armario:** comprenderá la Zona 10, que comprende el centro parroquial de Salvias que cuenta con un total de 91 familias.

**Segundo Armario:** comprenderá la Zona 9. Esta zona que cuenta con un total de 20 familias.

**Tercer Armario:** comprenderá la Zona 16. Esta zona cuenta con un total de 30 familias.

**Cuarto Armario:** comprenderá las Zonas 11, 12, 13, 14 y 15. Estas zonas cuentan con un total de 29 familias.



**Figura 3.15: Ubicación de armarios - Salvias**

Como se puede observar para el tendido de ambas redes troncales se necesitará aproximadamente 7,67 Km, a esta distancia se le sumará un 20% de holgura, para precautelar y dejar reserva de cable.

Adicional en cada armario se dejará para sangrado y fusión de los splitters 56 metros, es decir 7 metros de reserva por cada pedestal y además se dejará 7 metros de fibra óptica por una manga que va desde el OLT Sinsao hacia el cuarto armario. Con estos criterios se aproxima que será necesario usar 9,83 Km de fibra óptica para el enlace entre los nodos y sus armarios.



Se estima que desde cada armario hacia cada el último splitter hay una distancia máxima de 1 Km de fibra óptica, por lo tanto para el tendido secundario hacia esos nodos se necesitará un aproximado de 8 Km, adicional a esta distancia se le sumará un 20% de holgura para las reservas en las cajas con lo que se necesitará un aproximado de 9,6 Km de fibra óptica.

A continuación se mostrará un cuadro en el que se detalla el total de los elemento a usar:

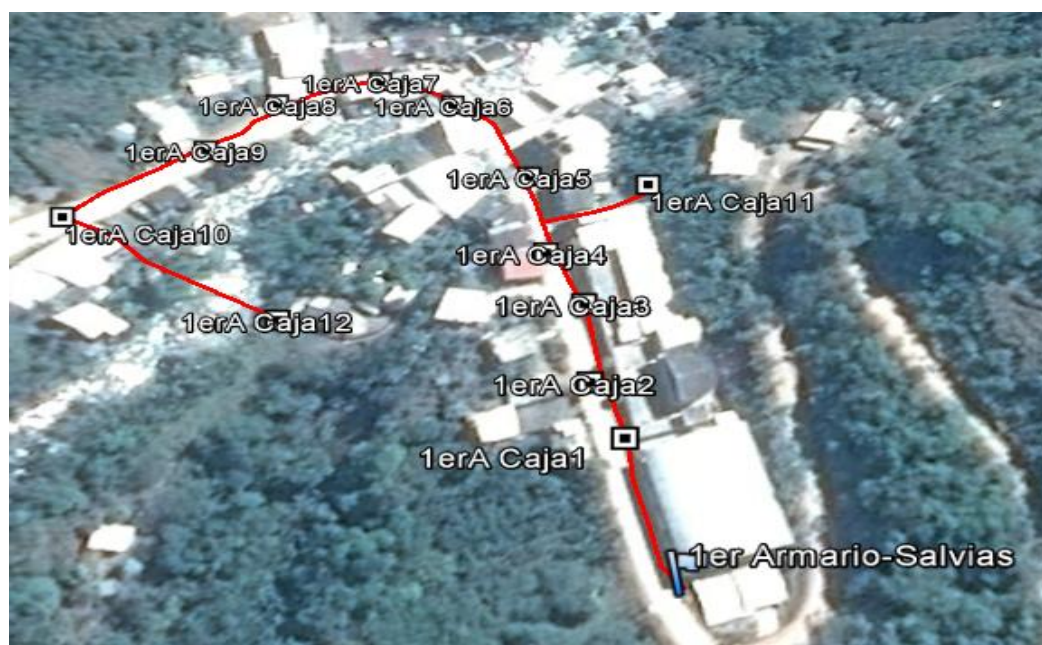
<b>Dimensionamiento de Conexiones GPON Sinsao</b>				
<b>Armarios</b>	<b># usuarios</b>	<b># puertos GPON</b>	<b># splitters primarios</b>	<b># splitters secundarios</b>
<b>Primer Armario</b>	170	3	4	22
<b>Segundo Armario</b>	42	1	1	6
<b>Tercer Armario</b>	40	1	1	5
<b>Cuarto Armario</b>	57	1	1	8

**Tabla 13: Dimensionamiento de Conexiones GPON – Sinsao**

<b>Dimensionamiento de Conexiones GPON Salvias</b>				
<b>Armarios</b>	<b># usuarios</b>	<b># puertos GPON</b>	<b># splitters primarios</b>	<b># splitters secundarios</b>
<b>Primer Armario</b>	91	2	2	12
<b>Segundo Armario</b>	20	1	1	4
<b>Tercer Armario</b>	30	1	1	4
<b>Cuarto Armario</b>	29	1	1	4

**Tabla 14: Dimensionamiento de Conexiones GPON – Salvias**

Luego de esto se muestra en la Figura 3.16 la red de acceso para el primer armario en Salvias.



**Figura 3.16: Cableado de la Ruta #1 del Primer Armario Salvias**

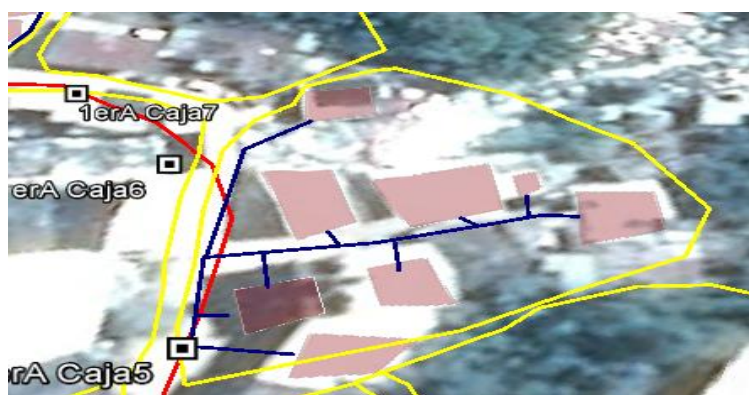
Para el diseño del tramo final se escogieron 3 manzanas, en estas se muestra el tendido final que comprende desde las cajas de distribución hacia cada usuario.

En la Figura 3.17 se observa, de color azul el cableado de acceso desde las cajas de dispersión 10 y 8 hacia 10 posibles usuarios ubicados en las Zonas 10a y Zona 10b.



**Figura 3.17: Acometidas y usuarios Zona 10a y Zona 10b**

En la Figura 3.18 se muestran 8 posibles usuarios de la Zona 10c y en cada uno se muestra el cableado hacia cada una de sus acometidas.



**Figura 3.18: Acometidas y usuarios Zona 10c**

#### 3.5.4 Fibra óptica a escoger

La ITU-T estandariza las hojas técnicas de las fibras monomodo y también de las fibras Multimodo como las definiciones de parámetros y test de medida

asociados, algunos de los parámetros en los que toman importancia estos estándares son los siguientes:

- Atenuación (dB/Km).
- Dispersión cromática (CD)
- Polarización del modo de dispersión (PMD)

Cuanto mayor es la tasa de transmisión de datos, menor es la tolerancia a estos factores. En los sistemas de comunicación a largas distancias se utilizan generalmente fibras ópticas monomodo definidas en los estándares ITU-T G.652 y G.655 [16].

Del estándar ITU-T G652, para la fibra óptica monomodo, presenta que la longitud de onda está situada en la ventana de los 1310 a 1625 nm. De este estándar existen 4 versiones, que va desde la letra A hasta la D [16].

Las fibras G.652.A y B presentan un pico de atenuación por la presencia de iones de hidroxilo (OH<sup>-</sup>), mientras que en el estándar G.652.C y D no se presenta este pico. En la Tabla 15 se resumen las principales características de las fibras monomodo G.652 [16].

Características de las fibras G.652					
Versión		A	B	C	D
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm	1310 nm	1310 nm	1310 nm
	Rango	8,6 - 9,5 $\mu$ m	8,6 - 9,5 $\mu$ m	8,6 - 9,5 $\mu$ m	8,6 - 9,5 $\mu$ m
	Tolerancia	$\pm 0,6$ $\mu$ m	$\pm 0,6$ $\mu$ m	$\pm 0,6$ $\mu$ m	$\pm 0,6$ $\mu$ m
Dispersión cromática 1300 - 1324 nm	S0max	0,092 ps/nm <sup>2</sup> . Km	0,092 ps/nm <sup>2</sup> . Km	0,092 ps/nm <sup>2</sup> . Km	0,092 ps/nm <sup>2</sup> . Km
Longitud de onda	Máximo	1260 nm	1260 nm	1260 nm	1260 nm
Versión		A	B	C	D
Coeficiente de atenuación	Máximo	· Max a 1310 nm: 0,50 dB/Km.	· Max a 1310 nm: 0,40 dB/Km	· 1310 a 1625 nm: 0,40 dB/km.	· 1310 a 1625 nm: 0,40 dB/km.
		· Max a 1550 nm: 0,40 dB/Km.	· Max a 1550 nm: 0,35 dB/Km.	· 1383 $\pm$ 3 nm. $\leq 0,40$ después del proceso de envejecimiento con hidrógeno.	· 1383 $\pm$ 3 nm:
			· Max a 1625 nm: 0,40 dB/Km.	· 1550 nm: 0,30 dB/Km	$\leq 0,40$ después del proceso de envejecimiento con hidrógeno.
Ancho de banda de transmisión		1310 nm y 1550 nm (Bandas O, C)	1310 nm, 1550 y 1625 nm. (Bandas O, C, L)	Amplia cobertura: Bandas O a L.	Amplia cobertura: Bandas O a L. Transmisión en ancho de banda extendido de 1310 a 1625 nm.

Tabla 15: Características de las fibras G.652

Una vez revisada las características más importantes del estándar ITU G652, para las fibras ópticas monomodo, se ha escogido la fibra óptica G652.D, debido a que en este tipo de fibra se ha reducido el pico de dispersión por iones hidroxilo (OH-), aumentando de esta manera las velocidades de transmisión. Además el estándar G652.D es el más usado en el Ecuador para realizar enlaces de fibra óptica.

Para el tendido principal entre nodos se sugiere usar una fibra óptica monomodo estándar ITU-G.652.D de 12 hilos ADSS Figura 8, debido a la robustez que otorga el cable de 12 hilos frente a uno de dos hilos que se debería usar para unir dos nodos, aunque de esta fibra sólo se usará un par de hilos para comunicar a los nodos.

Para el tendido desde el nodo hacia los splitters primarios es necesario una fibra óptica monomodo estándar ITU-G.652.D de 12 hilos ADSS Figura 8, y del splitter primario hacia el splitter secundario se usará una fibra de 24 hilos para alimentar las cajas debido a que el número de cajas puede llegar hasta 24 splitters secundario, dependiendo de los requerimientos de cada sector.

### **3.5.5 Especificaciones para el tendido de fibra óptica**

Para el tendido aéreo de postes nos basaremos en la “Normativa Técnica para la Instalación y Ordenamiento de Redes Aéreas de Servicios de Telecomunicaciones, Audio y Video por Suscripción y otros Similares” la cual señala en una de sus directrices que se puede dejar reserva de cables entre postes formando una Figura ocho (8) y cosidas o tejidas. La instalación de la reserva se lo podrá hacer por cada 500 metros o más de la red del prestador de servicios de telecomunicaciones y no podrá coincidir con la reserva ni elemento pasivo o activo de otro prestador de servicios de telecomunicaciones. No se pueden dejar rollos de cables (reservas) en los postes.

En los elementos de sujeción de cable se detallan los herrajes, que son los elementos generalmente metálicos que se usan para suspender o fijar los cables a los postes, dichos herrajes se instalarán o sujetarán a los postes mediante el uso de collares o zunchos metálicos, y bajo ningún concepto se perforará de manera alguna los postes [13].

Estos elementos de sujeción, son dos uno de anclaje y el otro pasante. Los elementos de anclaje serán bases de argolla y se usarán para el inicio y finalización del tendido y en los sitios donde haya un cambio en la dirección o en la altura del cable. Los elementos de las pasantes serán mordazas simples ajustadas mediante perno y tuerca; lo cual, es una estructura bastante común en la red y se usa en tramos intermedios en donde no hay derivaciones [13].

Para la instalación de redes de telecomunicaciones aéreas apoyadas en los postes se pueden usar los herrajes tipo A, B, C, D o similares, los mismos que serán instalados por cada operadora [13].

Una vez explicada las normas básicas de instalación de un cable de telecomunicaciones nosotros hemos decidido que para la instalación de nuestro cable usaremos herrajes tipo A y tipo B, estos serán instalados en los postes mediante collares (flejes) sujetos con hebillas.

## **3.6 Equipos**

A continuación se describirá cada uno de los elementos principales de los que se encuentran conformado una red GPON y de la función que realizan dentro la red.

### **3.6.1 OLT (Optical Line Terminal)**

En Tabla 16 se detalla los requerimientos mínimos para la implementación de nuestra red GPON, y se especifica que el estándar por cada puerto GPON debe de ser 64 ONUs, esto se consideró para realizar el en la sección de

cuantificación, además de aspectos generales como que debe permitir asistencia remota y monitoreo para poder realizar soportes preventivos.

<b>Características Técnicas OLT</b>	
<b>Características Generales</b>	Trabaje en el estándar ITU-T G.984
	64 usuarios por puerto GPON
	20 Km de alcance, desde la OLT hacia la ONU (60 Km máx)
	4 puertos GPON
	2 Puertos Gigabit Ethernet; para que permita la integración de redes IP-MPLS
	Calidad de servicio (QoS)
<b>Características específicas</b>	Administración remotamente y localmente
	Capacidad para proveer servicios de CATV, permitirá incorporar servicios de video
	Transmisión en las ventanas de 1310 nm y 1490nm
	Velocidades de transmisión UP 1,2 Gbps y Down 2,4 Gbps
	Soporte del estándar SFP, permite rápida transmisión y recepción
<b>Soporte de estándares</b>	Permita trabajar con fibra óptica monomodo G.652.D
	802.3 u / 802.3 ab; Fast Ethernet o Gigabit Ethernet
	802.3 z; Gigabit Ethernet de F. O. para enlaces uplink
<b>Protocolos</b>	802.1 p; permite manejar LANs Virtuales
	Administración remotamente y localmente con el protocolo SNMP

**Tabla 16: Requerimientos Técnicos OLT**

### 3.6.2 ONT (Optical Network Terminal)

En la Tabla 17 se detallan los requerimientos básicos que se necesitan para el diseño de la red, además existen otro tipo de materiales y equipos que son también usados pero que no se van a tratar debido a que las características que son necesarias para estos se encuentran estandarizadas.



<b>Características Técnica ONT</b>	
<b>Características Generales</b>	Trabaje en el estándar ITU-T G.984
	Equipo que pueda ser ubicado en el establecimiento del cliente
	1 puerto GPON
	1 puerto 10/100 Base-T (RJ-45), permite salida de datos
	1 salida RF (Coaxial)
	1 puerto RJ-11 o 1 puerto E1, permite salida de voz
	Administración remotamente y localmente
<b>Características específicas</b>	Calidad de servicio (QoS)
	Transmisión en las ventanas de 1310 nm y 1490nm
	Velocidades de transmisión UP 1,2 Gbps y Down 2,4 Gbps
	Soporte del estándar SFP, permite rápida transmisión y recepción
<b>Soporte de estándares</b>	Permita trabajar con fibra óptica monomodo G.652.D
	802.3 u / 802.3 ab; Fast Ethernet o Gigabit Ethernet
<b>Protocolos</b>	802.1 p; permite manejar LANs Virtuales
	Administración remotamente y localmente con el protocolo SNMP

**Tabla 17: Requerimientos Técnicos ONT**

### 3.6.3 Cuantificación de materiales

En esta sección se detallarán los materiales a usar para el tendido de la nueva red en la parte oriental del cantón Zaruma.

<b>Distancia del enlace :</b>	27.51
<b>Vano:</b>	60
<b>Postes:</b>	458.5

**Tabla 18: Distancia total de fibra óptica**

Equipos	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
<b>Planta Interna</b>				
<b>Chasis OLT</b>	2	Unidad	\$ 1.374,74	\$ 2.749,48
<b>OLT Huawei Smart AX MA 5600T</b>	4	Unidad	\$ 2.000,00	\$ 8.000,00
<b>ONU</b>	479	Unidad	\$ 57,00	\$ 27.303,00
<b>Patch cord duplex de 5 metros</b>	500	Unidad	\$ 12,56	\$ 6.280,00
<b>ODF</b>	2	Unidad	\$ 130,00	\$ 260,00
<b>Planta externa</b>				
<b>Fibra óptica 12 hilos Figura 8</b>	27510	m	\$ 0,95	\$ 26.134,50
<b>Fibra óptica 24 hilos Figura 8</b>	8000	m	\$ 1,30	\$ 10.400,00
<b>Fibra óptica 2 hilos Figura 8</b>	47900	m	\$ 0,42	\$ 20.118,00
<b>Splitter 1 a 8</b>	8	Unidad	\$ 38,59	\$ 308,72
<b>Mangas de 12 hilos</b>	8	Unidad	\$ 150,49	\$ 1.203,92
<b>Mangas de 24 hilos</b>	1	Unidad	\$ 150,49	\$ 150,49
<b>Herraje de retención (tipo A) / incluye cinta eriband y hebilla</b>	664	Unidad	\$ 7,13	\$ 4.734,32
<b>Herraje de paso (tipo B) / incluye cinta eriband y hebilla</b>	128	Unidad	\$ 8,25	\$ 1.056,00
<b>Preformado</b>	664	Unidad	\$ 3,70	\$ 2.456,80
<b>Armarios metálicos</b>	8	Unidad	\$ 180,37	\$ 1.442,96
<b>Poste de 9 metros</b>	40	Unidad	\$ 310,00	\$ 12.400,00
<b>BMX o cajas de distribución (incluye splitter 1 a 8)</b>	69	Unidad	\$ 112,45	\$ 7.759,05
<b>Fusionadora</b>	2	Unidad	\$ 6.400,00	\$ 12.800,00
<b>OTDR</b>	2	Unidad	\$ 1.990,00	\$ 3.980,00
<b>Cizallas</b>	2	Unidad	\$ 15,00	\$ 30,00
<b>corta frio</b>	2	Unidad	\$ 2,00	\$ 4,00
<b>Bobina de lanzamiento</b>	2	Unidad	\$ 330,00	\$ 660,00
<b>Total</b>				<b>\$ 149.971,24</b>

**Tabla 19: Detalle de Equipos**

En la Tabla 18 se detalla la distancia total de fibra a utilizar para el enlace troncal, entre nodos, y el enlace de la red de acceso, splitters primarios y los splitters secundarios, esta distancia es de 27.51 Km y se toma en consideración un vano de 60 metros entre cada poste.

En la Tabla 19 se puede observar el detalle total de equipos necesarios para proveer de servicios de Internet a 479 clientes, esta cuantificación fue hecha considerando cuatro OLT Huawei Smart AX MA 5600T. Dichos OLT cuenta con un total de 4 puertos GPON los cuales permiten brindar servicios a todos los clientes de ambas parroquias, se dejará un máximo de 64 clientes por puerto GPON. Se decide también trabajar con equipos Huawei debido a que son los más económicos del mercado y ofrece una garantía de 3 años por equipos, así también asistencia personalizada para el montaje de cada uno de los equipos y un supervisor el cual capacitará al personal de la empresa en lo que es mantenimiento; además en el mercado ecuatoriano las empresas públicas y las privadas están empezando a usar estos equipos debido a su bajo precio y a su buen funcionamiento.

A continuación se detallarán los equipos escogidos y sus parámetros de funcionamiento:

### OLT Huawei MA5600T [18]



Figura 3.16: OLT Huawei MA560T [18]

#### Características:

- Máximo 4 puertos GPON de 64 usuarios.
- Puertos de administración: 1 Outband Ethernet 10Base-Tx/100Base-Tx y puerto de consola.
- Puertos Upstream E1, 10GE Optical.
- Soporte de Vlan, Multicast, ARP, QoS, Mac Address, control de flujo, seguridad y administración.
- IEEE 802.3u Fast Ethernet
- IEEE 802.1d MAC
- IEEE 802.1q VLAN
- ITU-T G.984.1 a 4 Recomendaciones GPON
- Velocidades de Upstream 1.2 Gbps y Downstream 2.4 Gbps.
- Soporta un alcance físico arriba de los 20 Km

- Sensibilidad de recepción -28dBm con una potencia de sobrecarga de -8 dBm
- Potencia óptica de Tx: 1.5 dBm a 5 dBm.

### ONT Huawei HG863 [19]



Figura 3.17: ONT Huawei HG863 [19]

### Características

- Estándar GPON ITU-T G.984
- Soporta VLAN, PRI, VLAN + PRI, IPToS (servicio IP) / DSCP.
- Velocidades de upstream 1.2 Gbps y downstream 2.4 Gbps.
- Soporta gestión remota.
- Sensibilidad del receptor -28dBm
- Potencia de Tx óptica -15 dBm a 5 dBm.
- Sobrecarga de potencia -8 dBm

### 3.7 Presupuesto de enlace

En esta sección se analizarán las pérdidas en el enlace, dichas pérdidas se consideran para dos casos extremos: una para el usuario que se encuentra más lejano del nodo y el segundo caso cuando el usuario se encuentra lo más cercano posible del nodo. La referencia de los nodos es indiferente debido a que se tomara la distancia más lejana y más cercana que exista hacia cada uno.

Los elementos que tomaremos como referencia para realizar los cálculos de pérdida son:

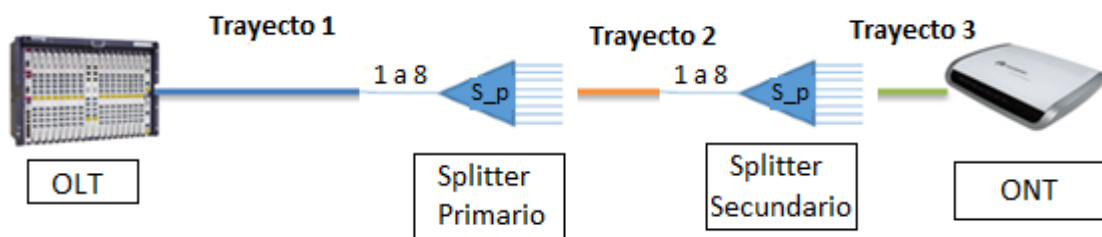
- ONT, OLT y Splitters 1 a 8
- Atenuación por distancia de fibra óptica.
- Empalmes, fusiones y acoplamientos.

Parámetro	Valor
Atenuación de la fibra	0.40 dB/Km a 1310 nm
	0.30 dB/Km a 1550 nm
Pérdida por fusión	0.1 dB
Pérdida por conector	0.4 dB
Pérdida Splitters 1 a 8	10.6 dB
Margen de seguridad	3 dB
Pérdida por patchcord	0.3 dB
Distancia usuario más lejano	3.45 Km
Distancia usuario más cercano	0.39 Km
Distancia promedio entre splitters primario y splitters secundarios	900 m más lejanos
	70 metros más cercano

**Tabla 20: Detalle de Pérdidas por Equipo**

La Tabla 20 detalla las distancias y las pérdidas de cada uno de los elementos a considerar para nuestros cálculos.

Con los datos ya citados anteriormente, se procederá a dividir las distancias entre la OLT y ONT en tres trayectos, como se muestra en la Figura 3.18. Esta consideración se la realiza para el usuario más cercano como para el más lejano.



**Figura 3.18: Trayecto entre OLT y ONT**

### 3.7.1 Presupuesto de enlace: usuario más lejano

Se realiza un análisis de la pérdida por tramos hacia la ONT para el usuario más lejano de la red, tomando como punto de partida el nodo.

#### Pérdida trayecto 1 (PT1)

Esta comprende la pérdida de dos conectores, pérdida del splitter primario, pérdida por fusión de fibra (manga de empalme), pérdida por fibra óptica 3.45 Km. Este cálculo se realiza tanto para la frecuencia de 1310 nm y 1550nm:

$$PT1_{1310\text{ nm}} = (2 * 0.4\text{ dB}) + (10.6\text{ dB}) + 0.1\text{ dB} + \left(3.45\text{ Km} * 0.4 \frac{\text{dB}}{\text{Km}}\right) = 12.88\text{ dB} \quad (3.1)$$

$$PT1_{1550\text{ nm}} = (2 * 0.4\text{ dB}) + (10.6\text{ dB}) + 0.1\text{ dB} + \left(3.45\text{ Km} * 0.3 \frac{\text{dB}}{\text{Km}}\right) = 12.54\text{ dB} \quad (3.2)$$

#### Pérdida trayecto 2 (PT2)

Comprende la pérdida de 900 metros de fibra óptica desde el splitter primario hasta el splitters secundario, pérdida de 2 conectores, pérdida por fusión de fibra (manga de empalme). Este cálculo se realiza tanto para la frecuencia de 1310 nm y 1550nm:

$$PT2_{1310\text{ nm}} = \left(0.9\text{ Km} * 0.4 \frac{\text{dB}}{\text{Km}}\right) + (2 * 0.4\text{ dB}) + 0.1\text{ dB} = 1.26\text{ dB} \quad (3.3)$$

$$PT2_{1550\text{ nm}} = \left(0.9\text{ Km} * 0.3 \frac{dB}{Km}\right) + (2 * 0.4\text{ dB}) + 0.1\text{ dB} = 1.17\text{ dB} \quad (3.4)$$

### **Pérdida trayecto 3 (PT3)**

Comprende la pérdida del splitter secundario, pérdida del patchcord, pérdida de 2 conectores. Este cálculo se realiza tanto para la frecuencia de 1310 nm y 1550nm:

$$PT3_{1310\text{ nm}} = 10.6\text{ dB} + 0.3\text{ dB} + (2 * 0.4\text{ dB}) = 11.7\text{ dB} \quad (3.5)$$

$$PT3_{1550\text{ nm}} = 10.6\text{ dB} + 0.3\text{ dB} + (2 * 0.4\text{ dB}) = 11.7\text{ dB} \quad (3.6)$$

Una vez calculadas todas las pérdidas por trayecto se procede a calcular la pérdida total, tanto para la frecuencia de 1310 nm y 1550 nm:

$$PT_{1310\text{ nm}} = PT1_{1310\text{ nm}} + PT2_{1310\text{ nm}} + PT3_{1310\text{ nm}} + \text{Margen de seguridad} = \\ 12.88\text{dB} + 1.26\text{ dB} + 11.7\text{ dB} + 3\text{ dB} = 28.84\text{ dB} \quad (3.7)$$

$$PT_{1550\text{ nm}} = PT1_{1550\text{ nm}} + PT2_{1550\text{ nm}} + PT3_{1550\text{ nm}} + \text{Margen de seguridad} = \\ 12.54\text{ dB} + 1.17\text{ dB} + 11.7\text{ dB} + 3\text{dB} = 28.41\text{ dB} \quad (3.8)$$

### **3.7.2 Presupuesto de enlace: usuario más cercano**

Se realiza un análisis de la pérdida por tramos hacia la ONT para el usuario más cercano de la red, tomando como punto de partida el nodo.

#### **Pérdida trayecto 1 (PT1)**

Esta comprende la pérdida de dos conectores, pérdida del splitter primario, pérdida por fusión de fibra (manga de empalme), pérdida por fibra óptica 0.39 Km. Este cálculo se realiza tanto para la frecuencia de 1310 nm y 1550nm:

$$PT1_{1310\text{ nm}} = (2 * 0.4\text{ dB}) + (10.6\text{ dB}) + 0.1\text{ dB} + \left(0.39\text{ Km} * 0.4 \frac{dB}{Km}\right) = 11.656\text{ dB} \quad (3.9)$$



$$PT1_{1550\text{ nm}} = (2 * 0.4\text{ dB}) + (10.6\text{ dB}) + 0.1\text{ dB} + \left(0.39\text{ Km} * 0.3 \frac{\text{dB}}{\text{Km}}\right) = 11.617\text{ dB} \quad (3.10)$$

### **Pérdida trayecto 2 (PT2)**

Comprende la pérdida de 900 metros de fibra óptica desde el splitter primario hasta el splitters secundario, pérdida de 2 conectores, pérdida por fusión de fibra (manga de empalme). Este cálculo se realiza tanto para la frecuencia de 1310 nm y 1550nm:

$$PT2_{1310\text{ nm}} = \left(0.07\text{ Km} * 0.4 \frac{\text{dB}}{\text{Km}}\right) + (2 * 0.4\text{ dB}) + 0.1\text{ dB} = 0.928\text{ dB} \quad (3.11)$$

$$PT2_{1550\text{ nm}} = \left(0.07\text{ Km} * 0.3 \frac{\text{dB}}{\text{Km}}\right) + (2 * 0.4\text{ dB}) + 0.1\text{ dB} = 0.921\text{ dB} \quad (3.12)$$

### **Pérdida trayecto 3 (PT3)**

Comprende la pérdida del splitter secundario, pérdida del patchcord, pérdida de 2 conectores. Este cálculo se realiza tanto para la frecuencia de 1310 nm y 1550nm:

$$PT3_{1310\text{ nm}} = 10.6\text{ dB} + 0.3\text{ dB} + (2 * 0.4\text{ dB}) = 11.7\text{ dB} \quad (3.13)$$

$$PT3_{1550\text{ nm}} = 10.6\text{ dB} + 0.3\text{ dB} + (2 * 0.4\text{ dB}) = 11.7\text{ dB} \quad (3.14)$$

Una vez calculadas todas las pérdidas por trayecto se procede a calcular la pérdida total, tanto para la frecuencia de 1310 nm y 1550 nm:

$$PT_{1310\text{ nm}} = PT1_{1310\text{ nm}} + PT2_{1310\text{ nm}} + PT3_{1310\text{ nm}} + \text{Margen de seguridad} = 11.656\text{ dB} + 0.928\text{ dB} + 11.7\text{ dB} + 3\text{dB} = 27.284\text{ dB} \quad (3.15)$$

$$PT_{1550\text{ nm}} = PT1_{1550\text{ nm}} + PT2_{1550\text{ nm}} + PT3_{1550\text{ nm}} + \text{Margen de seguridad} = 11.617\text{ dB} + 0.921\text{ dB} + 11.7\text{ dB} + 3\text{dB} = 27.238\text{ dB} \quad (3.16)$$

Con los valores obtenidos de pérdidas totales, para el más lejano y cercano, se concluye que los equipos deben de presentar una sensibilidad que ajuste al margen permitido, por el análisis de pérdidas.

La norma ITU-T G.984.2 Class B+, especifica los valores máximos y mínimos de sensibilidad de recepción para este tipo de equipos, como se indica en la Tabla 21.

<b>Parámetros</b>	<b>Upstream</b>	<b>Downstream</b>
Ventana de Tx	1260 - 1360 nm	1480 - 1500 nm
Longitud de onda central	Rx: 1310 nm	1490 nm
Velocidades de Tx	1.2 Gbps	2.5 Gbps
Potencia de Tx	-1.5 dBm a 5 dBm	
Máxima sensibilidad de recepción	-28 dBm	
Mínima sensibilidad de recepción	-10 dBm	
Relación de extinción	10 dB	
sobrecarga mínima	-8 dBm	
Máxima distancia de Tx	20 Km	

**Tabla 21: Especificaciones de valores máximos y mínimos de sensibilidad de recepción**

## **CAPÍTULO 4**

### **4. SITUACIÓN FINANCIERA**

En este capítulo se determinará la factibilidad y el tiempo de implementación del proyecto; además se muestran los valores de la inversión inicial, del costo de mantenimiento y de los ingresos que generará la red, que se implementó para resolver la problemática del proyecto, en distintos estados financieros a través del tiempo.

#### **4.1 Tiempo de ejecución del proyecto**

En este punto se procederá a realizar un análisis del tiempo en que se realiza el proyecto. Este tiempo se toma en cuenta desde que se plantea el problema en el cantón hasta que se realiza la instalación de cada uno de los clientes a los cuales se les provee servicio mediante red.

##### **4.1.1 Planteamiento del problema y estudio de demanda**

Para poder analizar el costo del servicio de Internet que deseamos brindar es importante tomar en cuenta el tiempo en el que se empezó a plantear el problema así como también el estudio de la demanda en el sector elegido.

En el planteamiento del problema se revisa el estado de las comunicaciones en la zona escogida, analiza el tipo de tecnología y si es posible mejorarla o cambiarla a través de nuestro proyecto, el único fin de realizar este estudio es optimizar el servicio de Internet ofrecido a los habitantes de la zona oriental del cantón Zaruma. Se estima que el planteamiento del problema al inicio del proyecto dura alrededor de tres semanas.

Para el estudio de la demanda del sector se hizo un análisis detallado, en este análisis se contabilizó las familias que existen en el sector y además de este grupo de personas a quienes les interesa acceder a un nuevo servicio. Además es necesario hacer un análisis de la ruta que seguirá la fibra desde el segundo nivel de splitter hasta el cliente, para esto se necesita un mapa

con la ubicación de las villas en las parroquias. Se estimó que el tiempo de estudio de demanda será de alrededor de dos meses y medio, este tiempo se toma en cuenta después del planteamiento del problema.

#### **4.1.2 Diseño de la red y equipos a usar**

En el diseño de la red se considera los estudios de mercado y el planteamiento del proyecto, estos estudios nos ayudan a elegir la tecnología apropiada para la red a implementar. Una vez elegida la tecnología es necesario revisar las características de los equipos necesarios para implementar nuestra red, estos equipos deben cumplir con los estándares y soportar la capacidad que necesita para atender a los clientes proyectados. El tiempo de consideración para el diseño y elección de equipos de la red es de aproximadamente un mes luego de esto se presenta un informe final en el cual se detallan todos los requisitos físicos para implementar la red para luego ser revisados; esta revisión de verificación dura al menos dos semanas luego de la cual, de ser necesario se deciden los cambios finales para la aprobación del proyecto. El proceso de cambios demora una semana y luego del cual se hace el pedido de los equipos y materiales necesarios para la implementación de la red. El tiempo que se estima para la llegada de los materiales será alrededor de 3 meses.

#### **4.1.3 Implementación de la red**

La implementación de toda la red implica el tendido de los cables troncales hacia cada uno de los splitters secundarios además de la instalación de los equipos en los nodos. En los nodos se procederá a instalar los equipos, además se tomará tiempo la adecuación de espacio físico, por lo que el tiempo total aproximado es de un mes; paralelamente se podrá realizar el tendido de los 27.52 Km de fibra óptica del cable troncal entre nodos Sinsao y Salvias. El tiempo del tendido de la fibra óptica depende del contratista que tendrá como meta realizar el tendido de 1 Km de fibra óptica diario por lo cual

se estimaría que el tiempo del tendido de sería aproximadamente de 1 mes y medio. Una vez realizado el tendido y la instalación de los equipos de planta interna y externa será aproximadamente de un mes y medio.

Una vez mencionados los tiempos de instalación, fusión y sangrado se estima que el proyecto será implementado en un aproximado de tres meses debido a que pueden presentarse imprevistos en la construcción del mismo.

#### 4.1.4 Estimación de realización del proyecto



Figura 4.1: Diagrama de Gantt

El tiempo total de la realización del proyecto, que se toma en cuenta desde que se plantea el problema hasta que la red se encuentre operativa, será de 11 meses. El tiempo de promoción de nuestro servicio no será considerado, debido a que dentro del tiempo de realización del proyecto sería promocionando nuestro nuevo servicio y se comenzarán a aceptar inscripciones de nuestros servicios para que una vez que esté implementada

la red se comience a realizar las instalaciones, con el personal técnico contratado, y a partir de las instalaciones se comenzará a monitorear la red.

En la Figura 4.1 se muestra en detalle el cronograma de estudio e implementación del proyecto.

## **4.2. Presupuesto del proyecto**

Las inversiones en los proyectos se llevan a cabo en la etapa de instalación del proyecto, en esta etapa se analizan los diferentes tipos de inversiones ya sean fijas, diferidas, entre otras; las cuales nos ofrecen un estimado del capital necesario para ejecutar un proyecto. Además esto ayuda a estimar objetivos, a corto y largo plazo, los cuales generan un costo de operación y a la vez ingresos que son obtenidos por la venta de varios servicios.

### **4.2.1. Inversiones fijas**

Las inversiones fijas son aquellas que se realizan en los bienes que permiten poner en operación el proyecto, dichos equipos son aquellos que mantienen la operatividad de la red y los cuales no son objetos de comercialización. En la Tabla 22 se muestran las inversiones fijas, las cuales son divididas en equipos de planta interna o nodo y externa o cableado.

Equipos	Longitud	Unidad	Precio unitario	Valor total
<b>Planta Interna</b>				
<b>Chasis OLT</b>	2	Unidad	\$ 1.374,74	\$ 2.749,48
<b>OLT Huawei Smart AX MA 5600T</b>	4	Unidad	\$ 2.000,00	\$ 8.000,00
<b>ONU</b>	479	Unidad	\$ 57,00	\$ 27.303,00
<b>Patch cord duplex de 5 metros</b>	500	Unidad	\$ 12,56	\$ 6.280,00
<b>ODF</b>	2	Unidad	\$ 130,00	\$ 260,00
<b>Planta externa</b>				
<b>Fibra óptica 12 hilos Figura 8</b>	27510	m	\$ 0,95	\$ 26.134,50
<b>Fibra óptica 24 hilos Figura 8</b>	8000	m	\$ 1,30	\$ 10.400,00
<b>Fibra óptica 2 hilos Figura 8</b>	47900	m	\$ 0,42	\$ 20.118,00
<b>Splitter 1 a 8</b>	8	Unidad	\$ 38,59	\$ 308,72
<b>Mangas de 12 hilos</b>	8	Unidad	\$ 150,49	\$ 1.203,92
<b>Mangas de 24 hilos</b>	1	Unidad	\$ 150,49	\$ 150,49
<b>Herraje de retención (tipo A) / incluye cinta eriband y hebilla</b>	664	Unidad	\$ 7,13	\$ 4.734,32
<b>Herraje de paso (tipo B) / incluye cinta eriband y hebilla</b>	128	Unidad	\$ 8,25	\$ 1.056,00
<b>Preformado</b>	664	Unidad	\$ 3,70	\$ 2.456,80
<b>Armarios metálicos</b>	8	Unidad	\$ 180,37	\$ 1.442,96
<b>Poste de 9 metros</b>	40	Unidad	\$ 310,00	\$ 12.400,00
<b>BMX o cajas de distribución (incluye splitter 1 a 8)</b>	69	Unidad	\$ 112,45	\$ 7.759,05
<b>Fusionadora</b>	2	Unidad	\$ 6.400,00	\$ 12.800,00
<b>OTDR</b>	2	Unidad	\$ 1.990,00	\$ 3.980,00
<b>Cizallas</b>	2	Unidad	\$ 15,00	\$ 30,00
<b>corta frio</b>	2	Unidad	\$ 2,00	\$ 4,00
<b>Bobina de lanzamiento</b>	2	Unidad	\$ 330,00	\$ 660,00
<b>Total</b>				<b>\$ 149.971,24</b>

**Tabla 22: Inversiones fijas / Equipos de planta externa y nodos**

#### 4.2.2. Inversiones del tendido de la red

En las inversiones del tendido de la red hemos considerado los costos de instalación para realizar el tendido aéreo de la fibra óptica.

Descripción	Cantidad/Longitud (m)	Precio unitario	Valor total
<b>Tendido de fibra óptica</b>	27510	\$ 0,52	\$ 14.305,20
<b>Instalación de herrajes y preformados</b>	789	\$ 1,10	\$ 867,90
<b>Instalación de armarios</b>	8	\$ 60,00	\$ 480,00
<b>Base para armarios</b>	8	\$ 90,00	\$ 720,00
<b>Instalación de cajas de distribución</b>	69	\$ 1,40	\$ 96,60
<b>Bajantes (nodos)</b>	2	\$ 45,00	\$ 90,00
<b>Total</b>			\$ 16.559,70

**Tabla 23: Inversión del tendido de la red**

En la Tabla 23 se detallan las instalaciones necesarias que se necesitará realizar para el tendido de la red de fibra óptica.

#### 4.2.3. Inversión por instalación de equipos de planta interna

En inversión por instalación de equipos de planta interna se considera todos los implementos necesarios para la adecuación de los nodos.



Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Cámara de seguridad	2	\$ 400,00	\$ 800,00
Candado	4	\$ 9,90	\$ 39,60
Detector de humo	2	\$ 59,45	\$ 118,90
Extintor	2	\$ 20,00	\$ 40,00
Obra Civil	0,50	\$ 1.680,00	\$ 840,00
Climatización	0,05	\$ 1.680,00	\$ 84,00
Obra eléctrica	0,50	\$ 1.680,00	\$ 840,00
Instalación de OLT	0,40	\$ 1.680,00	\$ 672,00
<b>Total</b>			<b>\$ 3.434,50</b>

**Tabla 24: Inversión por instalación de equipos de planta interna**

En la Tabla 24 se puede observar la inversión que se necesita para la instalación de equipos de planta interna es de \$ 3.434,50, además se muestra el detalle de lo que se ha considerado como es: construcción civil del nodo, seguridad, instalación de OLT.

#### 4.2.4. Inversión Inicial

Inversión	Valor
Equipos de planta interna	\$ 44.332,48
Equipos de planta externa	\$ 105.638,76
Equipos de oficina	\$ 2.930,00
Vehículo	\$ 30.000,00
<b>Total</b>	<b>\$ 182.901,24</b>

**Tabla 25: Inversión Inicial**

En la Tabla 25 se muestra que la inversión necesaria para la implementación del proyecto es de \$ 182.901,24, se ha considerado el costo de los equipos ya mencionados en el capítulo 3, los cuales serán instalados tanto en el nodo, armarios y clientes. En equipos de oficina se ha considerado una

computadora de escritorio, una laptop, una impresora, muebles para oficina, aire acondicionado para la oficina.

### 4.3. Gastos de operación del proyecto

En esta sección consideramos los egresos para que el proyecto se lleve a cabo.

#### 4.3.1. Gastos Operativos

En gastos operativos se considera los gastos de mayor relevancia para el funcionamiento del proyecto.

Para conocer la cantidad de Mbps que nuestra red necesita para que el servicio llegue a los usuarios, se realizó los cálculos en base a la estimación de números de abonados que se consideran para cada plan.

	Hasta en/Mbps	Número de abonados	Compartido	Factor compartidos	Mínimo Mbps
<b>Plan A</b>	3	336	1:8	42	126
<b>Plan B</b>	6	135	1:8	17	101,25
<b>Plan C</b>	10	8	1:4	2	20
<b>Total de Mbps a contratar</b>					<b>247,25</b>

**Tabla 26: Mbps a contratar**

En la Tabla 26 se muestra que 247,25 Mbps necesitaremos contratar para proveer de servicio de Internet a nuestros clientes.

Luego de conocer la cantidad de Mbps que son necesarios contratar, se realiza la estimación de gastos anuales de salida de Internet.

	<b>Cantidad</b>	<b>Valor STM1 (155 Mbps) Trimestral</b>	<b>Factor descuento</b>	<b>Numero de trimestres</b>	<b>Valor STM1 Anual</b>
<b>Año 1</b>	0,36	\$ 26.000,00		0,33	\$ 3.088,80
<b>Año 2</b>	1,6	\$ 26.000,00	0,9	4	\$149.760,0 0
<b>Año 3</b>	1,6	\$ 26.000,00	0,9	4	\$149.760,0 0
<b>Año 4</b>	1,6	\$ 26.000,00	0,8	4	\$133.120,0 0
<b>Año 5</b>	1,6	\$ 26.000,00	0,8	4	\$133.120,0 0

**Tabla 27: Gastos anuales de salida de Internet**

En la Tabla 27 se realizó los cálculos de gastos anuales de la contratación de salida de Internet, el gasto en el año uno es menor debido a que recién se está implementando el servicio por lo que no se consideran todos los usuarios. A partir del año 5 este gasto se mantiene fijo en \$ 133.120,00.

#### **4.3.2. Gastos Administrativos**

En gastos administrativos se considera el sueldo mensual del personal técnico que nos prestará sus servicios para que constantemente estén monitoreando la red, de esta manera brindar un servicio de calidad, también para realizar nuevas instalaciones y de existir algún percance solucionarlo.

<b>Operadores</b>	<b>Número de operadores</b>	<b>Valor mensual</b>	<b>Valor Anual</b>
<b>Ingeniero Supervisor</b>	1	\$ 100,00	\$ 13.200,00
<b>Técnico de monitoreo de red</b>	2	\$ 650,00	\$ 15.600,00
<b>Técnicos</b>	2	\$ 600,00	\$ 14.400,00
<b>Chofer</b>	1	\$ 500,00	\$ 6.000,00
<b>Total</b>		\$ 4.100,00	\$ 49.200,00

**Tabla 28: Personal y sueldos.**

En la Tabla 28 se detalla los valores mensuales y anuales de los sueldos del personal que contrataremos, en los valores mostrados están incluido las aportaciones al IESS.

#### 4.3.3. Gastos Adicionales

Se considera los gastos de alquiler de nodos, postes y oficina, además de otros gastos que influyen indirectamente en el proyecto pero que son necesarios para que se lleve a cabo el proyecto.

En la Tabla 29 se detalla los gastos adicionales para el proyecto y se muestra el valor total anual de todos estos gastos. Estos gastos serian ajustables debido a que se necesitara ajustar su valor en los estados financieros para lograr hacer que el proyecto tenga un margen de ganancia.

<b>Cuenta</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor Total Anual</b>
<b>Capacitación</b>	2	\$350,00	\$700,00
<b>Servicio de luz nodos</b>	2	\$45,00	\$1.080,00
<b>Alquiler de nodos</b>	2	\$140,00	\$3.360,00
<b>Alquiler de postes</b>	420	\$6,66	\$2.797,20
<b>Servicios básicos Oficina</b>	1	\$250,00	\$3.000,00
<b>Alquiler de oficina</b>	1	\$300,00	\$3.600,00
<b>Guardianía</b>	1	\$689,39	\$8.272,68
<b>Plan de celular técnicos</b>	6	\$12,00	\$864,00
<b>Mantenimiento vehicular cada 3 meses</b>	4	\$200,00	\$800,00
<b>Publicidad</b>	1	\$300,00	\$3.600,00
<b>Combustible (diésel)</b>	1	\$200,00	\$2.400,00
<b>Limpieza de oficina</b>	1	\$360,00	\$4.320,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$34.793,88</b>

**Tabla 29: Gastos Adicionales**

#### **4.3.4. Estados Financieros**

En esta sección analizaremos dos escenarios financieros que pueden ocurrir en nuestro proyecto, para esto se decidió describir dos casos uno que denominamos caso óptimo y el otro caso crítico, en los cuales se detallan como varían el número de clientes ante diferentes tipos de demanda del servicio. Para el caso óptimo se considera en el mejor de los casos que las 479 familias de las parroquias en mención contraten el servicio de Internet y para el caso crítico se considera el peor escenario que el 75% de las 479 familias contraten el servicio de Internet.

#### **4.3.5. Caso óptimo**

En la Tabla 30 se muestran, a partir del mes 11, la cantidad de clientes instalados por mes en los dos primeros años, el crecimiento de los clientes que se toma en cuenta en esta Tabla, se lo realiza de manera proporcional es decir se considera un 70% de crecimiento para clientes del Plan A, 28 % para el Plan B y el 2% para el Plan C que son los clientes corporativos; cabe destacar que se comienza a instalar los clientes una vez terminada la instalación de la red es decir a partir del mes 11. Con la Tabla 31 se muestra el total de clientes activos dentro y el número de clientes activos por mes mostrando así que a partir del mes 18 se encuentran instalados los 479 usuarios considerando que a partir del segundo semestre un ingreso mensual fijo de 20,857.76 por el servicio que se les brindara a los habitantes del sector oriental del cantón Zaruma.

	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24
<b>Plan A</b>	0	50	50	50	50	50	50	36	0	0	0	0	0	0
<b>Plan B</b>	0	22	30	30	30	23	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Plan C</b>	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total usuarios</b>	0	80	80	80	80	73	50	36	0	0	0	0	0	0

**Tabla 30: Clientes instalados por mes para el caso óptimo**

	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 22	Mes 23	Mes 24
<b>Plan A</b>	50	100	150	200	250	300	336	336	336	336
<b>Plan B</b>	22	52	82	112	135	135	135	135	135	135
<b>Plan C</b>	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
<b>Total usuarios</b>	80	160	240	320	393	443	479	479	479	479

**Tabla 31: Clientes activos por mes para el caso óptimo**

	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18
<b>Plan A</b>	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	\$ 1.800,00
<b>Plan B</b>	\$ 1.100,00	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00	\$ 1.150,00	\$ -	\$ -
<b>Plan C</b>	\$ 640,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Valor Mensual</b>	\$ 4.240,00	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00	\$ 3.650,00	\$ 2.500,00	\$ 1.800,00

**Tabla 32: Ingresos por costo de instalación mensual para el caso óptimo**

	<b>Costo del plan</b>	<b>Mes 12</b>	<b>Mes 13</b>	<b>Mes 14</b>	<b>Mes 15</b>	<b>Mes 16</b>
<b>Plan A</b>	\$ 35,83	\$1.791,50	\$ 3.583,00	\$ 5.374,50	\$ 7.166,00	\$ 8.957,50
<b>Plan B</b>	\$ 60,48	\$1.330,56	\$ 3.144,96	\$ 4.959,36	\$ 6.773,76	\$ 8.164,80
<b>Plan C</b>	\$ 81,76	\$654,08	\$ 654,08	\$ 654,08	\$ 654,08	\$ 654,08
<b>Valor Mensual</b>		\$3.776,14	\$ 7.382,04	\$ 10.987,94	\$ 14.593,84	\$ 17.776,38

	<b>Mes 17</b>	<b>Mes 18</b>	<b>Mes 19</b>	<b>Mes 20</b>	<b>Mes 21</b>
<b>Plan A</b>	\$ 10.749,00	\$ 12.038,88	\$ 12.038,88	\$ 12.038,88	\$ 12.038,88
<b>Plan B</b>	\$ 8.164,80	\$ 8.164,80	\$ 8.164,80	\$ 8.164,80	\$ 8.164,80
<b>Plan C</b>	\$ 654,08	\$ 654,08	\$ 654,08	\$ 654,08	\$ 654,08
<b>Valor mensual</b>	\$ 19.567,88	\$ 20.857,76	\$ 20.857,76	\$ 20.857,76	\$ 20.857,76

	<b>Mes 22</b>	<b>Mes 23</b>	<b>Mes 24</b>
<b>Plan A</b>	\$ 12.038,88	\$ 12.038,88	\$ 12.038,88
<b>Plan B</b>	\$ 8.164,80	\$ 8.164,80	\$ 8.164,80
<b>Plan C</b>	\$ 654,08	\$ 654,08	\$ 654,08
<b>Valor mensual</b>	\$ 19.567,88	\$ 20.857,76	\$ 20.857,76

**Tabla 33: Ingresos del segundo año por plan para el caso óptimo**

En la Tabla 32 se muestran los ingresos a recibir por instalación del servicio, que van desde el mes 12 hasta el mes 18 donde concluyen las instalaciones, tanto para el plan A como para el Plan B el precio de instalación es de \$50,00 y para el plan C es de \$80,00. En el mejor de los casos se estima que hasta el mes 18 las 479 familias ya tengan el servicio instalado, luego de este mes los costos de instalación para el cliente ya no son ingresos para nuestro proyecto.

En Tabla 33 se observan los ingresos por plan que obtendremos por brindar el servicio. A partir del mes 12 se estima que la red ya esté en funcionamiento para nuestros primeros clientes, para los siguientes meses se incrementan los ingresos según los clientes que adquieran el servicio, luego del mes 18 los ingresos por plan se mantienen constantes debido a que en el mejor de los casos todas las 479 familias ya han poseen el servicio.

#### 4.3.6. Ingresos por instalación de planes caso optimo

En esta sección consideramos ingresos por instalación y por plan para cinco años.

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Plan A</b>	\$4.291,5 0	\$134.402,1 6	\$144.466,5 6	\$144.466,5 6	\$144.466,5 6
<b>Plan B</b>	\$2.430,5 6	\$94.011,28	\$ 97.977,60	\$ 97.977,60	\$ 97.977,60
<b>Plan C</b>	\$1.294,0 8	\$ 7.848,96	\$ 7.848,96	\$ 7.848,96	\$ 7.848,96
<b>Total de ingresos</b>	\$8.016,1 4	\$236.262,4 0	\$250.293,1 2	\$250.293,1 2	\$250.293,1 2

**Tabla 34: Ingresos caso óptimo**

En la Tabla 34 se observa los ingresos anuales, luego del tercer año los ingresos son constantes, como ya se mencionó anteriormente no hay incremento en ventas porque ya se ha considerado en su totalidad a las 479 familias de las parroquias.



#### 4.3.7. Egresos para el caso óptimo

Consideramos egresos a todos los gastos que tenemos que realizar para la ejecución del proyecto, en gastos de personal incluyen los sueldos del ingeniero supervisor, dos técnicos de monitoreo de la red, dos técnicos y un chofer, gastos de servicios básicos incluye los servicios básicos de oficina y el servicio de energía eléctrica para los nodos.

Gastos administrativos incluye el servicio de guardianía, plan de celular para el personal, publicidad y suministros de oficina; Gastos vehiculares incluyen combustible y mantenimiento. Gastos por SMT1 es el costo que se genera al contratar la salida internacional.

Descripción de egresos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Gastos de personal</b>	\$ 4.100,00	\$ 49.200,00	\$ 49.200,00	\$ 49.200,00	\$ 49.200,00
<b>Gastos servicios básicos</b>	\$ 340,00	\$ 4.080,00	\$ 4.080,00	\$ 4.080,00	\$ 4.080,00
<b>Gastos administrativos</b>	\$ 1.103,06	\$ 13.236,68	\$ 9.636,68	\$ 9.636,68	\$ 9.636,68
<b>Gastos de infraestructura</b>	\$ 1.173,10	\$ 14.077,20	\$ 14.077,20	\$ 14.077,20	\$ 14.077,20
<b>Gastos vehiculares</b>	\$ -	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00
<b>Gastos de capacitación</b>	\$ 350,00	\$ 700,00	\$ 700,00	\$ 700,00	\$ 700,00
<b>Gastos por SMT1</b>	\$ 3.088,80	\$ 149.760,00	\$ 149.760,00	\$ 133.120,00	\$ 133.120,00
<b>Total de egresos</b>	\$10.154,96	\$ 234.253,88	\$ 230.653,88	\$ 214.013,88	\$ 214.013,88

**Tabla 35: Egresos caso óptimo**

En la Tabla 35 se observa el total de egresos durante los cinco primeros años, a partir del cuarto año los egresos se mantienen constantes y se estima un egreso anual de 214.013,88 dólares a partir del cuarto año.

#### 4.3.8. VAN y TIR caso óptimo

Valor Actualizado Neto (VAN) de una inversión es el valor actualizado de todos los cobros menos el valor actualizado de los pagos. Cuando el VAN es positivo la inversión tendrá una rentabilidad. Para calcularlo es necesario usar la siguiente expresión matemática [25]:

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

Donde:

$I_0$ : Inversión

$F_i$ : Flujo de caja proyectado

t: tasa de descuento

Tasa Interna de Retorno (TIR) es la rentabilidad media de una inversión. Está relacionado con el VAN y es la tasa de interés máxima con la que es posible endeudarse para el financiamiento del proyecto sin generar pérdidas [25].

	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Ingresos</b>	\$ -	\$ 8.016,14	\$ 236.262,4 0	\$ 250.293,1 2	\$ 250.293,1 2	\$ 250.293,1 2
<b>Inversión Inicial</b>	\$ (207.515, 44)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Egresos</b>	\$ -	\$ 10.154,96	\$ 234.253,8 8	\$ 230.653,8 8	\$ 214.013,8 8	\$ 214.013,8 8
<b>Flujo Neto</b>	\$ (207.515, 44)	\$ (2.138,82 )	\$ 2.008,52	\$ 19.639,24	\$ 36.279,24	\$ 36.279,24
<b>Flujo Acumulado</b>	\$ (207.515, 44)	\$ (209.654, 26)	\$ (207.645, 74)	\$ (188.006, 50)	\$ (151.727, 26)	\$ (115.448, 02)
	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>	<b>Año 9</b>	<b>Año 10</b>	
	\$ 250.293,12	\$ 250.293,12	\$ 250.293,12	\$ 250.293,12	\$ 250.293,12	
	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
	\$ 214.013,88	\$ 214.013,88	\$ 214.013,88	\$ 214.013,88	\$ 214.013,88	
	\$ 36.279,24	\$ 36.279,24	\$ 36.279,24	\$ 36.279,24	\$ 36.279,24	
	\$ (79.168,78)	\$ (42.889,54)	\$ (6.610,30)	\$ 29.668,94	\$ 65.948,18	
<b>VAN</b>	\$ (75.995,91)					
<b>TIR</b>	4%					

**Tabla 36: Flujo de caja caso óptimo**

En la Tabla 36 se observa el flujo de caja realizado para diez años con el objetivo de determinar el año en que se recupera la inversión, además se observa que el VAN es de \$75.995,91 y el TIR es 4% con estos resultados se puede analizar que no se recupera la inversión por lo que en estos casos recurrimos al FODETEL para el financiamiento del proyecto.

#### 4.3.9. Caso crítico

En este punto se analizará el peor de los escenarios en el cual solamente el 40 % de las familias requieren el servicio de Internet es decir 192 familias.

En la Tabla 37 se muestran la cantidad de clientes instalados desde el mes 11 hasta el mes 15, en el cual se puede observar que los 192 usuarios se instalan en 3 meses después de estar terminada la red. El crecimiento de los clientes que se toma en cuenta en esta Tabla, se lo realiza de manera proporcional es decir se considera un 70% de crecimiento para clientes del Plan A, 28 % para el Plan B y el 2% para el Plan C que son los clientes corporativos al igual que en el caso óptimo. Con la Tabla 38 se muestra el total de clientes activos dentro de los dos primeros años y se encuentra que a partir del segundo semestre del segundo año se encontraran instalados los 359 clientes.

	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15
<b>Plan A</b>	0	37	50	48	0
<b>Plan B</b>	0	16	22	16	0
<b>Plan C</b>	0	2	1	0	0
<b>Total de usuarios</b>	0	55	73	64	0

**Tabla 37: Clientes instalados por mes para el caso crítico**

	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15
<b>Plan A</b>	0	37	87	135	135
<b>Plan B</b>	0	16	38	54	54
<b>Plan C</b>	0	2	3	3	3
<b>Total de usuarios</b>	0	55	128	192	192

**Tabla 38: Clientes activos por mes para el caso crítico**

	<b>Costo Instalación</b>	<b>Mes 11</b>	<b>Mes 12</b>	<b>Mes 13</b>	<b>Mes 14</b>
<b>Plan A</b>	\$ 50,00	\$ -	\$ 1.850,00	\$ 2.500,00	\$ 2.400,00
<b>Plan B</b>	\$ 50,00	\$ -	\$ 800,00	\$ 1.100,00	\$ 800,00
<b>Plan C</b>	\$ 80,00	\$ -	\$ 160,00	\$ 80,00	\$ -
<b>Valor Mensual</b>		\$ -	\$ 2.810,00	\$ 3.680,00	\$ 3.200,00

**Tabla 39: Ingreso de instalación mensual para el caso crítico**

	<b>Costo del plan</b>	<b>Mes 11</b>	<b>Mes 12</b>	<b>Mes 13</b>	<b>Mes 14</b>	<b>Mes 15</b>
<b>Plan A</b>	\$ 35,83	\$ -	\$ 1.325,71	\$ 3.117,21	\$ 4.837,05	\$ 4.837,05
<b>Plan B</b>	\$ 60,48	\$ -	\$ 967,68	\$ 2.298,24	\$ 3.265,92	\$ 3.265,92
<b>Plan C</b>	\$ 81,76	\$ -	\$ 163,52	\$ 245,28	\$ 245,28	\$ 245,28
<b>Valor Mensual</b>		\$ -	\$ 2.456,91	\$ 5.660,73	\$ 8.348,25	\$ 8.348,25

**Tabla 40: Ingreso por plan mensual para el caso crítico**

En la Tabla 39 se observa el ingreso por instalación mensual del servicio de Internet, se considera que desde el mes 12, ya que se encuentra operativo el proyecto y provee el servicio a los primeros 55 clientes. Hasta el mes 14 se estima que los 192 clientes ya tengan el servicio instalado, por lo que en los siguientes meses ya no tendremos ingresos por instalación del servicio.

En la Tabla 40 se muestran los ingresos por plan mensual desde el mes 11 hasta el mes 15. A partir del mes 15 ya no se realizará instalaciones por lo que los ingresos por plan permanecerían constantes.

Anteriormente se había considerado contratar mayor cantidad de Mbps debido a que consideramos el caso óptimo, pero como en este caso se

disminuyen los clientes entonces también sería posible disminuir la cantidad de STM1 que se contraten y así optimizar recursos.

En la Tabla 41 se observa la cantidad de 27,63 Mbps que contrataremos en el primer año para el caso crítico de 55 clientes.

	Hasta en/Mbps	Número de abonados	Compartido	factor compartidos	Mínimo Mbps
<b>Plan A</b>	3	25	1:8	3,125	9,375
<b>Plan B</b>	6	11	1:8	1	8,25
<b>Plan C</b>	10	4	1:4	1	10
<b>Total de Mbps a contratar</b>					27,63

**Tabla 41: Mbps a contratar en caso crítico en el primer año para el caso crítico**

Luego del primer año en el que el proyecto ya se encuentra operativo se considera contratar mayor cantidad de Mbps ya que la cantidad de clientes incrementa.

	Hasta en / Mbps	Número de abonados	Compartido	Factor compartido	Mínimo Mbps
<b>Plan A</b>	3	135	1:8	16,875	50,625
<b>Plan B</b>	6	54	1:8	7	40,5
<b>Plan C</b>	10	3	1:8	0,75	7,5
<b>Total de Mbps a contratar</b>					98,625

**Tabla 42: Mbps anual a contratar para el caso crítico**

En la Tabla 42 se muestra que son necesarios 98,63 Mbps para brindar el servicio de Internet a las 359 familias.

También para este caso crítico se consideró realizar nuevos cálculos para los gastos anuales debido a que se redujo la cantidad de Mbps a contratar.

	Cantida d	Valor STM1 (155 Mbps) Trimestral	Factor descuento	Trimestres	Valor STM1 (155 Mbps) Anual
<b>Gasto Año 1</b>	0,18	\$ 26.000,00		0,33	\$ 1.544,40
<b>Gasto Año 2</b>	0,64	\$ 26.000,00	0,9	4	\$ 59.904,00
<b>Gasto Año 3</b>	0,64	\$ 26.000,00	0,9	4	\$ 59.904,00
<b>Gasto Año 4</b>	0,64	\$ 26.000,00	0,8	4	\$ 53.248,00
<b>Gasto Año 5</b>	0,64	\$ 26.000,00	0,8	4	\$ 53.248,00

**Tabla 43: Gastos anuales de salida de Internet para el caso crítico**

En la Tabla 43 se observan los gastos anuales por 5 años para la contratación de salida de Internet, a partir del año 5 el costo por salida de Internet se mantiene constante.

Como se muestra en la Tabla 44 con el fin de optimizar recursos se decidió solamente contratar a un técnico para el monitoreo de red, además de no considerar un Ingeniero supervisor y bajar el valor de los sueldos mensuales que se cancelara al personal encargado de la red.

Operadores	Número de operadores	Valor mensual	Valor Anual
Ingeniero Supervisor	0	\$ 1.100,00	\$ -
Técnico de monitoreo de red	1	\$ 550,00	\$ 6.600,00
Técnicos	2	\$ 550,00	\$ 13.200,00
Chofer	1	\$ 450,00	\$ 5.400,00
<b>Total</b>		<b>\$ 2.100,00</b>	<b>\$ 25.200,00</b>

**Tabla 44: Personal y sueldos para el caso crítico**

Para el caso crítico como es de esperar los ingresos disminuyen como se observa en la Tabla 45, se ha realizado los ingresos para los cinco primeros años, en los que se observa que a partir del tercer año los ingresos se mantienen constantes debido a que no se considera realizar más instalaciones.

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Plan A</b>	\$ 3.175,71	\$ 61.224,76	\$ 58.044,60	\$ 58.044,60	\$ 58.044,60
<b>Plan B</b>	\$ 1.767,68	\$ 40.123,36	\$ 39.191,04	\$ 39.191,04	\$ 39.191,04
<b>Plan C</b>	\$ 323,52	\$ 3.023,36	\$ 2.943,36	\$ 2.943,36	\$ 2.943,36
<b>Total de ingresos</b>	\$ 5.266,91	\$ 104.371,48	\$ 100.179,00	\$ 100.179,00	\$ 100.179,00

**Tabla 45: Ingresos para caso crítico**

Así como se disminuye la cantidad de ingresos, también se disminuyen los egresos como se muestra en la Tabla 46.



<b>Descripción de egresos</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Gastos de personal</b>	\$ 2.100,00	\$ 25.200,00	\$ 25.200,00	\$ 25.200,00	\$ 25.200,00
<b>Gastos servicios básicos</b>	\$ 190,00	\$ 2.280,00	\$ 2.280,00	\$ 2.280,00	\$ 2.280,00
<b>Gastos administrativos</b>	\$ 239,67	\$ 2.876,00	\$ 1.076,00	\$ 1.076,00	\$ 1.076,00
<b>Gastos de infraestructura</b>	\$ 1.073,10	\$ 12.877,20	\$ 12.877,20	\$ 12.877,20	\$ 12.877,20
<b>Gastos vehiculares</b>	\$ -	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00
<b>Gastos de capacitación</b>	\$ 350,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Gastos por SMT1</b>	\$ 1.544,40	\$ 59.904,00	\$ 59.904,00	\$ 53.248,00	\$ 53.248,00
<b>Total de egresos</b>	\$ 5.497,17	\$ 105.537,20	\$ 103.737,20	\$ 97.081,20	\$ 97.081,20

**Tabla 46: Egresos para caso crítico**

	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Ingresos</b>	\$ -	\$ 5.266,91	\$ 104.371,4 8	\$ 100.179,0 0	\$ 100.179, 00	\$ 100.179,0 0
<b>Inversión Inicial</b>	\$ (207.515, 44)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Egresos</b>	\$ -	\$ 5.497,17	\$ 105.537,2 0	\$ 103.737,2 0	\$ 97.081,2 0	\$ 97.081,20
<b>Flujo Neto</b>	\$ (207.515, 44)	\$ (230,26)	\$ (1.165,72)	\$ (3.558,20)	\$ 3.097,80	\$ 3.097,80
<b>Flujo Acumulado</b>	\$ (207.515, 44)	\$ (207.745, ,70)	\$ (208.911, 42)	\$ (212.469, 62)	\$ (209.371, 82)	\$ (206.274, 02)
	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>	<b>Año 9</b>	<b>Año 10</b>	
	\$ 100.179,00	\$ 100.179,00	\$ 100.179,00	\$ 100.179,00	\$ 100.179,00	
	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
	\$ 97.081,20	\$ 97.081,20	\$ 97.081,20	\$ 97.081,20	\$ 97.081,20	
	\$ 3.097,80	\$ 3.097,80	\$ 3.097,80	\$ 3.097,80	\$ 3.097,80	
	\$ (203.176,22)	\$ (200.078,42)	\$ (196.980,62)	\$ (193.882,82)	\$ (190.785,02)	
<b>VAN</b>	\$ (201.120,12)					
<b>TIR</b>	-26%					

**Tabla 47: Flujo de caja para caso crítico**

En la Tabla 47 se muestra el flujo de caja para el caso crítico de los diez primeros años, el VAN es - \$201.120,12 y el TIR es de -26% de acuerdo a este análisis se puede concluir que se comienza a recuperar algo de la inversión, pero aun así es necesario recurrir al Fodetel.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Sí es posible brindar el servicio de Internet, en el sector oriental del cantón Zaruma en las parroquias de Salvias y Sinsao, a 479 familias que se encuentran agrupadas por zonas.
2. En el cálculo financiero que se realizó para el proyecto se pudo observar que la inversión que se realiza para el proyecto, no es recuperable, pero por la necesidad de servicios que requieren ambas parroquias podría presentarse el proyecto para que el estado lo financie.
3. El proyecto no recupera la inversión por lo que es necesario recurrir al FODETEL, el cual puede subsidiar la inversión inicial del proyecto, que brindará una nueva red a las parroquias de Salvias y Sinsao.
4. Para el diseño de la red, se realizó análisis de distancias máximas entre los nodos y la ONU, con esto se pudo determinar que las distancias máximas entre ambas son de 6 Km o mucho menores; esto favorece permitiendo comprar equipos de menor valor. El estándar GPON permite ofrecer un ancho de banda ilimitado, siendo la mayor ventaja frente a otros estándares PON. Además que permite trabajar con diversos tipos de protocolos.
5. Si un sector no cuenta con redes de accesos alámbricas, por ejemplo cobre, la primera opción para el levantamiento de una nueva red es el estándar GPON debido a su capacidad y a que actualmente las redes de cobre están siendo reemplazadas por fibra óptica.
6. El diseño de una red GPON cuenta de dos niveles para clientes residenciales e incluso se puede dejar un tercer nivel dependiendo del número de usuarios que se desean atender, del ancho de banda que se desea ofrecer y también de que los equipos escogidos soporten. En el diseño de la red el primer nivel de splitter puede

ser ubicado en el nodo o en una estructura metálica que permita la ubicación de un conjunto de splitters primarios para proveer el servicio a un sector.

7. El diseño de la red GPON es aplicable solo al área Oriental del cantón Zaruma debido a que se tomó la densidad poblacional de dicha área para el detalle de equipos a utilizar y también para el número de hilos necesarios que necesita cada armario que se implementó.
8. No fue posible implementar la topología anillo, debido a que el acceso a estas parroquias es por una sola vía y para cerrar el anillo es necesario seguir otro camino que aún no se encuentra construido.

### **Recomendaciones**

1. Es necesario para este proyecto dar redundancia a los nodos mediante un nuevo tendido, se sugiere que sea subterránea, pero debido a los altos costos de implementación de ductos no se tomó en cuenta a la hora de realizar la inversión inicial de este proyecto.
2. Es recomendable aumentar el número de clientes por nodo, esto sería una manera de recuperar la inversión que sea realiza en el proyecto y disminuir el costo de Mbps por usuario. Esto es posible realizar mediante el tendido de una fibra óptica hacia la parroquia de Güizhagüiña que cuenta con un total de 458 habitantes.
3. Es recomendable dejar hilos de reserva en cada caja de dispersión ante la eventualidad de daño de hilos.
4. Uno de los mecanismos para poder recuperar la inversión realizada en este proyecto es ampliando la cobertura de los servicios, es decir integrar televisión y telefonía a los planes.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] EcosTravel, (2016, Enero 31). [Online]. Disponible en: <http://www.ecostravel.com/ecuador/ciudades-destinos/zaruma.php>
- [2] Asamblea Nacional, (2015, Febrero 18). Ley Orgánica de Telecomunicaciones. [Online]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/ley-organica-de-telecomunicaciones.pdf>
- [3] National Academy of Sciences, (2016, Enero 31). Las comunicaciones modernas: la revolución del láser y la fibra óptica. [Online]. Disponible en: [http://www7.nationalacademies.org/spanishbeyonddiscovery/tec\\_007520-05.html](http://www7.nationalacademies.org/spanishbeyonddiscovery/tec_007520-05.html)
- [4] EXFO Electro-Optical Engineering Inc., La Guía FTTH PON: Realización de pruebas de redes ópticas pasivas, 5ª edición, Enero, 2012.
- [5] F. Córdova, (2016, Enero 31). [Online]. Disponible en: [http://www.imaginar.org/iicd/tus\\_archivos/TUS6/2\\_tecnologia.pdf](http://www.imaginar.org/iicd/tus_archivos/TUS6/2_tecnologia.pdf)
- [6] A. García Yagüe, (2012, Noviembre). GPON Introducción y Conceptos generales. [Online]. Disponible en: <http://www.telnet-ri.es/wp-content/uploads/2014/10/gpon-introduccion-conceptos.pdf>
- [7] J. S. Guevara Henao, (2016, Enero 31). [Online]. Disponible en: [http://www.tecnologia.technology/wp-content/uploads/2010/06/Definicion\\_caracteristicas\\_PON\\_APON\\_BPON\\_GEPON\\_GPON\\_EPON.pdf](http://www.tecnologia.technology/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APON_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf)
- [8] FTTH Definition of Terms, 4th ed., FTTH Council Europe, Brussels, Belgium, 2015, pp. 3-4.
- [9] FTTH Handbook, 6th ed., FTTH Council Europe, Brussels, Belgium, 2014, pp. 14-15.
- [10] Paul E. Green, Jr. "The Evolution of the Broadband Last Mile", Fiber to the Home The New Empowerment. New Jersey: Wiley, 2006, pp. 19.

- [11] Dave Hood, Elmar Trojer, "G-PON OPERATION," en GIGABIT-CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORKS, 1st Ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2012, pp. 11-13.
- [12] 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.
- [13] Paul E. Green, Jr. "Architectures and Standards", *Fiber to the Home The New Empowerment*. New Jersey: Wiley, 2006, pp. 64.
- [14] ITU-T., (2008, Marzo). Recomendación ITU-T G.984.1. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/en>
- [15] ITU-T., (2006, Diciembre). Recomendación ITU-T G.657. [Online]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657-200612-S/es>.
- [16] ITU-T., (2009, Noviembre). Recomendación ITU-T G.652. [Online]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-200911-I/es>.
- [17] ITU-T., (2008, Marzo). Recomendación ITU-T G.984.2. [Online]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2-200303-I/e>.
- [18] Huawei, (2016, Enero 31). OLT HUAWEI [Online]. Disponible en: <https://e.huawei.com>.
- [19] Huawei, (2016, Enero 31). ONT HUAWEI [Online]. Disponible en: <https://e.huawei.com>.
- [20] Viajando Ecuador, (2016, Enero 31). Zaruma. Disponible en: <http://www.viajandox.com/eloro/zaruma-canton.htm>.
- [21] Martin A. Moreton, (2016, Enero 31). [Online]. Disponible en: <https://martinmoreton.files.wordpress.com/2011/11/diagrama-operador.png>
- [22] Adnetwork Company, (2016, Enero 31). [Online]. Disponible en: <http://www.adnetwork.com.tw/images/epon.gif>

[23] Wikitel, (2016, Enero 31). [Online]. Disponible en:  
[http://wikitel.info/images/a/a4/Figura\\_1.7.jpg](http://wikitel.info/images/a/a4/Figura_1.7.jpg)

[18] Cevallos, R., & Montalvo, R. (2010). Estudio y diseño de una red de última milla, utilizando la tecnología G-PON, para el sector del nuevo aeropuerto de Quito (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

[24] Capitalia, (2016, Enero 31). [Online]. Disponible en:

<http://www.ccapitalia.net/img/teleco-gpon-conceptos-generales.jpg>

[25] Oriol Amat, "Métodos para evaluar la inversión", en Contabilidad y Finanzas Para Dummies, Vol. 1, España: T. G. Soler, 2012, pp. 263-271.



## ANEXOS

### ANEXO A: Cantidad de Mbps por plan a contratar y Costo por Mbps caso óptimo.

En la Tabla A1 se detalla la cantidad de Mbps a contratar en el estado financiero más óptimo del proyecto, es decir el total de Mbps a contratar para poder brindar el servicio de internet.

	Hasta en/Mbps	Número de abonados	Compartido	Factor compartidos	Mínimo Mbps
<b>Plan A</b>	3	336	1:8	42	126
<b>Plan B</b>	6	135	1:8	17	101,25
<b>Plan C</b>	10	8	1:4	2	20
<b>Total de Mbps a contratar</b>					<b>247,25</b>

**Tabla A1: Cantidad de Mbps por plan caso óptimo.**

En la tabla A2 se detalla el gasto total por Mbps a contratar anualmente, esto se realiza de manera anual y a partir del año 4 se considera un gasto por interconexión de \$133.120,00.

	Cantidad	Valor STM1 (155 Mbps) Trimestral	Factor descuento	Numero de trimestres	Valor STM1 (155 Mbps) Anual
<b>Gasto Año 1</b>	0,36	\$ 26.000,00		0,33	\$ 3.088,80
<b>Gasto Año 2</b>	1,6	\$ 26.000,00	0,9	4	\$149.760,00
<b>Gasto Año 3</b>	1,6	\$ 26.000,00	0,9	4	\$149.760,00
<b>Gasto Año 4</b>	1,6	\$ 26.000,00	0,8	4	\$133.120,00
<b>Gasto Año 5</b>	1,6	\$ 26.000,00	0,8	4	\$133.120,00

**Tabla A2: Valor de SMT1 Anual caso óptimo.**

**ANEXO B: Inversiones.**

En la tabla B1 muestra la inversión por tendido de la Red.

Descripción	Cantidad/Longitud (m)	Precio unitario	Valor total
Tendido de fibra óptica	27510	\$ 0,52	\$ 14.305,20
Instalación de herrajes y preformados	789	\$ 1,10	\$ 867,90
Instalación de armarios	8	\$ 60,00	\$ 480,00
Base para armarios	8	\$ 90,00	\$ 720,00
Instalación de cajas de distribución	69	\$ 1,40	\$ 96,60
Bajantes (nodos)	2	\$ 45,00	\$ 90,00
<b>Total</b>			<b>\$ 6.559,70</b>

**Tabla B1: Inversión del tendido de la red**

En la tabla B2 se muestra la inversión inicial que requieren los nodos.

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Cámara de seguridad	2	\$ 400,00	\$ 800,00
Candado	4	\$ 9,90	\$ 39,60
Detector de humo	2	\$ 59,45	\$ 118,90
Extintor	2	\$ 20,00	\$ 40,00
Obra Civil	0,50	\$ 1.680,00	\$ 840,00
Climatización	0,05	\$ 1.680,00	\$ 84,00
Obra eléctrica	0,50	\$ 1.680,00	\$ 840,00
Instalación de OLT	0,40	\$ 1.680,00	\$ 672,00
<b>Total</b>			<b>\$ 3.434,50</b>

**Tabla B2: Inversión por instalación de equipos de planta interna**

### ANEXO C: Gastos caso óptimo

Desde la tabla C1 hasta la tabla C5 se muestra el desglose de cada uno de los gastos considerados para el egreso total que se realizó en el proyecto.

Cuenta	Cantidad	Valor	Valor Total Anual
Capacitación	2	\$350,00	\$700,00
Servicio de luz nodos	2	\$45,00	\$1.080,00
Alquiler de nodos	2	\$140,00	\$3.360,00
Alquiler de postes	420	\$6,66	\$2.797,20
Servicios básicos Oficina	1	\$250,00	\$3.000,00
Alquiler de oficina	1	\$300,00	\$3.600,00
Guardianía	1	\$689,39	\$8.272,68
Mantenimiento vehicular 3 meses	4	\$200,00	\$800,00
Plan de celular técnicos	6	\$12,00	\$864,00
Publicidad	1	\$300,00	\$3.600,00
Combustible (diésel)	1	\$200,00	\$2.400,00
Limpieza de oficina	1	\$360,00	\$4.320,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$34.793,88</b>

Tabla C1: Gastos adicionales

Descripción	Valor
Servicios básicos	\$ 3.000,00
Servicio de luz nodos	\$ 1.080,00
<b>Total</b>	<b>\$ 4.080,00</b>

Tabla C2: Gastos por servicios básicos

Descripción	Valor
Alquiler de nodos	\$ 3.360,00
Alquiler de oficina	\$ 3.600,00
Limpieza del edificio	\$ 4.320,00
<b>Total</b>	<b>\$ 11.280,00</b>

Tabla C3: Gastos Infraestructura

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
<b>Guardianía</b>	\$ 8.272,68
<b>Plan de celular técnicos</b>	\$ 864,00
<b>Publicidad</b>	\$ 3.600,00
<b>Suministros de oficinas</b>	\$ 500,00
<b>Total</b>	\$ 13.236,68

**Tabla C4: Gastos Administrativos**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
<b>Combustible (diésel)</b>	\$ 2.400,00
<b>Mantenimiento vehicular cada 3 meses</b>	\$ 800,00
<b>Total</b>	\$ 3.200,00

**Tabla C5: Gastos vehiculares**

## ANEXO D: Clientes instalados y activos por mes en los dos primeros años.

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24
<b>Plan A</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	3	0	0	0	0	0	0
<b>Plan B</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Plan C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total de usuarios</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	8	7	5	3	0	0	0	0	0	0

Tabla D1: Clientes instalados por mes para el caso óptimo

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24
<b>Plan A</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	15	20	25	30	33	33	33	33	33	33	33
<b>Plan B</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	52	82	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13
<b>Plan C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
<b>Total de usuarios</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	16	24	32	39	44	47	47	47	47	47	47	47

Tabla D2: Clientes activos por mes para el caso óptimo

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24
<b>Plan A</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	50	50	50	50	15	0	0	0	0	0	0	0
<b>Plan B</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	22	22	22	19	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Plan C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	76	72	72	69	15	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla D3: Clientes activos por mes para el caso crítico**

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24
<b>Plan A</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	87	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
<b>Plan B</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	38	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
<b>Plan C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	128	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192

**Tabla D4: Clientes activos por mes para el caso crítico**

**ANEXO E: Abreviaturas**

ARPU	AVERAGE REVENUE PER USER
ATM	ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE
APON	ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE-BASED PASSIVE OPTICAL NETWORK
ARPU	AVERAGE REVENUE PER USER
ADSL	ASYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE
ADSS	ALL DIELECTRIC SELF- SUPPORTED
ARP	ADDRESS RESOLUTION PROTOCOL
BPON	BROADBAND PASSIVE OPTICAL NETWORK
B-RAS	BROADBAND REMOTE ACCESS SERVER
CNH	CRECIENDO CON NUESTROS HIJOS
CDMA	CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS
CNT	CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
CATV	COMMUNITY ACCESS TELEVISION
CO	CETRAL OFFICE
CD	DISPERSIÓN CROMÁTICA
DSL	DIGITAL SUBSCRIBER LINE
DSLAM	DIGITAL SUBSCRIBER LINE ACCESS MULTIPLEXER
EPON	ETHERNET PASSIVE OPTICAL NETWORK
EFM	ETHERNET IN THE FIRST MILE
FODETEL	FONDO DE DESARROLLO DE TELECOMUNICACIONES
FTTH	FIBER TO THE HOME
FTTB/C	FIBER TO THE BUILDING/ CABINET
FTTCab	FIBER TO THE CABINET
FSAN	FULL SERVICE ACCESS NETWORK

GPON	GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK
GEM	MODO DE ENCAPSULAMIENTO GPON
INEC	INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS
ITU	INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
IEEE	INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS
IESS	INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL
LAN	LOCAL AREA NETWORK
OLT	OPTICAL LINE TERMINATION
ONT	OPTICAL NETWORK TERMINAL
ONU	OPTICAL NETWORK UNIT
ODN	OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK
ODF	DISTRIBUIDOR DE FIBRA OPTICA
PMD	DISPERSIÓN POR MODO DE POLARIZACIÓN
PON	PASSIVE OPTICAL NETWORK
QoS	CALIDAD DE SERVICIO
STM	SYNCHRONOUS TRANSPORT MODULE
SNMP	SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL
TIR	TASA INTERNA DE RETORNO
UNESCO	UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION
VoIP	VOICE OVER IP
VAN	VALOR ACTUAL NETO
Vlan	VIRTUAL LOCAL ÁREA NETWORK
WDM	WAVELENGTH-DIVISION MULTIPLEXING