



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“DISEÑO DE UNA RED DE AUDIO Y VIDEO POR CABLE PARA  
LA PARROQUIA ANCÓN CON FINES EDUCATIVOS  
UTILIZANDO TECNOLOGÍA FTTH Y COMO HEADEND A  
ESPOL-TV”

**INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

PEZO OQUENDO JUAN CARLOS

TABARES IBARRA VICTOR MANUEL

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

Le damos nuestros más sinceros agradecimientos a: los profesores que nos han dado sus conocimientos, amigos que nos ha dado su apoyo y ayudado a lo largo de nuestras carreras. Gracias a todos.

## **DEDICATORIA**

Dedico este Proyecto de Graduación a mi madre por haberme dado su apoyo incondicional, cada día me inspira a seguir hacia adelante con su ejemplar manera de vivir.

**JUAN**

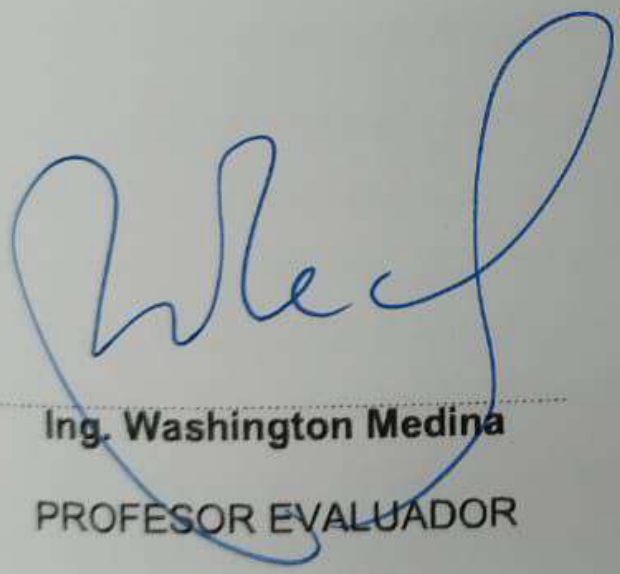
## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a mi amada madre.

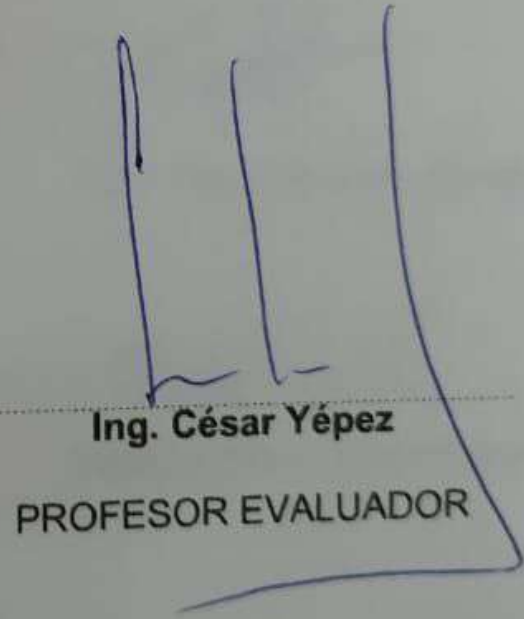
**VICTOR**

DECLARACIÓN DE FIRMAS

**TRIBUNAL DE EVALUACIÓN**



Ing. Washington Medina  
PROFESOR EVALUADOR



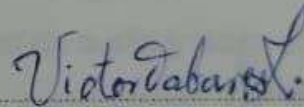
Ing. César Yépez  
PROFESOR EVALUADOR

## 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"



Pezo Oquendo Juan Carlos



Tabares Ibarra Victor Manuel

## RESUMEN

En la parroquia San José de Ancón existe mala calidad de señal de televisión abierta. Las antenas y televisores utilizados en la parroquia reciben canales nacionales con una calidad pobre. Algunos habitantes optan por contratar servicios de televisión satelital de proveedores de servicios de telecomunicaciones tales como: CLARO, CNT, DIRECTV. El servicio satelital de televisión es ideal para lugares en donde la televisión abierta no llega pero no es un servicio accesible, económicamente hablando, para la mayoría de habitantes de la parroquia. Adicionalmente, existe una cantidad enorme de programas en la televisión que no ayudan a la formación de niños y jóvenes. De aquí nace la necesidad de crear una red de televisión con fines educativos y de acceso gratuito para todas las familias de la parroquia Ancón.

La metodología aplicada para resolver los problemas anteriores la hemos dividido en dos etapas. La primera etapa consiste en recopilar la mayor cantidad de información sobre la parroquia Ancón y seleccionar la topología que satisfaga las necesidades de la parroquia. La segunda etapa consiste en diseñar una red de audio y video utilizando tecnología FTTH y el estándar GPON. Además hemos considerado a ESPOL-TV como headend ya que brinda una infraestructura idónea y adecuada para colocar la cabecera de la red de televisión por cable.

Finalmente describimos en detalle los costos de la inversión total en el proyecto y los beneficios que traería consigo el desarrollo del mismo.

## ÍNDICE GENERAL

|   |           |
|---|-----------|
| AGRADECIMIENTOS.....  | ii        |
| DEDICATORIA .....   | iii       |
| TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....  | vi        |
| RESUMEN.....  | viii      |
| ÍNDICE GENERAL.....   | ix        |
| CAPÍTULO 1.....   | 1         |
| 1. PROBLEMÁTICA Y LA PARROQUIA ANCÓN. ....                                    | 1         |
| <b>1.1 Descripción del problema y solución.</b> .....                         | <b>1</b>  |
| <b>1.1.1 Resultados de la encuesta sobre la Tv en San José de Ancón</b> ..... | <b>2</b>  |
| <b>1.1.2 Solución al problema</b> .....                                       | <b>2</b>  |
| <b>1.2 San José de Ancón.</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>1.2.1 Cantidad de solares por barrio</b> .....                             | <b>4</b>  |
| <b>1.2.2 Televisión Satelital en San José de Ancón</b> .....                  | <b>6</b>  |
| <b>1.2.3 ESPOL-TV</b> .....   | <b>6</b>  |
| <b>1.3 Estado del arte</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>1.3.1 Televisión Educativa en México</b> .....                             | <b>7</b>  |
| <b>1.3.2 Televisión Educativa en Estados Unidos</b> .....                     | <b>9</b>  |
| <b>1.3.3 Presente de la televisión educativa en Ecuador</b> .....             | <b>10</b> |
| <b>1.4 Motivación del proyecto</b> .....                                      | <b>10</b> |
| CAPÍTULO 2.....   | 11        |
| 2. MARCO TEÓRICO.....   | 11        |
| <b>2.1 Fibra óptica.</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>2.1.1 Fenómenos naturales que afectan a la fibra</b> .....                 | <b>14</b> |
| <b>2.1.2 Tipos de fibra</b> .....   | <b>12</b> |
| <b>2.1.3 Conectores para fibra</b> .....                                      | <b>13</b> |
| <b>2.1.4 Empalmes para fibra</b> .....  | <b>14</b> |



|                        |  |           |
|------------------------|--|-----------|
| <b>2.2</b>             | <b>Redes FTTH.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>2.3</b>             | <b>Redes PON.....</b>  | <b>15</b> |
|                        | <b>2.3.1 Características de redes PON .....</b>  | <b>15</b> |
|                        | <b>2.3.2 Comparativa de las redes PON .....</b>  | <b>16</b> |
|                        | <b>2.3.3 Características diferenciales de GPON .....</b>                                 | <b>17</b> |
|                        | <b>2.3.4 Topología de red GPON .....</b>   | <b>17</b> |
|                        | <b>2.3.5 Elementos de red GPON .....</b>   | <b>18</b> |
| <b>2.4</b>             | <b>Headend digital.....</b>  | <b>19</b> |
|                        | <b>2.4.1 Proveedores de información .....</b>  | <b>19</b> |
|                        | <b>2.4.2 Estándar DVB-S .....</b>  | <b>20</b> |
|                        | <b>2.4.3 Antenas satelitales .....</b>   | <b>20</b> |
|                        | <b>2.4.4 Receptores .....</b>  | <b>21</b> |
|                        | <b>2.4.5 Codificadores.....</b>  | <b>21</b> |
|                        | <b>2.4.6 Multiplexores .....</b>   | <b>22</b> |
|                        | <b>2.4.7 Cable coaxial.....</b>  | <b>22</b> |
| <b>2.5</b>             | <b>Estándares digitales.....</b>   | <b>23</b> |
|                        | <b>2.5.1 MPEG-2.....</b>   | <b>23</b> |
|                        | <b>2.5.2 Interfaz Serial Asíncrona (ASI) .....</b>                                       | <b>23</b> |
|                        | <b>2.5.3 Modulación por amplitud en cuadratura (QAM) .....</b>                           | <b>24</b> |
| <b>CAPÍTULO 3.....</b> |  | <b>25</b> |
| <b>3.</b>              | <b>DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN Y DESARROLLO DEL DISEÑO ...</b>                            | <b>25</b> |
| <b>3.1</b>             | <b>Procedimiento para el desarrollo del proyecto.....</b>                                | <b>25</b> |
|                        | <b>3.1.1 Coordinación con el Gobierno Autónomo<br/>            Descentralizado .....</b> | <b>26</b> |
|                        | <b>3.1.2 Coordinación con empresas eléctricas zonales .....</b>                          | <b>26</b> |
|                        | <b>3.1.3 Ubicación de la OLT .....</b>   | <b>27</b> |
|                        | <b>3.1.4 Diseño del Headend .....</b>  | <b>27</b> |
|                        | <b>3.1.5 Diseño de la red de audio y video .....</b>                                     | <b>27</b> |
| <b>3.2</b>             | <b>Grilla de canales de Tv para la red de cable. ....</b>                                | <b>27</b> |
| <b>3.3</b>             | <b>Headend en ESPOL-TV. ....</b>   | <b>29</b> |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.3.1 | Recepción de canales .....   | 29 |
| 3.3.2 | Decodificadores.....   | 31 |
| 3.3.3 | Codificador y modulador de señales en formato ASI..                              | 31 |
| 3.3.4 | Combinador RF.....   | 32 |
| 3.3.5 | Diagrama de la propuesta de equipos de cabecera ....                             | 32 |
| 3.3.6 | Equipo para transmisión.....   | 34 |
| 3.4   | Criterios para diseño ODN.....   | 36 |
| 3.4.1 | Características de los cables de fibra .....                                     | 36 |
| 3.4.2 | Recomendaciones para diseño y canalización de redes de fibra.....                | 37 |
| 3.4.3 | Recomendaciones para divisiones en la red .....                                  | 38 |
| 3.4.4 | Pérdidas en la red.....  | 39 |
| 3.5   | Cálculos para el diseño de la red.....   | 39 |
| 3.5.1 | Cantidad de usuarios .....   | 40 |
| 3.5.2 | Cálculo del ancho de banda .....   | 40 |
| 3.5.3 | Cálculo del balance óptico .....   | 41 |
| 3.5.4 | Número de puertos PON .....  | 45 |
| 3.6   | Diseño de la red.....  | 45 |
| 3.6.1 | Simbología .....   | 46 |
| 3.6.2 | Subdivisión por regiones.....  | 47 |
| 3.6.3 | Ubicación de las mangas y configuración en Autocad .....                         | 48 |
| 3.6.4 | Distribución de los splitters y configuración en Autocad .....                   | 51 |
| 3.6.5 | Ubicación de las cajas para la red de acceso y su configuración en Autocad ..... | 54 |
| 3.6.6 | Configuración de la roseta óptica.....   | 57 |
| 3.6.7 | Distribución y configuración de la canalización.....                             | 58 |
| 3.6.8 | Distribución y configuración de la red troncal .....                             | 60 |
| 3.7   | Equipo para recepción de la señal óptica. ....                                   | 63 |

|   |           |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 4.....                                     | 65        |
| 4. DESCRIPCIÓN ECONÓMICA DE LA INVERSIÓN.....       | 65        |
| <b>4.1 Descripción de la inversión inicial.....</b> | <b>65</b> |
| <b>4.1.1 Costos de los equipos de cabecera.....</b> | <b>65</b> |
| <b>4.1.2 Costos de la red de fibra.....</b>         | <b>66</b> |
| <b>4.1.3 Costos de recepción .....</b>              | <b>71</b> |
| <b>4.2 Costo total del proyecto.....</b>            | <b>71</b> |
| <b>4.3 Beneficios del proyecto. ....</b>            | <b>71</b> |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                 | 72        |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                   | 73        |
| ANEXOS.....   | 78        |

## CAPÍTULO 1

### 1. PROBLEMÁTICA Y LA PARROQUIA ANCÓN.

#### 1.1 Descripción del problema y solución.

En la península de Santa Elena, específicamente en la parroquia San José de Ancón, la mayoría de habitantes coincide en que la calidad de la imagen recibida en sus televisores es muy mala, casi pésima. Esta afirmación fue una de las que más se repitió durante una encuesta que realizamos a 68 personas de la parroquia. La encuesta realizada, la podemos observar en el Anexo 1. La mala calidad puede ser por varios motivos, entre ellos: la antena con la que se recibe la señal quizás no sea la adecuada; el receptor de los televisores tal vez sea de bajo rendimiento; etc. Para poder tener mejor calidad de imagen en el televisor, las personas optan por contratar el servicio de TV satelital. Este sistema ofrece televisión a personas que viven en lugares muy lejanos en donde no hay cobertura de televisión abierta.

En la parroquia San José de Ancón, son muchas las personas que tienen contratado este servicio. Entre los principales proveedores en la zona se encuentran: CNT, CLARO, DIRECTV. Estos datos los podemos observar en los resultados de la encuesta. Generalmente se ofrecen varios paquetes de Televisión Satelital. Cada paquete incluye variedad de canales en diferentes temáticas, entre ellas: música, deportes, Infantil, otros. Los canales nacionales están incluidos en todos los paquetes. El precio de los paquetes varía según el número de canales y la mayoría de personas indicó, durante la encuesta que realizamos, que no puede acceder a este servicio por motivos de economía del hogar.

Las personas que sí tienen el servicio de TV satelital indicaron, durante la encuesta, que el contenido de la televisión es entretenido pero no existe un buen aporte para la juventud y las personas en general. Con buen aporte nos referimos a contenido educativo que apoye al crecimiento académico y cultural de las personas. Estos son los principales problemas para los cuales planteamos el presente proyecto.

### **1.1.1 Resultados de la encuesta sobre la TV en San José de Ancón**

La encuesta del anexo 1 fue realizada a un total de 68 personas del centro y norte de la parroquia Ancón. 8 personas prefirieron no contestar la encuesta por diferentes razones personales. Con las respuestas de 60 personas se contabilizó lo siguiente:

- 45 personas afirmaron que la calidad de señal de televisión abierta es pésima, 10 afirmaron que es mala y 5 indicaron que no podían calificar debido a que no sintonizan la señal abierta de televisión.
- De las 60 familias, 53 si tienen el servicio de Tv Satelital y 7 no tienen este servicio.
- 51 personas afirmaron que el contenido ofrecido en la televisión debería mejorarse ya que esta NO tiene un buen aporte para los menores.
- 57 personas respondieron Sí respecto a la necesidad de más programación cultural y académica; 3 contestaron No.

### **1.1.2 Solución al problema**

En este documento, presentamos una propuesta para crear una red de fibra óptica de audio y video con canales educativos en la parroquia Ancón. Planteamos la utilización de una red de fibra para mejorar la calidad del servicio de televisión y el contenido de la misma para ayudar a la formación académica y cultural de la parroquia. Debido a la naturaleza social del proyecto proponemos no cobrar a las familias por el uso de este servicio.

#### **Objetivo General**

- Diseñar y dimensionar una red de audio y video por fibra hasta el hogar en la parroquia Ancón de la provincia de Santa Elena utilizando como cabecera a ESPOL-TV.

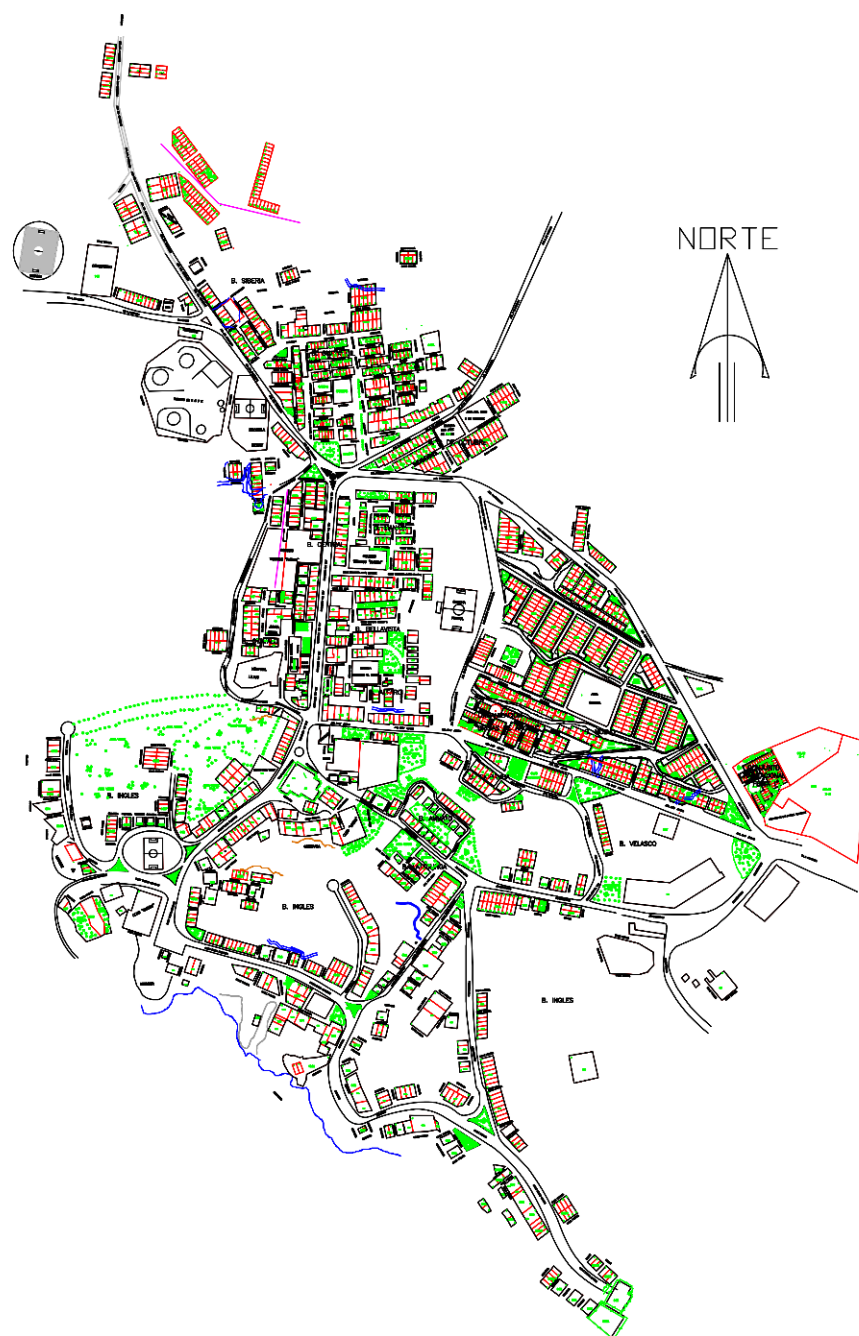
### **Objetivos Específicos**

- Describir la arquitectura general de las redes FTTH.
- Describir la arquitectura general de una cabecera de televisión digital.
- Diseñar una propuesta técnica para el tendido de la red y la estructura de la cabecera en la parroquia Ancón y definir la propuesta para la programación.
- Realizar una descripción económica de equipos y materiales necesarios.

#### **1.2 San José de Ancón.**

Esta parroquia forma parte del cantón más grande de la provincia Santa Elena. Está ubicado al sur de la península y lo podemos observar en la figura 1.1. Según los resultados estadísticos del censo realizado en el año 2010 por el INEC, tiene 6877 habitantes en una extensión de aproximadamente 78 km<sup>2</sup>. El 90% de vivienda son de tipo villa o casa. Los límites de la parroquia Ancón son:

- Norte - parroquia Santa Elena.
- Sur - Océano Pacífico.
- Este - parroquia Atahualpa.
- Oeste - parroquia Anconcito [1].



**Figura 1.1: Mapa San José de Ancón [1]**

### **1.2.1 Cantidad de solares por barrio**

La parroquia Ancón está formada por 13 barrios, estos son: Inglés, Velasco, Ambato, Riobamba, Nuevo, Alfaro, Bellavista, Otavalo, Central, 9 de Octubre, Guayaquil, Siberia, Manabí

Para educación existe:

- Escuela Berry.
- Escuela Leonardo W. Berry.
- Colegio Técnico Ancón.
- Instituto Fiscal Ancón 1.
- Instituto Fiscal Ancón 2.

En la Tabla 1 observamos la cantidad total de viviendas por barrio. Estos valores fueron obtenidos por contabilización del plano cartográfico proporcionado por el municipio del cantón Santa Elena. El plano fue realizado en el año 2008 y se observa que existe un total de 1722 solares habitados en la parroquia.

| <b>BARRIO</b>       | <b>SOLARES HABITADOS</b> |
|---------------------|--------------------------|
| <b>Inglés</b>       | 343                      |
| <b>Ambato</b>       | 20                       |
| <b>Riobamba</b>     | 97                       |
| <b>Velasco</b>      | 11                       |
| <b>Otavalo</b>      | 50                       |
| <b>Central</b>      | 17                       |
| <b>Alfaro</b>       | 71                       |
| <b>Bellavista</b>   | 64                       |
| <b>Manabí</b>       | 56                       |
| <b>9 de Octubre</b> | 70                       |
| <b>Guayaquil</b>    | 224                      |
| <b>Siberia</b>      | 243                      |
| <b>Nuevo</b>        | 456                      |
| <b>TOTAL</b>        | 1722                     |

**Tabla 1: Solares habitados en Ancón**

Adicionalmente existe un total de 654 solares deshabitados concentrados la mayor parte en el barrio Nuevo y otras urbanizaciones.



### 1.2.2 Televisión Satelital en San José de Ancón

La parroquia Ancón tiene diferentes proveedores de televisión Satelital. Este sistema es ideal para utilizar en sitios donde no existe red física de cable para distribuir las señales de Tv; y la señal de Tv abierta es mala. Este sistema usa la señal enviada por un satélite de comunicaciones directamente a decodificadores que se encuentran en cada cliente. Básicamente está compuesto por 3 elementos:

- El telepuerto que transmite la señal de los programadores hacia el satélite que se encuentra en la órbita geostacionaria.
- El satélite que recibe la señal y la transmite de regreso a la Tierra.
- Una antena parabólica conectada a un decodificador [2].

### 1.2.3 ESPOL-TV

Hace más de 10 años que los directivos de la ESPOL se propusieron una idea ambiciosa, la creación de un canal de televisión pública sin fines de lucro. Este sueño se cristalizó cuando obtuvieron la concesión de una frecuencia abierta en UHF, naciendo Canal 41 ESPOL-TV. Este canal se estrenó el 7 de noviembre del año 2010 cuando transmitió en vivo el desfile cívico-militar que conmemoraba el tercer aniversario de la provincia de Santa Elena [3] [4].

Desde un inicio, la ambición de ESPOL-TV fue la transmisión digital de audio y video, por lo que se propusieron obtener la concesión de una frecuencia analógica en la provincia de Santa Elena con el fin de tener acceso a la frecuencia digital en un futuro. Las leyes vigentes indican que solo pueden acceder a una frecuencia digital, todos aquellos que durante la etapa de digitalización tengan una frecuencia analógica [3].

El 14 diciembre de 2010, el Consejo Politécnico aprobó la creación del estatuto para una Empresa Pública de Radio Televisión y Prensa, que ayude a vincular a la comunidad con la ESPOL. Después de un tiempo con el objetivo de llegar a todas partes del mundo, el 3 de febrero del 2012

la señal de ESPOL-TV se la incorpora a la web con la página [www.espoltv.espol.edu.ec](http://www.espoltv.espol.edu.ec) [4].

En la actualidad, ESPOL-TV ha ganado teleaudiencia mostrando que es un canal diferente a los demás, ya que su programación está hecha para enriquecer la cultura, fomentar el carácter, brindar conocimientos de hechos científicos, entre otros [4].

### **1.3 Estado del arte.**

La Televisión Educativa (TVE) generalmente tiene contenido cultural y académico; pero normalmente el material que se transmite no forma parte del currículo escolar. La finalidad de la TVE es complementar la enseñanza a los estudiantes. Cabe recalcar que por enseñanza no solo nos referimos a hechos científicos, sino también a la educación cultural que contribuya con la formación del carácter de niños y jóvenes [5].

En la actualidad existen 3 modelos de televisión educativa. El primero es el modelo “Enriquecimiento”, el cual consiste en que los profesores ilustran las explicaciones y conceptos vistos en clases. Se limitan a servir como herramienta de apoyo. El segundo modelo es conocido como “Enseñanza Directa”, éste método se lo aplica en lugares donde hay escasez de profesores y por tal razón son sustituidos por un telemaestro. El último método conocido como “De Contexto”, consiste en que los programas de televisión educativa junto con materiales y documentos se complementen y creen una estructura de formación para el televidente [6].

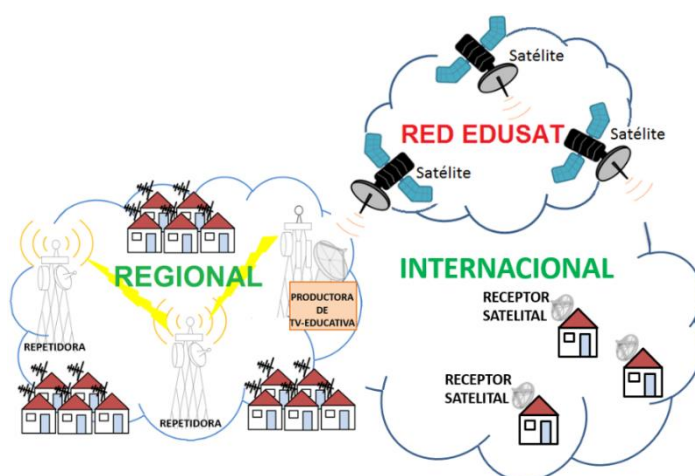
#### **1.3.1 Televisión educativa en México**

La TVE tiene un proceso en México que lleva alrededor de 49 años; comenzó en el periodo presidencial de Gustavo Díaz Ordaz. El gobierno inició su transmisión en circuito cerrado el 5 de septiembre de 1966 con 4 grupos pilotos de 83 alumnos, en donde se daba clases por televisión en un aula con telemaestros. Dándose a conocer este tipo de modo de enseñanza como Telesecundaria [7].

En la década del 70, el sistema tuvo un período crítico y el Gobierno pidió ayuda a la Universidad de Stanford para que realice un estudio con el propósito de evaluar el Sistema de Telesecundaria. Después de ver los resultados de estos estudios, el gobierno decidió investigar sobre el modelo de televisión educativa y las verdaderas necesidades de la población [7].

Con la puesta en órbita del primer satélite mexicano se amplió el rango de televidentes. La dirección de TV-Educativa en colaboración con el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE) y junto con la red satelital EduSat lograron ampliar su cobertura llegando así a cualquier parte de mundo. A finales del 2011 la TV-Educativa migró su contenido, cambiando su modelo de televisión a mitad “enriquecimiento” y la otra mitad a “de contexto”, dando así paso a programación como TV-Secundaria, TV-Docencia, TV-Aprende, Ingenio TV, entre otros. Llegando a ser hoy en día una de las más importantes compañías de televisión educativa en Latinoamérica. El presupuesto de cada experiencia de TVE depende del organismo público que la promueve. Los fondos provienen de la Secretaría de Educación Pública (SEP) [8].

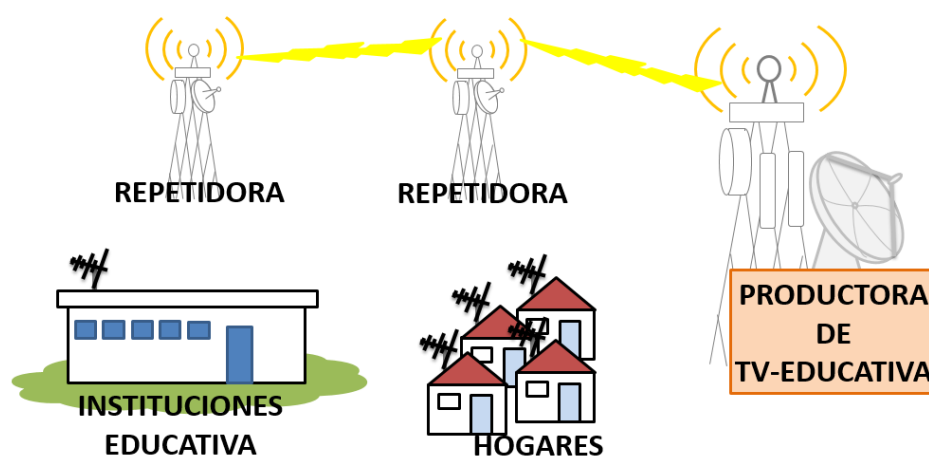
En la actualidad los programas educativos producidos en los estudios mexicanos son distribuidos por aire y por satélite, podemos observar un diagrama de la televisión educativa pública en la figura 1.2.



**Figura 1.2: Red de televisión educativa mexicana [8].**

### 1.3.2 Televisión educativa en Estados Unidos

PBS (Servicio de Radiodifusión Pública, por sus siglas en inglés) es una corporación privada sin fines de lucro y los miembros pertenecen a las cadenas de televisión pública de Estados Unidos. Hay 176 licencias educativas no comerciales para operar en las cadenas públicas. PBS no produce un solo programa, los obtiene de diversas fuentes entre ellas productores independientes, extranjeros y distribuidores [8]. Podemos observar un diagrama de la red actual de la televisión educativa en Estados Unidos en la figura 1.3. En las cabeceras de Tv se recepta programación educativa y luego es distribuida a los usuarios finales a través del aire.



**Figura 1.3: Red de televisión educativa en Estados Unidos [8].**

La programación educativa de las cadenas nacionales está dirigida a cualquier tipo de destinatario desde niños de Kinder hasta adultos. Esta audiencia representa el tipo de ciudadano de nivel medio norteamericano. El 99% de los hogares en Estados Unidos pueden acceder por lo menos a una de las cadenas públicas de televisión educativa pública [8]. Aproximadamente un porcentaje mayor al 85% de los fondos de la televisión pública provienen de donaciones voluntarias del público, empresas, municipios, gobiernos estatales. El gobierno federal aporte con

el restante 15%. Las aportaciones de particulares representan una tercera parte de los ingresos [8].

### **1.3.3 Presente de la televisión educativa en Ecuador**

Ecuador empezó en el mundo de la televisión educativa a través de la Ley de Radiodifusión y Televisión. El artículo 59 de esta ley indica que toda estación está obligada a prestar ciertos servicios sociales gratuitos entre ellos brindar una hora diaria de lunes a sábado de televisión educativa y programas de salubridad.

El 1 de octubre de 2012 Ecuador llevó a la pantalla chica el canal “EDUCA”, este canal tiene la finalidad de transmitir programas educativos con el reto de que sean “divertidos y entretenidos”. Educa se transmite en las frecuencias 28 UHF Quito y 43 UHF Guayaquil [9].

## **1.4 Motivación del proyecto.**

Es de gran satisfacción plantear un proyecto que ayude a mejorar la formación académica y cultural de un grupo social en nuestro país. La necesidad de complementar la educación haciendo uso de la tecnología está siendo usada en muchas partes del mundo. En algunos países como Estados Unidos y México han adoptado la Televisión Educativa como parte de la televisión pública nacional. Y tienen como mayor logro que un gran porcentaje de habitantes tiene acceso a por lo menos uno de varios canales educativos. Lo haremos creando una red de audio y video por cable para que la mayoría de los habitantes de la parroquia Ancón tengan acceso a educación digitalizada.

## CAPÍTULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO.

#### 2.1 Fibra óptica.

La fibra óptica es un medio de transmisión cilíndrico por el cual la luz viaja de extremo a extremo, es muy utilizado en la actualidad para crear redes de datos de alta capacidad, su estructura básica se muestra en la figura 2.4; en donde el núcleo es la parte interna de la fibra en donde viaja la luz; está cubierto con un material conocido como revestimiento. El revestimiento se encuentra hecho de mismo material dieléctrico pero con un índice de refracción menor para producir el fenómeno de reflexión. La cubierta es un plástico que protege mecánicamente a las dos materiales anteriores [10].

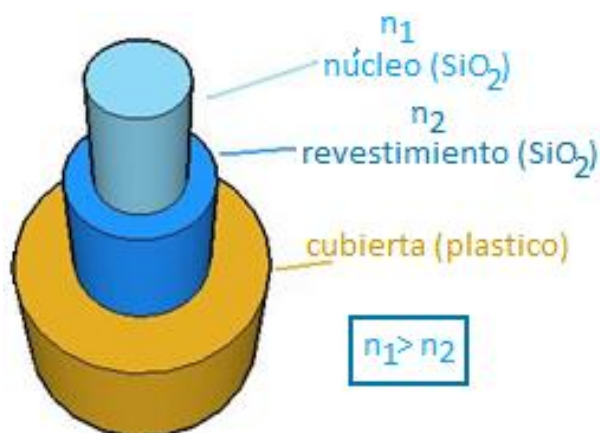


Figura 2.4: Estructura de la fibra óptica. [11]

##### 2.1.1 Fenómenos naturales que afectan a la fibra

Los principales son: atenuación, dispersión Rayleigh y dispersión cromática.

##### Atenuación

En la fibra este fenómeno implica la diferencia entre la potencia óptica de entrada con la salida. Debido a diferentes factores la potencia de la señal se reduce mientras viaja en la fibra debido a fenómenos físicos, a las

fusiones de fibra, a los conectores de fibra y las atenuaciones provocadas en la planta externas por cables doblados [11].

### **Dispersión Rayleigh**

Es un fenómeno físico que produce la dispersión de la luz debido a partículas más pequeñas que la longitud de onda de los fotones. La fibra que está hecha de silicio sufre de este efecto ya que tiene su estructura desordenada.

### **Dispersión Cromática**

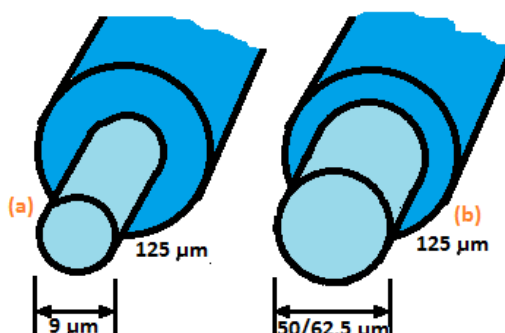
Este fenómeno es el que descompone la luz blanca en colores. En la fibra, este fenómeno causa retardo espectral de la señal óptica mientras se propaga en el medio. En tramos largos de fibra, la dispersión cromática puede ocasionar que se deformen los pulsos [11].

## **2.1.2 Tipos de fibra**

Se pueden realizar diferentes clasificaciones acerca de los tipos de fibra óptica, pero básicamente existen dos: fibra multimodo y monomodo [11].

**Fibra multimodo:** El término multimodo indica que muchos rayos pueden ser guiados. Cada uno de estos sigue un camino diferente dentro de la fibra óptica. Este efecto hace que su ancho de banda sea inferior al de las fibras monomodo. Este tipo de fibras son las preferidas para comunicaciones en pequeñas distancias, hasta 10 Kms [11].

**Fibra monomodo:** El diámetro del núcleo de la fibra es muy pequeño y sólo permite la propagación de un único modo o rayo (el rayo fundamental), el cual se propaga directamente sin reflexión. Este efecto causa que su ancho de banda sea muy elevado, por lo que su utilización se suele reservar a grandes distancias, superiores a 10 Kms [11]. En la figura 2.5 podemos observar los dos tipos de fibra.

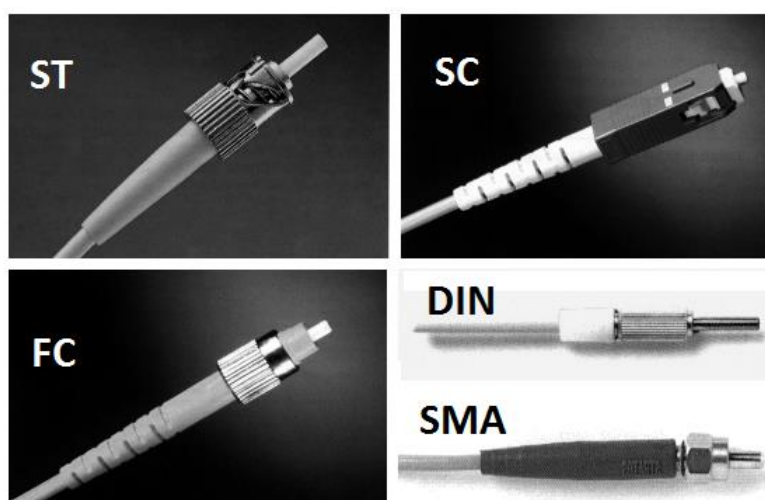


**Figura 2.5: Dimensiones de fibras ópticas, el diámetro de la fibra suele ser de 125µm, el diámetro del núcleo suele ser de (a) 9µm en la fibra monomodo y (b) 50/62.5µm en la fibra multimodo [11].**

### 2.1.3 Conectores para fibra

Son elementos que se colocan en los extremos de la fibra con la finalidad de permitir que ésta se conecte a los fotodetectores pertenecientes a los emisores, receptores, amplificadores ópticos, entre otros. En la figura 2.6 vemos algunos de los conectores más comunes entre los cuales podemos citar el FC, SC, ST; cada uno de estos tiene su uso específico según el tipo de fibra. Los conectores deben cumplir con las siguientes características principales que son [12]:

- atenuación baja;
- reflectancia mínima;
- alta resistencia mecánica.



**Figura 2.6: Tipos comunes de los conectores para fibra. [12]**



### 2.1.4 Empalmes para fibra

Son técnicas utilizadas para unir dos fibras de manera permanente con una baja pérdida. Hay dos métodos para realizar empalme, el primero es conocido como empalme por fusión y el segundo se conoce como empalme mecánico.

Los empalmes mecánicos o manuales, son muy rápidos de realizar pues no requiere ningún equipamiento especial, tiene pérdidas superiores a los 0.15dB. En cambio los empalmes por fusión son empalmes permanentes y tienen pérdidas menores, alrededor de 0.05dB [13]. Para ello se requiere un equipo conocido como empalmador por fusión, con el que se realiza la fusión de los dos extremos de las fibras a unir, como se observa en la figura 2.7.

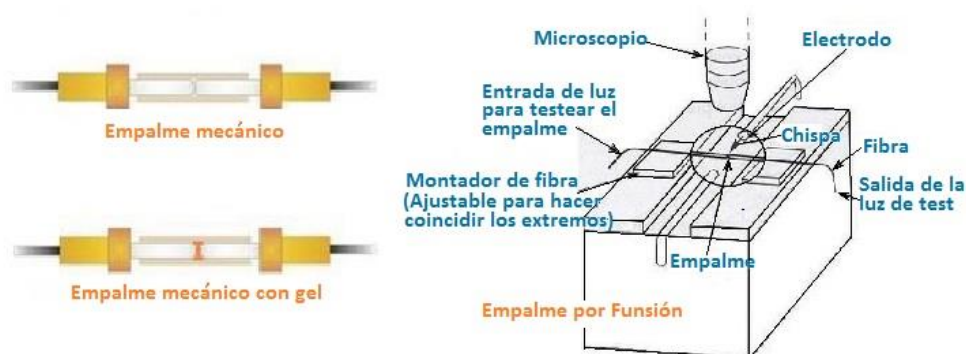


Figura 2.7: Tipos de empalme que se realiza con la fibra óptica. [13]

## 2.2 Redes FTTH.

Las redes FTTH (Fibra hasta el hogar, por sus siglas en inglés) se caracterizan de las demás arquitecturas porque hace llegar la fibra hasta el abonado. Otra característica es que usa elementos netamente ópticos lo que le proporciona un alto ancho de banda. Debido a su arquitectura este tipo de red requiere de una inversión inicial alta, justificable con los beneficios que ofrece. Las redes FTTH se basan en dos configuraciones [14]:

- Configuración Punto a Punto (P2P)
- Configuración Punto a Multipunto (P2MP).

Las configuraciones usadas para FTTH deben ser de estructuras sencillas y con bajo costo. Es por esta razón que las redes FTTH usan configuraciones punto a multipunto, normalmente llamada PON (Redes Ópticas Pasivas, por sus siglas en inglés). Las redes PON constan de los siguientes elementos: OLT, ONT, ODN y splitters [15].

La red de acceso está compuesta de una serie de elementos y equipamientos necesarios para conectar el proveedor de servicios y el bucle de abonados. El nodo central es el punto en el cual el proveedor de servicios realiza la interconexión con la red de acceso. Otro nombre común para la red de acceso es “la última milla” [15]

### **2.3 Redes PON.**

Ya mencionamos anteriormente que la mayoría de las infraestructuras FTTH están basadas en las redes PON, las cuales presentan la principal característica de ausencia de elementos activos a lo largo del tramo hasta los usuarios. Una red óptica pasiva funciona bajo la transmisión entre el OLT (Terminal de Línea Óptica, por sus siglas en inglés) y las diferentes ONT (Terminal de Red Óptica, por sus siglas en inglés) a través de los splitters. Una de las cosas que cabe destacar es que la planificación de este tipo de redes se centra en el uso de los divisores ópticos, el cual es el elemento encargado de dirigir la señal a cada usuario [15].

#### **2.3.1 Características de redes PON**

Como el centro de nuestro estudio para este proyecto son las redes pasivas, veamos algunas características de éstas:

- En las redes pasivas la información no es procesada eléctricamente en el nodo remoto (éste debe enviar toda la información o no dependiendo de la arquitectura utilizada) y el ONT es el encargado de aceptar o descartar la información recibida.
- En este tipo de redes es necesario el uso del protocolo MAC para el canal de subida.
- Todos los dispositivos trabajan con el total de ancho de banda y, el coste del ONT aumenta.

- La más importante es que el uso de elementos pasivos supone un coste menos elevado en la implantación y mantenimiento de la red. Estos elementos son: splitters, empalmes y fibra óptica [15].

### 2.3.2 Comparativa de las redes PON

Las redes PON constituyen una familia conocida como redes XPON. En la Tabla 2 podemos observar una comparativa de las tecnologías XPON, que aún siguen en fase de desarrollo con el fin de introducir mejoras [14].

| CARACTERÍSTICAS                                 | BPON                             | EPON                              | GPON   |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|--|
| <b>Estándar</b>                                 | ITU-T G.983X                     | IEEE 802.3ah                      | ITU-T G.984X                                   |
| <b>Velocidades de transmisión (Mbps)</b>        | Down: 155,622,1244<br>Up:155,622 | Down: 1244<br>Up:1244             | Down:1244,24<br>88<br>Up:155,622,12<br>44,2488 |
| <b>Tipo de fibra</b>                            | Monomodo estándar (ITU-T G.652)  | Monomodo estándar (ITU-T G.652)   | Monomodo estándar (ITU-T G.652)                |
| <b>Numero de fibra por ONT</b>                  | 1 o 2                            | 1                                 | 1 o 2  |
| <b>Radio de división óptico</b>                 | 1:32 (puede aumentar 1:64)       | 1:16 (permite 1:32)               | 1:128 (en la practica 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                          |
| <b>OAM</b>                                      | PLOAM                            | Ethernet OAM                      | PLOAM  |
| <b>Seguridad</b>                                | AES                              | No definida                       | AES  |
| <b>Eficiencia típica</b>                        | 83% downstream<br>80% upstream   | 73%<br>downstream<br>61% upstream | 93%<br>downstream<br>94% upstream              |

Tabla 2: Comparativa entre redes PON. [15]

### 2.3.3 Características diferenciales de GPON

Las definiremos en los siguientes 5 puntos [15]:

- **Ancho de banda y distancia.**- El medio óptico permite superar los límites de ancho de banda y distancia existentes en las tecnologías xDSL.
- **Calidad de servicio.**- GPON dispone de un modelo de QoS (Calidad de servicio, por sus siglas en inglés) que garantiza el ancho de banda necesario para cada servicio y usuario.
- **Seguridad.**- La información en la fibra óptica viaja cifrada en AES.
- **Operación y mantenimiento.**- De manera nativa, GPON cuenta con un modelo de gestión que facilita al operador la administración remota de los equipos de usuario. Reducción de OPEX.
- **Escalabilidad.**- Hoy hablamos de GPON (2,5 Gbps para 64 usuarios) mañana podremos evolucionar XG-PON y WDM PON y seguir utilizando la misma infraestructura de fibra.

### 2.3.4 Topología de red GPON

La cabecera empieza con un OLT, para luego dividir la fibra con splitters y finalmente receptor la señal con unos equipos conocidos como ONT. Este diagrama lo podemos observar en la figura 2.8.

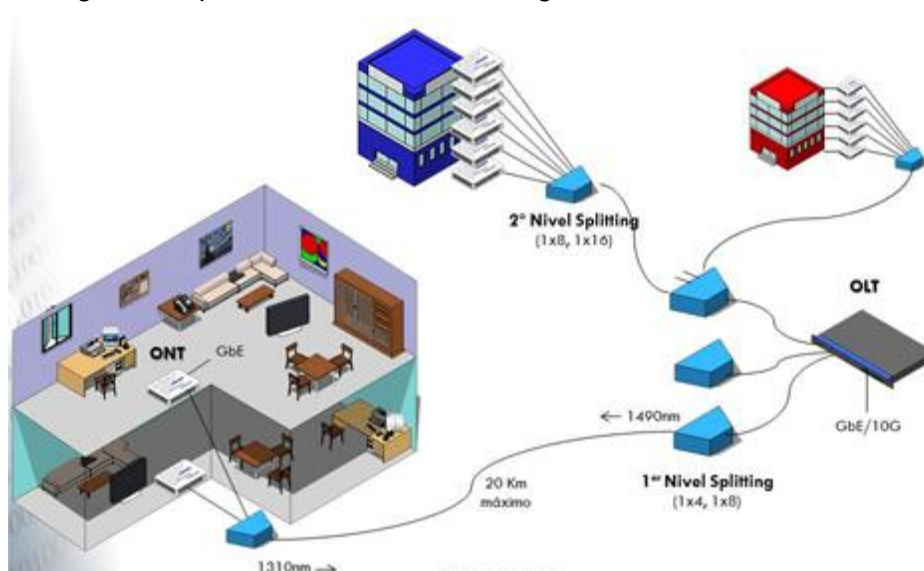


Figura 2.8: Topología de una red PON. [16]

### 2.3.5 Elementos de red GPON

Básicamente son 3: OLT, ODN, ONT.

#### OLT

Este elemento se encuentra situado en el proveedor. Se encarga de gestionar el tráfico de ida y vuelta desde el usuario hasta el proveedor. Cada OLT tiene capacidad suficiente para proveer servicios a cientos de usuarios. También actúa como puente de las redes externas permitiendo el tráfico de datos hacia el exterior. El OLT, obtiene información de las siguientes fuentes [15]:

- PSTN o RTB (servicios telefónicos);
- Internet (servicios de datos y VoIP);
- Video (servicios de video difusión).

#### ONT

Es el elemento encargado de recibir y filtrar la información destinada a un usuario. Cada usuario tiene su propio ONT. También cumple la función inversa; es decir, encapsula la información procedente de un abonado y la envía hacia el OLT de cabecera. Generalmente se encuentran instalados en las casas junto a la roseta óptica. El filtrado de la información recibida en el ONT, se lleva a cabo a nivel de protocolo Ethernet [14].

El ONT es un equipo completo y cumple con el estándar (ITU-T G.984). Referente a las comunicaciones soporta algunos estándares de voz sobre IP, además cumple funciones de router, entre ellas: NAT, NAPT y ALG [17].

#### ODN (Red de Distribución Óptica, por sus siglas en inglés)

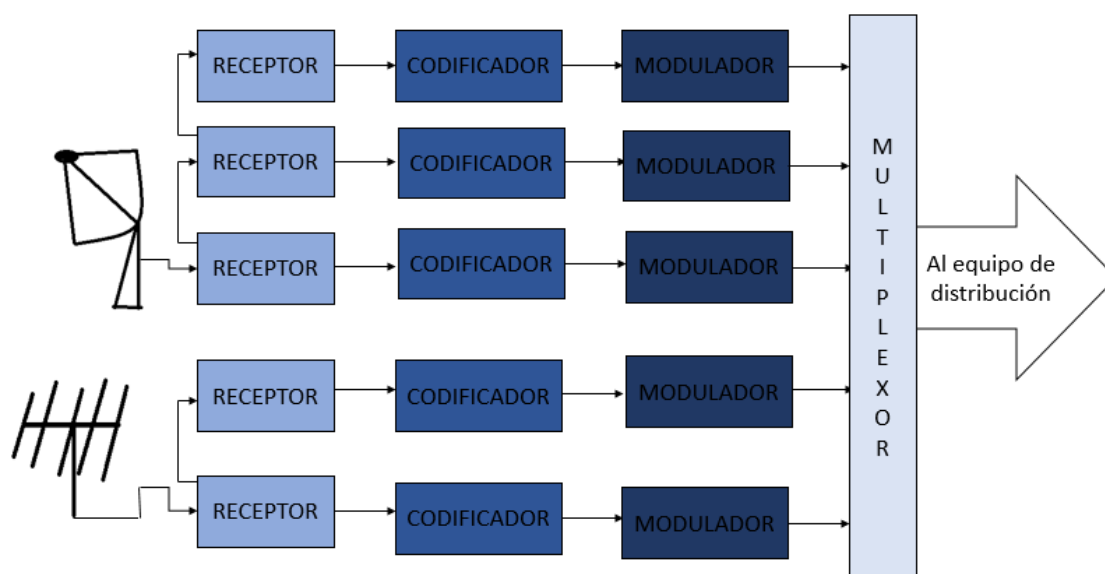
Consiste en la red creada para distribuir la señal desde el proveedor hasta el abonado, está constituida por cable de fibra, divisores pasivos o splitters, armarios y paneles de distribución de fibra óptica. Son elementos básicos que se encargan de dividir el haz de luz en dos o más haces para que se propaguen a través de la red. Los splitters se utilizan en redes PON para realizar la distribución hacia los abonados. La potencia óptica de

cada puerto de salida debe tener una pérdida muy baja para que no afecte a la red [18].

## 2.4 Headend digital.

Es una cabecera que permite transmisión de audio y video en formato digital. Para lograrlo es necesario convertir la imagen y sonido en el formato de información representado con 1 y 0, la compresión es una etapa primordial. Para aprovechar al máximo los beneficios de la televisión digital, el usuario final necesita un Set-Top Box o caja decodificadora de la señal [19].

En la figura 2.9 observamos un diagrama general de un headend que recepta señales por aire y por enlace satelital para luego procesarla con los equipos receptores, modularla y finalmente multiplexarla para que pueda ir al equipo de distribución.



**Figura 2.9: Diagrama general de headend [19].**

### 2.4.1 Proveedores de información

Las señales de video y audio pueden ser recogidas de distintas formas: enlaces satelitales, enlaces de microondas, inserción de canales nacionales, fibra óptica, desde un estudio de televisión, entre otros [19].

### 2.4.2 Estándar DVB-S

Es un estándar de difusión de video digital por satélite. Para codificación de audio y video se adoptó el estándar MPEG-2. Los aspectos básicos de MPEG-2 son empaquetar la información, procesamiento de la información y las altas velocidades de transmisión que soporta.

La modulación utilizada por el estándar es conocida como QPSK (Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura, por sus siglas en inglés). Este sistema de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura es de sólo una portadora [19].

### 2.4.3 Antenas satelitales

Son equipos utilizados para recibir y transmitir señales RF desde o hacia satélites que se encuentren en el espacio. Las características de las antenas pueden variar según el tipo de señal entrante. Las más utilizadas son las antenas parabólicas. Estas antenas pueden ser de tipo: Cassegrain, Foco Primario y Offset [19].

Las características más relevantes de estas antenas son:

- Tamaño, puede variar desde 0,8 metros hasta 9,4 metros de diámetro. El tamaño afectará la ganancia.
- Bandas, puede trabajar en una o en múltiples bandas. Las bandas más utilizadas las podemos observar en la Tabla 3.

| BANDA | RANGO DE FRECUENCIA<br>(GHz) |        | ANCHO DE<br>BANDA |
|-------|------------------------------|--------|-------------------|
|       | SUBIDA                       | BAJADA |                   |
|       | L                            | 1,6    |                   |
| S     | 3                            | 2      | 15                |
| C     | 6                            | 4      | 500               |
| Xc    | 7                            | 5      | 500               |
| X     | 8                            | 7      | 500               |
| Ku    | 14                           | 12     | 500               |
| Ka    | 30                           | 20     | 2500              |

Tabla 3: Bandas de frecuencias satelitales conocidas [19].

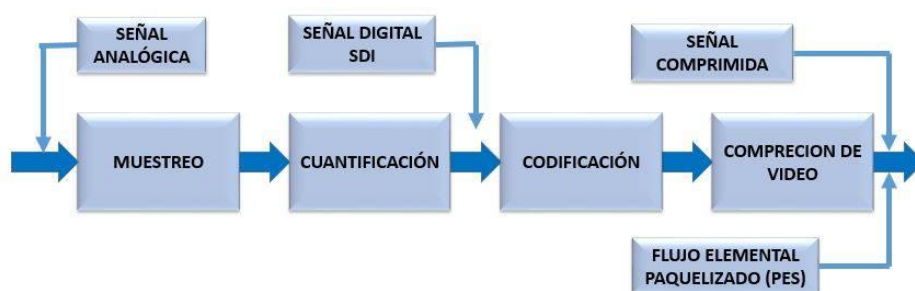
#### 2.4.4 Receptores

Es una parte importante de la cabecera, su función es recibir las señales y luego las procesa para su posterior distribución. En la mayoría de proveedores de TV tienen antenas satelitales para capturar la señal que es enviada desde un satélite. En la actualidad la mayoría de proveedores utilizan el estándar DVB-S para la transmisión satelital. Luego la señal pasa por un bloque de bajo ruido o LNB, el cual tiene la función de amplificarla y entregarla a los equipos de procesamiento del headend mediante cable coaxial [19].

Una gran característica que pueden tener los receptores es que permite la recepción de varios canales a la vez, siempre y cuando el proveedor los transmita en modo de múltiples canales por portadora. En caso que no se cumpla esta última condición, será necesario utilizar un receptor por canal [19].

#### 2.4.5 Codificadores

Estos son utilizados para transformar las señales de video analógicas a formato digital. Una función muy importante es que comprimen la información para que sea menos pesada al transmitirla. En la figura 2.10 se observa el diagrama de bloques del proceso de codificación.



**Figura 2.10: Proceso de codificación.**

Es necesario que se realicen 4 etapas para digitalizar el video, estas son: muestreo, cuantificación, codificación y finalmente compresión [19].



El muestreo se lleva a cabo considerando el teorema de Nyquist. A mayor número de muestras será mejor el parecido de la señal digital a la señal analógica, pero así mismo aumenta el tiempo de procesamiento. Después del muestreo, a cada valor se le asigna una cantidad determinada de bits, esta operación es conocida como cuantificación. Luego de la cuantificación se procede a la compresión tanto espacial como temporal. La compresión espacial se utiliza cuando redundan datos en una imagen y la compresión temporal se aplica cuando existen píxeles iguales entre cuadros consecutivos. Después de la compresión, se empaquetan bits de longitud variable; estos paquetes son conocidos como PES (Packet Elementary Stream) [19].

#### **2.4.6 Multiplexores**

Siguiendo con la estructura de una cabecera digital encontramos a los multiplexores que son los elementos cuya función es formar el flujo de transporte de datos con los diferentes PES (Paquetes Elementales, por sus siglas en inglés) provenientes de codificadores. Otra función que posee el multiplexor es la de agregar datos y tablas de información al flujo de datos. Una característica importante es que para seguridad de la información se puede realizar un desordenamiento de los flujos de información [19].

#### **2.4.7 Cable coaxial**

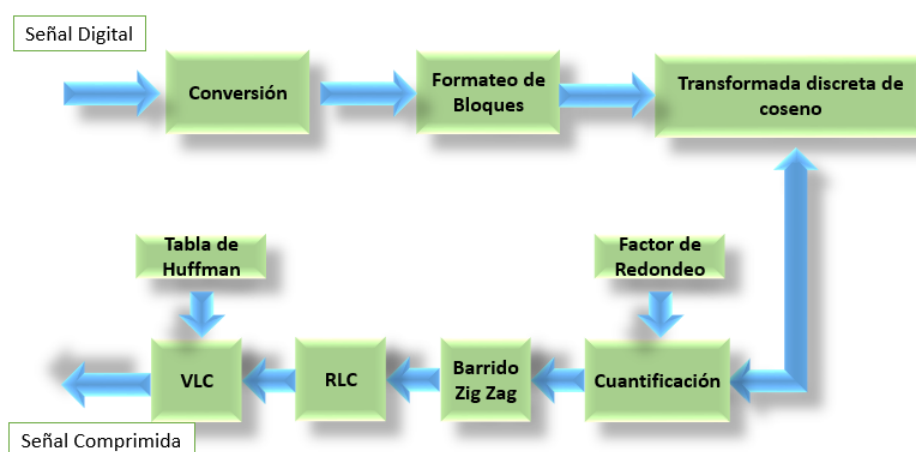
Son elementos utilizados como medio de transmisión de señales analógicas y digitales. Posee un apantallamiento que lo hace un poco menos vulnerable a interferencia externa frente a otros cables. La limitación más importante es la proporcionalidad directa que existe entre atenuación y distancia, por ello es utilizado para la conexión entre equipos a distancias cortas [19].

## 2.5 Estándares digitales.

Existen diversos tipos de formatos para codificación y empaquetamiento de la información digital. Para la compresión de audio y video se pueden utilizar los estándares siguientes: MPEG-2, MPEG4, AC-3, entre otros. Después de lograr la compresión del audio y video, la información debe pasar al modulador. Los moduladores más utilizados para difusión digital sobre redes de cable son 64 QAM Y 256 QAM [20].

### 2.5.1 MPEG-2

Moving Picture Experts Group-2, por sus siglas en inglés. Es ampliamente utilizado en muchas aplicaciones digitales. Comprime audio y video eliminando redundancias. En la figura 2.11 se puede observar el diagrama de bloques del proceso de conversión.



**Figura 2.11: Proceso de conversión MPEG-2 [19]**

Para televisión es ideal cuando se quiere transmitir audio y video en formato broadcast hasta los hogares. Este estándar segmenta la información en paquetes, cada paquete contiene la información necesaria para saber el orden de lo que fue transmitido. Para evitar la interferencia, cada paquete tiene un campo en su cabecera conocido como identificador [20].

### 2.5.2 Interfaz Serial Asíncrona (ASI)

Es muy utilizada en las interfaces de señales de televisión digital. Maneja flujo de datos a diferentes velocidades desde 0 a 200 Mbps. Esta

propiedad la hace muy flexible y es por esto que la encontramos implementada en codificadores y multiplexores. Los datos MPEG tienen una codificación que produce una palabra de 10 bits por cada 8 bits en el data stream. Con ASI, podemos comprimir señales de audio con formato AES o AC-3 y definir señales de video con formato estándar o de alta definición. Una importante característica es que tiene la capacidad de transportar varios programas de definición estándar o alta ya que para poder transmitirlos ya fueron comprimidos [20].

### **2.5.3 Modulación por amplitud en cuadratura (QAM)**

Básicamente consiste en modular por amplitud, de manera independiente, dos portadoras de la misma frecuencia pero cuya fase está desfasada  $90^\circ$ . Es muy utilizado para sistemas satelitales, sistemas de televisión, enlaces microondas, entre otros. Una de sus ventajas es que muy inmune al ruido, tiene poco consumo de energía, provee transmisión de alta calidad y es muy compatible con la mayoría de servicios digitales. Existe algunas variantes entre ellas tenemos: 8 QAM, 16 QAM, 64 QAM, N-QAM. Para ésta última, cada bit se codifica en  $2^n$  niveles de amplitud de portadoras [20].

## CAPÍTULO 3

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN Y DESARROLLO DEL DISEÑO.

En este capítulo describiremos un análisis técnico y detallado de la red de audio y video para la parroquia Ancón. Primero empezaremos definiendo el procedimiento a seguir para desarrollar el diseño. Luego estableceremos la propuesta de los canales que se podrían transmitir en la red. Luego describiremos en detalle los equipos de la cabecera necesarios para receptor y codificar las señales de audio y video. Finalmente se relatará en detalle el diseño de la red de distribución que debe llegar a todas las viviendas de la parroquia Ancón.

Para la red propuesta vamos a utilizar una topología de una red óptica pasiva. El diagrama de la topología propuesta es el de una red tipo árbol rama. La capacidad de la red pasiva será GPON, con esta capacidad podemos cubrir la necesidad actual de televisión por cable en la parroquia y además provee un rango amplio para agregar otros servicios de telecomunicaciones en el futuro; estos servicios pueden ser telefonía e internet.

Es importante aclarar que la naturaleza del proyecto es netamente social, por tanto no se espera que los habitantes de la parroquia paguen una tarifa a Espol Tv por el servicio.

#### 3.1 Procedimiento para el desarrollo del proyecto.

En un proyecto de telecomunicaciones, en primer lugar, es importante determinar la demanda. Para nuestro caso, todas y cada una de las familias podrá acceder a un receptor de tv digital por fibra óptica.

Uno de los primeros pasos es recopilar la información de la planimetría del área en donde se va diseñar la red. Esta información debe ser obtenida de fuentes confiables, tales como: INEC, Municipios, Consejos Cantonales, entre otros. Reunir mayor cantidad de este tipo de información hace que el diseño sea más eficiente. A continuación se observa la secuencia a seguir para el desarrollo del proyecto:

- Coordinación con el Gobierno Autónomo Descentralizado.
- Coordinación con empresas eléctricas zonales.
- Ubicación de la OLT
- Diseño del Headend
- Diseño de la red de audio y video

### **3.1.1 Coordinación con el Gobierno Autónomo Descentralizado**

Para empezar el diseño se debe conocer los lineamientos definidos por el municipio de Santa Elena para el uso del espacio público aéreo y las zonas de soterramiento en la parroquia según los planes de intervención que tenga el mismo.

Una vez completado el diseño es necesario llevar los planos referenciados y claramente documentados al servicio de Obras Públicas de Santa Elena para que un fiscalizador proceda a revisarlos y verificar todo el recorrido. Después de ser revisado físicamente todas las rutas de la red de fibra óptica, la empresa contratista debe firmar una póliza de seguro con el valor que valdría la regeneración de todas las zonas que hayan sido afectadas en caso que la misma abandone el desarrollo del proyecto. Este documento será firmado por el Fiscalizador de obras públicas, el Alcalde de Santa Elena, y el Gerente de la empresa contratista encargada del proyecto.

Cuando se complete todo el desarrollo del proyecto, el fiscalizador revisará cada ruta de la red con el fin de verificar que el espacio público aéreo y terrestre se encuentre en buenas condiciones según los lineamientos considerados al inicio del proyecto, posteriormente el servidor procede a realizar un informe al Gerente de Obras públicas para que sea devuelta la póliza de seguro.

### **3.1.2 Coordinación con empresas eléctricas zonales**

Es necesario coordinar con la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad sobre la factibilidad para el uso de la infraestructura, la postería en la parroquia San José de Ancón, para el direccionamiento de la fibra óptica. Esto incluye verificar todos los

proyectos futuros que tenga la empresa y que de alguna forma pueda afectar el proyecto que vamos a plantear.

### **3.1.3 Ubicación de la OLT**

Se considera que el sitio adecuado para la ubicación de la OLT es la infraestructura provista por ESPOL-TV en el Barrio Inglés.

El sitio escogido cuenta con el suficiente espacio físico para la instalación del equipamiento de Planta Interna, energía para el correcto funcionamiento de los equipos y energía de respaldo para sobrellevar los cortes de corriente en la zona, buena climatización para evitar el sobrecalentamiento de equipos, y espacio físico para la colocación del Distribuidor Óptico de planta externa [26].

### **3.1.4 Diseño del Headend**

Hoy en día existe una variedad de diseños para armar una cabecera de televisión. Cada uno presenta particularidades y depende de los requerimientos y condiciones del proyecto. Es importante mencionar que existen amplias condiciones para diseñar un headend pero en este documento nos limitaremos a mencionar las características más comunes para el funcionamiento. Entre las más importantes que mencionaremos son: naturaleza de la señal, recepción de la señal, codificación, codificación, encriptamiento y modulación [19].

### **3.1.5 Diseño de la red de audio y video**

La red de audio y video será completamente de fibra óptica. En este documento planteamos el uso de la tecnología FTTH utilizando el estándar GPON. Esta infraestructura nos dará un amplio margen de crecimiento futuro considerando que se pueden añadir más canales en la red e incluso otros servicios de telecomunicaciones para la parroquia.

## **3.2 Grilla de canales de Tv para la red de cable.**

La red cableada de audio y video distribuirá contenido exclusivamente educativo. Los canales que se transmitan deben contener programas culturales, informativos y académicos. La programación debe estar enriquecida de ciencia, historia, salud y artes humanísticas. Por ello los canales a transmitir escogidos

se los puede observar en la Tabla 4 con el respectivo satélite al que hay que engancharse para receptarlo.

|    | <b>CANALES</b>            | <b>RECEPCIÓN DE LA SEÑAL</b> |
|----|---------------------------|------------------------------|
| 1  | <b>Ecuavisa</b>           | <b>Eutelsat117</b>           |
| 2  | <b>RTS</b>                | <b>Intelsat 805</b>          |
| 3  | <b>Teleamazonas</b>       | <b>Intelsat 805</b>          |
| 4  | <b>Gama Tv</b>            | <b>Eutelsat117</b>           |
| 5  | <b>UCSG Tv</b>            | <b>Eutelsat117</b>           |
| 6  | <b>Ecuador Tv</b>         | <b>Eutelsat117</b>           |
| 7  | <b>Canal Uno</b>          | <b>Eutelsat117</b>           |
| 8  | <b>Oromar Tv</b>          | <b>Eutelsat117</b>           |
| 9  | <b>Espol TV</b>           | <b>Producción local</b>      |
| 10 | <b>UnAD</b>               | <b>Eutelsat 117</b>          |
| 11 | <b>ILCE Canal 15</b>      | <b>Eutelsat 117</b>          |
| 12 | <b>Canal 22 Nacional</b>  | <b>Eutelsat 117</b>          |
| 13 | <b>ILCE Canal 18</b>      | <b>Eutelsat 117</b>          |
| 14 | <b>Tele México</b>        | <b>Eutelsat 117</b>          |
| 15 | <b>TV Universidad</b>     | <b>Eutelsat 117</b>          |
| 16 | <b>Red de las Artes</b>   | <b>Eutelsat 117</b>          |
| 17 | <b>Aprende</b>            | <b>Eutelsat 117</b>          |
| 18 | <b>Canal del Congreso</b> | <b>Eutelsat 117</b>          |
| 19 | <b>Especiales</b>         | <b>Eutelsat 117</b>          |
| 20 | <b>TV UNAM</b>            | <b>Eutelsat 117</b>          |

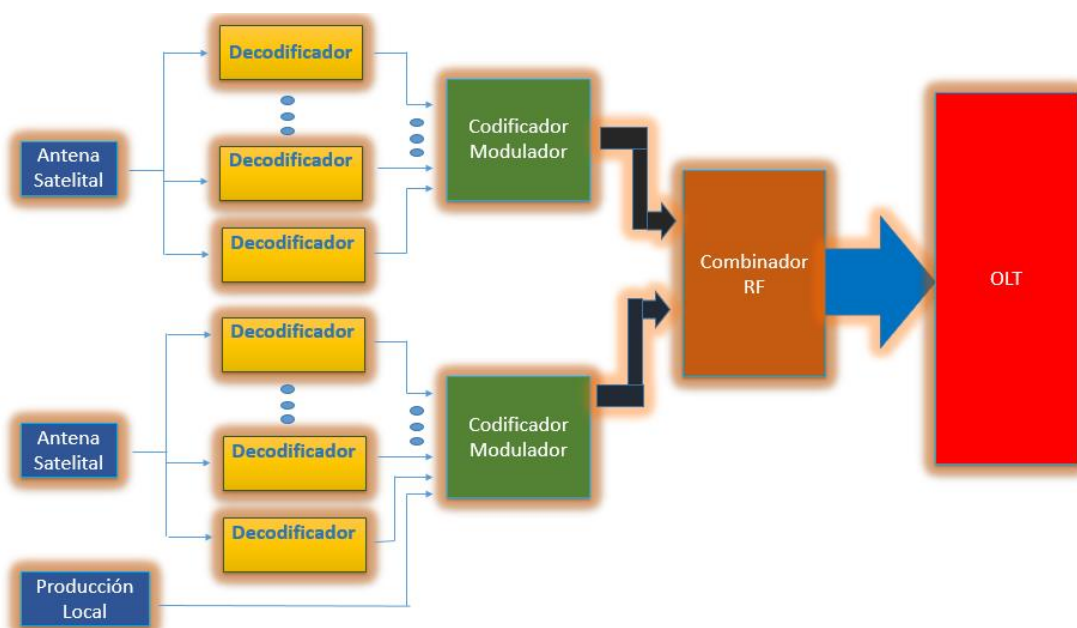
**Tabla 4: Grilla de canales de Tv [21].**

Los canales que se encuentran enganchados al satélite Eutelsat 117 pertenecen a la red Edusat. Esta es una red de televisión educativa pública mexicana. Los canales locales propuestos para la transmisión son 8 y estos son: Ecuavisa, RTS, Teleamazonas, Gama Tv, UCSG Television, Ecuador TV Canal Uno y Oromar Tv; adicionalmente proponemos transmitir 12 canales de la red mexicana de televisión educativa pública y el canal EspoITv de producción local. En total, la propuesta inicial sería transmitir 20 canales.

### 3.3 Headend en ESPOL-TV.

Como mencionamos anteriormente el headend de televisión se ubicará en las instalaciones de Espol Tv. En el departamento de sistemas hay espacio suficiente para agregar otros racks que contendrán los equipos de cabecera para la red de audio y video. El equipo para transmisión y distribución óptica también debe ser colocado en las instalaciones, por este motivo incluiremos el equipo de distribución óptica en este apartado.

En la figura 3.12 se observa el diagrama de bloque de los equipos de cabecera propuestos para el proyecto.



**Figura 3.12: Bloques del headend digital propuesto [19].**

A continuación describiremos los elementos para formar cada bloque mostrado en la figura 3.12.

#### 3.3.1 Recepción de canales

La naturaleza de la señal que se va a distribuir a través de la red de audio y video será:

- Receptada a través de antenas satelitales.
- Producción local.

Para recibir los canales educativos de la red Edusat tenemos que enganchar una antena al satélite Eutelsat 117, el cual se encuentra en la



posición 116.8° W. Al conectarnos a este satélite podemos obtener los siguientes canales nacionales: Gama Tv, UCSG Tv, Ecuador Tv, Canal Uno, Oromar Tv y Ecuavisa. Asimismo para recibir los canales RTS y Teleamazonas tenemos que enganchar una antena parabólica al satélite Intelsat 805 el cual se encuentra en la posición 55.5° W. Es importante acotar que para recibir cada canal necesitaremos un receptor con tarjeta del proveedor de televisión satelital [21].

Se necesitarían dos antenas satelitales para la recepción de todos los canales anteriormente mencionados. Se propone que las antenas tengan las siguientes características:

- 1 metro de diámetro.
- 6 paneles
- Ganancia en Banda C 31.1 dB +/- 1 dB
- Ganancia en Banda Ku 41.1 dB +/- 1 dB
- Apertura efectiva mayor a 80%
- Azimuth 0-360°

Un buen prospecto sería la antena satelital del fabricante DISHTONE en la figura 3.13 podemos ver una de sus antenas.



**Figura 3.13: Antena DISHTONE foco primario [22].**

### 3.3.2 Decodificadores

Para la decodificación de la señal satelital, los equipos de recepción deben tener las siguientes características:

- Banda C y Banda Ku
- Estándar MPEG-2 y MPEG-4 para entrada de audio y video.
- Compatibilidad DVB.
- Decodificación de video 4:2:0
- Demodulación QPSK.
- Formato de entrada ASI superior a 68.5 Mbps.
- Múltiples bandas del rango de frecuencia de recepción satelital.
- Salida de audio analógico MPEG o Dolby Digital.
- Salida de video MPEG-2 4:2:0
- Interfaz serial asincrónica en los puertos de salida (ASI, 75 Ohm, conector tipo f).

Para obtener las señales de los canales educativos abiertos se puede utilizar un decodificador de cualquier marca pero que cumpla con las características anteriormente mencionadas. El receptor PowerVu D9850 funcionaría correctamente para nuestras necesidades de decodificación y formato de imagen. En la figura 3.14 lo podemos observar.



**Figura 3.14: Receptor Cisco. [23]**

### 3.3.3 Codificador y modulador de señales en formato ASI

Para codificar y modular la señal de los canales educativos obtenidos de la red Edusat proponemos el uso de un equipo con las siguientes características:

- Soportar multiplexación y modulación QAM (64/256).
- Soportar formatos de entrada Gigabit Ethernet y DVB-ASI.
- Capacidad de entrada de hasta 900 Mbps.

- Multiplexación MPEG-2 y generación de paquetes con identificación.
- Al menos 8 puertos de entrada en formato DVB-ASI.
- Salida RF, rango de frecuencia de 88-864 MHz.
- Servicios de encriptación.

Un excelente candidato para esta función puede ser el equipo Motorola SEM V8 el cual cumple con todas las características anteriormente mencionadas, en la figura 3.15 lo podemos observar.



**Figura 3.15: Codificador y modulador de señales digitales. [24]**

#### **3.3.4 Combinador RF**

El combinador de potencia RF tendrá la función de unir la señales encriptadas, multiplexada y moduladas en un solo medio. Este, debe unir por lo menos 10 señales en un solo medio sin hacer ninguna transformación a la señal.

#### **3.3.5 Diagrama de la propuesta de equipos de cabecera**

A continuación presentamos un diagrama en el cual exponemos la estructura de la cabecera digital para la red de audio y video.

- 1) Antena satelital enganchada al satélite Intelsat 805.
- 2) Antena satelital enganchada al satélite Eutelsat 117.
- 3) Equipos decodificadores.
- 4) Equipo codificador y modulador.
- 5) Combinador de potencia RF.
- 6) Cable coaxial para la alimentación desde las antenas a los decodificadores RG-59 (75 Ohm).
- 7) Cable coaxial RG-59 (75 Ohm).

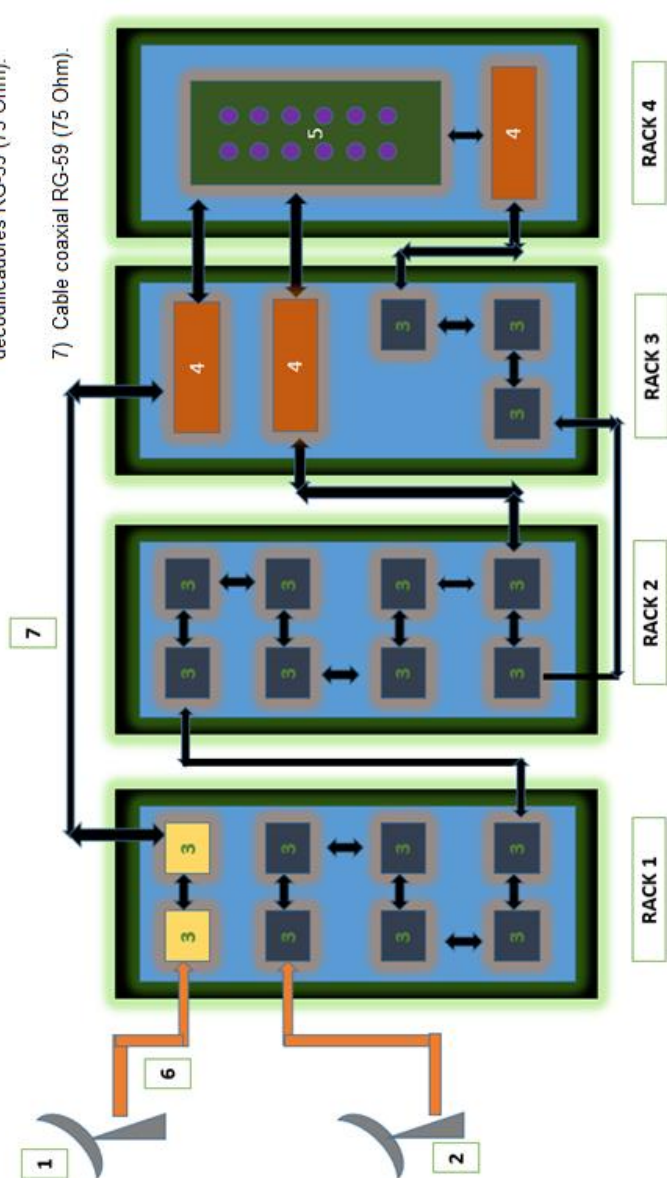


Figura 3.16: Propuesta de diagrama de equipos de cabecera.

Ahora describiremos el contenido de la figura 3.16:

- 1) Antena satelital enganchada al satélite Intelsat 805.
- 2) Antena satelital enganchada al satélite Eutelsat 117.
- 3) Equipos decodificadores para obtener 19 canales, entre ellos nacionales y los de la red Edusat, los equipos serán colocados en cascada de esta manera puede replicar la señal de la antena satelital. En total son 19 equipos decodificadores
- 4) Equipo codificador y modulador que recibe 8 señales en estándar ASI y entrega 4 salida moduladas en el espectro con una portadora. En total son tres equipos, a dos le ingresan 8 señales y a uno le ingresan 4 señales, en este último se deberá incluir la señal en estándar ASI de la producción local.
- 5) Combinador de potencia RF para mezclar las 10 señales provenientes de los equipos moduladores y la señal digital del canal Espol TV.
- 6) Cable coaxial para la alimentación desde las antenas a los decodificadores RG-59 (75 Ohm).
- 7) Cable coaxial RG-59 (75 Ohm) para la conexión entre decodificadores y equipo modulador y finalmente Combinador RF para tener una sola salida hacia el equipo de transmisión óptica.

### **3.3.6 Equipo para transmisión**

Para la transmisión del audio y video a través de la red, se debe utilizar un equipo que cumpla con las siguientes necesidades:

- Soportar 2000 usuarios.
- Servicio de soporte para administración.
- Repuestos para cambios de tarjetas.
- Sistema para administración centralizado.
- Escalabilidad.

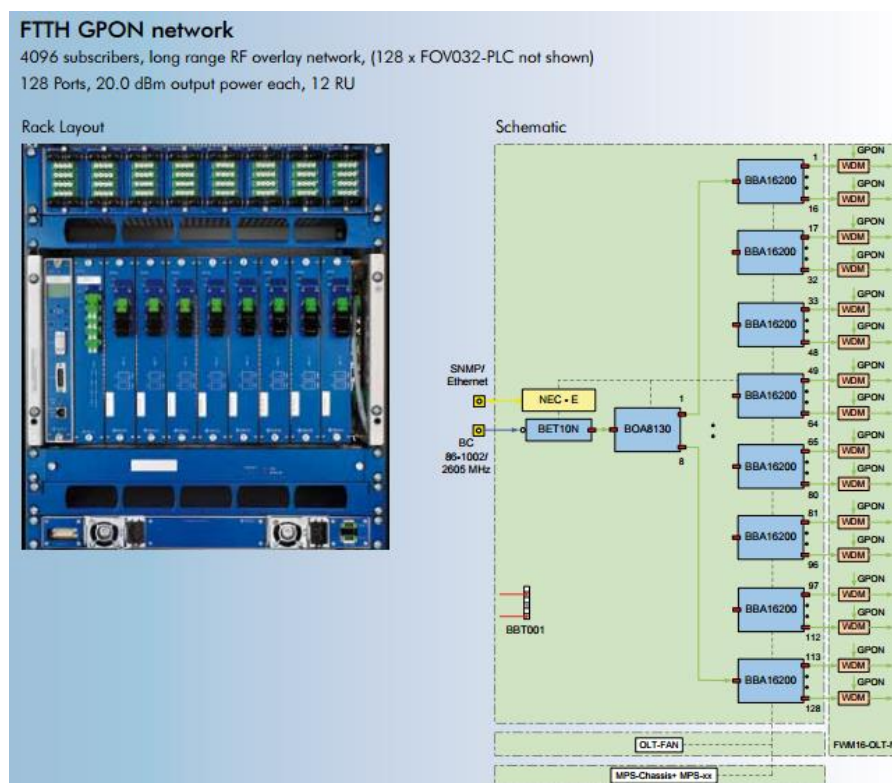
### **Video OLT**

El video OLT es un sistema central modular que se puede conectar a una red óptica pasiva para transmitir audio y video hacia los usuarios.

Las características que debe tener son las siguientes:

- Transmisor broadcast de audio y video digital por fibra (1550 nm). Soportar estándar ISDB-Tb.
- El transmisor óptico debe tener una potencia de salida de +5 dBm por puerto.
- 64 usuarios por puerto FTTH.
- Capacidad de 2.5 Gbps para bajada y 1.25 Gbps para subida.
- Interfaz Ethernet para administración (100 Mbps).

En la figura 3.17 se observa el diagrama modular de un sistema Video OLT de la empresa Bktel. Este sistema tiene una capacidad de 8 tarjetas rackeables, cada tarjeta tiene una capacidad de 16 puertos. La capacidad máxima del sistema es de 128 puertos cada uno con capacidad de 32 usuarios [25].



**Figura 3.17: Video OLT modular. [25]**

Una de las ventajas que tiene este sistema es que si aumentara desmesuradamente la cantidad de usuarios que quieran el servicio de

televisión se pueden agregar más tarjetas que proporcionan más puertos y mayor capacidad. El precio aproximado de este equipo es 33.000 dólares americanos, el cual puede variar según el número de tarjetas y la potencia de salida.

### **3.4 Criterios para diseño ODN.**

Las recomendaciones y consideraciones para el diseño de la red las tomaremos de las normativas que propone la Corporación Nacional de Telecomunicaciones para el diseño y construcción de una red GPON; así mismo consideraremos las recomendaciones ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones, por sus siglas en inglés) para el diseño de redes FTTH.

#### **3.4.1 Características de los cables de fibra**

##### **Longitud máxima**

La distancia física máxima entre el OLT y el ONT no debe pasar los 20 km según la recomendación ITU-T G.984.1. Las pérdidas no deben superar los 27 dBm que es la sensibilidad típica de recepción óptica de ONT [20].

##### **Norma**

Dependiendo de la parte de la red en la que nos encontremos usaremos un determinado cable. La red de distribución y la red feeder deben usar cable de fibra definido por la ITU-T G.652D. La red de dispersión y la de distribución interna deben cumplir con la norma ITU-T G.657A1 o ITU-T G.657A2 [26].

##### **Capacidad**

Según las recomendaciones de la CNT EP, la fibra que se usa en cada tramo de la red debe contar con un determinado número de hilos. En la Tabla 5 podemos observar las capacidades de los cables de fibra óptica.

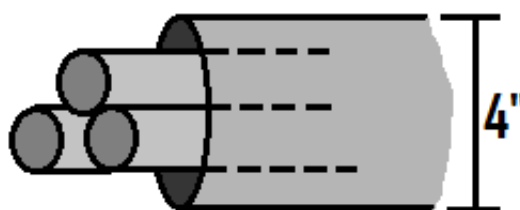
| Red          | Capacidad en número de hilos |
|--------------|------------------------------|
| Feeder       | 288, 144                     |
| Distribución | 96, 72, 48, 24, 12           |
| Dispersión   | 2                            |

**Tabla 5: Capacidades de cables de fibra [26].**

### 3.4.2 Recomendaciones para diseño y canalización de redes de fibra

#### Canalización

Para la canalización de la troncal se recomienda crear pozos de 1.20x1.20 metros separados una distancia de aproximadamente 100 metros entre dos pozos. Los mismos deben estar conectados con tri-ductos en los cuales pasará la fibra óptica. Cada tri-ducto debe estar dentro de un tubo PVC, generalmente de 4 pulgadas de diámetro. En cada pozo se recomienda poner al menos un kit herraje. En la figura 3.18 podemos observar un ejemplo del tri-ducto [26] {27}.



**Figura 3.18: Tri-ducto de 4 pulgadas [27].**

Para evitar roedores o acumulación de insectos, en la canalización se recomienda sellar los ductos vacíos con tapones ciegos, en aquellos donde pasan fibra se usaran tapones abiertos o de guía para cubrir la parte sobrante de ducto y evitar que pueda entrar insectos a dañar la fibra. Los tapones trifurcados sirven para guiar a los tri-ductos y sellar el resto del tubo PVC [28].

#### Red feeder

La red feeder o troncal usa por lo general cables de gran capacidad de 144 a 288 hilos que salen desde la central, usando cables de menor capacidad solo cuando se necesite realizar derivaciones. Se debe poner



porta reserva en los pozos para los siguientes casos, cuando se hace un empalme canalizado recomendando dejar reservar de 15 metros y para sangrado de fibra una reserva de 30 metros (15 metros por extremo); además se debe dejar una reserva de 20 metros alrededor del pozo cada vez que se sobrepase los 400 metros de distancia en la fibra para futuras reparaciones [26][27].

#### **Red de Distribución**

Esta parte de la red conecta la manga con la NAP (Punto de Acceso de Red, por sus siglas en inglés) usando cable de fibra óptica tipo G.652D de 12 hasta 96 hilos, a través de la postería o canalización. Generalmente esta parte de la red se hace de manera aérea, por lo que se usa cable de fibra del tipo ADSS o Figura 8. Durante la instalación del cable de fibra se deja 6.50 metros para sangrado y fusión de la NAP aérea. Con respecto a la reserva de fibra se deja 15 metros para el empalme y 30 metros para sangrado de la fibra [27].

#### **Red de Dispersión**

También se conoce como área de influencia de la NAP. No debe sobrepasar los 300 metros de distancia. No deben cruzarse cables de manera aérea por vías principales para la acometida hacia una roseta, para esto caso se instalará una NAP al otro lado de la vía [27].

### **3.4.3 Recomendaciones para divisiones en la red**

Para los diferentes tipos de topología planteados para redes GPON se recomienda hasta un máximo de dos niveles de splitter. Si se añadieran más niveles de división, las pérdidas aumentarían y la distancia recomendada no sería la adecuada. Los splitters se pueden colocar en:

- Mangas.
- NAPs.
- Armarios.

### 3.4.4 Pérdidas en la red

#### Por el tipo de elemento usado

Los elementos utilizados para crear la red también introducen una atenuación al sistema, en la Tabla 6 se muestran los valores máximos permitidos según la ITU G984.2.

| Elemento                       | Atenuación        |
|--------------------------------|-------------------|
| Fibra óptica 1310nm            | -0.4 dB/Km        |
| Fibra óptica 1550nm            | -0.3 dB/Km        |
| Empalme por fusión             | -0.1 dB a -0.2 dB |
| Empalme Mecánico               | -0.5 dB           |
| Pérdida inserción (Conectores) | -0.3 dB a -0.5 dB |

**Tabla 6: Pérdidas según el tipo de elemento [29].**

#### Por splitters

Según el splitter utilizado en el diseño de la red GPON, este introduce una determinada pérdida. Podemos observar estos valores en la Tabla 7.

| Tipo de Splitter | Atenuación [dB] | Tipo de Splitter | Atenuación [dB] |
|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1:2              | 3.01            | 2:4              | 7.9             |
| 1:4              | 6.02            | 2:8              | 11.5            |
| 1:8              | 9.03            | 2:16             | 14.8            |
| 1:16             | 12.04           | 2:32             | 18.5            |
| 1:32             | 15.04           | 2:64             | 21.3            |
| 1:64             | 18.07           |                  |                 |

**Tabla 7: Pérdidas introducidas por splitter [29].**

### 3.5 Cálculos para el diseño de la red.

En todo proyecto de fibra óptica es necesario determinar las pérdidas que tendrá la señal óptica dentro de la red. Debemos considerar todos los elementos que forman parte de la trayectoria de la red para de esa forma poder garantizar que la señal llegará a cada usuario con un valor óptimo de potencia.

### 3.5.1 Cantidad de usuarios

Como vimos en el capítulo 1 existe una cantidad de usuarios actual de 2376 viviendas entre habitadas y no habitadas. Para la realización del proyecto vamos a considerar un rango de crecimiento de la red del 20%.

$$2376 * 1.20 = 2.851,2$$

Redondeando la capacidad de la red debería ser de 2.852 usuarios con proyección a crecimiento futuro.

### 3.5.2 Cálculo del ancho de banda

El ancho de banda dedicado para un canal SD oscila entre 7 y 8 Mbps esto es considerando una compresión Mpeg2. Asumiendo el peor caso de 8 Mbps consideramos un total de 20 canales para iniciar la transmisión [19].

$$\text{BW Total} = 20 * 8 \text{ Mbps}$$

$$\text{BW Total} = 160 \text{ Mbps}$$

Para una capacidad máxima de 1.2 Gbps de subida y 2.4 Gbps de bajada permite un gran espacio de crecimiento para agregar más canales en el futuro. Incluso se puede pensar en transmitir canales HD para mejorar la calidad de video y audio digital de mayor calidad.

En un comienzo no proponemos utilizar al máximo la capacidad de la red, pero en un futuro próximo se podría llegar a transmitir hasta 300 canales educativos con programación interactiva. Con este número de canales se tendría un ancho de banda total:

$$\text{BW Total} = 300 * 8 \text{ Mbps}$$

$$\text{BW Total} = 2400 \text{ Mbps}$$

Y si consideramos nuevos estándares de compresión de audio y video, este número puede aumentar.

### 3.5.3 Cálculo del balance óptico

Unas de las primeras consideraciones para el cálculo del balance óptico son la potencia del transmisor y la sensibilidad del receptor. Con ambos datos se puede obtener la máxima pérdida que puede existir en la red ODN, esta se calcula con la ecuación 4.1:

$$\text{Pérdida de presupuesto óptico} = \text{Sensibilidad\_Rx} - \text{Potencia\_Tx} \quad (4.1)$$

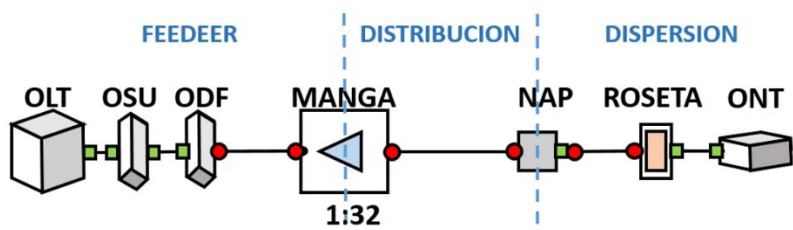
De acuerdo a las normas de CNT, la potencia máxima de transmisión debe ser +5 dBm. Asimismo la sensibilidad de recepción para la ONT debe ser -27 dBm. Considerando estos valores y reemplazando en la ecuación anterior tenemos:

$$\text{Pérdida de presupuesto óptico} = -27 \text{ dBm} - (+5 \text{ dBm})$$

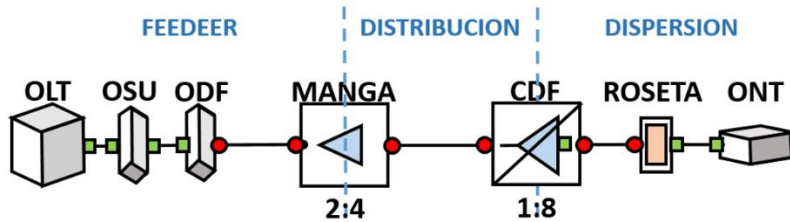
$$\text{Pérdida de presupuesto óptico} = -32 \text{ dBm.}$$

De esta manera tenemos que las pérdidas introducidas por los distintos elementos de la red no debe superar los -32 dBm. Aun así, para seguridad, la empresa considera dejar un margen de resguardo de +3 dB por lo que las pérdidas no deberían superar los -29 dBm [26].

Para este diseño utilizaremos dos diferentes tipos de modelos masivos de distribución FTTH. Para llegar a todos los hogares planteamos el modelo masivo centralizado de un solo nivel de división por puerto. Mientras que para llegar a todas las escuelas de la parroquia proponemos el uso de un modelo de dos niveles de división o distribuído. En ambos modelos el máximo nivel de división de potencia por puerto será de 1 a 32. En la figura 3.19 observamos ambos modelos con una estructura general.



a) Modelo Masivos Splitter fusionado (Desde 48 hasta 96 clientes)



b) Modelo Corporativos con Splitter Conectorizado

**Figura 3.19: Estructura general de modelos para el cálculo del presupuesto óptico. [26]**

Según lo presentado en la figura 3.19, para el modelo masivo de un solo nivel de división se presenta una pérdida total de 23,65 dB. En la Tabla 8 podemos observar los valores de las pérdidas por cada componente introducido.

| Elementos de la red de fibra óptica | Pérdida típica (dB) | Cantidad | Total de pérdida (dB) |
|-------------------------------------|---------------------|----------|-----------------------|
| Conectores ITU671=0.5dB             | 0,50                | 7        | 3,50                  |
| Empalme de Fusión ITU751=0.1dB      | 0,10                | 6        | 0,60                  |
| Empalme Mecánico ITU751=0.1dB       | 0,20                |          | 0,00                  |
| Splitters                           | 1x2                 |          | 3,50                  |
|                                     | 1x4                 |          | 7,00                  |
|                                     | 1x8                 |          | 10,50                 |
|                                     | 1x16                |          | 14,00                 |
|                                     | 1x32                | 1        | 17,50                 |
|                                     | 2x4                 |          | 7,90                  |
|                                     | 2x8                 |          | 11,50                 |
| Fibra - Longitudes de Onda          | 1310nm              |          | 0,35                  |
|                                     | 1490nm              |          | 0,30                  |
|                                     | 1550nm              | 8,2      | 2,05                  |
| <b>Pérdida total</b>                |                     |          | <b>23,65</b>          |

**Tabla 8: Presupuesto óptico para un solo nivel de splitteo. [26]**

Para el modelo masivo de dos niveles de división se presenta una pérdida total de 24,13 dB. En la Tabla 9 podemos observar los valores de las pérdidas en cada nivel según el componente.

| Elementos de la red de fibra óptica | Pérdida Típica (dB) | Cantidad | Total de pérdida (dB) |
|-------------------------------------|---------------------|----------|-----------------------|
| Conectores ITU671=0.5dB             | 0,50                | 7        | 3,50                  |
| Empalme de Fusión ITU751=0.1dB      | 0,10                | 6        | 0,60                  |
| Empalme Mecánico ITU751=0.1dB       | 0,20                |          | 0,00                  |
| Splitters                           | 1x2                 |          | 0,00                  |
|                                     | 1x4                 |          | 0,00                  |
|                                     | 1x8                 | 1        | 10,50                 |
|                                     | 1x16                |          | 0,00                  |
|                                     | 1x32                |          | 0,00                  |
|                                     | 2x4                 | 1        | 7,90                  |
|                                     | 2x8                 |          | 0,00                  |
|                                     |                     |          |                       |
| Fibra - Longitudes de Onda          | 1310nm              |          | 0,00                  |
|                                     | 1490nm              |          | 0,00                  |
|                                     | 1550nm              | 6,5      | 1,63                  |
| <b>Pérdida total</b>                |                     |          | <b>24,13</b>          |

**Tabla 9: Presupuesto óptico para dos niveles de splitteo. [26]**

Dado que la fibra también agrega pérdidas al sistema, debemos considerarlas y la atenuación de fibra para una longitud de onda de 1550 nm es de 0,3 dB/Km

De acuerdo a lo anterior la máxima longitud posible para la fibra óptica debería ser:

- Para un nivel de splitter:

$$\text{Máxima longitud de fibra} = (29 - 23,65)/0,3$$

$$\text{Máxima longitud de fibra} = 17,83 \text{ Km}$$

- Para dos niveles de splitter

$$\text{Máxima longitud de fibra} = (29 - 24,13)/0,3$$

$$\text{Máxima longitud de fibra} = 16,23 \text{ Km}$$

Con este cálculo podemos asegurar que el usuario más lejano se encuentra dentro de estas distancias y por tanto no tendremos problemas para dar servicio en la parroquia.

### 3.5.4 Número de puertos PON

Considerando que se va a utilizar un puerto PON para cada hilo de fibra que alimenta a un splitter; además teniendo en cuenta que cada puerto se puede dividir máximo hasta 32 veces y para una capacidad total de 2852 usuarios, redondeando el número de usuarios, se tiene:

$$\text{Número de puertos} = 2852 \text{ personas} / 32 \text{ personas por puerto}$$

$$\text{Número de puertos} = 89,13$$

Redondeando serían 90 puertos para satisfacer la necesidad de viviendas. También debemos considerar las instituciones educativas que son 5 y utilizaremos dos puertos dejando uno para cada institución como respaldo.

$$\text{TOTAL DE NÚMERO DE PUERTOS: } 90 + 5 \cdot 2 = 100$$

Es decir se necesitarían 100 puertos de la OLT. Cada tarjeta de la OLT tiene 16 puertos, por tanto la cantidad de tarjetas inicialmente para satisfacer la cantidad de usuarios debe ser:

$$\text{Número de tarjetas} = 100 \text{ puertos} / 16 \text{ puertos por tarjeta}$$

$$\text{Número de tarjetas} = 6,25$$

Es decir se necesitarían 7 tarjetas de la OLT.

### 3.6 Diseño de la red

Para este proyecto utilizamos el software AUTOCAD 2015 para dibujar la red sobre un mapa de la parroquia San José de Ancón provisto por el municipio de Santa Elena. El diseño completo lo podemos apreciar en el anexo 2. Esta red, corresponde a la arquitectura de modelo masivo de casa utilizando mangas porta splitters. Para la red feeder se realizó canalización subterránea mientras que para



la red de distribución será aérea y así mismo lo será la red de dispersión o acometida.

### 3.6.1 Simbología

La simbología mostrada a continuación en la figura 4 es la misma que la empresa CNT utiliza para sus proyectos de redes de fibra [26].




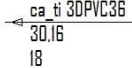







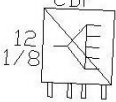

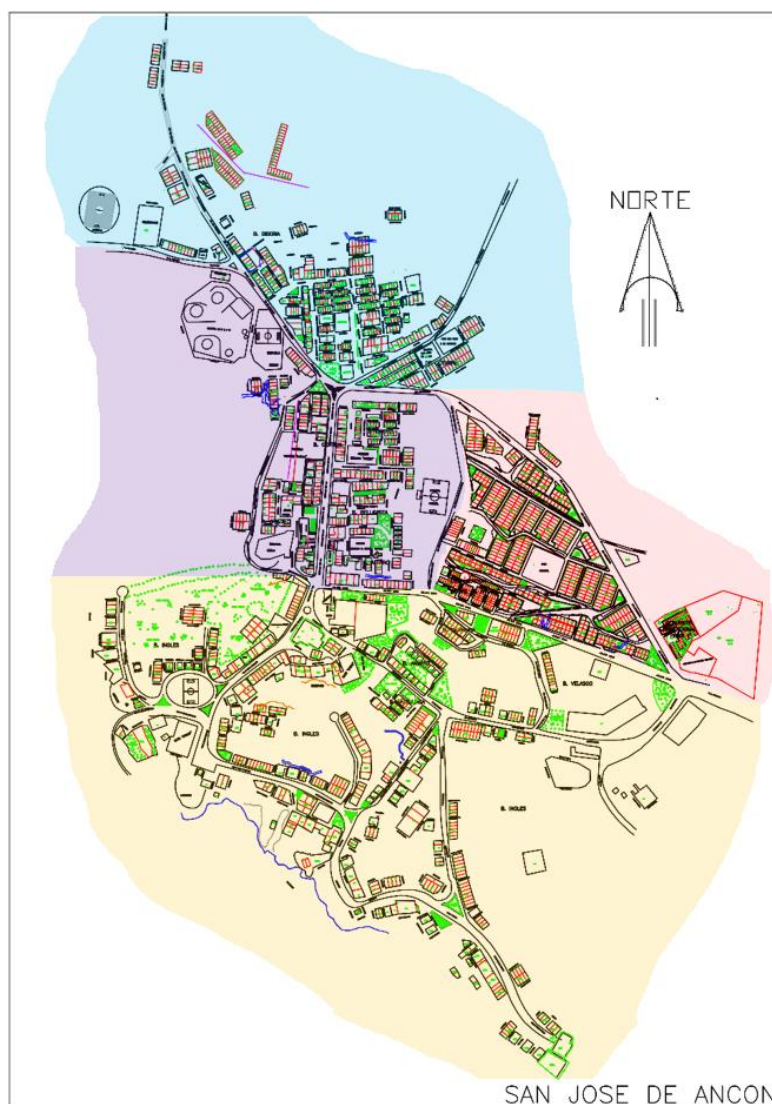
| Símbolo   | Descripción   |
|---|---|
|    | OLT de la Red   |
| 1Mc   | Kit de Herraje para pozo  |
| PZ_01<br>  | Pozo de la Red ODN  |
| PZ066 PZ068<br>                                  | Indicador de Estado de Pozo   |
| ca ti 30PVC36<br>30,16<br>18<br>                 | Indicador de Canalización   |
|   | Splitter de 1 Entrada   |
|    | Empalme de Fibra y Splitter   |
| 4623-FT01<br>01 288 s. G652D<br>20<br>         | Indicador de Reserva de Fibra para reparaciones o expansiones futuras |
| 9/20<br>ca. 2m 2<br>                           | Canalización desde Pozo a Poste                                       |
|    | Indicador de Subida de Poste  |
| PT<br>   | Poste Eléctrico   |
| 2<br>Rf   | Herraje terminal o de retención                                       |
| 1Sf   | Herraje de Suspensión o de Paso                                       |
| A1<br>   | Caja de Distribución Óptica (NAP)                                     |
| 1g  | Herraje Aéreo para Red de Distribución                                |
| CDF<br>12<br>1/8<br>                           | Caja de Distribución de Fibra para Instituciones                      |
| RFO_01<br>G652D<br>FT_01_00_00(288)(9,286)<br> | Reserva de Hilos de Fibra   |

Figura 3.20: Simbología utilizada en nuestro diseño. [26]

### 3.6.2 Subdivisión por regiones

Para la facilidad del desarrollo del proyecto hemos dividido la parroquia en 4 regiones, en la figura 3.21 podemos observarlo.



**Figura 3.21: Mapa de subdivisión de San José de Ancón. [1]**

La región Norte es la de color celeste, incluye los barrios: Guayaquil, Siberia y 9 de Octubre. Además en esta región se encuentran las escuelas Berry y San José de Ancón.

La región Oeste es la de color rosado, incluye los barrios: Manabí, Central, Bellavista, Alfaro, Otavalo. En esta región se encuentra el Colegio Técnico Ancón y la escuela Leonardo Berry.

La región Este es la de color morado, es probablemente la zona menos poblada de la parroquia, en esta se encuentra: el barrio Nuevo, la urbanización Brisas de Ancón y el conjunto habitacional Fénix.

La región Sur es la de color mostaza, incluye los barrios: Inglés, Ambato, Riobamba, Latacunga. También el Instituto Fiscal Ancón. En esta región también se encuentra Espol Tv el cual contendrá el Headend y el equipo de transmisión óptica.

### 3.6.3 Ubicación de las mangas y configuración en Autocad

Las mangas que utilizaremos serán de cierre mecánico y se encontrarán dentro de los pozos, en la Tabla 10 vamos a observar la distribución en las diferentes regiones.

| Elemento | Norte | Sur | Este | Oeste |
|----------|-------|-----|------|-------|
| Manga    | 7     | 11  | 7    | 9     |

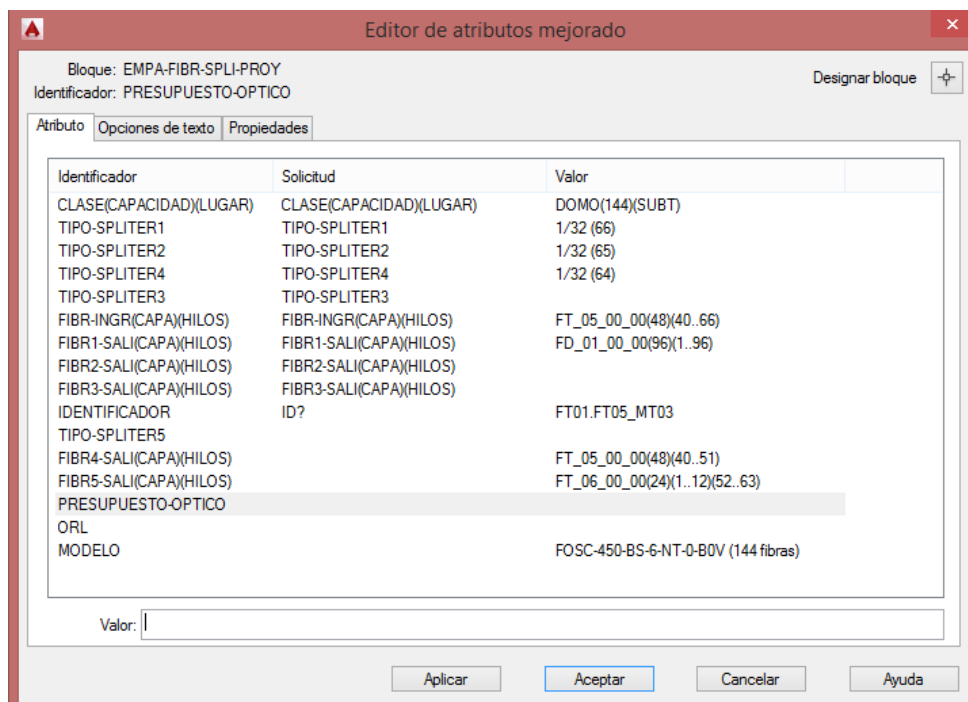
**Tabla 10: Distribución de las mangas**

En total son 34 mangas. Las mangas presentan la posibilidad de acceder a su interior varias veces, el sistema de sellado será con gel reticulado, así se logrará un cierre hermético de la manga. En la figura 3.22 podemos observar el interior de una manga con sus respectivas bandejas. Estas mangas presentan la siguiente estructura:

- Región de fusiones de los hilos de entrada de los splitters.
- A continuación de la región de fusiones se alojarán las bandejas porta splitters, existen de diferentes capacidades según la proyección de nuestro diseño utilizaremos mangas que soportan hasta 5 splitters en su interior.
- Después de la bandeja porta splitters viene la zona de fusiones de los hilos de salida de los splitters, los cuales pertenece a la red de distribución. Para la red de distribución se realizarán 5136 fusiones, de las cuales 2568 son fusionadas a la salida de los splitters y 2568 fusionadas a la entrada respectiva de cada NAP.



**Figura 3.22: Foto del interior de una manga con sus respectivas bandejas. [26]**



**Figura 3.23: Imagen de las propiedades de una manga en Autocad.**

En la figura 3.23 se muestra los atributos de una manga de empalme configurados en el software autocad. Las características de la manga la mostramos a continuación:

El primer atributo CLASE(CAPACIDAD)(LUGAR):DOMO(144)(SUBT), nos indica que es una manga de empalme tipo domo con capacidad de 144 empalmes y que es subterránea.

El atributo TIPO-SPLITER1:1/32(66), nos indica que es el primer splitter en la manga de empalme, con 32 subdivisiones y que se encuentra fusionado al hilo 66 de la fibra troncal principal FT\_01.

El atributo TIPO-SPLITER2:1/32(65), nos indica que es el segundo splitter en la manga de empalme, con 32 subdivisiones y que se encuentra fusionado al hilo 66 de la fibra troncal principal FT\_01.

El atributo TIPO-SPLITER3:1/32(64), nos indica que es el tercer splitter en la manga de empalme, con 32 subdivisiones y que se encuentra fusionado al hilo 66 de la fibra troncal principal FT\_01.

La propiedad FIBR.INGR(CAPA)(HILOS):FT\_05(48)(40..66) nos indica que entra a la manga un cable con capacidad de 48 hilos identificado como fibra troncal 5 (FT\_05), los hilos activos son los primeros 27 fusionado con los hilos de la troncal FT\_01 desde 40..66.

El atributo FIBR1\_SALI(CAPA)(HILOS):FD\_01(96)(1..96) nos indica que sale un cable de fibra para la red de distribución con capacidad de 96 hilos, todos estos hilos salen activos.

El carácter IDENTIFICADOR:FT01.FT05\_MT03 nos indica que la manga 3 está conectada a la troncal 5, siendo esta una derivación de la troncal 1.

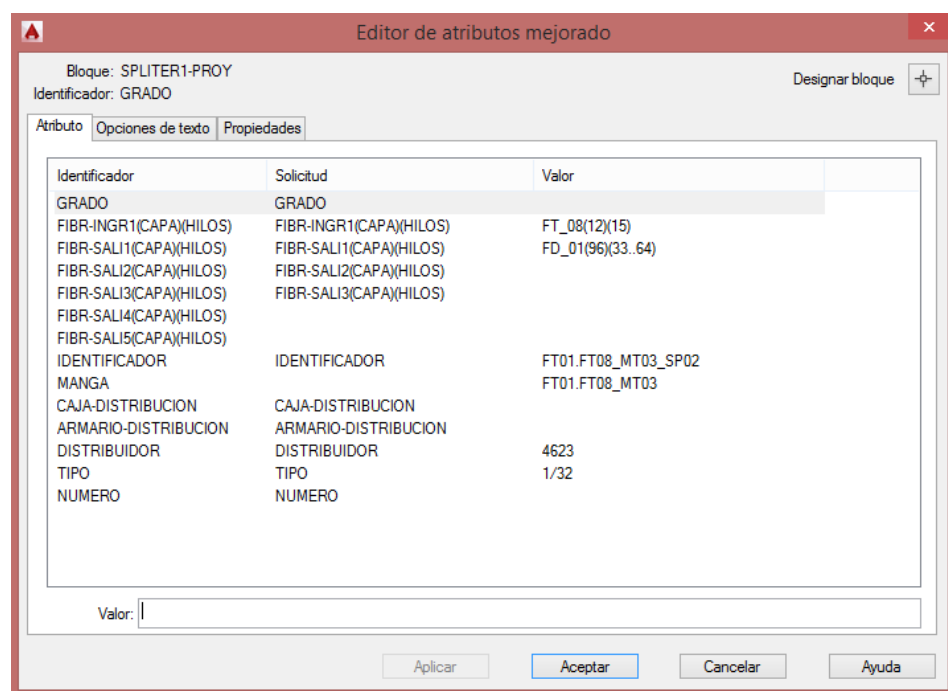
El penúltimo atributo FIBR5\_SALI(CAPA)(HILOS):FT\_06(24)(52..63) nos indica que sale un cable de fibra de 24 hilos, de los cuales esta activos los primeros 12 hilos que hacen fusión con los hilos de la troncal 1 desde hilo 52 hasta el 63. Como tenemos en la manga el troncal FT\_05 de entrada y observamos que en la salida hay otro troncal FT\_06, nos da a entender que esta es una derivación.

El ultimo atributo MODELO:FOSC-450-BS-6-NT-B0V nos indica el modelo de la manga con su respectivo código dado por el proveedor.



Las siguientes características: MANGA, CAJA-DISTRIBUCION y ARMARIO-DISTRIBUCION sirve para poner el identificador de dispositivo donde se encuentra el splitter, en este caso el splitter está en una manga por lo que los demás atributos están en blanco.

Por último, en el atributo DISTRIBUIDOR ponemos el número de cable de la fibra nos indica el distribuidor y en TIPO se coloca la capacidad del splitter.



**Figura 3.25: Atributos de splitter en el Autocad.**

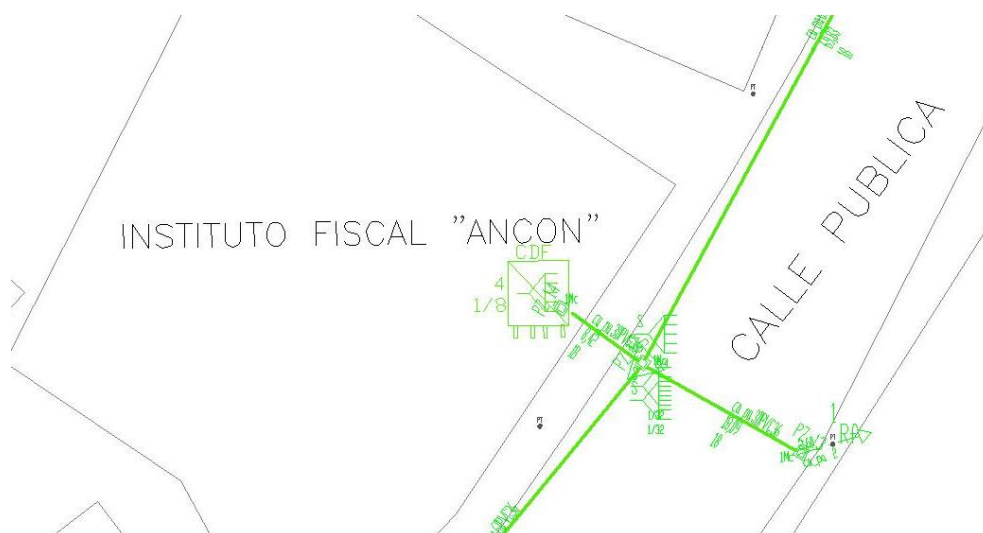
En la Tabla 11 podemos apreciar la cantidad de splitters por zonas proyectados para cubrir la necesidad de viviendas en la parroquia Ancón:

| Elemento        | Norte | Sur | Este | Oeste | Total |
|-----------------|-------|-----|------|-------|-------|
| <b>Splitter</b> | 19    | 29  | 16   | 26    | 90    |

**Tabla 11: Distribución de splitters.**

Para lograr cobertura en las diferentes instituciones educativas se utilizarán dos niveles de división y se colocará una caja de distribución de fibra óptica (CDF) en el edificio para satisfacer la necesidad de usuarios.

Este modelo de dos niveles de splitteo es conocido como distribuido. La relación de división para satisfacer esta necesidad será de 2 a 4 en un primer nivel colocado en la manga y splitter de 1 a 8 en un segundo nivel colocado dentro de la CDF de cada edificio. Se utilizará un splitter de 2 a 4 para tener un hilo de back up en las instituciones. Los 4 hilos de fibra de la primera división serán los hilos de ingreso a la CDF de cada institución. Es decir, en cada establecimiento educativo existirá hasta 32 puntos de recepción de la señal de audio y video. Con esta capacidad se puede abastecer 1 salón de audiovisuales, 1 salón de eventos y hasta 30 aulas por institución. Observamos un gráfico con la simbología de las CDF y de los splitter 2 a 4 en la figura 3.26.



**Figura 3.26: Distribución de los splitter para un modelo corporativo.**

En la tabla 12 podemos apreciar la cantidad de splitters por zonas proyectado para cubrir la necesidad de instituciones educativas en la parroquia Ancón:



| Tipo           | NORTE | SUR | ESTE | OESTE | TOTAL |
|----------------|-------|-----|------|-------|-------|
| Splitter 2 a 4 | 0     | 1   | 4    | 0     | 5     |
| Splitter 1 a 8 | 0     | 4   | 16   | 0     | 20    |

**Tabla 12: Distribución de los splitters para instituciones educativas.**

### 3.6.5 Ubicación de las cajas para la red de acceso y su configuración en Autocad

Las NAP son cajas para la distribución de la red de acceso ubicadas de manera que cada una por lo general cubra 10 usuarios, dejando 2 para futura expansiones.

Estos componentes están formadas por una base que permitirá su instalación en postes, en el interior de estas se fijan las bandejas de empalme. Adicionalmente están provista de una cubierta que se adapta a la base, la misma permite la salida de cables de dispersión por la parte inferior. La identificación será colocada con pintura esmalte en el exterior de color blanco. En la figura 3.27 observamos un ejemplo de cómo se vería una NAP para ESPOL-TV con su respectivo etiquetado A1 que nos indica a que circuito de la red de cada zona pertenece. Como se puede observar la salida para los cables de dispersión se encuentran por la parte inferior de la caja, así se impide el ingreso de humedad y otros objetos extraños.



**Figura 3.27: Fotos interna y externa de una NAP. [26]**

Como mencionamos anteriormente, para este proyecto se determinó que todas las NAP irán por aire. En la figura 3.28 se puede apreciar una NAP instalada en un poste.



**Figura 3.28: Fotos tomada en la provincia de Babahoyo, ciudadela “Ciudad de Valle”.**

Como se puede observar, la ubicación de la misma será frente a la calle y deberá tener por lo menos dos puntos de apoyo al poste. La NAP será ubicada a una distancia de 10 cm debajo del herraje terminal que soporta la fibra.

En la figura 3.29 mostramos un ejemplo de la cobertura de una NAP en la urbanización Brisas del Río perteneciente al barrio Nuevo.



**Figura 3.29: Cobertura en la Urbanización Brisas del Río.**

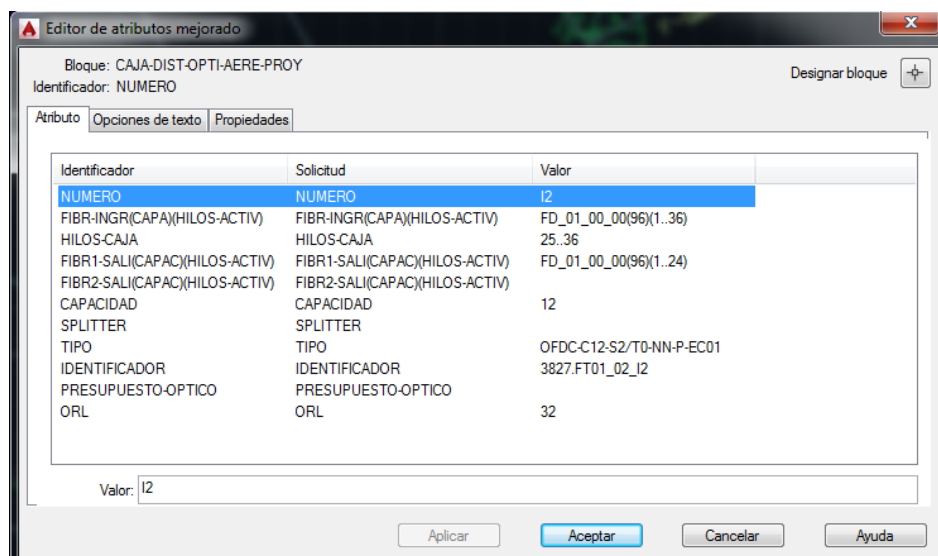
La figura 3.30 muestra los atributos de una caja de distribución configurados en el software Autocad 2015. Las características de este elemento son las siguientes:

El atributo NÚMERO indica el nombre del etiquetado de la NAP "12" y el atributo CAPACIDAD nos indica el número de puerto de salida de la NAP. El carácter FIBR-INGR1(CAPA)(HILOS-ACTIV):FD\_01(96)(1..36) nos indica que a la NAP ingresa una fibra de 96 hilos desde la red de distribución 1 (FD\_01) pero sólo se encuentran activos los hilos desde la fibra 1 a la 36.

El siguiente atributo HILOS-CAJA:25..36 nos muestra los hilos que se sangra de la fibra para dejarlo fusionados en la NAP.

La característica FIBR-SALI1(CAPA)(HILOS-ACTIV):FD\_01(96)(1..24) nos muestra que los hilos activos que continua hacia la siguiente NAP son del 1 al 24.

El atributo TIPO ponemos el número de código de dispositivo dado por el proveedor y en IDENTIFICADOR se pone el código de dispositivo local.



**Figura 3.30: Atributos de una caja de distribución óptica o NAP**

De acuerdo a la cantidad total de usuarios de cada región se necesitará la siguiente cantidad de cajas de dispersión mostrada en la Tabla 13

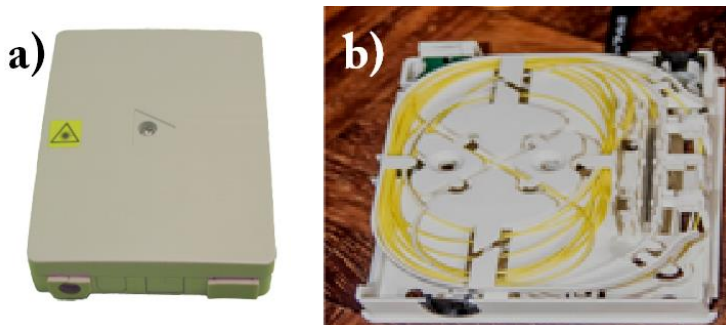
| REGIONES | CANTIDAD |
|----------|----------|
| Norte    | 48       |
| Sur      | 59       |
| Este     | 39       |
| Oeste    | 59       |

**Tabla 13: Distribución de NAPs por región.**

### 3.6.6 Configuración de la roseta óptica

Este es el punto terminal óptico de la red ODN que colocaremos en cada vivienda. En este elemento se ubicará el empalme mecánico entre la acometida exterior y la fibra interior, esta conexión finalizará en un conector tipo SC/APC. Finalmente la conexión entre esta roseta y la ONT la realizaremos mediante un cable con conectores SC/APC en ambos

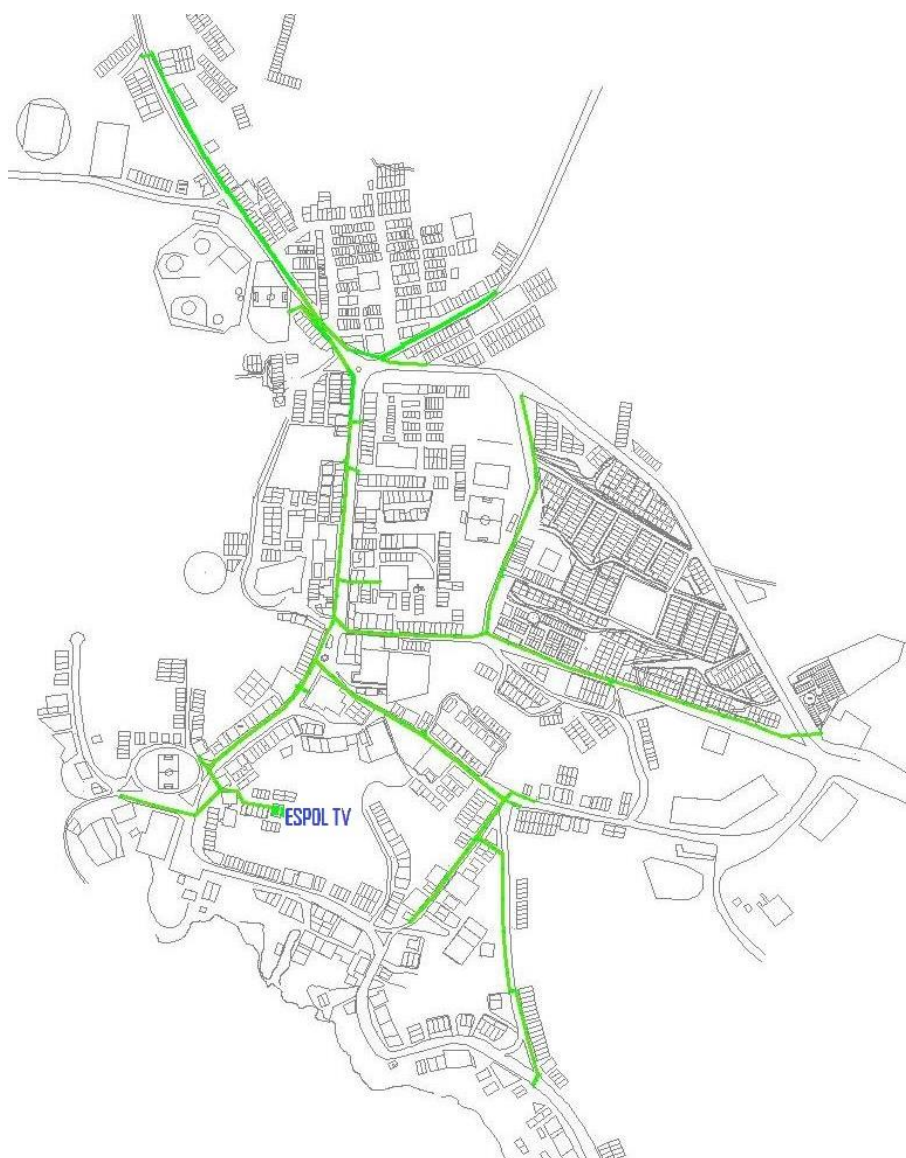
extremos. La roseta se fijará en una pared con tornillos o empotrada en una caja. En la figura 3.31 podemos apreciar la roseta óptica.



**Figura 3.31: a) Vista de Roseta externa y b) Vista de Roseta Interna. [26]**

### **3.6.7 Distribución y configuración de la canalización**

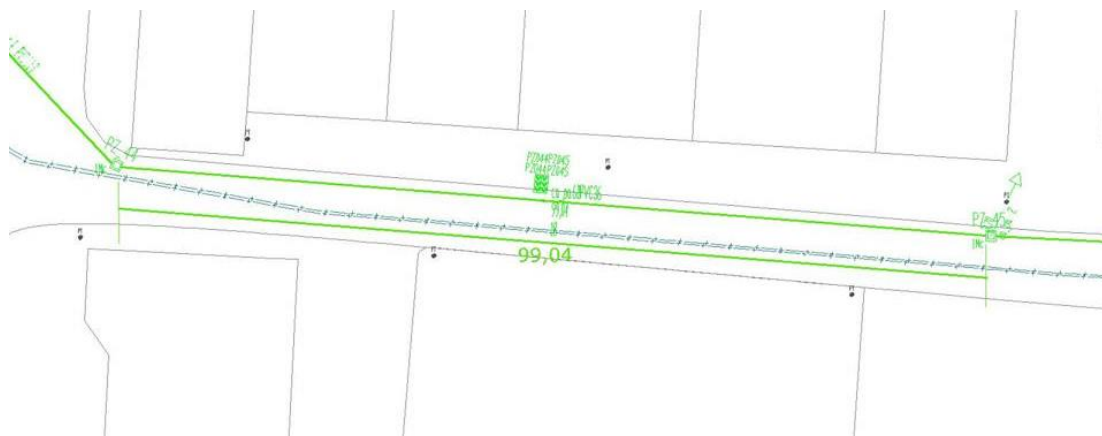
La canalización es creada para el tendido de la red troncal y para el tendido de la red de distribución interna de los institutos educativos. La canalización se la realizará de manera subterránea, tomando en cuenta las recomendaciones de la CNT y también las normas municipales. En la figura 3.32 se muestra la ruta de la canalización en el mapa de la parroquia San José de Ancón.



**Figura 3.32: Ruta de la canalización en la parroquia San José de Ancón.**

A lo largo de la canalización uno de los elementos más importante son los pozos, los cuales ayuda al tendido de la fibra subterránea. Los pozos son de 4 convergencias, es decir se encuentra unido entre sí con 4 ductos PVC de 4" de diámetro. Para nuestro diseño colocaremos tri-ductos en dos de los ductos PVC. Otra utilidad de los pozos es que alojan las mangas de empalme y las reservas necesarias para las futuras reparaciones y expansiones de la red. En la figura 3.33 observamos una

parte de la ruta de la canalización que pasa por el Barrio Alfaro, en la misma podemos observar que no se debe sobrepasar los 100 metros de separación entre pozos según la recomendación de CNT.



**Figura 3.33: Imagen que nos muestra la distancia entre dos pozos.**

En la Tabla observamos el número de pozos en cada región en la que subdividimos a la parroquia San José de Ancón.

|              | NORTE | SUR | ESTE | OESTE | TOTAL |
|--------------|-------|-----|------|-------|-------|
| <b>POZOS</b> | 18    | 42  | 21   | 20    | 101   |

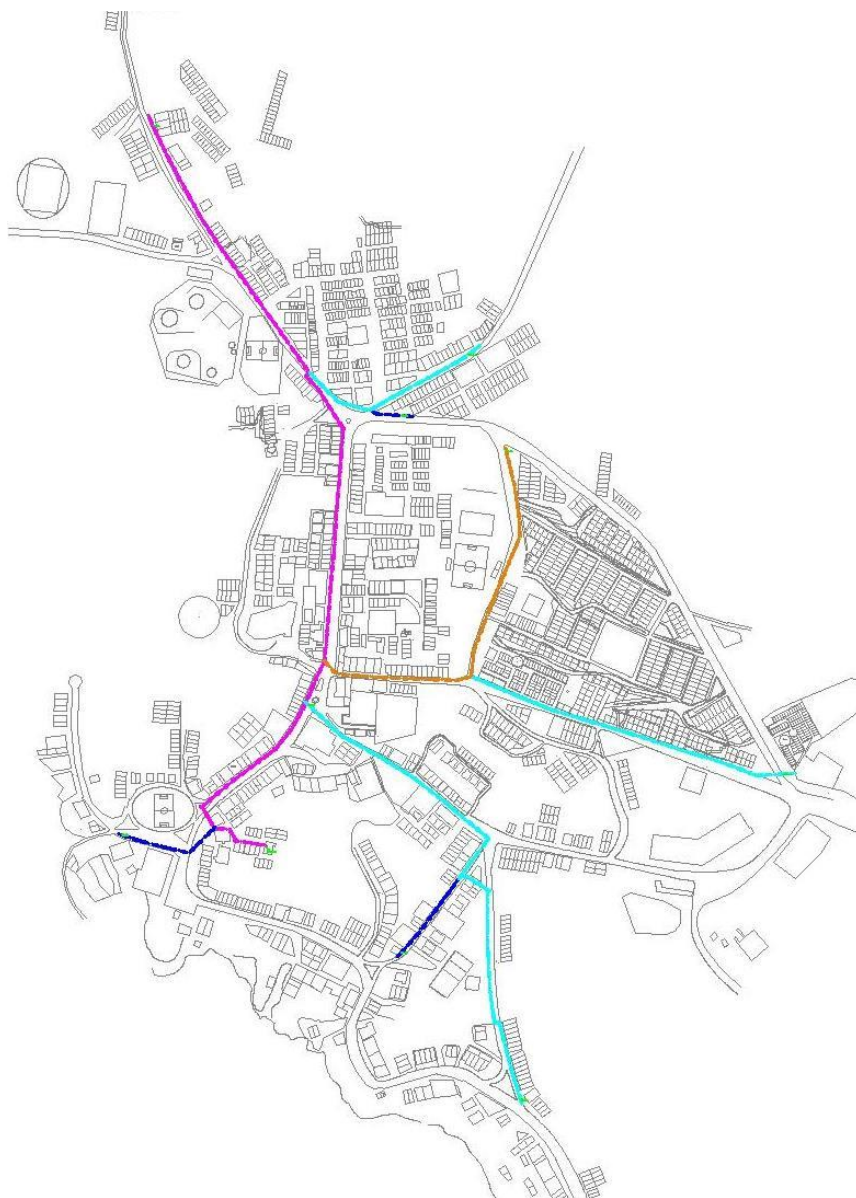
**Tabla 14: Distribución de pozos en la red troncal.**

### 3.6.8 Distribución y configuración de la red troncal

La distribución de hilos de fibra la podemos apreciar en la Tabla 15 estos valores son el número de hilos activos de cada región,

|              | NORTE | SUR | ESTE | OESTE | TOTAL |
|--------------|-------|-----|------|-------|-------|
| <b>HILOS</b> | 19    | 31  | 25   | 27    | 102   |

**Tabla 15: Distribución de hilos de fibra por región.**



**Figura 3.32: Red feeder y derivaciones en la parroquia.**

En la figura 3.32 observamos la distribución de la red troncal en el mapa de Ancón. En donde la fibra principal de 144 hilos (FT\_01) es la de color magenta, las demás son derivaciones que se utiliza para cubrir todos los clientes. La derivación de color naranja es de 48 hilos, las de color celeste son de 24 hilos y las azules son de 12 hilos.

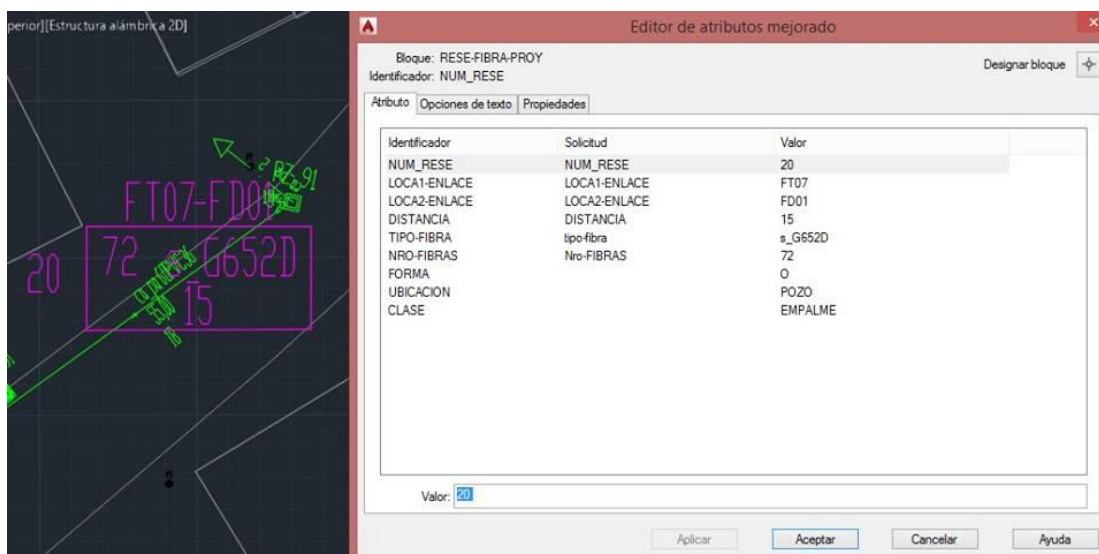




**Figura 3.33: Imagen de las reserva del tramo de Barrio Latacunga.**

A lo largo de la red troncal se dejará reserva en los pozos para futura reparaciones según las recomendaciones de la CNT EP y según el criterio del diseñador, en la figura 3.33 podemos observar un acercamiento del despliegue de las reservas en uno de los tramos del mapa de Ancón.

La configuración de los atributos de una reserva la podemos ver en la figura 3.34. Se puede observar una reserva de la fibra de distribución 1 de 72 hilos, a la cual se la nombró como reserva número 20 y contiene una longitud 15 metros. Esta reserva se encuentra en un pozo y sirve para reparación del empalme.



**Figura 3.34: Característica de una reserva.**

### 3.7 Equipo para recepción de la señal óptica

Para recepción óptica, el ONT debe soportar video digital sobre fibra óptica. Las características que debe tener son las siguientes:

- 1 Puerto GPON.
- 1 Puerto RF (Coaxial).
- Sensibilidad Mínima de recepción a 1550 nm de -28 dBm.
- Velocidad de transmisión de 2.4 Gbps para bajada.
- Administración telnet.



**Figura 3.35: ONT. [30]**

Adicionalmente si se desean agregar más servicios sobre esta red el ONT debe tener las siguientes características:

- 1 Puerto 10/100 Base-T (RJ-45).
- Potencia de transmisión óptica a 1310 nm de 5 dBm.
- Mínimas sensibilidad a 1490 nm de -28 dBm.
- 1 Puerto Rj-11.

Estas características permitirán que en el futuro sea más fácil poder agregar nuevos servicios a la red. Un equipo que cumple estas capacidades es el ONT HG8247 de Huawei. El precio aproximado de este equipo es de 80 dólares americanos.

## CAPÍTULO 4

### 4. DESCRIPCIÓN ECONÓMICA DE LA INVERSIÓN.

En este capítulo revisaremos el costo total del proyecto, cabe aclarar una vez más que los habitantes no deberán pagar mensualidades para tener el servicio, por tanto es importante tener en cuenta la cantidad de dinero que se debe invertir y también quién o cómo se podría costear y mantener un proyecto de este tipo.

#### 4.1 Descripción de la inversión inicial.

Describiremos la inversión inicial, dividiéndolas en las siguientes partes:

- Costos de cabecera
- Costos de la red de fibra óptica
- Costos de recepción

##### 4.1.1 Costos de los equipos de cabecera

En la Tabla 16 podemos observar al detalle los valores de cada equipo para montar la cabecera.

| UNIDAD DE PLANTA  | UNIDAD | PRECIO UNITARIO (USD) | CANTIDAD | TOTAL            |
|---|--------|-----------------------|----------|------------------|
| C Band 100cm (3.6 feet) satellite dish antenna - 6 Panels | U      | 600,00                | 2        | 1200,00          |
| Receptor PowerVu d9850                                    | U      | 1250,00               | 19       | 23750            |
| Motorola SEM V8 encriptador modulador                     | U      | 1500,00               | 3        | 4500,00          |
| Combinador RF 10 puntos                                   | u      | 1100,00               | 1        | 1100,00          |
| Rack RR 1265  | U      | 350,00                | 4        | 1400,00          |
| Video OLT Bktel   | U      | 33.000,00             | 1        | 33000            |
| ODF Rack Mount de 24p SC                                  | U      | 73,00                 | 3        | 219,00           |
| Suministro y tendido de cable coaxial RG-59 y conectores  | m      | 68,00                 | 2        | 136,00           |
| <b>SUBTOTAL CABECERA</b>                                  |        |                       |          | <b>65.305,00</b> |

Tabla 16: Costos de la cabecera.

El monto total de los equipos de cabecera asciende a \$ 65.305 dólares americanos considerando los fabricantes que nosotros creemos que cumplen mejor con las necesidades del diseño.

#### 4.1.2 Costos de red de fibra óptica

La descripción de la red de fibra la hemos dividido en 4 partes:

- Costos de la red feeder o red troncal.
- Costos de la red de distribución.
- Costos de la red de dispersión.
- Costos de la canalización.

En la Tabla 17 mostramos la descripción de la inversión en la red troncal.

| UNIDAD DE PLANTA  | UNIDA<br>D     | PRECIO<br>UNITARIO<br>(USD) | CANTIDA<br>D | TOTAL     |
|---|----------------|-----------------------------|--------------|-----------|
| Catastros   | HOJA           | 3,61                        | 4            | 14,44     |
| Planos de obra  | m <sup>2</sup> | 5,40                        | 2            | 10,80     |
| fusión de 1 hilo de fibra óptica  | HILO           | 8,60                        | 221          | 1.900,60  |
| instalación y suministro de<br>manguera corrugada de 3/4"   | m              | 2,31                        | 150          | 346,50    |
| Preparación de punta de cable de<br>fibra óptica y sujeción de cables de<br>144 a 288 hilos             | U              | 10,05                       | 4            | 40,20     |
| Preparación de punta de cable de<br>fibra óptica y sujeción de cables de<br>6 - 96 hilos                | U              | 7,29                        | 12           | 87,48     |
| Prueba reflectométrica uni<br>direccional por fibra en una<br>ventana gpon + traza reflecto<br>métrica  | HILO           | 8,21                        | 102          | 837,42    |
| Suministro y colocación de<br>identificador acrílico de fibra óptica<br>8 cm x 4 cm                     | U              | 5,10                        | 107          | 545,70    |
| Suministro y colocación de manga<br>subterránea porta splitter de 144,<br>tipo domo (apertura y cierre) | U              | 511,00                      | 34           | 17.374,00 |
| Suministro y colocación de splitter<br>PLC para fusión (1x32)   | U              | 206,79                      | 90           | 18.611,10 |
| Suministro y colocación de splitter<br>PLC para fusión (2x4)  | U              | 116,18                      | 5            | 580,90    |
| Suministro y colocación splitter de<br>1/8 LGX (incluye acopladores)                                    | U              | 255,40                      | 20           | 5.108,00  |

|   |   |      |         |                  |
|---|---|------|---------|------------------|
| Suministro y tendido de cable canalizado 6 fibras ópticas monomodo g652.d   | m | 2,17 | 456,75  | 991,15           |
| Suministro y tendido de cable canalizado 12 fibras ópticas monomodo g652.d  | m | 2,44 | 782,25  | 1.908,69         |
| Suministro y tendido de cable canalizado 24 fibras ópticas monomodo g652.d  | m | 2,82 | 3049,2  | 8.598,74         |
| Suministro y tendido de cable canalizado 48 fibras ópticas monomodo g652.d  | m | 3,49 | 1200,15 | 4.188,52         |
| Suministro y tendido de cable canalizado 144 fibras ópticas monomodo g652.d | m | 6,56 | 2571,45 | 16.868,71        |
| <b>SUBTOTAL RED FEEDER</b>  |   |      |         | <b>78.012,96</b> |

**Tabla 17: Costos de la red feeder.**

El monto total de la inversión asciende a \$ 78.012,96 dólares americanos.

En la Tabla 18 podemos observar la descripción de la inversión en la red de distribución.

| UNIDAD DE PLANTA  | UNIDAD | PRECIO UNITARIO (USD) | CANTIDAD | TOTAL     |
|---|--------|-----------------------|----------|-----------|
| Herraje de dispersión para poste  | U      | 4,70                  | 533      | 2.505,10  |
| Fusión de 1 hilo de fibra óptica  | U      | 8,60                  | 2568     | 22.084,80 |
| Fusión de hilo de fibra óptica con pigtail  | U      | 15,08                 | 2568     | 38.725,44 |
| Porta reservas fibra óptica pozo  | U      | 12,87                 | 75       | 965,25    |
| Preformado helicoidal para vano de 120m para fibra adss 10,8-11,4mm                         | U      | 19,09                 | 116      | 2.214,44  |
| Preformado helicoidal para vano de 120m para fibra adss 12,30-12,9mm                        | U      | 21,28                 | 388      | 8.256,64  |
| Preformado helicoidal para vano de 120m para fibra adss 13,00-13,70mm                       | U      | 21,71                 | 146      | 3.169,66  |
| Preparación de punta de cable de fibra óptica y sujeción de cables de 6 - 96 hilos          | U      | 7,29                  | 272      | 1.982,88  |
| Prueba reflectométrica unidireccional por fibra en una ventana gpon + traza reflectométrica | HILO   | 8,21                  | 2568     | 21.083,28 |

|  |   |        |         |                   |
|--|---|--------|---------|-------------------|
| Sangrado de cable fibra óptica adss de 6 – 48  | U | 9,44   | 138     | 1.302,72          |
| Sangrado de cable fibra óptica adss de 72-96   | U | 12,27  | 107     | 1.312,89          |
| Suministro e instalación de herraje de retención para fibra adss 1 extensión (vano 120m)         | U | 9,86   | 406     | 4.003,16          |
| Suministro e instalación de herraje de retención para fibra adss 2 extensiones (vano 120m)       | U | 11,08  | 107     | 1.185,56          |
| Herraje tipo b (cónico) para cable de fibra óptica adss (1 sf)                                   | U | 14,89  | 20      | 297,80            |
| Suministro y colocación de caja de distribución aérea de 12 puertos sc/apc (nat)                 | U | 283,02 | 214     | 60.566,28         |
| Suministro y colocación de identificador acrílico de fibra óptica 12,5 cm x 6 cm                 | U | 6,10   | 67      | 408,70            |
| Suministro y tendido de cable aéreo adss de fibra óptica monomodo de 12 hilos g.652.d vano 120 m | m | 2,72   | 888,3   | 2.416,18          |
| Suministro y tendido de cable aéreo adss de fibra óptica monomodo de 24 hilos g.652.d vano 120 m | m | 2,75   | 2784,6  | 7.657,65          |
| Suministro y tendido de cable aéreo adss de fibra óptica monomodo de 48 hilos g.652.d vano 120 m | m | 4,39   | 6687,45 | 29.357,91         |
| Suministro y tendido de cable aéreo adss de fibra óptica monomodo de 72 hilos g.652.d vano 120 m | m | 4,65   | 2572,5  | 11.293,28         |
| Suministro y tendido de cable aéreo adss de fibra óptica monomodo de 96 hilos g.652.d vano 120 m | m | 8,28   | 3920,7  | 18.231,26         |
| <b>SUBTOTAL RED DISTRIBUCIÓN</b>   |   |        |         | <b>239.020,86</b> |

**Tabla 18: Costos de la red de distribución.**

El monto total de la inversión en la red de distribución es \$ 239.020,86 dólares americanos.

En la Tabla 19 podemos observar la descripción de los elementos y manos de obra para la red de dispersión o también llamada red de última milla.

| UNIDAD DE PLANTA   | UNIDAD | PRECIO UNITARIO (USD) | CANTIDAD | TOTAL             |
|--|--------|-----------------------|----------|-------------------|
| suministro y tendido de cable aéreo de 2 fibras ópticas g.657a1 (drop) 6mm | m      | 1,50                  | 321000   | 481500,00         |
| fusion de hilo de fibra optica con pigtail                                 | U      | 15,08                 | 5136     | 77450,88          |
| suministro y colocación de roseta óptica 2 hilos de fibra                  | U      | 24,98                 | 2568     | 64148,64          |
| suministro y ejecución de herraje tipo a para cable fibra óptica figura 8  | U      | 10,95                 | 6420     | 70299,00          |
| suministro y ejecución de herraje tipo b para cable fibra óptica figura 8  | U      | 8,05                  | 1284     | 10336,20          |
| <b>SUBTOTAL RED DISPERSIÓN</b>   |        |                       |          | <b>703.734,72</b> |

**Tabla 19: Costos red de dispersión.**

La inversión total en la red de dispersión asciende a \$ 703.734,72 dólares americanos.

Finalmente, en la Tabla 20 podemos observar la descripción de elementos y mano de obra para realizar la canalización.



| UNIDAD DE PLANTA  | UNIDA<br>D     | PRECIO<br>UNITARIO<br>(USD) | CANTIDA<br>D | TOTAL               |
|---|----------------|-----------------------------|--------------|---------------------|
| Canalización calzada 4 vías + 2 triductos   | m              | 53,45                       | 6067,16      | 324.289,70          |
| canalización acera 2 vías + 2 triductos   | m              | 33,36                       | 164,6        | 5.491,06            |
| tapón ciego para triducto (1/ 1/4´´)  | U              | 5,33                        | 965          | 5.143,45            |
| Tapón simple para fibra óptica (tapón guía 1 1/4´´)                                   | U              | 10,72                       | 255          | 2.733,60            |
| Tapón ciego para ducto (4´´)  | U              | 16,01                       | 386          | 6.179,86            |
| Corte de asfalto en calzada con disco diamantado (profundidad=8 cm)                   | m              | 4,24                        | 10610,24     | 44.987,42           |
| Excavación de grava   | m <sup>3</sup> | 14,23                       | 2652,56      | 37.745,93           |
| Excavación de tierra  | m <sup>3</sup> | 8,82                        | 762,04       | 6.721,19            |
| Suministro y colocación de subida a poste para fibra óptica con tubo emt de 3 m de 2" | U              | 53,89                       | 84           | 4.526,76            |
| Rotura de asfalto y desalojo  | m <sup>2</sup> | 6,66                        | 10610,24     | 70.664,20           |
| Rotura y desalojo de hormigón fc=210 kg/cm2 en calzada                                | m <sup>3</sup> | 40,16                       | 1014,5       | 40.742,32           |
| Reposición de asfalto   | m <sup>2</sup> | 39,81                       | 10610,24     | 422.393,65          |
| Reposición de hormigón fc=210 kg/cm2 en calzada                                       | m <sup>3</sup> | 129,70                      | 1014,5       | 131.580,65          |
| Pozo de mano de 1,20 x 1,20 m, tapa y cerco de hierro fundido                         | U              | 790,29                      | 101          | 79.819,29           |
| <b>SUBTOTAL CANALIZACIÓN)</b>   |                |                             |              | <b>1.183.019,08</b> |

**Tabla 20: Costos de la canalización.**

La inversión para la canalización de la red es la más elevada y alcanza un valor de \$ 1'183.019,08 dólares americanos.

#### 4.1.3 Costos de recepción

Para finalizar, en la Tabla 21 se puede observar la descripción de la inversión en la recepción. Inicialmente consideramos solamente la adquisición de 2000 equipos de recepción para la red.

| UNIDAD DE PLANTA  | UNIDAD | PRECIO UNITARIO (USD) | CANTIDAD | TOTAL             |
|---|--------|-----------------------|----------|-------------------|
| ONT HG8247  | U      | 85,00                 | 2000     | 170000            |
| Suministro y tendido de cable coaxial RG-6 y conectores | m      | 65,00                 | 100      | 6500,00           |
| <b>SUBTOTAL RECEPCIÓN</b>                               |        |                       |          | <b>176.500,00</b> |

Tabla 21: Costos de recepción. [26]

#### 4.2 Costo total del proyecto.

Para terminar, el proyecto social del diseño de una red de audio y video utilizando tecnologías FTTH y como headend a ESPOL TV tiene un costo inicial de implementación de \$ 2'445.592,62 dólares americanos. Proponemos este proyecto para que sea financiado por el FODETEL (Fondo del Desarrollo de las Telecomunicaciones) por su naturaleza de prestación de servicio de telecomunicaciones para una zona rural.

#### 4.3 Beneficios del proyecto.

En este proyecto inicialmente no se gozará de rentabilidad económica o monetaria dada su naturaleza social. Los beneficios que se obtendrán serán más bien indirectos. El principal beneficio que proyectamos con la realización de este proyecto es una mejora en la educación y la formación académica de los estudiantes de la parroquia San José de Ancón. Aumentando los conocimientos y destrezas en los jóvenes podemos llevarlos a tener un futuro más prometedor y productivo para la sociedad.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Estudiamos los componentes de una red de fibra óptica pasiva como respuesta a la necesidad de una red cableada de fibra óptica para la parroquia San José de Ancón. También se analizaron los elementos necesarios que necesitaría ESPOL-TV para servir como Headend de la red que se desea diseñar.
2. Para realizar el diseño de la red de audio y video consideramos las normas que utiliza la Corporación Nacional de Telecomunicaciones para desarrollar sus proyectos de redes ópticas pasivas. Estas normas nos fueron muy útiles para seguir paso a paso el diseño de la red de dispersión hasta la red feeder considerando cada elemento que forma las diferentes etapas de una red FTTH.
3. Se obtuvo la cantidad de dinero total que se necesitaría como inversión inicial para el desarrollo e implementación del proyecto. Hicimos una descripción detallada de cada equipo, suministro y componente que se requerirá en cada parte de la red y cabecera.
4. Se consideró un beneficio indirecto para la sociedad el hecho de la creación de una red de audio y video con fines educativos para apoyar el desarrollo académico de niños y jóvenes ecuatorianos.

### Recomendaciones

1. En caso que el municipio quiera sacar algún beneficio económico del proyecto se recomienda realizar una propuesta con planes tentativos a ofrecer antes de que la implementación esté completa.
2. La estructura y la capacidad de la red ofrecen un amplio margen de crecimiento. Asimismo se podría pensar en agregar otros servicios de Telecomunicaciones tales como: telefonía y datos. Se recomienda analizar cuál sería el impacto social y económico en la parroquia.

3. La infraestructura que se propone montar, en la canalización, provee espacio para que otra empresa de Telecomunicaciones pueda desplegar una red cableada. Se recomienda considerar esta característica como un posible ingreso.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] GAD Parroquial Ancón (2015, junio 1), Parroquia San José de Ancón [Online], Disponible en: <http://www.gadpancon.gob.ec>
- [2] DIRECTV (2015, septiembre 10). La televisión satelital [Online]. Disponible en: <http://www.directv.com.ec/ayuda/article.aspx?Id=276&Fald=37>
- [3] El Universo (2012, junio 4). ESPOL y su labor en la Península [Online]. Disponible en: <http://www.eluniverso.com/2012/06/04/1/1363/espol-labor-peninsula.html>
- [4] A.A. Panchana, M.A. Estrella, “Estudio de Factibilidad, Diseño del Sistema y Planificación para la Implementación de ESPOL-TV en la Ciudad de Guayaquil, con punto de Retransmisión en la provincia de Santa Elena y el Cantón Payas”, Tesis de ingeniería, Facultad FIEC, ESPOL, Prosperina, 2014.
- [5] F. Martínez, Revista Electrónica de Tecnología Educativa (1999). Televisión Educativa: Su eficacia y sus pretensiones [Online], Disponible en: <http://edutec.rediris.es/documentos/1999/televis.htm>
- [6] M. F. Doménech, “¿Es posible la televisión educativa en la multidifusión digital?”, Dialnet, Valencia, España, ISSN: 1134-3478, 2005.
- [7] J. Matus, “La televisión educativa en Chiapas, un proyecto para rescatar”, Revista Latina de Comunicación Social, Tenerife, España, ISSN: 1138-5820, 2001.
- [8] Ministerio de Educación y Ciencia, (1994), “La Televisión Educativa en España” [Online], Disponible en: <http://www.uned.es/ntedu/espanol/master/segundo/modulos/taller-virtual-de-television/informe-marco.pdf>
- [9] EDUCA, (2013, junio 21), “Educa una experiencia única de televisión educativa” [Online], Disponible en: <http://www.educa.ec/index.php/noticias/77-educa-una-experiencia-unica>
- [10] W. Tomasi, “Comunicaciones de fibra óptica” en el Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ta ed., Madrid, España: Pearson Educación, 2003, ISBN:970-26-0316-1.

- [11] Grupo de Comunicaciones Ópticas, (2006). “La fibra óptica” [Online], Disponible en: [http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2\\_1\\_1.htm](http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_1.htm)
- [12] Grupo de Comunicaciones Ópticas, (2006). “La fibra óptica” [Online], Disponible en: [http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2\\_1\\_4.htm](http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_4.htm)
- [13] Grupo de Comunicaciones Ópticas, (2006). “La fibra óptica” [Online], Disponible en: [http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2\\_1\\_3.htm](http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_3.htm)
- [14] J. Galeano, “Diseño e Instalación de una red FTTH”, Tesis de ingeniería, Dept. de Teoría de la Señal y Comunicaciones, Univ. Carlos III de Madrid, Madrid, España, 2009.
- [15] Y. Marchukov, “Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH”, Tesis de ingeniería, Dept. Sist. de Comunicaciones, Universidad Politécnica de Valencia, Gandia, Español, 2011.
- [16] A. García, Telnet Redes Inteligente S.A. (2014, mayo), “GPON, Introducción y Conceptos Generales”(Ver. 2.3) [Online],. Disponible en: <http://www.ccapitalia.net/?p=1189>
- [17] E. del Rio (2014, julio 4), “Análisis de los equipos utilizados en una instalación FTTH de Movistar” [Online], Disponible en: <http://fibroptica.blog.tartanga.net/2014/07/04/analisis-de-los-equipos-utilizados-en-una-instalacion-ftth-de-movistar/>
- [18] J.H. Hinojosa, “Diseño de una propuesta de red de Acceso para brindar servicios de internet, telefonía, datos y televisión a través de fthh, para sectores de Ñaquito mediante la tecnología RFOG para un proveedor de CATV”, Tesis

de ingeniería, Fact. Ingeniera Electricidad y Electrónica, Escuela Politecnica Nacional, Quito, Ecuador, 2014.

[19] J. S. Arteaga, P. E. Fernández, “Estudio para la implementación de un Headend Digital en la Empresa Municipal de telefonía, agua potable y alcantarillado ETAPA y que permita la distribución de televisión digital a empresas de telecomunicaciones a nivel nacional”, Tesis de ingeniería, Fact. Ingeniera Electrónica, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, 2008.

[20] L. Palomeque, “Diseño de la Ingeniería de un canal TDT basado en el estándar ISDB-T internacional para TV sultana de Riobamba”, Tesis de ingeniería, Fact. de Informática y Electrónica, Universidad Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2015.

[21] Lyngsat (2015). Obtenido de <http://www.lyngsat.com/>

[22] Dishstone (2015). Obtenido de <http://www.dishstone.com/>

[23] Cisco (2015). Obtenido de <http://www.cisco.com/>

[24] Motorola (2015). Obtenido de

<http://thomasonbbs.com/store/pc/viewPrd.asp?idproduct=1448>

[25] Bktel (2015). Obtenido de <http://www.bktel.com/bktel/gb/common/home.html>

[26] Corporación Nacional de Telecomunicaciones. “Normas técnicas de diseño de planta externa con fibra óptica”, Guayaquil, Ecuador, 2015.

[27] Corporación Nacional de Telecomunicaciones. “Normas técnicas de diseño y construcción de redes de distribución interna GPON FTTH en edificios y urbanizaciones”, ver. 1.1, Guayaquil, Ecuador, 2014

[28] Corporación Nacional de Telecomunicaciones. “Normas de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica, ver. 1. 0, Guayaquil, Ecuador, 2012.

[29] C. O. Añazco, "Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON", Tesis de Maestría en Telecomunicaciones, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2013.

[30] Huawei (2015). Obtenido de <http://www.huawei.com/ec/>



## ANEXOS

### ANEXO 1

#### ENCUESTA DE ESTUDIO

1) ¿Cuántos canales de TV por aire usted puede ver en la Televisión de su casa? (No incluye los canales de televisión satelital)

2\_\_\_ 3\_\_\_ 4\_\_\_ 5\_\_\_ 6\_\_\_ 7 o  
mas\_\_\_

2) ¿Califique la calidad de la señal de televisión que llega su hogar, siendo 1 el más bajo equivalente a mala y 10 es más alto equivalente a muy buena?

\_\_\_\_\_

3) ¿Cuál es su proveedor de tv satelital? (Solo si tiene tv satélite en casa)

CNT \_\_\_ TV-CABLE \_\_\_ DIRECT-TV \_\_\_ OTROS  
\_\_\_\_\_

4) ¿Cree usted que el contenido mostrado en la televisión es el adecuado para los niños y jovenes?

SI\_\_\_

NO\_\_\_

5) ¿Cree usted que un canal de televisión educativa ayudaría a la formación de niños y jóvenes?

SI\_\_\_

NO\_\_\_

---