



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SERVICIOS CONVERGENTES DE TELECOMUNICACIONES CON MODELO DE RED FTTH BASADO EN LA TIPOLOGÍA GPON EN EL SECTOR DE BANIFE DEL CANTÓN DAULE, DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo la obtención del Título de:

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

ING. EVELYN RODRÍGUEZ ALARCÓN
ING. LUIS FERNANDO VÁSQUEZ VERA

Guayaquil – Ecuador
2016

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a mi Dios por ser mi proveedor y mi sustento durante esta carrera y porque me ha enseñado una vez más que todo lo puedo en Cristo que me Fortalece.

Al Dr. Freddy Villao, quien con sus altos conocimientos y su guía me ha permitido culminar de manera exitosa el presente trabajo.

A mi familia por su esfuerzo y apoyo durante todos mis estudios.

A mi compañero de tesis por su firmeza y dedicación para el buen desarrollo de este proyecto.

Ing. Evelyn Rodríguez.

A Dios por sus constantes bendiciones y porque me ha dado la fuerza para culminar este trabajo.

Al Ing. Freddy Villao, PhD, quien ha sido mi tutor en este proyecto y me ha guiado para terminarlo de la mejor forma posible.

A toda mi familia quienes me ofrecieron su apoyo en todo momento.

A mi compañera de Tesis, por su paciencia y comprensión.

Ing. Luis Fernando Vásquez Vera, M.Sc.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios, a mi familia y a aquellas personas que me brindaron de alguna manera su apoyo para terminar con éxito esta carrera.

Ing. Evelyn Rodríguez Alarcón.

Dedico este trabajo a mi amada familia, en especial a mis hijos, quienes son mi inspiración para ser mejor cada día.

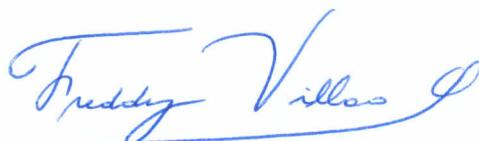
Ing. Luis Fernando Vásquez Vera, M.Sc.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



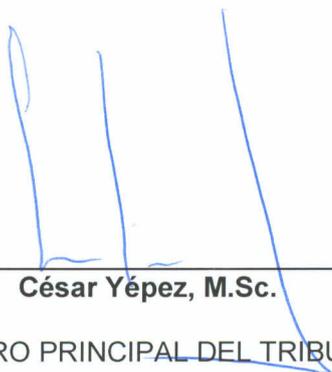
Sixto García, PhD.

SUBDECANO DE LA FIEC



Freddy Villao Quezada, PhD

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

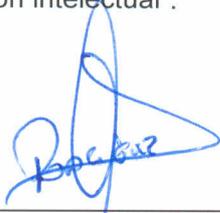


César Yépez, M.Sc.

MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL 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”.



Ing. Evelyn Rodríguez Alarcón



Ing. Luis Fernando Vásquez Vera

RESUMEN

El propósito del presente proyecto es elaborar un diseño para el cambio de tecnología en el sector de Banife del cantón Daule, delimitando el área de cobertura con los armarios telefónicos existentes 11 y 12 de la central Daule de la CNT E.P., y en base a la demanda de servicios que se tienen en lado Este del mencionado sector, debido a que esta área se encuentra en mayor crecimiento poblacional.

Los armarios telefónicos antes detallados proveen a 520 abonados el servicio de telefonía fija dentro de los cuales solo 234 cuentan con el servicio de voz y datos, debido a que la distancia desde la central hasta el solar más lejano del sector en mención es aproximadamente de 2 Km; por lo tanto se beneficiara al mismo tiempo a aquellos usuarios que no poseen servicio de voz y datos por el motivo descrito anteriormente.

Por consiguiente con la finalidad de satisfacer los requerimientos técnicos de los abonados que pertenecen al sector Este de Banife del Cantón Daule, se plantea diseñar una tecnología convergente (voz, datos y video) que soporte servicios con una tasa alta de transmisión de datos como lo es FTTH – GPON, a través de una misma infraestructura basada en IP, lo cual beneficia al usuario final ya que obtendría un servicio de mejor calidad.

Para el diseño se considerará que en la central telefónica Daule se encuentra una OLT, ODFs de planta interna y externa, así también la red Feeder de 288 hilos de los cuales se utilizarán 33 hilos cantidad que fue determinada mediante un análisis de abonados existente y demanda comercial.

Además, se presentará el modelo de despliegue masivo/ casa manga porta splitter con dos niveles de splitters 1:4 y 1:8, con su respectivo presupuesto óptico, para una mejor optimización de la red ODN.

Finalmente, se realiza el costeo de la Red FTTH – GPON y el tiempo de planificación de construcción de la misma.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	viii
DECLARACIÓN EXPRESA	ix
RESUMEN.....	x
ABREVIATURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	xxi
CAPÍTULO 1.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación	3
1.2.1. Objetivo General	7
1.2.2. Objetivos específicos	7
1.3 Planteamiento del problema	8
1.4 Modelo propuesto para la solución del problema	10
1.5 Metodología.....	11
CAPÍTULO 2.....	14
2.1 ¿Por qué GPON?	14
2.2 Definición de FTTH – GPON.....	17
2.3 Evolución de la normalización GPON	18
2.4 Configuración de referencia de un sistema GPON.....	23
2.4.1 Interfaz de nodo de servicio	24
2.4.2 Interfaz en los puntos de referencia S/R y R/S.....	24

2.5 Servicio, interfaz usuario-red e interfaz de nodo de servicio	24
2.5.1 Servicios	24
2.5.2 Interfaz usuario- red (UNI) e interfaz de nodo de servicio (SNI).	24
2.6 Arquitectura del sistema GPON	25
2.6.1 Configuración de referencia.	26
2.6.2 Beneficios por el uso de la arquitectura del sistema GPON	27
2.7 Bloques funcionales	28
2.7.1 Red de acceso GPON.....	28
2.7.2 Terminación de Línea Óptica (OLT)	28
2.7.3 Red de Distribución Óptica (ODN)	30
2.7.4 Unidad de red GPON (ONU / ONT)	32
2.8 Modelos de despliegue de Red ODN	32
2.9. Fibra y administración de la fibra	35
2.9.1 Elección de la fibra óptica	35
2.9.2 Conectores de patchcords y pigtails.....	38
2.9.3 Empalmes de fibra	43
CAPÍTULO 3.....	44
3.1 Situación actual del sector de Banife del cantón Daule, Provincia del Guayas...44	
3.2 Alcance del proyecto.....	47
3.3 Requerimientos del diseño.....	47
3.4 Levantamiento de información georeferenciados de elementos de la red existente.	57
3.5 Modelo de la infraestructura y elementos del enlace para accesos GPON.	58
3.5.1 Determinación y ubicación de equipos a utilizar.....	58
3.5.2 Topología de la red.	66
3.5.3 Arquitectura del diseño.	69

3.6 Presupuesto óptico.....	86
3.7 Esquema del diseño de la red.....	92
3.7.1 Diagrama topológico en el software AUTOCAD 2D 2015.....	92
3.7.2 Red al exterior de una urbanización.....	93
3.7.3 Red al interior de una urbanización.....	93
3.8 Cronograma de implementación del diseño.....	93
CAPÍTULO 4.....	95
4.1 Análisis y descripción de equipos y fabricantes.....	95
4.1.1 Tipo de cableado.....	96
4.1.2 Tipo de OLT.....	97
4.1.3 Tipo de Splitter.....	98
4.1.4 Tipos de empalmes y Pachtocords a utilizar.....	98
4.1.5 Software calculador óptico.....	98
4.2 Análisis económico de la red GPON.....	99
4.2.1 Presupuesto económico.....	101
4.2.2 Volumen de obra.....	102
4.3 Análisis de los parámetros del diseño de la red óptica pasiva.....	108
4.3.1 Futuras expansiones en la red.....	108
4.3.2 Elaboración de flujo de caja.....	110
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
BIBLIOGRAFÍA.....	116
ANEXOS.....	119

ABREVIATURAS

ADSL	Línea de abonado digital asimétrica
AES	Estándar de encriptación avanzada
APC	Contacto físico en ángulo
APON	Red óptica pasiva asincrónica
ATM	Modo de transferencia asincrónica
BPON	Red óptica pasiva de banda ancha
CADEX	Inversiones de bienes capitales
CATV	Televisión por cable
CNT	Corporación Nacional de Telecomunicaciones
CO	Oficina Central del Proveedor
E. P	Empresa Pública
EPON	Red óptica pasiva de ethernet
FDB	Distribución de fibra para edificio
FDH	Armario de distribución de fibra
FEC	Corrección de errores hacia delante
FITL	Fibra en el bucle de abonado
FO	Fibra óptica
FSAN	Red de acceso de servicio completo
FTTB	Fibra para edificios
FTTC	Fibra hasta la acera
FTTCab	Fibra al gabinete
FTTH	Fibra para el hogar
FTTN	Fibra hasta el nodo
FTTO	Fibra hasta la oficina
FTTx	Fibra hasta "x"
GEM	Modo encapsulado de GPON
GPON	Gigabit de red óptica pasiva
HSI	Internet de alta velocidad

IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IL	Pérdida de inserción
Ip	Protocolo de internet
IPTV	Televisión por protocolo de internet
LC	Conectores locales
LOT	Ley Orgánica de Telecomunicaciones
MBPS	Mega bits por segundo
MDU	Múltiple dwelling units (Multiple unidades de abonados)
MLM	Modo multilongitudinal
MMF	Fibra multimodo
MPLS	Multiprotocol label switching (Multiprotocolo de cambio de etiquetas)
NAP	Caja de dispersión
NG-PON1	Siguiente generación de redes ópticas pasivas
NG-PON2	Siguiente generación de redes ópticas pasivas
NRZ	No retorno a cero
ODF	Distribuidor de fibra óptica
ODN	Red de distribución óptica
OLT	Terminal Óptico de Línea
OMA	Operaciones, administración y mantenimiento
ONT	Terminal de red óptica
ONU	Unidad de red Óptica
OPEX	Gastos de operación
PC	Tipo de pulido plano
PDM	Gestión de datos del producto
PIN	Potencia lumínica de entrada
PLOAM	Capa física del OAM
PON	Red óptica pasiva
POTS	Servicio telefónico ordinario

POUT	Potencia lumínica de salida
PSTN	Red Telefónica pública conmutada
PVC	Policloruro de vinilo
QoS	Calidad de Servicios
RL	Pérdida de retorno
SAI	Sistema de alimentación ininterrumpida
SC	Conectores cuadrados
SFF	Factor de forma pequeña
SIN	Interfaz de nodo de servicio
SLM	Modo de longitud simple
SMF	Fibra monomodo
SPLITTER	Divisor Óptico
ST	Conectores de punta recta
TC	Transmission Convergence (ATM) Convergencia de transmisión.
TDM	Multiplexión por división de tiempo
TDMA	Acceso múltiple por división de tiempo
TIC	Tecnologías de la Información y Comunicación
TSS	Inspección técnica del lugar
TV	Televisión
TWDM	Tiempo de multiplexación por división de longitud de onda
UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UNI	Interfaz usuario de red
UPC	Tipo de pulido ultra plano
VoD	Video bajo demanda
VoIP	Voz por protocolo de internet
WDM	Multiplexación por división de longitud de onda
XDSL	Línea de abonado digital

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Características Técnicas Generales del Sistema GPON	16
Tabla 2.2: Lista de recomendaciones ITU-T G984.....	22
Tabla 2.3: Elementos – configuración referencia GPON	23
Tabla 2.4: Código de colores de las fibras y los buffers	32
Tabla 2.5: Combinación de dos niveles de splitters	34
Tabla 2.6: ITU.T G652D Atributos	36
Tabla 2.7: ITU-T G.657 categoría A – Atributos	37
Tabla 2.8: Tabla de Especificaciones Técnicas de Conectores	39
Tabla 2.9: Tipos de pulidos	41
Tabla 3.1: Información Técnica de Armarios Existentes.....	45
Tabla 3.2: Resultados del censo en Banife sector Este	49
Tabla 3.3: Descripción de elementos de cable Feeder	61
Tabla 3.4: Ubicación de reservas de feeder existente FT_01_00_00.....	61
Tabla 3.5: Números de hilo de buffers ocupados y disponibles.....	62
Tabla 3.6: Ubicación Geográfica de Mangas Porta Splitters	65
Tabla 3.7: Cantidad de splitters del Primer y Segundo Nivel.....	68
Tabla 3.8: Simbología para el diseño de Red GPON	70
Tabla 3.9: Ocupación de Buffers de MTs a proyectarse.....	72
Tabla 3.10: Descripción de elementos de cable Feeder FD01	79
Tabla 3.11: Descripción de elementos de cable Feeder FD02	79
Tabla 3.12: Atenuación de elementos pasivos en la ODN	87
Tabla 3.13: Distancias para cálculo del presupuesto	88
Tabla 3.14: Presupuesto óptico para MT03	89
Tabla 3.15: Distancias para cálculo del presupuesto	90
Tabla 3.16: Presupuesto óptico para MT04	90
Tabla 3.17: Distancias para cálculo del presupuesto óptico de la MT05	92
Tabla 3.18: Presupuesto óptico para MT05	92
Tabla 4.1: Presupuesto de elementos activos de red GPON	95
Tabla 4.2: Cable FO ducto para red Feeder	96
Tabla 4.3: Cable FO ADSS para Red de Distribución	97
Tabla 4.4: Características Técnicas OLT MA5600T	97

Tabla 4.5: Calculador óptico	99
Tabla 4.6: Costo de Inversión para la Red GPON.....	101
Tabla 4.7: Cuantificación y Costes de Elementos de la Red de Canalización	103
Tabla 4.8: Cuantificación y Costes de Red Feeder	105
Tabla 4.9a: Cuantificación y Costes de Red de Distribución	106
Tabla 4.10: Cuantificación y Costes de Red de Dispersión.....	107
Tabla 4.11 : Incremento de Usuarios en sector Este de Banife.....	109
Tabla 4.12: Tarifas referenciales para cálculo anual de ingresos.....	110
Tabla 4.13: Proyección de recuperación de Inversión.....	111
Tabla 4.14: Flujo efectivo neto anual	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Elementos de planta externa	2
Figura 1.2: Redes de Accesos con Fibra Óptica	6
Figura 1.3: Ubicación del sector Banife.....	8
Figura 1.4: Modelo propuesto de solución	10
Figura 2.1: Tecnologías FTTH	17
Figura 2.2: Tecnologías FTTX	18
Figura 2.3: Evolución de la red PON.....	21
Figura 2.4: Configuración Referencia GPON	23
Figura 2.5: Arquitectura del Sistema GPON.....	25
Figura 2.6: Configuración de referencia	26
Figura 2.7: Esquemático de OLT	29
Figura 2.8: Splitter secundario 1x8	31
Figura 2.9: Splitter primario 2x32	31
Figura 2.10: ONTs de mesa.....	32
Figura 2.11: Modelo masivos/casas con armario (FDH).....	33
Figura 2.12: Modelo masivos/ casas con manga porta splitter	34
Figura 2.13: Splitter fusionado	34
Figura 2.14: Modelo Masivo/ casa manga porta splitter de dos niveles.....	35
Figura 2.15: Modelo corporativo	35
Figura 2.16: Descripción de un conector de fibra óptica.....	38
Figura 2.17: Pachtocords	42
Figura 2.18: Pigtail	42
Figura 3.1: Armario 11 existente	46
Figura 3.2: Armario 12 existente	46
Figura 3.3: Área de Cobertura (Fuente: GIS CNT E.P.)	48
Figura 3.4: Segmento del censo de abonados sector Banife lado Este.....	49
Figura 3.5: Esquema de Bloques de nodo óptico.....	50
Figura 3.6: Rack OLT existente	51
Figura 3.7: Unidad de escaneo óptico (OSU).....	52
Figura 3.8: Rack de Planta Interna en Central Telefónica Daule.....	53

Figura 3.9: Rack de Planta Externa en central telefónica Daule.....	54
Figura 3.10: Esquema de ubicación de ODFs.....	55
Figura 3.11: Bandejas de un ODF	56
Figura 3.12: Fiber Runner en central Daule	56
Figura 3.13: Ubicación de la OLT existente en la Central Daule	58
Figura 3.14: OLT con 16 tarjetas de servicios.....	59
Figura 3.15: Tipos de OLTs	60
Figura 3.16: Recorrido de Red Feeder y ubicación de manga porta	63
Figura 3.17: Área de cobertura y ubicación de las MTs	66
Figura 3.18: Topología de la Red GPON para el Sector Este de Banife	67
Figura 3.19: Tramos de la Red de Canalización en la Av. Piedrahita.....	71
Figura 3.20: Diagrama Esquemático de la Red feeder.....	74
Figura 3.21: Derivación del feeder FT01_02_00(12)(1..12).....	75
Figura 3.22: Derivación del feeder FT01_03_00(12)(1..12).....	76
Figura 3.23: Derivación del feeder FT01_04_00(12)(1..09).....	76
Figura 3.24: Diagrama esquemático de la Red de Distribución aérea para NAPs ..	78
Figura 3.25: Distribución de NAPs en la MT03	80
Figura 3.26: Atributos de caja distribución óptica aérea	81
Figura 3.27 : Distribución de NAPs en la MT04 (Fuente: Google Earth)	82
Figura 3.28: Atributos de caja distribución óptica aérea	83
Figura 3.29: Distribución de NAPs en la MT05 (Fuente: Google Earth)	84
Figura 3.30 : Atributos de caja distribución óptica aérea	85
Figura 3.31: Segmento de la Red de Dispersión del Sector Este Banife.....	86
Figura 3.32: Modelo de Red GPON para MT03	88
Figura 3.33: Modelo de Red GPON para MT04	89
Figura 3.34: Modelo de Red GPON para MT05	91
Figura 4.1: Elementos a invertir en una red GPON	100
Figura 4.2: Costo de Red de dispersión respecto a la longitud del Drop.....	101
Figura 4.3: Porcentajes de Inversión para Red GPON.....	102

INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos dominantes en el campo de las telecomunicaciones sigue siendo la creciente demanda de ancho de banda. Esta situación condujo a un uso elevado de fibra óptica con tecnología GPON que sirve como medio de transmisión para los diferentes tipos de despliegues tales como FTTH.

Gigabit de Red Óptica Pasiva (GPON) consiste en un Terminal Óptico de Línea (OLT) situado en la oficina central del proveedor (CO) y una serie de unidades de redes ópticas (unidades ONU) en las instalaciones del cliente.

En el capítulo 1 se desarrolla la problemática que posee el sector Este de Banife del Cantón Daule Provincia del Guayas, en este sector hay servicio de telefonía e internet, pero existen interrupciones continuas provocando un servicio de mala calidad, por tanto, bajo esta premisa se plantea como solución un diseño utilizando como medio de transmisión la fibra óptica con tecnología FTTH cuyo propósito es proveer servicios convergentes.

El capítulo 2 contiene definiciones de las diferentes redes de acceso del cual se destaca el por qué se escogió la tecnología GPON, presentando la arquitectura del sistema con sus respectivos bloques funcionales tales como la OLT, ODN y ONU. Finalmente se despliega el modelo de red con los elementos necesarios para satisfacer la necesidad actual y cubrir la demanda que se pudieran presentar en años subsiguientes.

En el capítulo 3 se desarrolla el diseño de red FTTH para el sector de Banife del Cantón Daule, Provincia del Guayas, donde se destaca la demanda actual y futura en base al levantamiento de información de la localidad, la cual nos ayuda a determinar la ubicación de los equipos de acuerdo al presupuesto óptico obtenido. Finalmente, se presenta la estructura del diseño utilizando el software AUTOCAD 2D 2015.

En el capítulo 4 se realiza una descripción de equipos y fabricantes con el propósito de elaborar un correcto presupuesto económico que se refleja en el volumen de la obra, terminando con la entrega del flujo de caja para ver si es factible el presente proyecto.

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

En un gran porcentaje en el Ecuador se continúa utilizando como medio de transmisión el cable de cobre para los servicios de redes de telefonía, redes de datos y cableado estructurado, esto es hace más de un siglo. Como otro medio de transmisión surge el cable coaxial orientado al suministro de televisión por cable.

En lo que se refiere a centrales telefónicas éstas han ido evolucionando desde la tipo manual pasando por las semi-automáticas y automáticas, electrónicas, digitales y centrales telefónicas IP.

La planta externa para estas centrales telefónicas está compuesta por los elementos que se observan en la figura 1.1:

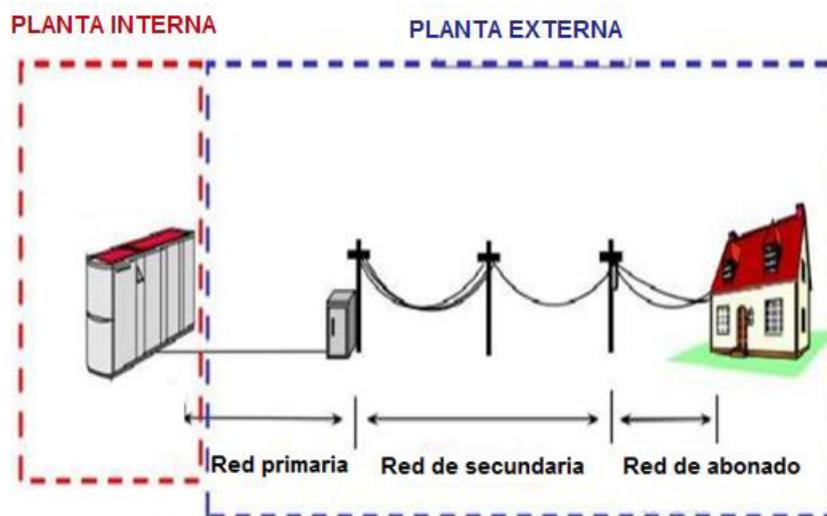


Figura 1.1: Elementos de planta externa

- ✓ Red Primaria: Contiene cables de gran capacidad que se distribuyen desde la central telefónica hacia los diferentes distritos, el tendido de esta red generalmente se ejecuta en red canalizada con ductos PVC.
- ✓ Red Secundaria: Se origina a la salida de los diferentes distritos, mismos que contienen bloques de conexión que mediante cables multipares se conectan a las cajas de dispersión. Estos cables pueden ser aéreos mediante postera eléctrica o del proveedor telefónico, murales, subterráneos. Adicionalmente, en esta red se pueden realizar empalmes de acuerdo al despliegue de la misma.
- ✓ Red de abonado: Es el cable que se origina desde la caja de dispersión hacia el usuario final (dispositivo telefónico), terminando en un conector de placa o roseta.

Todos los elementos que integran la planta externa anteriormente mencionados están interconectados por medio de cable de cobre utilizando tecnología ADSL para el caso de servicio de datos; sin embargo, el cobre se sulfata debido a la alta humedad que existe en la Provincia del Guayas por lo que de manera periódica se requiere de mantenimientos correctivos y preventivos aumentando el

coste para mantener la calidad de la señal con el propósito de asegurar la continuación de los abonados que hayan adquirido el servicio.

De esta manera es provista de redes de telefonía y datos el sector Banife lado Este, el cual se ubica geográficamente en el Cantón Daule de la Provincia del Guayas, que se conecta mediante el puente que cruza el Estero Banife. Actualmente existen unidades habitacionales totalmente culminadas, otras en proceso de construcción y alrededor de un 35% de terrenos baldíos.

Banife, se encuentra aproximadamente a una distancia de 2Km del centro del Cantón Daule, actualmente no dispone de la ventaja de redes de telecomunicaciones capaces de soportar servicios convergentes y satisfacer las necesidades de los habitantes existentes y de futuros proyectos a implementarse en el sector mencionado.

El sector Banife cuenta con una infraestructura de canalización telefónica, postería eléctrica y telefónica para los tendidos de cables con acometidas aéreas.

Actualmente la empresa Telconet se encuentra brindando el servicio de internet fijo con una red de transmisión de fibra óptica sin proveer telefonía fija y televisión sobre IP. Existen diversas operadoras de telecomunicaciones que no poseen la infraestructura necesaria para llegar hasta el sector Banife tales como Tv – Cable, Claro, entre otras.

1.2 Justificación

La empresa de telecomunicaciones pública posee la infraestructura más grande en su planta externa, pero utilizando como medio de transmisión el cable de cobre, con un conjunto de elementos activos y pasivos formando el bucle de abonado basado con la tecnología ADSL; sin embargo, ADSL tiene una restricción técnica importante que es la tasa de datos, que disminuirá mientras mayor sea la distancia del medio de transmisión.

Debido a la necesidad de redes convergentes de banda ancha basada en IP por un sólo medio de transmisión a una tasa de datos en el orden de los giga bytes, se han producido cambios significativos en la arquitectura tanto física como lógica de las redes de telefonía e internet fijo. Actualmente, la idea general es tener un sólo dispositivo terminal y un sólo medio de acceso a la red que pueda prestar servicios convergentes de telecomunicaciones.

El principal motivo de esta convergencia de servicios se encuentra en la entrega de mayor ancho de banda, mayor eficiencia de transporte de servicios IP y una especificación técnica adecuada para ofrecer todo tipo de servicios normalizados por el conjunto de recomendaciones ITU-T G984.x (1,2,3,4,5).

Al revisar el levantamiento de demanda de proyectos del 2015 de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P., (ver ANEXO A), se observa que en el sector Este de Banife del Cantón Daule, se ha solicitado la implementación de servicios convergentes para cada solución habitacional. En base a esto se tuvo un acercamiento con la Jefatura de la Zona Integral 11 de Daule de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, quienes nos facilitaron la planimetría y la data técnica del sector, observando que existen 520 posibles clientes potenciales que corresponde aproximadamente a un 34% del total de lotes del área a intervenir (1563 lotes).

Banife debido a que está ubicada fuera de una ciudad principal, no dispone de infraestructura de redes de telecomunicaciones para servicios convergentes, incumpliendo lo establecido en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT), que en su capítulo Segundo, “Prestadores de Servicios de Telecomunicaciones”, Art. 24, Obligaciones de los prestadores de servicios de telecomunicaciones, numeral 1, cita:

Garantizar el acceso igualitario y no discriminatorio a cualquier persona que requiera sus servicios.

Motiva entonces el presente proyecto al desarrollo del diseño de un Sistema de Servicios de Telecomunicaciones en el sector Este de Banife del Cantón Daule de la Provincia del Guayas.

El despliegue de la red GPON FTTH (fiber to the home) de la localidad escogida iniciará desde la central Daule de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P., abasteciendo al sector con un ancho de banda simétrico de hasta 10 Gbps, tanto de subida como de bajada ofreciendo servicios tales como televisión de alta definición, cloud computing, videoconferencia, videojuegos en línea, entre otros, así también brindará ventajas al proveedor de este servicio, debido a que le permitirá maximizar los valores de sus ingresos, atraer nuevos clientes con una inversión reducida en el equipamiento (CAPEX) y mantenimiento de la red (OPEX).

Adicionalmente, el presente diseño va alineado con el derecho consagrado en la Constitución de la República del Ecuador que en su Capítulo Segundo, Derechos del Buen Vivir, Sección Tercera, Comunicación e Información, Art. 16, numeral 2, cita:

*“Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:
2. El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación.”*

Así también, observando lo planteado en el Plan Estratégico del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, el presente proyecto contribuirá en el desarrollo de los indicadores y estrategias, tales como:

- ✓ Incremento del uso de las TIC para la transformación productiva y desarrollo económico.
- ✓ Incrementar el número de ciudadanos digitales.
- ✓ Incrementar el uso de las TIC en el ámbito público, privado y la sociedad en general.

Para el desarrollo de este proyecto se ha escogido puntualmente la localidad antes mencionada para el diseño de la red GPON – FTTH, pero puede ser implementado en cualquier sitio dentro o fuera del cantón DAULE para solucionar

la falta de conectividad de telecomunicaciones, así también donde exista infraestructura telefónica con tecnología ADSL y se deba migrar a FTTH.

En el presente proyecto se plantea una solución integral basada en la convergencia de servicios, utilizando como medio de transmisión la fibra óptica con lo cual no solo se mejorará el ancho de banda sino también el alcance, calidad, fiabilidad, tiempo de respuesta, eficiencia operativa y energética de las redes de acceso de telecomunicaciones.

De esta manera surge la fibra en el bucle de abonado FITL (Fiber in the loop) que es un sistema que actualiza partes de la red PSTN, bucle local, con tecnología de fibra óptica desde la central telefónica a una interfaz de área de servicio remoto (SAI) situado en un barrio o a una unidad de red óptica (ONU) ubicado en el cliente local (residencial y / o comercial).

FITL se puede implementar con cualquier arquitectura FTTx como una red de accesos que se observa en la figura 1.2 y como se detalla a continuación:

- ✓ Fiber to the Cabinet (FTTCab)
- ✓ Fiber to the Curb (FTTC)
- ✓ Fiber to the Building (FTTB)
- ✓ Fiber to the Home (FTTH)

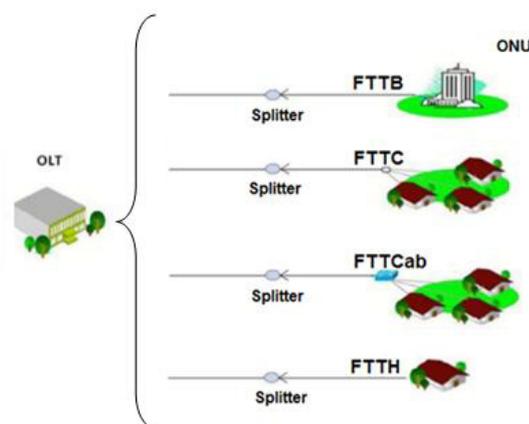


Figura 1.2: Redes de Accesos con Fibra Óptica [1].

Estas redes de acceso se encuentran interconectadas mediante uno o varios niveles de splitter o interfaces de fibra óptica (MDU) hacia la red ONT (equipo terminal del usuario),

1.2.1. Objetivo General

Estudiar y analizar la infraestructura existente de telecomunicaciones del sector Este de Banife del Cantón Daule de la Provincia del Guayas, considerando las normas existentes de la nueva generación de tecnología GPON, en conjunto con sus estándares técnicos y de calidad, para un diseño de servicios convergentes con modelo de red FTTH

1.2.2. Objetivos específicos

- ✓ Realizar una visita técnica de campo (TSS: Technical Site Survey), al sitio escogido para el diseño.
- ✓ Proponer un diseño lógico y físico para el modelo de red GPON/FTTH escogido en base al TSS, con el propósito de proveer variedad de servicios de banda ancha a los usuarios, estableciendo una comunicación punto – multipunto para el sector de Banife del Cantón Daule, Provincia del Guayas.
- ✓ Elaborar el diseño de despliegue de ODN mediante el software AUTOCAD 2D 2015, con una red de acceso de características PON para el sector Este de Banife del Cantón Daule, Provincia del Guayas, considerando las normativas de telecomunicaciones establecidas en Ecuador.
- ✓ Elaborar el volumen de obra, selección de elementos, equipos a utilizar y las rutas por donde se ubicará la red FEEDER y la Red de Distribución del Sector Este de Banife del Cantón Daule, Provincia del Guayas.
- ✓ Obtener para sector Este de Banife del Cantón Daule, Provincia del Guayas, un diseño viable que garantice niveles ópticos que se

encuentren dentro del margen de atenuación máximo establecido en una red GPON.

- ✓ Elaborar un cronograma de tiempos para la implementación del proyecto “ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SERVICIOS CONVERGENTES DE TELECOMUNICACIONES CON MODELO DE RED FTTH BASADO EN LA TIPOLOGÍA GPON EN EL SECTOR DE BANIFE DEL CANTÓN DAULE, DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS”, mediante el software Microsoft Project 2015.

1.3 Planteamiento del problema

Banife, está ubicado en el Cantón Daule en el sector Norte, Provincia del Guayas, con un área de cobertura comprendida según la figura 1.3, entre la Av. Piedrahita y la Av. Daule, desde el Estero Banife hasta la calle Coronel Cayetano Cestarís; el sector a intervenir posee 1300 soluciones habitacionales aproximadamente, las mismas que se encuentran habitadas en un 60%, el resto están deshabitadas y en construcción.

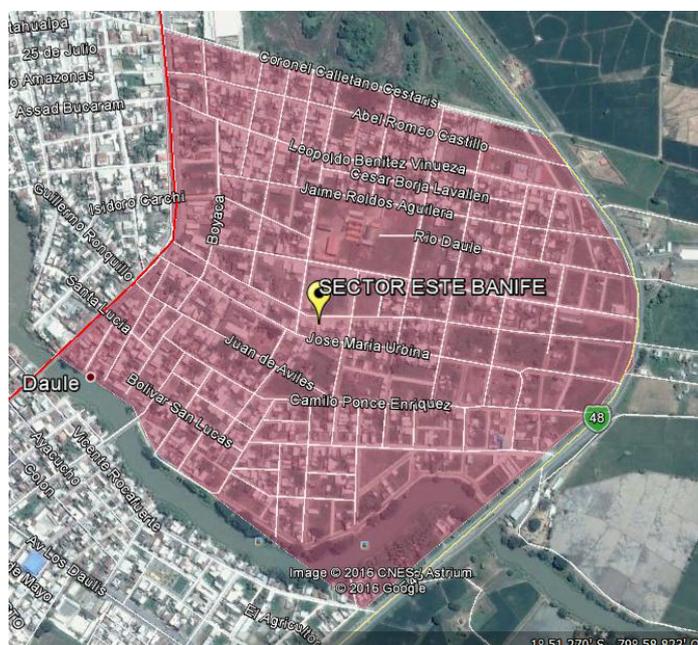


Figura 1.3: Ubicación del sector Banife

El sector en mención tiene servicios de telefonía e internet con tecnología ADSL utilizando como medio de transmisión cable telefónico de cobre en solo una parte de toda el área a intervenir, el resto carece de una red de acceso porque su radio de cobertura desde la central telefónica más cercana supera 1.5 kilómetros hasta el cliente más lejano, siendo este el límite para una red ADSL en la red de CNT, además esta tecnología presenta varias desventajas entre las cuales mencionamos las siguientes:

- ✓ Vulnerable a factores externos, tales como la atenuación e interferencia electromagnética.
- ✓ No es inmune a efectos corrosivos del ambiente.
- ✓ Limitación en velocidad de transmisión.
- ✓ Vulnerabilidad, costo de instalación, costo de mantenimiento.

Por estas razones en el sector motivo del presente proyecto aún no ha sido instalada una infraestructura telefónica de ningún proveedor para brindar un servicio de convergencia, aunque estas presenten gran demanda comercial para su implementación.

Adicionalmente, en el sector donde hay servicio de telefonía e internet existen interrupciones continuas provocando un servicio de mala calidad, por tanto, bajo este escenario no es posible suministrar servicios convergentes tales como telefonía IP, datos, TV y video de alta definición, porque su tasa de datos es inferior a 300 Mps.

Por estas razones debido a las desventajas descritas y a la convergencia de servicios que se despliegan en la actualidad, se requiere redes de telecomunicaciones más robustas para el crecimiento de la tasa de datos y permitir alta confiabilidad, obligando a las operadoras de telecomunicaciones a buscar soluciones que se enfoquen en:

- ✓ Incrementar la capacidad de la tasa de datos para la transferencia de información en cada canal disponible para el usuario.

- ✓ Disminuir la tasa de errores en la transmisión, aumentando la fiabilidad y la calidad.

1.4 Modelo propuesto para la solución del problema

Para el desarrollo de nuestro diseño hemos escogido el modelo de referencia según normas internacionales de la ITU G984.1, cuyos elementos son los siguientes:

OLT: Terminal de línea óptico

SPLITTER: Divisor Óptico

ODN: Red de Distribución Óptica

ONT: Terminal de Red Óptico.

En la figura 1.4 se observan los elementos ópticos anteriormente mencionados, además se aprecian dos niveles ópticos de distribución (splitters) debido a la cantidad de usuarios a los que se les proveerá de los servicios convergentes; la fibra óptica a utilizar es de 1310 nanómetros con arquitectura punto a multipunto.

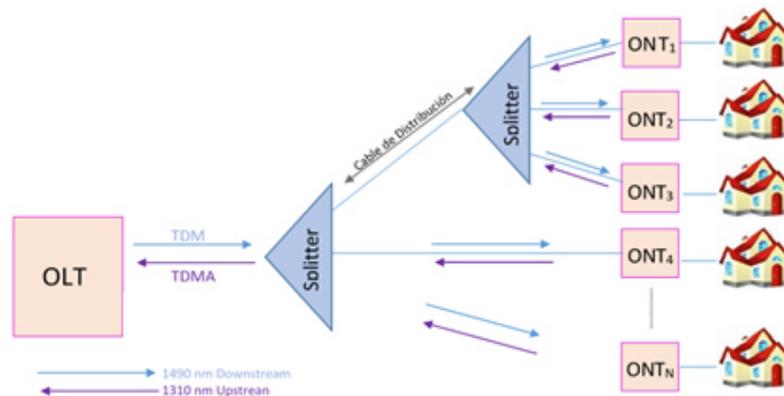


Figura 1.4: Modelo propuesto de solución [2].

1.5 Metodología

Siguiendo el análisis sobre las necesidades que se presentan en el sector Este de Banife del Cantón Daule y la falta de redes convergentes que fomenten el uso de las TIC's, el presente proyecto propone cumplir a cabalidad con los objetivos mencionados con anterioridad, por lo que la creación del diseño de red se verá reflejada a través de una investigación no experimental aplicada, que estará comprendida de cuatro fases:

En la primera fase, se aplicará la investigación transversal, para un estudio observacional y descriptivo sobre la incidencia de la muestra poblacional con respecto a la interacción con las TIC's. En esta fase se llevará a cabo una visita técnica donde se desarrollarán las siguientes actividades:

- ✓ Realizar un censo de abonados utilizando el formato elaborado por la Empresa Pública de Telecomunicaciones de manera presencial.
- ✓ Obtener información de localización y ubicación de servicios públicos tales como posterías eléctricas, cámaras de AALL, AASS, AAPP y cámaras telefónicas, de manera georreferenciadas WGS-84 y distancias en metros de los servicios públicos mencionados del sector Este de Banife del Cantón Daule, Provincia del Guayas.
- ✓ Verificar elementos pasivos y activos dentro de la central o nodo telefónico, que estén disponibles para la implementación y el diseño de la red FEEDER.

En la segunda fase se analizarán los datos recolectados en la fase anterior, con el fin de elaborar el diseño más óptimo de red GPON para el sector Este Banife del Cantón Daule, Provincia del Guayas. El análisis de los datos se realizará mediante métodos estadísticos, exploratorios y observación directa, para lo cual se prevé lo siguiente:

- ✓ Recopilación de información a través de manuales de accesorios y equipos que nos permitan implementar una red FTTH.
- ✓ Determinar y seleccionar el modelo de red basada en los requerimientos técnicos relacionados con la infraestructura y capacidad de la red que hayan

sido escogidos a través del levantamiento de la información junto con las recomendaciones de la ITU-T G.984.1 sobre las características de una red óptica pasiva.

- ✓ Diseñar gráficamente el modelo de la red FTTH escogido según el análisis anterior, mediante el uso de la herramienta informática AUTOCAD 2D 2015.
- ✓ Utilización del software Microsoft Excel para obtener las pérdidas que se reflejan en el presupuesto óptico.

En la tercera fase elaboraremos una investigación cuantitativa – descriptiva que nos permita ordenar los resultados obtenidos de los análisis respectivos de los datos adquiridos en las fases anteriores; para esto, se realizará lo siguiente:

- ✓ Elaboración de un listado sobre los materiales, componentes y equipos que conformarán la red a diseñar.
- ✓ Realizar las respectivas proformas sobre los equipos y materiales que se implementan en la red.
- ✓ Elaboración del presupuesto económico para determinar la viabilidad del proyecto.

En la cuarta fase se elaborará un plan de trabajo que nos permita incluir todas las tareas y requerimientos necesarios con respecto a la ejecución del diseño de la red, con el fin de optimizar el tiempo en el que se desarrollan las actividades y llevar a cabo las metas propuestas; para esto se utilizará el software Microsoft Project 2015.

CAPÍTULO 2

2. TECNOLOGÍA FTTH BASADO EN GPON

2.1 ¿Por qué GPON?

Previo a explicar la utilización de la tecnología GPON en el presente proyecto, se describirán ciertos aspectos importantes relacionados con la fibra óptica:

❖ **Red de acceso con fibra óptica - Ventajas sobre cable convencional de cobre.**

La red de acceso compatible para la implementación de sistemas convergentes es la fibra óptica, que es el medio de transmisión que nos permite enviar y recibir información por un mismo hilo de FO, alcanzando los servicios de nueva generación como la televisión de alta definición.

Es importante resaltar que la fibra óptica sea ésta monomodo o multimodo esté en el orden de los micrones (representa la milésima parte del milímetro), por lo que las diferentes operadoras del mundo economizan la construcción de obra civil en la canalización telefónica implementando la misma con ductos de menor dimensión con respecto a los utilizados para el soterrado de los cables de cobre.

Sin embargo, a pesar de que se trata de una red pasiva, su inversión (CAPEX) será elevada por los costes de los diferentes elementos que originan y

terminan la red, pero disminuirá ostensiblemente en el mantenimiento de la misma (OPEX).

Las fibras ópticas ofrecen algunas ventajas significativas sobre los cables convencionales de cobre. Éstas son:

- ✓ Ligeras y de tamaño pequeño.
- ✓ Capaces de soportar grandes anchos de banda a altas velocidades de transmisión de datos.
- ✓ Están relativamente libres de la interferencia electromagnética.
- ✓ Tienen un reducido ruido y cruce de datos comparados con los cables de cobre convencionales.
- ✓ Tienen relativamente valores bajos de atenuación debido al medio de transmisión.
- ✓ Tienen una alta fiabilidad junto con una larga vida operativa.
- ✓ Tienen aislamiento eléctrico y están libres de conexión a tierra [3]
- ✓ La fibra óptica nos ofrece incremento de ancho de banda a largas distancias y bajo costo por bit con alto desempeño en la red.
- ✓ Estandarizada por los operadores de telecomunicaciones y proveedores de telecomunicaciones en el UIT-T
- ✓ Adecuado para usuarios de negocios, debido a diversos QoS y gestión de ancho de banda.

Hoy en día GPON es definida como la tecnología de fibra óptica que permite una mayor transmisión y recepción de datos a través de un solo hilo de fibra, con una arquitectura de punto a multipunto, ofreciendo calidad de servicio (QoS) y mayor alcance físico (20 km), además la velocidad de los canales tanto ascendente como descendente es superior a ADSL y Cable Modem debido a que en GPON se habla de tasas en Gbps y en ADSL se habla en tasas de Mbps.

En la tabla 2.1 se detallan las características técnicas generales del sistema GPON:

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Estándar	UIT-T G.984.1/2/3/4/5
Sentidos de Transmisión	Ascendente (Upstream): De la ONU a la OLT Descendente (Downstream): De la OLT a la ONU
Tasa de Transmisión	Upstream: 155.52 Mbps, 662.08 Mbps, 1244,16 Mbps, 2488.32 Mbps. Downstream: 1244,16 Mbps, 2488,32 Mbps
Combinaciones de Velocidad de Transmisión	Asimétrico (Mbps): 1552.52-1244.16; 622.08-1244.16; 155.52-2488.32; 622.08-2488.32; 1244.16-2488.32 Simétrico (Mbps): 1244.16-1244.16; 2488.32-2488.32
Medio de Transmisión	Tanto Upstream como Downstream basado en la recomendación UIT-T G.652
Método de Transmisión	Bidireccional (WDM, Wavelength Division Multiplexing) en una fibra. Unidireccional en dos fibras
Longitud de onda de trabajo	Upstream: 1260-1360 nm. Downstream: 1480-1550 nm (Sistemas de una sola fibra). 1260-1360nm (Sistemas de dos fibras).
Alcance Físico	10 Km y 20 Km
Alcance Lógico	60 Km.
Relación de división	1:16/32/64 Capa PDM (Physical Medium Dependent). 1:128 Capa TC (Transmission Convergence)
Tipos de Fuentes	Láseres en modo multilongitudinal (MLM, Multi-Longitudinal Mode) y los láseres en modo monolongitudinal (SLM, Single-Longitudinal Mode).
Soporte de Servicios	Ethernet (IP, VoIP, MPEG2/4, etc), POTS, RDSI, T1, DS3, E1, E3, ATM, video digital, etc.
Servicios UNI (User Network Interface)	1000BASE-X (Ethernet), PDH (DS3, ATM, E1, E3), POTS, RDSI, etc.
Servicios SIN (Service Node Interface)	Ethernet, RDSI, PDH (T1, DS3, ATM, E1, E3), POTS, RDSI, etc.
Seguridad	AES (Advanced Encryption Standard).
Tasa de bits errados (VER, Bit error ratio)	Menor a 10 ⁻¹⁰
Gama de atenuación (Rec. UIT-T G.982)	Clase A: 5-20 dB. Clase B: 10-25 dB. Clase C: 15-30 dB.

Tabla 2.1: Características Técnicas Generales del Sistema GPON

2.2 Definición de FTTH – GPON

FTTH (del inglés Fiber To The Home), es la única red que crece de manera exponencial para nuevas tecnologías en el sector residencial y comercial, basándose en sistemas de distribución óptica, para proveer servicios convergentes, tales como el Triple Play: telefonía, internet de banda ancha y televisión, tal como se observa en la figura 3:

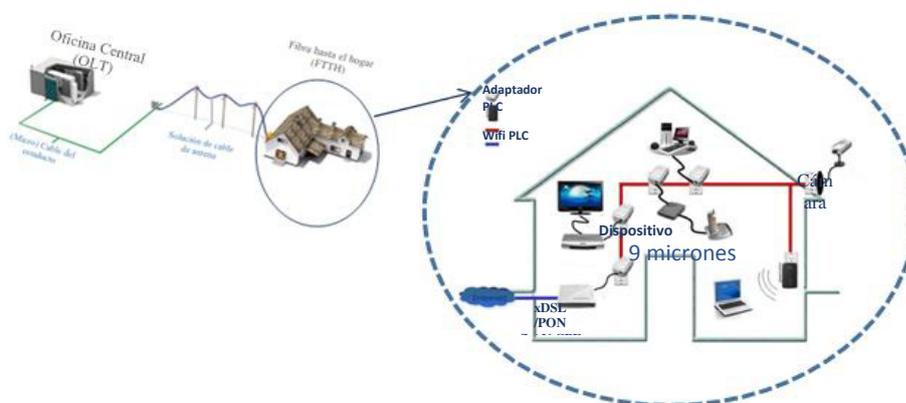


Figura 2.1: Tecnologías FTTH [5]

Una de las principales redes usadas dentro de la tecnología FTTH es la red PON (Passive Optical Network); siendo una red que sustituye los elementos activos por elementos pasivos, con el propósito de enrutar el tráfico de datos y a su vez reducir los costes y aumentando el ancho de banda.

Además de FTTH, GPON tiene otras tecnologías de telecomunicaciones denominadas FTTx (del inglés Fiber To The “x”), donde x representa diferentes destinos, formando una topología distinta. De acuerdo al ancho de banda se los clasifica según figura 2.1:

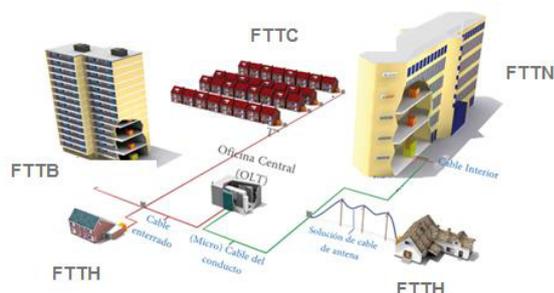


Figura 2.2: Tecnologías FTTX [4]

2.3 Evolución de la normalización GPON

El organismo que promueve estándares basados en los diferentes requerimientos de cada país, es el FSAN (Full Service Access Network) que desde el año 1995 trabaja en la definición de un conjunto básico de requerimientos con la intención de mejorar la interoperabilidad y reducir el precio de los equipos.

Según la velocidad de las redes PON, se clasifican de la siguiente manera: APON, BPON, EPON, GPON, NG-PON1 y NG-PON2. A continuación presentamos ciertas características de las diferentes clases de redes PON, para finalmente hacer un análisis detallado de la red GPON que es la tecnología a usar en nuestro proceso de diseño, parámetros que están estandarizados en sus respectivas normas internacionales ITU o IEEE, según su tecnología:

APON.- Contiene las siguientes características:

- ✓ Estándar ITU-T G.983.1.
- ✓ Transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrona).
- ✓ Tasa máxima de 155 Mbps, más adelante alcanzó los 622 Mbps.
- ✓ Protocolo de señalización ATM (Asynchronous Transfer Mode) en capa 2 (Enlace de Datos) [6].

BPON.- Contiene las siguientes características:

- ✓ Estándar ITU-T G.983.
- ✓ Primer draft hecho en 1995.
- ✓ Tasa de transmisión en Downstream: 155/622/1244 Mbps.
- ✓ Tasa de transmisión en Upstream: 155/622 Mbps.
- ✓ Splitter de 1:32.
- ✓ Eficiencia del 70%.
- ✓ Transporte por medio de celdas ATM.
- ✓ Permite el transporte de señales CATV-RF.
- ✓ Provee protección de los puertos PON.
- ✓ Provee seguridad en Downstream por medio de AES.
- ✓ No posee corrección de errores por FEC. [7]

EPON.- contiene las siguientes características:

- ✓ Estándar IEEE 802.3ah.
- ✓ Primer draft hecho en el 2000.
- ✓ Tasa de transmisión en Downstream: 1.2 Gbps.
- ✓ Tasa de transmisión en Upstream: 1.2 Gbps.
- ✓ Splitter de 1:16 / 1:32.
- ✓ Eficiencia del 80% y del 60% cuando se utilizan servicios de voz.
- ✓ Transporte por medio de tramas Ethernet.
- ✓ No permite el transporte de señales CATV-RF.
- ✓ No existe un estándar para la protección de los puertos PON.
- ✓ No provee seguridad en Downstream.
- ✓ Provee un mecanismo de corrección de errores por FEC [7].

GPON.- contiene las siguientes características:

- ✓ Estándar ITU-T G.984.
- ✓ Primer draft hecho en el 2002.
- ✓ Tasa de transmisión simétrica de 622 Mbps y de 1.25 Gbps .

- ✓ Tasa de transmisión asimétrico en Upstream 1.2 Gbps y Downstream 2.4 Gbps.
- ✓ Splitter de 1:64 / 1:128 (en desarrollo).
- ✓ Eficiencia del 93% para todos los tipos de tráfico de servicios.
- ✓ Transporte por medio de tramas GEM.
- ✓ Permite el transporte de señales CATV-RF.
- ✓ Provee un estándar para la protección de los puertos PON.
- ✓ Provee seguridad en downstream por medio de AES.
- ✓ Provee un mecanismo de corrección de errores por FEC. [7]

NG-PON1.- contiene las siguientes características:

- ✓ Estándar ITU -T G.987 y G.988.
- ✓ Primer draft hecho en el 2010.
- ✓ Tasa de transmisión en downstream: 10 Gbps con longitud de onda 1578 nm \pm 3 nm.
- ✓ Tasa de transmisión en Upstream: 2.5 Gbps con longitud de onda 1270 nm \pm 10 nm.
- ✓ Splitter de 1:64 / 1:156 (en capa lógica desarrollo).
- ✓ Método de multiplicación TDMA (Up) y TDM (Down).
- ✓ Presupuesto de pérdida 29 dB a 31 dB.
- ✓ Soporte de servicio completo - incluyendo voz, TDM, Ethernet (hasta tasas Gigabit), xDSL.
- ✓ Provee un mecanismo de corrección de errores por FEC. [8]

NG-PON2.- contiene las siguientes características

- ✓ Estándar ITU-T G.989.
- ✓ Primer draft hecho en el 2015.
- ✓ Tasa de transmisión Upstream 2.5 Gps, 10 Gbps .
- ✓ Tasa de transmisión downstream 2.5 Gbps, 10 Gbps, 40 Gbps .
- ✓ Splitter de 1:256.
- ✓ Transporte por medio de tramas XGEM / TWDM.

- ✓ Servicios que provee Ethernet, TDM, Pots.
- ✓ Presupuesto óptico: 25/30 dB.
- ✓ Red pasiva de planta externa tendrá un alcance hasta de 60 Km. [8]

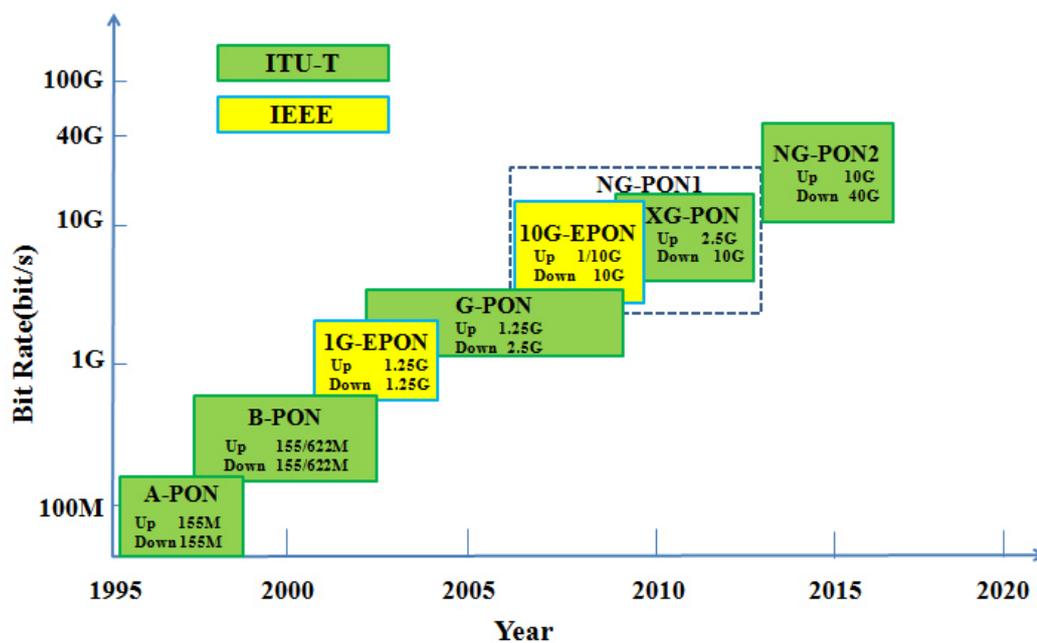


Figura 2.3: Evolución de la red PON. [9]

Para nuestro proyecto que es de redes de accesos específicamente con redes GPON, a continuación se amplía el conjunto de recomendaciones ITU-T G984.x [10], en la tabla 2.3:

ESTANDAR ITU-T G984.x	REDES ÓPTICAS PASIVAS CON CAPACIDAD DE GIGABITS	ENMIENDAS
G984.1 (16/03/2003)	Características Generales.	N/A
G984.2 (16/03/2003)	Especificación de la capa dependiente de los medios físicos.	Enmienda #1 (17/02/2006)
G984.3 (22/02/2004)	Especificación de la capa de convergencia de transmisión.	Enmienda #1 (14/07/2005) Enmienda #2 (29/03/2006) Enmienda #3 (14/12/2006)
G984.4 (13/06/2004)	Especificación de la interface de control y gestión de la terminación de red óptica.	Enmienda #1 (29/06/2005) Enmienda #2 (29/03/2006) Enmienda #3 (14/12/2006)
G984.5 (22/09/2007)	Banda de ampliación.	
G984.6 (03/2008)	Extensores de conversión de longitud de onda, de modo continuo y de gama protegida-1:N	

Tabla 2.2: Lista de recomendaciones ITU-T G984.

2.4 Configuración de referencia de un sistema GPON

En la figura 2.4 se muestra la configuración de referencia de un sistema GPON, donde se observa que la información se transmite de manera dúplex, es decir que desde la OLT se envía paquetes de datos hacia la ONU o viceversa, utilizando la misma fibra y los mismos elementos, sin embargo también se pueden utilizar fibras y componentes distintos con un funcionamiento simplex.

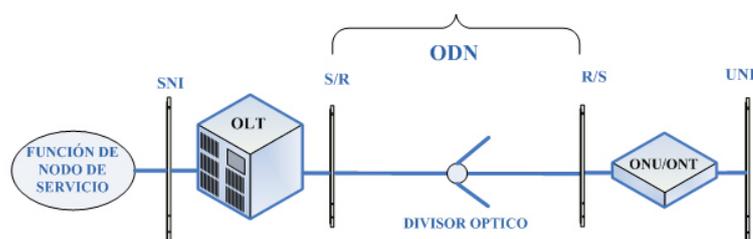


Figura 2.4: Configuración Referencia GPON

En la tabla 2.3 se detallan los elementos que constituyen esta configuración de referencia GPON:

Elementos	Unidad de red óptica
ONU / ONT	Terminación de red óptica
ODN	Red de distribución óptica
OLT	Terminación de línea óptica
SNI	Interfaz de nodo de servicio
UNI	Interfaz usuario red
S	Conectores ópticos o empalmes ópticos después del punto de conexión óptico OLT (descendente) / ONU ascendente.
R	Conectores ópticos o empalmes ópticos antes del punto de conexión óptico ONU (descendente) / OLT ascendente.

Tabla 2.3: Elementos – configuración referencia GPON

2.4.1 Interfaz de nodo de servicio

Esta interfaz está compuesta por una red de distribución óptica pasiva que interconecta al sistema de terminación de línea óptica OLT con la sistema de terminación de red óptica ONT.

De acuerdo al nivel de splitters de la configuración a utilizarse existirá una relación de uno a muchos entre la OLT y la ONT.

2.4.2 Interfaz en los puntos de referencia S/R y R/S

Los puntos de referencia mencionados en esta interfaz son los que soportan los protocolos de comunicación necesarios que permitan la fluidez de la información entre la OLT y las ONT.

2.5 Servicio, interfaz usuario-red e interfaz de nodo de servicio

2.5.1 Servicios

La capacidad de banda ancha que posee la tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Network), permite desarrollar redes convergentes que en muchas ocasiones son en tiempo real, soportando varios servicios con alta capacidad de respuesta (VoIP, IPTV, Voz, Internet), brindando confiabilidad y rendimiento en la red para usuarios residenciales y comerciales.

Sin embargo, esto también depende de las condiciones técnicas de cada operador, en particular de la infraestructura de telecomunicaciones existente en la distribución de viviendas o red interna de edificios.

2.5.2 Interfaz usuario- red (UNI) e interfaz de nodo de servicio (SNI).

En la figura 2.4 se aprecia que la UNI y SNI forman parte de la ONT y de la OLT respectivamente y éstas dependen de los servicios que brindan los diferentes operadores que se encuentran en el mercado.

2.6 Arquitectura del sistema GPON

La arquitectura GPON se basa principalmente en 3 elementos básicos, tal como se muestra en la figura 2.5:

OLT (Terminal de Línea Óptica).- Es el encargado de procesar información y enviar a su debido Splitter o incluso a otro OLT con la información necesaria para saber su destino.

Splitter Óptico (Divisor).- Se puede entender como un switch que divide según IP a su destino.

ONT/ONU (Terminal / Unidad de Red Óptica).- Para entendernos mejor, este terminal es el que se instala dentro de la vivienda, un sinónimo a ROUTER.

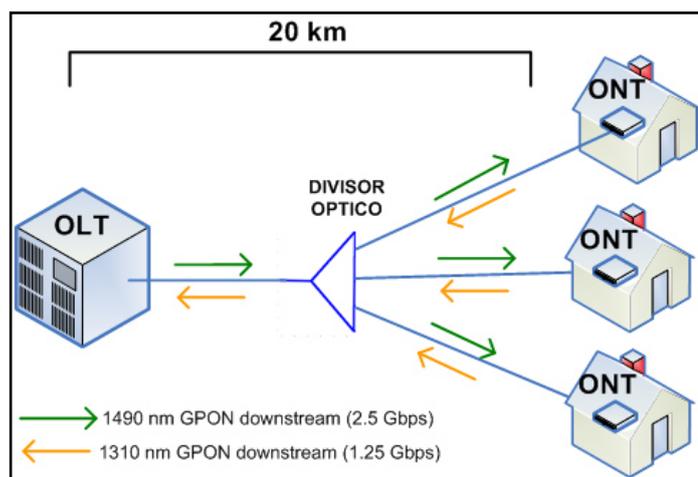


Figura 2.5: Arquitectura del Sistema GPON

La OLT (Optical Line Terminal), se encuentra ubicada en la central o nodo telefónico del proveedor de servicios, y la ONT (Optical Networking Terminal) es el punto final de la red FTTH, es decir, en el domicilio del abonado.

Para interconectar la OLT con las ONT, se utiliza un cable de fibra óptica denominado red feeder para transportar una longitud de onda downstream, a través de los splitter ópticos pasivos con una entrada que la divide en varias salidas, donde la transmisión downstream es originada desde la OLT.

Los splitter ópticos pueden ser de 1 x n (donde $n = 2, 4, 8, 16, 32, \text{ o } 64$) en varios lugares hasta llegar donde el cliente. Siendo esta una arquitectura punto a multipunto, conocida como topología en árbol.

El splitter óptico agrega una longitud de onda diferente en el proceso de envío de datos upstream desde la ONT hasta la OLT para impedir colisiones con la transmisión downstream, al mismo tiempo ejecuta las funciones de combinador en la otra dirección del tráfico, siendo de esta manera la recolección del tráfico desde la OLT mediante la misma fibra óptica para los dos procesos de envíos.

2.6.1 Configuración de referencia.

En la figura 2.6 se observa la configuración de referencia del sistema GPON, la misma que está conformada por la interconexión de una OLT y varias ONTs a través fibra óptica y splitters.

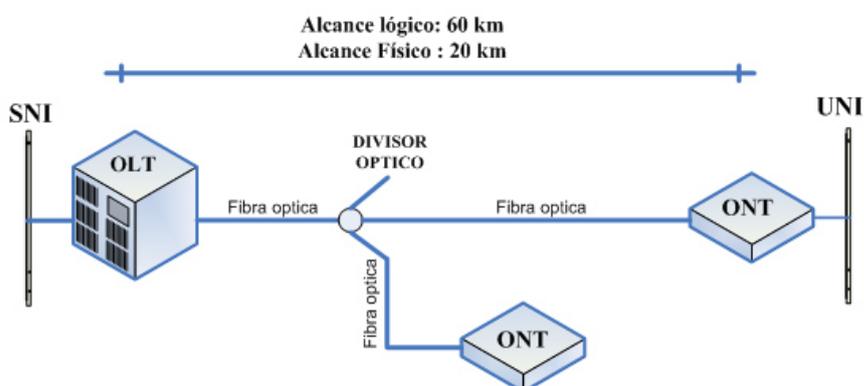


Figura 2.6: Configuración de referencia

La fibra óptica conectada a la OLT se distribuye en el splitter dependiendo de las salidas de este último, conectándose dichas fibras a la ONTs.

Cabe resaltar la definición de alcance lógico y físico de los sistemas GPON de acuerdo con las normativas ITU-T G984.1 en los numerales 8 y 9 respectivamente:

“Alcance Lógico: Se define como la distancia máxima entre ONU/OLT y OLT salvo el límite de la capa física. En GPON, el alcance lógico máximo es de 60 km.”

“Alcance Físico: Se define como la distancia física máxima entre la ONU/ONT y la OLT. En GPON se definen dos opciones para el alcance físico: 10 km y 20 km. Se supone que la ONU puede utilizar el diodo láser Fabry-Perot (Fabry-Perot laser diode) en una distancia máxima de 10 km para altas velocidades tales como 1,25 Gbit/s o superiores” [2]

2.6.2 Beneficios por el uso de la arquitectura del sistema GPON

Con esta arquitectura propuesta se consigue lo detallado a continuación:

- ✓ Hasta dos niveles de splitters con un aumento en el alcance de la red GPON.
- ✓ Extiende la señal de televisión por cable (CATV) en 1550nm como la señal digital (IPTV) en 1550nm superpuesta sobre una red GPON.
- ✓ Amplía el número de ONTs conectadas hasta 128 por la mejora de la señal en la red PON, dependiendo de la distancia en que se encuentra ubicado el abonado.
- ✓ Disminuye el capital de inversión (CAPEX) en despliegues GPON suburbanos, reutilizando equipos GPON en lugares próximos.

2.7 Bloques funcionales

2.7.1 Red de acceso GPON

Son redes ópticas pasivas que se originan desde la OLT con cables de fibra óptica que se ramifican sucesivamente mediante acopladores o divisores ópticos pasivos hasta la ONT.

La red GPON se compone por tres bloques: OLT, ODN y ONT, los mismos que se detallan a continuación:

2.7.2 Terminación de Línea Óptica (OLT)

La OLT (Terminal de Línea Óptico) es el equipo que interconecta la red ODN con la red MPLS (Multiprotocol Label Swicthing), mediante las puertas de uplink, las mismas que agrupan el tráfico de todas las ONTs conectadas a cada puerta PON de la OLT, siendo la red MPLS una red que brinda características como la fiabilidad y seguridad de los servicios basándose en el etiquetado de los paquetes en base a criterios de prioridad o de la calidad de servicio (QoS) [11].

Las OLTs cumplen con dos procesos primordiales que es el envío de tráfico hacia las ONTs en modo TDM, a través de los divisores ópticos vinculados a los puertos PON, así también reciben el tráfico que se origina desde las ONTs en modo TDMA compartiendo el canal de retorno por varias ONTs.

El esquemático más usado en una OLT se muestra en la figura 2.7 [12]:

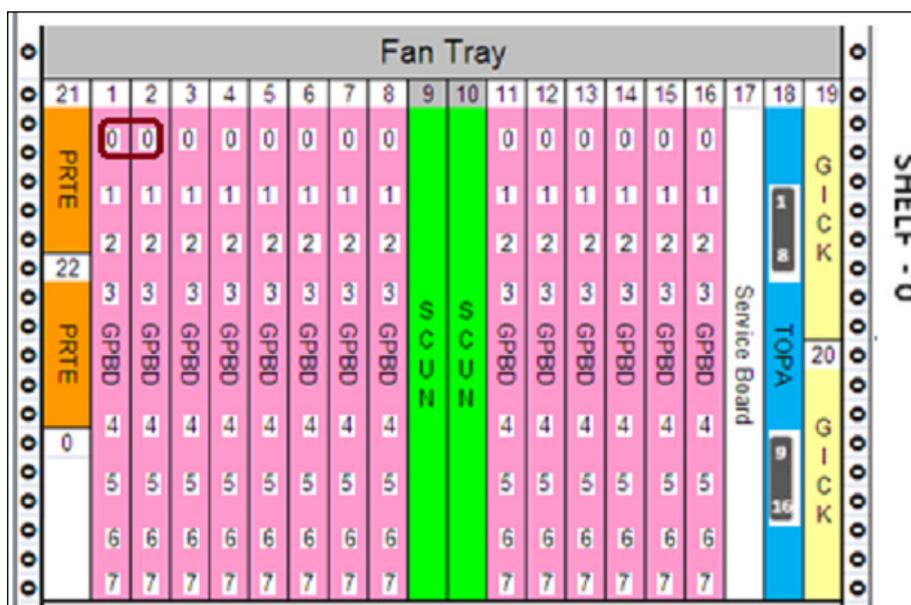


Figura 2.7: Esquemático de OLT

Se puede observar en la figura 2.7 que una OLT está formada por:

- ✓ Un chasis (Shelf 0)
- ✓ Una tarjeta de ventiladores (fan tray)
- ✓ Tarjetas de poder (slots 21 y 22)
- ✓ Tarjetas de gestión y control (slot 9 y 10)
- ✓ Tarjetas de uplink (slots 19 y 20)
- ✓ Tarjetas de servicios (slots 1 al 8 y 11 al 16), cada una tiene 8 puertos por tarjeta.
- ✓ Tarjetas de 16 x E1s para tráfico de telefonía (slots 17 y 18).

En cada OLT se tiene zonas de servicios que están compuestos por tarjetas diferentes que se interconectan con los hilos de FO de la ruta principal y FO de respaldo que alimentan el splitter primario y en ciertos casos los splitter secundarios.

2.7.3 Red de Distribución Óptica (ODN)

La ODN (Red de Distribución Óptica) es pasiva, no tiene elementos activos o energizados, resulta de la red feeder, que a través de los splitters primarios y secundarios de 1xn, según el caso llega a las ONTs, a través de las NAPs y cables Drop o de acometida.

De manera general la red ODN se compone de lo detallado a continuación:

- ✓ Cables de Fibra Óptica FEEDER que están asociados a la red GPON (ruta principal o working y ruta de respaldo o protection).
- ✓ Splitters primarios.
- ✓ Cables de Distribución.
- ✓ Splitters secundarios si el nivel de atenuación lo permite.

2.7.3.1 Cable Feeder

El cable FEEDER pertenece al cable de fibra óptica de 144 o 288 filamentos de hilos de FO que interconecta las puertas PON de la OLT con las puertas de entrada del splitter primario, para el presente proyecto se utilizará cable canalizado monomodo G652.D, sus características serán descritas en capítulos posteriores.

2.7.3.2 Cable de distribución

Estos cables se distribuyen desde los armarios (FDH), mangas porta splitters o de las cajas de distribución para edificios (FDB) hasta las cajas ópticas (NAPs); la capacidad de estos cables de fibra óptica son 6, 12, 24, 48, 72 y 96 hilos.

2.7.3.3 Splitters

En esta etapa de la red también se tiene divisores ópticos más conocidos como splitters son Tabla 2.1: Características Técnicas

Generales del Sistema GPON elementos pasivos que tienen una o dos entradas, secundarias o primarias respectivamente, donde en sus salidas las señales se multiplexan con atenuaciones conforme se incrementa la cantidad de puertas de salidas.

En la figura 2.8 se aprecia un splitter secundario de 1x8, es decir con una entrada y 8 salidas. De manera general este tipo de splitters son de 1xN donde $N = 2, 4, 8, 16, 32, 64$.

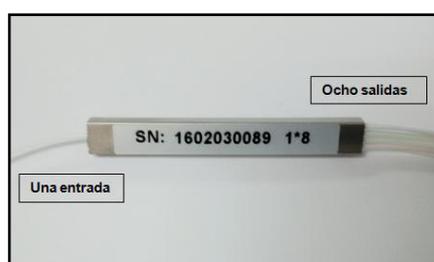


Figura 2.8: Splitter secundario 1x8

Un splitter primario de 2x32 se observa en la figura 2.9, donde se muestran dos entradas y 32 salidas, de manera general este tipo de splitters son de 2xN donde $N = 2, 4, 8, 16, 32, 64$.

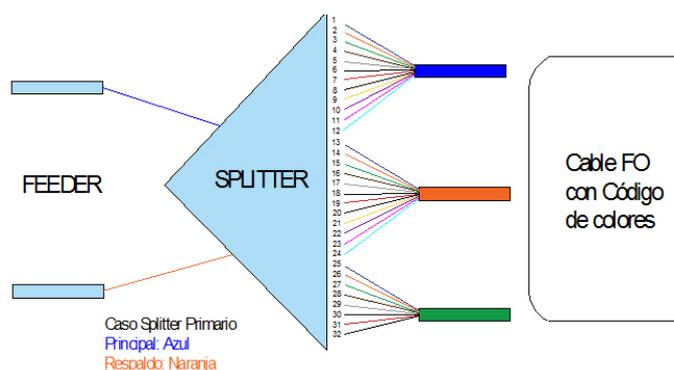


Figura 2.9: Splitter primario 2x32 [12]

Los splitters al igual que los cables de fibra óptica tienen los códigos de colores. En la tabla 2.4, se muestran tres de los doce buffers con sus respectivos códigos de colores:

HELE BUFFER												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31	32				

Tabla 2.4: Código de colores de las fibras y los buffers [12]

2.7.4 Unidad de red GPON (ONU / ONT)

ONT (Terminal de Red Óptico) es un dispositivo ubicado en el abonado interconectado para servicios de interfaz con el cliente. Una ONT es un caso especial de una ONU. La ONT más usada es la de tipo de sobremesa para modelos de red masivos o corporativos, tal como se muestra en la figura 2.10.



Figura 2.10: ONTs de mesa

2.8 Modelos de despliegue de Red ODN

Dentro de cada modelo de red ODN encontramos la central telefónica que contiene OLT, OSU, ODF de planta interna y ODF planta externa, salida e ingreso de la Red Feeder, interconectando los elementos de la red de distribución tales como splitters, armarios o mangas y cajas Naps, culminando con la red de dispersión que llega al usuario mediante el cable de acometida de fibra óptica con una roseta y ONT.

En los siguientes numerales se mencionarán los modelos de despliegues de la Red GPON que CNT E.P. implementan en el País, los mismos que están dados por puntos de conectorizaciones y fusiones [12].

❖ Modelo masivos/casas con armario (FDH)

El despliegue de este modelo se lo visualiza con un armario óptico FDH (Fiber Distribution Hub), está ubicado desde la salida de planta externa a través del cable feeder, con splitters ópticos internos de 1x32, como se muestra en la figura 2.11:

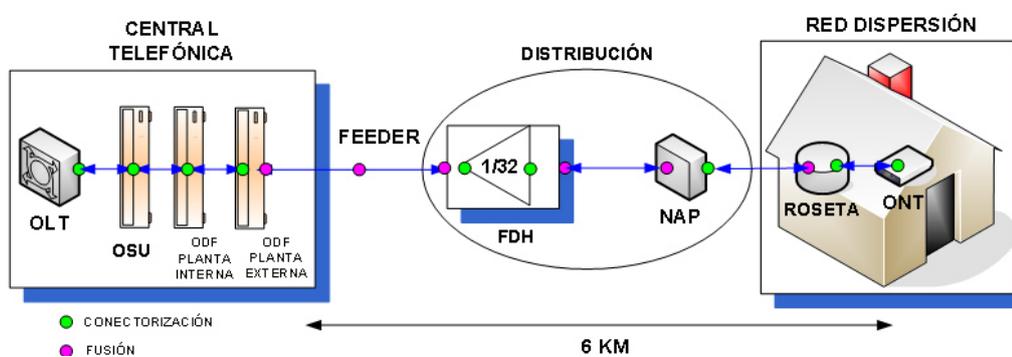


Figura 2.11: Modelo masivos/casas con armario (FDH)

❖ Modelo masivos/ casas con manga porta splitter

En este modelo la red de distribución se implementa con una manga porta splitter, economizando el CAPEX de la topología de la red, dentro de la manga se encuentran splitters de 1/32. Este caso es conocido como splitter de un nivel, tal como se muestra en la figura 2.12:

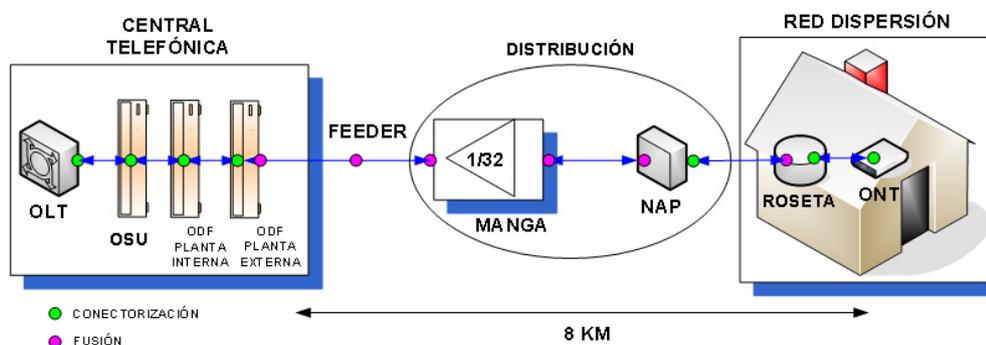


Figura 2.12: Modelo masivos/ casas con manga porta splitter

❖ **Modelo masivos/ casas manga porta splitter y FDB**

Esta topología se implementa con una manga porta splitter y FDB (fiber distribution building), donde el FDB queda ubicado dentro del cuarto de equipos de un edificio, distribuyendo las acometidas de fibra óptica a los diferentes pisos del edificio.

Ambos elementos contienen splitter por lo que se convierte en una red de dos niveles de splitters, los mismos que pueden tener la combinación de splitter como se detalla en la tabla 2.5:

	Splitters	
Nivel 1	1:2	1:16
Nivel 2	1:4	1:8

Tabla 2.5: Combinación de dos niveles de splitters

A continuación en la figura 2.13, se aprecia el modelo de red masivos/ casas manga porta splitter y FDB:

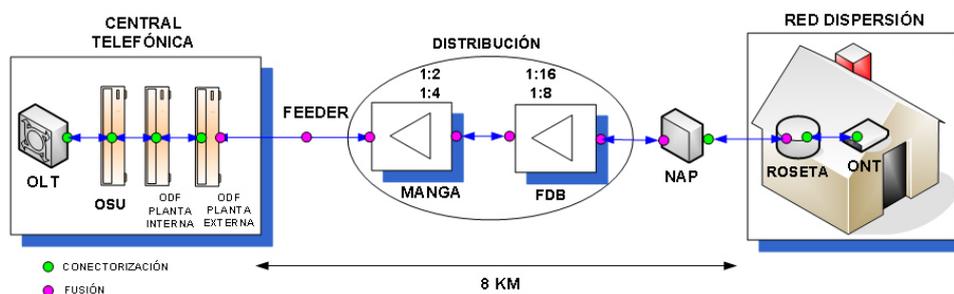


Figura 2.13: Splitter fusionado

❖ **Modelo Masivo/ casa manga porta splitter dos niveles de splitter**

En este modelo, la red de distribución se considera una manga porta splitter de 1:4 y la caja de dispersión con splitter de 1:8, considerando la red de dos niveles de splitters, como se muestra en la figura 2.14:

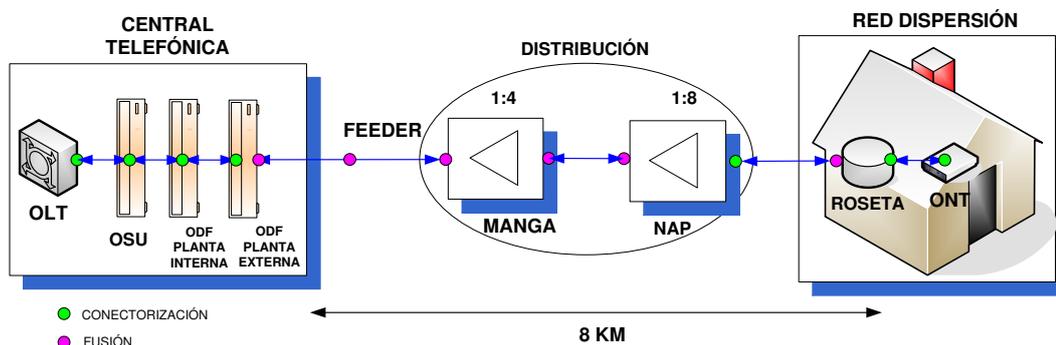


Figura 2.14: Modelo Masivo/ casa manga porta splitter de dos niveles.

❖ Modelo Corporativo

Este modelo contiene en la red de distribución una manga porta splitter de 1:32, llegando hasta el usuario final con una ONT corporativa, como se muestra en la figura 2.15:

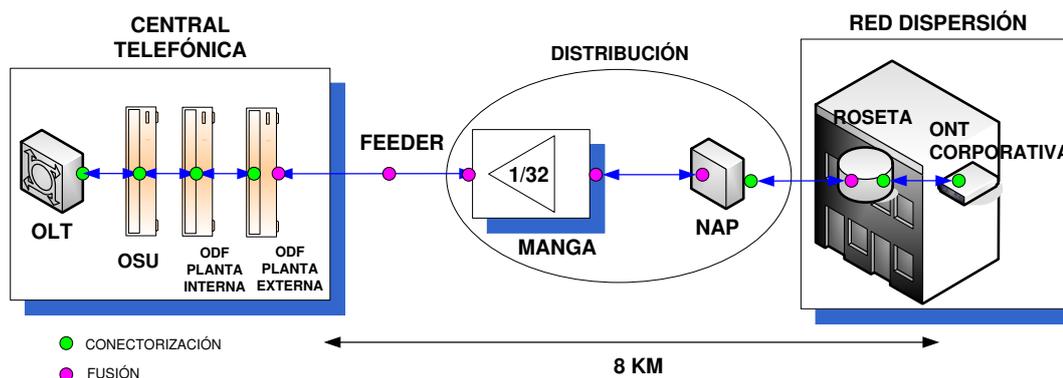


Figura 2.15: Modelo corporativo

2.9. Fibra y administración de la fibra

2.9.1 Elección de la fibra óptica

❖ Selección del tipo fibra óptica para Feeder y distribución

Se ha escogido el cable de fibra óptica monomodo normado bajo la recomendación UIT-T G.652 D, la misma que tiene baja atenuación en la señal transmitida y las distancias para sus conexiones son de media,

larga y muy larga que van desde los 550 metros hasta los 40 km, con una longitud de onda de alrededor de 1310 nm, que también puede ser usado en la región de 1550 nm. [13]

Las características geométricas, ópticas y de transmisión de esta fibra, se describen en la tabla 2.6:

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
Mode field diameter	Wavelength	1310 nm
	Range of nominal values	8.6-9.5 μm
	Tolerance	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Cladding diameter	Nominal	125.0 μm
	Tolerance	$\pm 1 \mu\text{m}$
Core concentricity error	Maximum	0.6 μm
Cladding noncircularity	Maximum	1.0%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1260 nm
Macrobend loss	Radius	30 mm
	Number of turns	100
	Maximum at 1625 nm	0.1 dB
Proof stress	Minimum	0.69 GPa
Chromatic dispersion coefficient	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² × km
Cable attributes		
Attribute	Detail	Value
Attenuation coefficient (Note 1)	Maximum from 1310 nm to 1625 nm (Note 2)	0.4 dB/km
	Maximum at 1383 nm ± 3 nm (Note 3)	0.4 dB/km
	Maximum at 1550 nm	0.3 dB/km
PMD coefficient (Note 4)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Tabla 2.6: ITU.T G652D Atributos [14]

Para nuestro proyecto esta fibra será tendida por las vías de canalización y aérea tanto para la red Feeder y distribución respectivamente.

❖ Selección del tipo de fibra óptica para Red de Dispersión

Para este proyecto se escoge la fibra óptica que recomienda la ITU-T G9657 categoría A1, debido a que es compatible con la fibra monomodo utilizada tanto en la Red Feeder y Red de Distribución y al mismo tiempo es manejable ya que su radio de curvatura es pequeño (10 – 15 mm) por lo que al momento de ser instalada en los hogares resulta flexible. [13]

En la tabla 2.7 se presentan los atributos de la fibra óptica para la red de dispersión según la recomendación citada anteriormente:

Fibre attributes						
Attribute	Detail	Value				
Mode field diameter	Wavelength	1310 nm				
	Range of nominal values	8.6-9.5 μm				
	Tolerance	$\pm 0.4 \mu\text{m}$				
Cladding diameter	Nominal	125.0 μm				
	Tolerance	$\pm 0.7 \mu\text{m}$				
Core concentricity error	Maximum	0.5 μm				
Cladding non-circularity	Maximum	1.0%				
Cable cut-off wavelength	Maximum	1260 nm				
Uncabled fibre macrobending loss (Notes 1, 2)		ITU-T G.657.A1		ITU-T G.657.A2		
	Radius (mm)	15	10	15	10	7.5
	Number of turns	10	1	10	1	1
	Max. at 1550 nm (dB)	0.25	0.75	0.03	0.1	0.5
	Max. at 1625 nm (dB)	1.0	1.5	0.1	0.2	1.0
Proof stress	Minimum	0.69 GPa				
Chromatic dispersion coefficient	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm				
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm				
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² × km				
Cable attributes						
Attenuation coefficient (Note 3)	Maximum from 1310 nm to 1625 nm (Note 4)	0.40 dB/km				
	Maximum at 1383 nm ± 3 nm (Note 5)	0.40 dB/km				
	Maximum at 1550 nm	0.30 dB/km				
PMD coefficient	M	20 cables				
	Q	0.01%				
	Maximum PMD _Q	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$				

Tabla 2.7: ITU-T G.657 categoría A – Atributos [15]

2.9.2 Conectores de patchcords y pigtails

Conforme se han ido incrementando los servicios de datos a través de la fibra óptica, se han desarrollado diversos conectores ofreciendo menos pérdida de retorno, de inserción y extrínseca, del elemento con bordes más fácil de usar y económicas.

En la figura 2.16 se observan las partes que constituyen un conector.

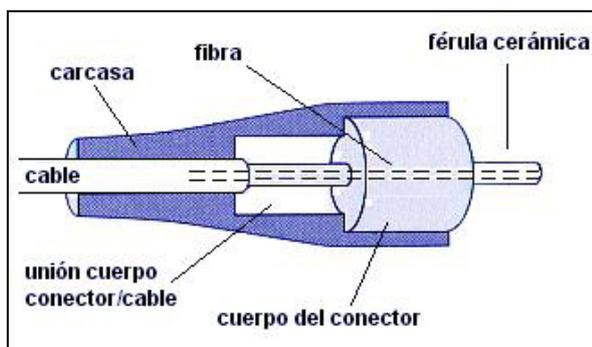


Figura 2.16: Descripción de un conector de fibra óptica. [16]

A continuación en la tabla 2.8 se detallan las especificaciones técnicas de los conectores más usados en nuestro mercado:

SC	Sus siglas significan Square Connector o conectores cuadrados				
APLICACIÓN	En equipos y sistemas de comunicación, redes LAN, tarjetas ópticas. Para todo tipo de fibras. Disponible en formato simple y dúplex.				
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 		Monomodo		Multimodo	
	Tipo de Pulido	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno
	Pulido PC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB))	≥ 40 dB	<0,25 dB	≥ 22 dB
	Pulido SPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB))	≥ 45 dB	<0,25 dB	≥ 36 dB
	Pulido UPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB))	≥ 55 dB	-	-
Pulido APC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB))	≥ 65 dB	-	-	
FC	Sus siglas significan Ferule Connector o Conector Férula				
APLICACION	En sistemas de comunicación a larga distancia, y equipos para mediciones ópticas. Para todo tipo de fibras				
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 		Monomodo		Multimodo	
	Tipo de Pulido	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno
	Pulido PC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB))	≥ 40 dB	<0,25 dB	≥ 22 dB
	Pulido SPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB))	≥ 45 dB	<0,25 dB	≥ 36 dB
	Pulido UPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB))	≥ 55 dB	-	-
Pulido APC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB))	≥ 65 dB			
ST	Sus siglas significan Straight Tip, diseñado con punta recta, con beneficio de acoplamiento con cable coaxial, resistente a vibraciones.				
APLICACION	Redes de procesado de datos, redes LAN e instrumentación. Para todo tipo de fibras.				
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 		Monomodo		Multimodo	
	Tipo de Pulido	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno
	Pulido PC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB))	≥ 40 dB	<0,20 dB	-
	Pulido SPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB))	≥ 45 dB	-	-
Pulido UPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB))	≥ 55 dB	-	-	

Tabla 2.8: Tabla de Especificaciones Técnicas de Conectores [17]

Dependiendo del tipo de pulido que contenga la férula cerámica y la conexión que se aplique, causarán pérdidas por retorno, inserción y extrínsecas, que a continuación se explican:

- ❖ La pérdida de retorno, RL (Return Loss), mide la porción de luz que es reflejada de vuelta hacia la fuente en la unión, expresada en decibeles (dB). Mientras más alto el RL, más baja la reflexión.

Valores típicos de RL fluctúan entre 35 y 50 dB para pulido tipo PC, 60 a 90 dB para pulido tipo APC y 20 a 40 dB para fibras multimodo.

Al inicio los extremos finales de los conectores plug-in de fibra óptica se pulieron a un ángulo de 90° en relación al eje de la fibra, mientras los estándares actuales requieren pulido PC (Physical Contact), pulido APC (Angled Physical Contact) y pulido UPC (Ultra Physical Contact).
[18]

En la tabla 2.9 se detallan los diferentes tipos de pulidos con una breve descripción:

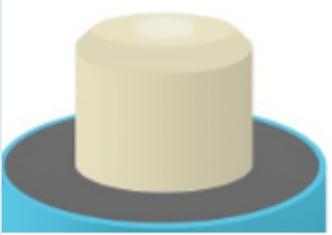
TIPO DE PULIDO	DESCRIPCIÓN	PÉRDIDAS DE RETORNO (dB)
<p>PC (Physical Contact)</p> 	<p>Los conectores PC son pulidos con una ligera curvatura, lo que elimina el espacio de aire entre las férulas.</p>	<p>Entre 30 dB y 40 dB.</p>
<p>UPC (Ultra Physical Contact)</p> 	<p>Los conectores UPC también tienen una curvatura, pero esta es mucho más pronunciada.</p> <p>Son ideales para transmitir señales de TV y data.</p>	<p>Entre 40 dB y 55 dB</p>
<p>APC (Angled Physical Contact)</p> 	<p>Las férulas de los conectores APC tienen un ángulo de 8°, que hace que las conexiones sean mucho más unidas.</p>	<p>Entre 55 dB y 65 dB</p>

Tabla 2.9: Tipos de pulidos [19]

- ❖ La pérdida de inserción (IL) es una medida de las pérdidas que ocurren en el punto de conexión. Se calcula desde la relación de la potencia lumínica en los núcleos de la fibra antes (PIN) y después (POUT) de la conexión y es expresada en decibeles.

Cuanto menor sea el valor, más baja las pérdidas de señal. Los valores típicos de IL fluctúan entre 0.1 a 0.5dB.

- ❖ Las pérdidas extrínsecas dependientes de la conexión resultan de las reflexiones, rugosidades sobre las caras de los extremos, errores angulares (error de apuntamiento angular) o desalineamiento radial (concentricidad). Las reflexiones y rugosidades juegan un rol secundario en la pérdida. Las causas primarias son los desalineamientos y errores de apuntamiento.

Los Pachtcords son cables de fibra óptica recubiertas con protección plástica, con dimensiones de 5, 10, 15 hasta 20 metros, dando facilidades de conexión al momento de empalmar con el cable de fibra principal, en sus extremos podemos encontrar la combinación de diferentes conectores tales como: SC, LC y ST entre otras; con pulidos PC, UPC y APC, de manera que transmiten la información en dirección Monomodo y Multimodo (ver figura 2.17).

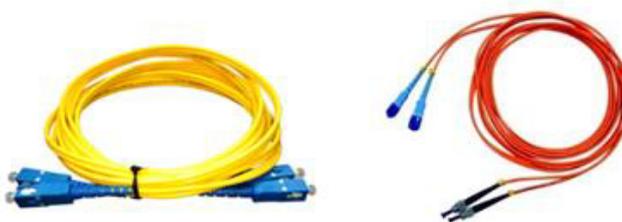


Figura 2.17: Pachtcords [20] [21]

Los pigtaills a diferencia de los Pachtcords tienen un extremo con solo un tipo de conector, ver figura 2.18.



Figura 2.18: Pigtail [22]

2.9.3 Empalmes de fibra

Más conocido técnicamente como fusión de fibra óptica, el mismo que se puede encontrar o realizar en diversos puntos del tendido del cable, precisamente donde el cable no alcanza su longitud hacia el destino; por ejemplo, una bobina de fibra óptica contiene un cable de FO de 4 kilómetros, por lo que al necesitar un enlace de transmisión de 6 km, necesariamente se requerirá la unión entre estas dos fibras fusionando sus hilos protegidos con minitubos, el corte de la FO debe ser perpendicular, previo a una limpieza de impurezas en los terminales de las fibras..

Otro caso se observa en el lugar del usuario final, donde encontramos una roseta óptica con punto de empalme final entre el cable Drop y el pigtail de conector.

Las fusiones de FO se encuentran ordenadas en bandejas, cubiertas con mangas para la protección contra las adversidades ambientales y mecánicas.

Los tipos de empalmes son por fusión y mecánicos. Como se detalla a continuación:

- ✓ El empalme por fusión tiene pérdidas más bajas y la menor reflectancia, como también brinda la unión más fuerte y más confiable. Prácticamente todos los empalmes de fibra monomodo son por fusión.

El empalme mecánico se utiliza para restauraciones temporarias y empalmes de fibras multimodo.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE RED FTTH PARA DEL SECTOR DE BANIFE DEL CANTÓN DAULE, PROVINCIA DEL GUAYAS.

3.1 Situación actual del sector de Banife del cantón Daule, Provincia del Guayas.

De acuerdo a la información técnica obtenida del KARDEX de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP., en el sector Este de Banife se brinda telefonía fija e internet mediante ADSL, usando como medio de transmisión el cobre, alimentado por los armarios 11 y 12 con un total de 520 clientes con telefonía fija y 234 con internet fijo pero el servicio es deficiente por sus bajos niveles de operatividad de transmisión en la red de cobre, debido a que el sector se encuentra ubicado a una distancia mayor de 2.5 km de la central telefónica del operador.

En la tabla 3.1 se encuentra la ubicación geográfica de cada uno de los armarios y se resume la cantidad de clientes que tienen el servicio de telefonía fija y el servicio de internet:

ARMARIO	DIRECCIÓN	GEOREFERENCIACIÓN	CAPACIDAD	TELEFONÍA FIJA	INTERNET FIJO
11	Av. Piedrahita y calle Santa Lucia	Longitud: 79.9777796411536 Latitud: 1.86096308293553	500	239	111
12	Av. Piedrahita y calle Gral. Francisco Paula y Santander	Longitud: 79.9760363502192 Latitud: 1.85962329222903	500	281	123
			TOTAL	520	234

Tabla 3.1: Información Técnica de Armarios Existentes

Cabe resaltar que existe otro operador que sólo brinda servicios de datos

El tendido de redes de las operadoras telefónicas tanto públicas como privadas es por vías de canalización y/o por postería eléctrica.

De esta manera, el sector Este de Banife del Cantón Daule no ha sido beneficiado de la provisión de redes convergentes, por tanto en el presente proyecto se diseñará un sistema de redes convergentes para el despliegue de FTTH sobre la tecnología GPON para cada hogar.

En la figura 3.1 y 3.2 se presentan los armarios existentes 11 y 12:



Figura 3.1: Armario 11 existente



Figura 3.2: Armario 12 existente

3.2 Alcance del proyecto.

El propósito de nuestro proyecto es brindar servicios convergentes de alta disponibilidad a los 520 abonados existentes del Sector Este de Banife del cantón Daule, considerando que el mismo se encuentra en mayor crecimiento poblacional y comercial con relación a los otros sectores de la población, además cubrirá las demandas de los futuros usuarios.

3.3 Requerimientos del diseño

Para el dimensionamiento de la red GPON en el sector Este de Banife del Cantón Daule, se consideró el área de cobertura establecida en el estudio técnico mediante el censo de abonados y de la demanda comercial (ver ANEXO A), siendo la demanda comercial de 528 para telefonía fija y 528 para internet fijo, esto es en base al crecimiento poblacional del sitio considerando la capacidad de adquisición económica de cada usuario, los mismos que garantizarán el éxito del proyecto.

El área a cubrir para nuestro proyecto es de 889.267,77 m², según la información entregada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P. En la figura 3.3 presentamos de manera sombreada el área de cobertura en la cual se incluye la ubicación de los armarios 11 y 12 con las respectivas cajas de la Red Secundaria representadas por círculos.

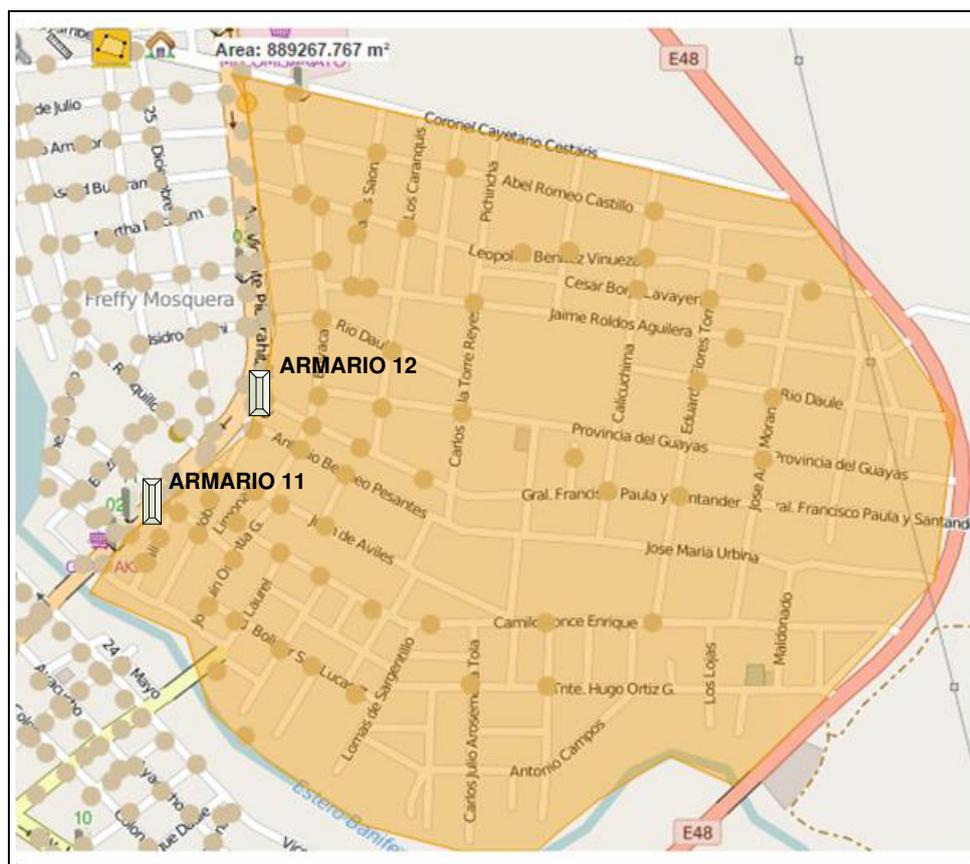


Figura 3.3: Área de Cobertura (Fuente: GIS CNT E.P.)

En este sector de Banife se tienen solares vacíos y casas en construcción deshabitadas en un 50% aproximadamente por lo que el nivel de crecimiento del mencionado lugar es exponencial.

Con la planimetría del sitio que contiene lotización, nombre de calles y nombre de edificios, se realizó la visita técnica por el sector Este de Banife, recorriendo cuadra por cuadra, se contabilizaron los clientes que actualmente hacen uso de la línea telefónica como del servicio de internet, los mismos que se detallan en la tabla 3.2:

SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
●	Líneas telefónicas existentes	520
○	Líneas telefónicas proyectadas	528
△	Solar vacío	139
×	Lote por construir	182

Tabla 3.2: Resultados del censo en Banife sector Este

Cabe mencionar que en las 528 líneas telefónicas proyectadas se encuentran consideradas las cifras que se refieren a los solares vacíos y lotes por construir.

Adicionalmente, esta información obtenida en el campo se la digitalizó usando AUTOCAD 2015, tal como se muestra un segmento del censo del sector en la figura 3.4:



Figura 3.4: Segmento del censo de abonados sector Banife lado Este

Es de conocimiento público que la empresa con mayor infraestructura telefónica en el país es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, que a su vez tiene la necesidad de implementar nuevas tecnologías con redes convergentes, razón por la cual se ha escogido una central telefónica de la mencionada Institución que soporta los servicios de internet y telefonía; convirtiéndose en un Nodo de acceso para la red FTTH, debido a que existe la disponibilidad de una OLT con sus respectivas tarjetas con puertos PON en un Rack, así también elementos de la planta externa e interna.

Una vez escogida la central Telefónica de Daule, se aplicó el estudio observacional en el interior de la misma, para determinar el estado de los elementos activos y pasivos que intervienen en la transmisión y recepción del flujo de datos, de acuerdo al esquema de bloques del nodo óptico de la figura 3.5.



Figura 3.5: Esquema de Bloques de nodo óptico

❖ RACK OLT

Es un gabinete metálico de tipo indoor de 19" estándar para equipos activos, está conformado por el equipo activo OLT de marca HUAWEI modelo MA5600T como se presenta en la figura 3.6:



Figura 3.6: Rack OLT existente

Otro elemento activo importante dentro del Rack OLT, es la unidad de escaneo óptico, que controla la transmisión y recepción del tráfico de la OLT. En la figura 3.7 se presenta el mencionado equipo:

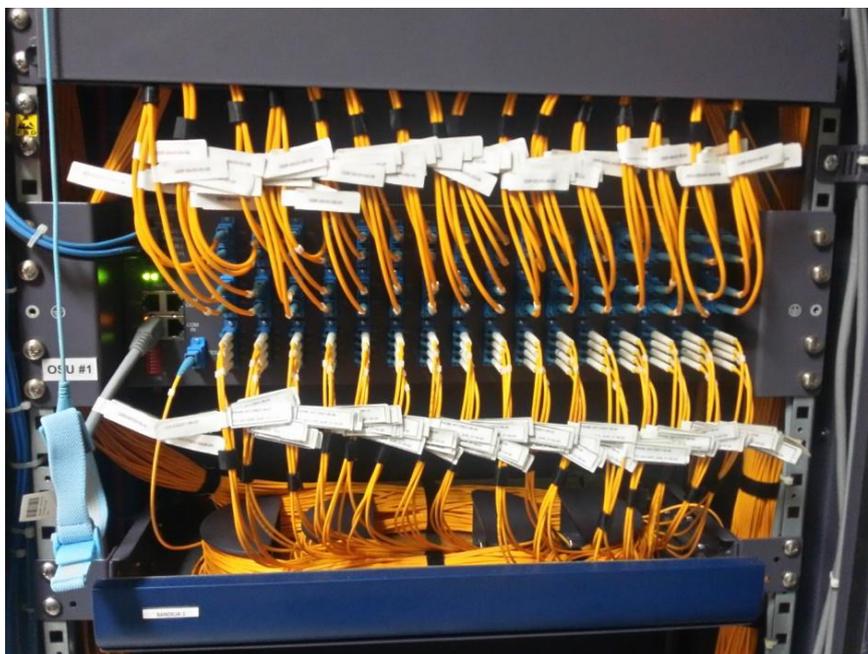


Figura 3.7: Unidad de escaneo óptico (OSU)

- ❖ ***El Rack Planta Interna***, contiene los ODF (elemento pasivo) de planta interna conformado por un gabinete metálico para la distribución de fibra óptica con el propósito de facilitar la interconexión entre los Patchcords de planta externa con los puertos del equipo activo GPON (OLT). Este gabinete permite tener una mejor organización, manejo, administración y distribución adecuada de los cables de fibra óptica. En la figura 3.8 se muestra el rack en mención que contiene los ODFs:



Figura 3.8: Rack de Planta Interna en Central Telefónica Daule

Como se puede observar contiene dos conductos laterales con puertas independientes para el ingreso y salida de cables de fibra óptica, cada uno de estos conductos contiene guías de Pachtcords con elementos de control de radio de curvatura.

Además, se puede observar que existen ODFs en las que se reflejan los puertos de OLT, estos ODFs son para rack de 19" de ancho, además poseen los herrajes adecuados para su fijación en el gabinete y una tapa de protección que permite fácil acceso frontal a la zona de bandejas para empalmes y conectorización. Los Pachtcords que vienen de los puertos de las tarjetas de la OLT ingresan por su parte derecha del ODF y los Pachtcords de cruzada de Feeder ingresan por la parte lateral izquierda del ODF.

- ❖ ***El Rack Planta Externa***, está conformado por un Gabinete y ODFs de planta externa. El gabinete es de estructura metálica que sirve para la distribución de cable de fibra óptica que facilita la interconexión de los hilos del cable

Feeder con los puertos de los ODFs de la planta interna, los mismos que constituyen el reflejo de los puertos PON de la tarjeta de la OLT.

En la figura 3.9 se observa la ubicación de dos cables para la red Feeder uno de 288 hilos mediante los tres ODFs superiores y otro cable de Feeder de 144 hilos en los dos ODFs siguientes. Cabe mencionar que la capacidad máxima de cada ODF es de 96 hilos excepto el último que es de 48 hilos para completar los 144 hilos mencionados anteriormente.

En el caso de existir la necesidad de expandir la red GPON en otros sectores del Cantón Daule se colocará hasta la capacidad máxima de ODFs permitidos en el gabinete:



Figura 3.9: Rack de Planta Externa en central telefónica Daule

Según la Normativa Técnica de la CNT E.P., el primer ODFs se coloca desde la 4ta unidad de tornillo de la primera unidad de rack y la separación de cada

ODF será de una unidad de tornillo del rack correspondiente. Así también, el ingreso de los cables de la Red Feeder de la planta externa es por el costado lateral izquierdo, utilizando para su sujeción los elementos necesarios y adecuados.

En la figura 3.10, se presenta un esquema de la ubicación de los ODFs y el ingreso del Feeder al Rack Planta externa:

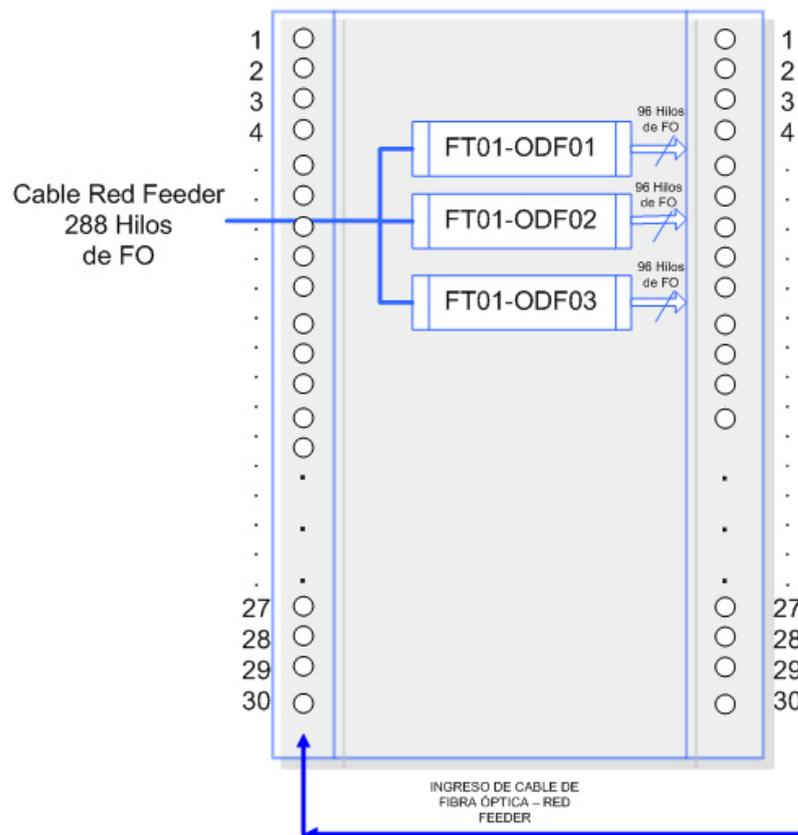


Figura 3.10: Esquema de ubicación de ODFs

Cada ODF contiene 8 bandejas que ingresan 12 hilos en cada una, dando un total de 96 hilos en un ODF, tal como se aprecia en la figura 3.11:



Figura 3.11: Bandejas de un ODF

Para el recorrido de los cables de Patchcords desde la OLT al Rack de Planta Interna y Externa se utiliza un Fiber Runner, como se muestra en la figura 3.12:

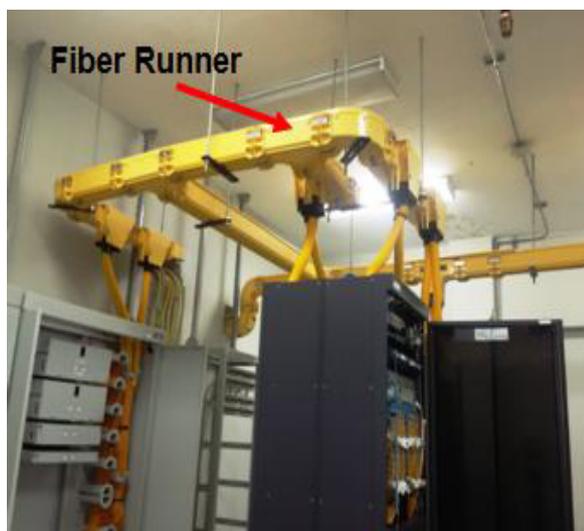


Figura 3.12: Fiber Runner en central Daule

3.4 Levantamiento de información georeferenciados de elementos de la red existente.

El levantamiento al que se hace referencia en este ítem consiste en Georeferenciar en el sistema de coordenadas geográficas WGS84 (World Geodetic System 84, que significa Sistema Geodésico Mundial 1984), a los elementos que conforman la planta externa tales como postería eléctrica, postería telefónica, pozos y canalización telefónica.

Para efecto de este trabajo se hará uso del GPS, el mismo que se debe mantener estable en su posición y sin obstáculos, con el propósito de que se conecte con la mayor cantidad de satélites para que la información que nos entregue sea precisa de acuerdo al sitio.

El receptor tendrá una mejor visión del firmamento si lo orientamos con un ángulo de 45 grados con la horizontal y no demasiado cerca del cuerpo. Se debe procurar que no existan obstáculos entre el firmamento y el receptor.

Para la georreferenciación de los elementos existentes que intervendrán en el diseño de la red GPON, se usará el GPS de marca GARMIN que usa el software MapSource para la transferencia de datos a AUTOCAD. MapSource con serie OREGON 550t; se encuentra dentro de los elementos comerciales del GPS GARMIN.

A continuación detallamos como se realiza la georeferenciación tanto para posterías como la canalización:

Postería eléctrica y telefónica: Para levantar la información georeferencial de un poste se debe ubicar junto al poste con una separación máxima de 10 cm entre el GPS y el poste para marcar la ubicación.

Una vez tomado el dato georeferencial del elemento, los datos se transfieren al software MapSource, y luego de un procedimiento se transfieren sobre la planimetría diseñada en AUTOCAD 2D.

Pozos y canalización: Para levantar la información georeferencial de un pozo se debe ubicar sobre la tapa del pozo y marcar la ubicación. Luego de realizar el levantamiento de canalización y definir la ruta, se debe pasar guía e informar a la zona para que no se ocupen las vías asignadas para el paso de la fibra que se contempla en el diseño.

Una vez tomado el dato georeferencial, se realiza el mismo procedimiento de transferencia de datos que fue realizado en la parte concerniente a poderías.

3.5 Modelo de la infraestructura y elementos del enlace para accesos GPON.

3.5.1 Determinación y ubicación de equipos a utilizar.

3.5.1.1 Ubicación, dimensionamiento y tipos de OLTs

La OLT disponible para el presente proyecto, está ubicada en la Central Daule en la intersección de las calles Pedro Carbo y General Cornelio Vernaza, con las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud: 1°51'58.61"S; Longitud: 79°58'55.55"O

En la figura 3.13, se observa la ubicación de la OLT existente.



Figura 3.13: Ubicación de la OLT existente en la Central Daule

La OLT originalmente tiene 14 tarjetas de servicios que contienen 8 puertos PON, dando un total de 112 puertos. Cada puerto PON suministra a 32 clientes, cuando se utiliza doble nivel de splitters (1/4, 1/8) que es el caso de nuestro proyecto, entonces el número total de clientes que cubre una OLT es de 3584; sin embargo, los slots 17 y 18 que vienen sólo para tráfico de telefonía E1s, han sido cambiados por 2 tarjetas de servicio, resultando que el número de puertos PON se incrementó a 128; tal como se puede observar en la figura 3.14:

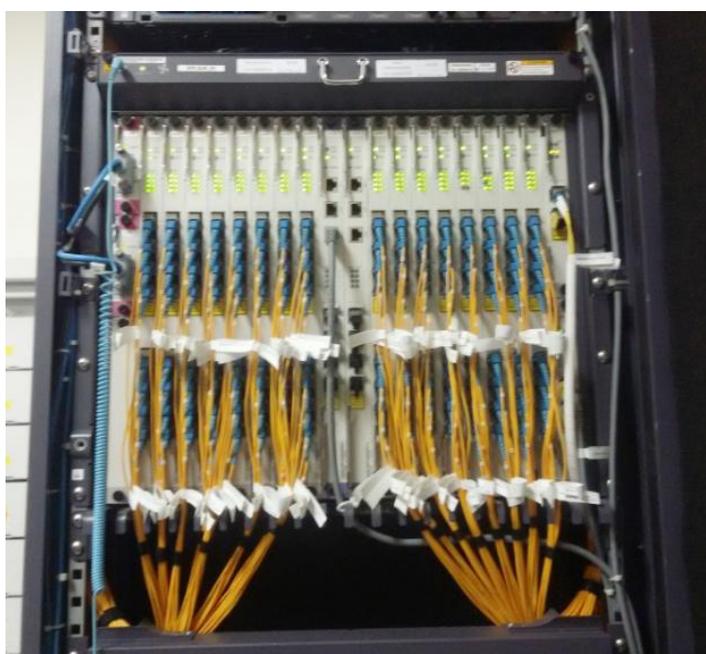


Figura 3.14: OLT con 16 tarjetas de servicios

Al momento de realizar la visita técnica dentro del nodo óptico, se observó que en la OLT están ocupados 18 puertos PON que dan servicio a otro sector.

Para nuestro proyecto la demanda existente más la demanda comercial proyectada, nos da un total de 1048 usuarios, entonces dividiendo esta cantidad para la capacidad de un puerto PON indicado anteriormente, nos da un valor de 33 puertos PON.

Es importante considerar los siguientes valores de umbral en la OLT:

- ✓ Potencia Mínima de Emisión: +1,5(dBm)
- ✓ Potencia Máxima de Emisión: +5 (dBm)
- ✓ Sensibilidad Mínima para OLT -28 (dBm)
- ✓ Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 (dBm).

Existen tres tipos de OLT; larga, médium y Mini como se observa en la figura 4.1

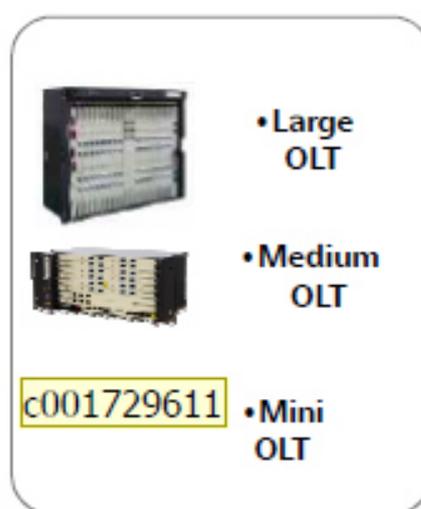


Figura 3.15: Tipos de OLTs (Fuente: OBF000112 FTTx System Overview V1R6
ISSUE1.00 – Huawei)

3.5.1.2 Longitud máxima de Feeder y buffers utilizados

En nuestro proyecto se utilizará la Red Feeder existente que se encuentra canalizada desde el ingreso de la Central Telefónica Daule mediante la cámara o pozo telefónico PZ_01A hasta el pozo PZ_38 ubicado a la altura de la Sub-Estación Eléctrica EMELGUR; este cable de fibra óptica es monomodo, normado por la ITU G.652D; que se identifica mediante la nomenclatura 4608.FT_01_00_00(288)(1..288). En la tabla 3.3 se detalla cada elemento de esta identificación:

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
4608	Código de la OLT
FT	Fibra troncal o feeder
01	Número que indica el orden de salida del cable del central telefónica
00_00	Número que indica el orden de derivación del cable troncal o feeder
288	Capacidad de hilos de fibra óptica del cable
(1..288)	Hilos activos o disponibles desde el elemento desde donde parte el cable

Tabla 3.3: Descripción de elementos de cable Feeder [23]

El feeder FT01 recorre a lo largo de la Av. Piedrahita, llegando con una longitud máxima de 2.69 km, incluyendo las reservas del cable de fibra óptica ubicadas en las cámaras o pozos telefónicos de acuerdo a la tabla 3.4:

NÚMERO DE RESERVA	NÚMERO DE POZO	CANTIDAD DE FO (metros)
1	PZ_1A	36
2	PZ_4	100
3	PZ_8	30
4	PZ_9	36
5	PZ_12	30
6	PZ_14	30
7	PZ_16	23
8	PZ_17	23
9	PZ_20	24
10	PZ_34	18
11	PZ_36	20

Tabla 3.4: Ubicación de reservas de Feeder existente FT_01_00_00

De acuerdo a la Normativa Técnica de CNT E.P., estas reservas se deben quedar cada 300 metros en los pozos telefónicos, dependiendo de las futuras necesidades en el sector, donde la longitud mínima de cada reserva es de 30 metros.

El feeder FT_01_00_00 de 288 hilos, tiene 24 buffers con 12 hilos cada uno, donde sus dos primeros buffers alimentan las mangas porta splitters existentes MT01 y MT02, con los números de hilos de buffers que se describen en la tabla 3.5:

Buffer	Hilos en buffer	Hilos ocupados	Hilos disponibles	Manga Porta Splitters existentes
1	1..12	1..12	0	MT01
2	13..24	13..18	19..24	MT02
3	25..36	0	25..36	-
4	37..48	0	37..48	-
...
21	241..252	0	241..252	-
22	253..264	0	253..264	-
23	265..276	0	265..276	-
24	277..288	0	277..288	-

Tabla 3.5: Números de hilo de buffers ocupados y disponibles

En la figura 3.15 se puede observar en color verde el recorrido de la Red Feeder existente desde la OLT Daule y la ubicación de las mangas porta splitter existentes MT01 y MT02:

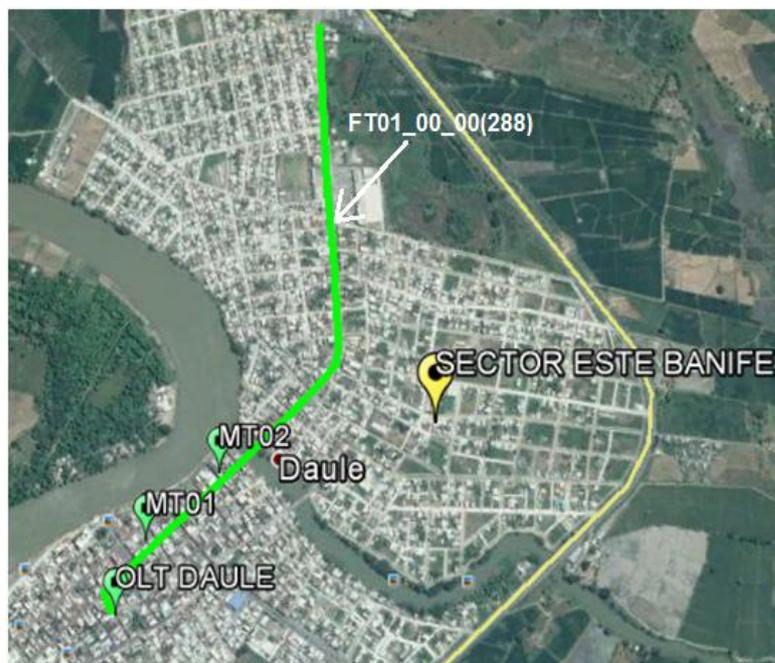


Figura 3.16: Recorrido de Red Feeder y ubicación de manga porta

3.5.1.3 Niveles, razón de división y tipos de Splitter Óptico

Para todos los Modelos de topología GPON, se recomiendan hasta dos niveles de splitter, ya que con la instalación de un tercer nivel aumentan las pérdidas en el presupuesto óptico, lo que reduce la longitud de la fibra para cumplir el umbral de pérdidas, por tal motivo se ha escogido el modelo masivo /casa dos niveles de splitter.

La razón de división dependerá de la demanda y ubicación del splitter óptico.

Existen dos tipos de splitter, el primario y el secundario; para el primario es necesario tener una fibra de respaldo y se lo utiliza especialmente para atender las necesidades de demanda comercial e industrial. El splitter óptico secundario necesita de un solo enlace de fibra óptica para atender las necesidades de las demandas residenciales.

Para el caso de nuestro proyecto que cubre con la necesidad de la demanda residencial en el sector Este de Banife, se escogió splitters secundarios tanto en primer como en segundo nivel con un radio de 1/4 y de 1/8 respectivamente con el propósito de cubrir los 32 usuarios de un puerto PON.

3.5.1.4 Ubicación de las cajas de distribución

Debido a que al momento no existe la canalización de acometida hasta el usuario final, todas las cajas de distribución óptica (NAPs) van a ser instaladas en las posterías tanto eléctricas como telefónicas, de manera temporal hasta que se realice el respectivo soterramiento; para la instalación de lo antes mencionado el tendido de las líneas físicas aéreas debe regirse al reglamento 568 del ARCOTEL específicamente en el Capítulo II artículo 5. [24]

La numeración de las cajas ópticas será desde la más lejana hasta la más cercana de la OLT de forma ascendente.

Cabe mencionar que al interior de las cajas de distribución óptica se encuentran los splitters de segundo nivel cuyo radio es de 1/8.

3.5.1.5 Ubicación para las mufas de distribución o FCP primario

La razón principal para la cual se escogió utilizar mangas (mufas) porta splitter en lugar de armarios ópticos (FDH) es el aspecto económico, debido a que la instalación de un FDH tiene un costo aproximado \$15000.00, a diferencia de la manga porta splitter, cuyo costo es de \$1500.00, lo que representa un significativo ahorro económico.

De acuerdo al análisis efectuado en el numeral 3.5.1.1, se estableció que para nuestro proyecto se requieren 33 puertos PON, esto significa que podemos instalar el mismo número de splitters de primer nivel de 1x4, distribuidos en las mangas porta splitters.

Según especificaciones técnicas, una manga porta splitter puede contener hasta 24 splitters, pero considerando el espacio físico para el fácil mantenimiento e instalación de nuevos usuarios se decidió que hasta máximo 12 splitters deberán estar en una manga.

Por lo tanto, al dividir los 33 splitters requeridos en el primer nivel para el máximo número de splitters en una manga (12), se obtendrán 3 mangas porta splitters (equivalente a cada armario de fibra óptica); la abreviatura para definir una manga porta splitters estará dada por MT0x, donde x es el número de manga porta splitter que corresponda, por lo tanto se requieren de tres derivaciones del Feeder FT_01_00_00, sangrando la fibra en las reservas más cercanas a la proyección de ubicación de las mangas porta splitters, que de acuerdo a la inspección técnica realizada en la ruta del eje de canalización existente se utilizarán las reservas 7 y 9 de la tabla 3.4

Continuando con la numeración de mangas troncales existentes de la red Feeder FT_01_00_00, se definen las siguientes MTs proyectos con su ubicación en la tabla 3.6:

Mangas Porta Splitters	DIRECCIÓN	LATITUD	LONGITUD
MT03	Av. Piedrahita y Calle Santa Lucía	1°51'39.37"S	79°58'38.40"O
MT04	Av. Piedrahita y calle Gral. Francisco Paula y Santander	1°51'34.74"S	79°58'34.15"O
MT05	Av. Piedrahita y S/N	1°51'28.27"S	79°58'33.73"O

Tabla 3.6: Ubicación Geográfica de Mangas Porta Splitters

En la figura 3.16 se despliega el área de cobertura de las mangas porta splitter:



Figura 3.17: Área de cobertura y ubicación de las MTs (Fuente: Google Earth)

3.5.2 Topología de la red.

En la figura 3.17 se muestra la topología de nuestro proyecto en la cual se observa que la OLT tiene una red Feeder existente de 288 hilos, de la cual se han utilizado los dieciocho primeros hilos ubicados en la manga porta splitter 01 (MT01) y manga porta splitter 02 (MT02), por lo tanto tenemos disponibles 270 hilos para nuestro diseño.

La Red de Distribución inicia desde los puertos de salidas de los splitters de primer nivel, con el siguiente detalle:

- ✓ MT03: Ingresa un buffer de 12 hilos a la manga porta splitter que contiene 12 splitters de 1x4, saliendo 48 hilos (NAPs).
- ✓ MT04: Ingresa otro buffer de 12 hilos a la manga porta splitter que contiene 12 splitters de 1x4, saliendo con 48 hilos (NAPs).
- ✓ MT05: Ingresa otro buffer de 12 hilos a la manga porta splitter que contiene 9 splitters de 1x4, saliendo 36 hilos (NAPs).

En la tabla 3.7 se resume la cantidad de splitters tanto del primer nivel como del segundo nivel, necesarios para el desarrollo de este proyecto.

ID MT	CANTIDAD MÁXIMA DE SPLITTERS EN EL 1ER NIVEL	CANTIDAD MÁXIMA DE SPLITTERS EN EL 2DO NIVEL	NOMBRE PROYECTO	MÁXIMA CANTIDAD DE USUARIOS
MT03	12	47	"Análisis y diseño para la implementación de un sistema de servicios convergentes de telecomunicaciones con modelo de red FTTH basado en la tipología GPON en el sector de Banife del Cantón Daule, de la Provincia del Guayas"	376
MT04	12	48		384
MT05	9	36		288
TOTAL DE CLIENTES				1048

Tabla 3.7: Cantidad de splitters del Primer y Segundo Nivel

La salida de los splitters de primer nivel se fusionan con cables de FO de 6, 12, 24 y 48 según el caso, los cuales llegan a las cajas NAPs que contienen splitters de 1x8, generando un segundo nivel de splitters, con la cantidad detallada en la tabla 3.7

3.5.3 Arquitectura del diseño.

❖ Simbología a utilizar en el diseño de la Red GPON – FTTH [25]

Previo al diseño de la Red Feeder, Red de distribución y Red de dispersión, se considerará la simbología de los elementos para la infraestructura de la Red GPON, establecidos por la CNT.E.P., éstos son definidos mediante bloques que contienen atributos tales como: identificación, asignación de hilos, características generales del elemento, etc.; por cada bloque se le añadirá una capa que se utilizará de acuerdo a las necesidades que se presenten en la elaboración del proyecto, los mismos que son desarrollados en AUTOCAD 2D.

En la tabla 3.8 se presenta la simbología de los elementos activos y pasivos de una red GPON- FTTH.

Descripción	Proyectado	Existente
RACK DE FIBRO 9"x20"		
OLT DE DISTRIBUIDOR		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA AÉREA		
EMPALME DE FIBRA		
EMPALME DE FIBRA Y SPLITTER	 1/32 XXX(288)(1..288) 1/32	 1/32 XXX(288) (1..288) 1/32
FIBRA ÓPTICA	 G-652D 128 123 XXX(288)(1..288)	 G-652-D 128 123
ONT (ABONADO)		
SPLITTER DE UNA ENTRADA		
HILOS DE RESERVA DE FIBRA	 RFD-xxx G-652D xxx(288)(1..288)	 RFD-xxx G-652D xxx(288) (1..288)
ODF-REDES GPON	 G-652D(40)(1..40) 40-xxx	 G-652D(40) (1..40) 40-xxx
RESERVA DE FIBRA	 GUAC-CHOD 48 G-655 1234	 CBOR-GUAI 48 G-655 123
POZO O CÁMARA	 pal ca_pa calzado pavimento	 pal ca_pa

Tabla 3.8: Simbología para el diseño de Red GPON

❖ Red de canalización existente.

Previo a la elaboración del diseño de la red GPON, se procedió a verificar el cable de fibra óptica de la red feeder existente que se encuentra tendido a lo largo del eje de canalización existente desde la Central Daule de la CNT E.P., hasta las diferentes áreas. En la figura 3.18 se puede observar varios tramos de la red de canalización existente en la Av. Piedrahita.

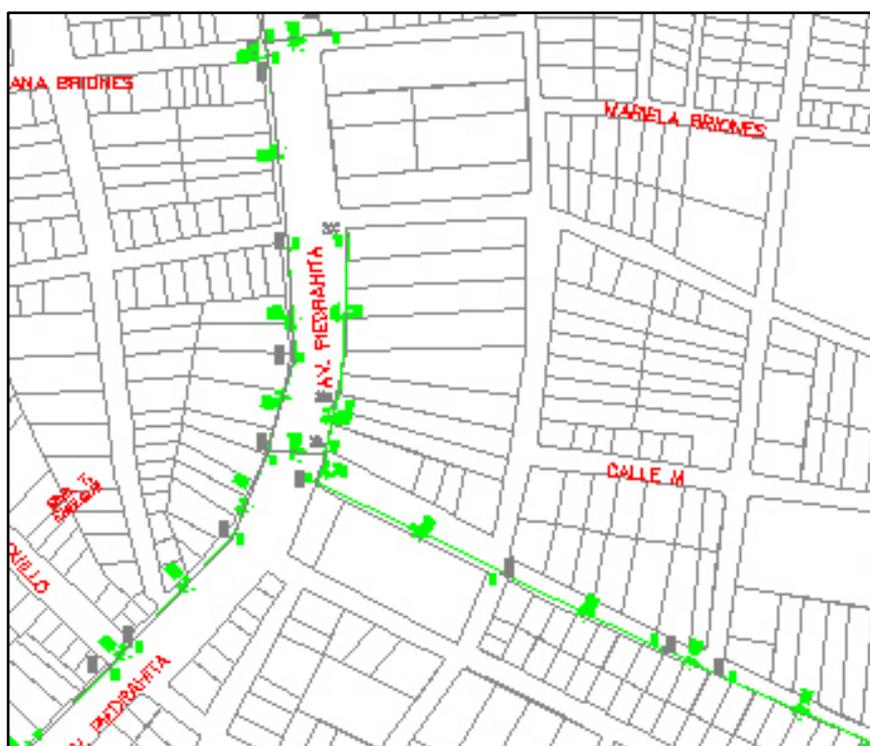


Figura 3.19: Tramos de la Red de Canalización en la Av. Piedrahita

Cabe mencionar que se reconstruirán 5 subidas de los pozos PZ_15A, pm_17, pm_18, pm_21 y pm_23.

En el anexo B se muestra la canalización de manera completa.

❖ **Diseño de derivaciones de Red Feeder para sector Este de Banife.**

En base a la cantidad de mangas porta splitters existentes definidas en la tabla 3.7, donde se proyectarán tres MTs identificadas como MT03, MT04 y MT05, se requerirá sangrar el Feeder principal FT_01_00_00(288), derivando el cable de la siguiente manera:

- ✓ FT01_02_00(12)(1..12)
- ✓ FT01_03_00(12)(1..12)
- ✓ FT01_04_00(12)(1..09)

Asignando los hilos de los buffers disponibles del Feeder principal, según se detalla en la tabla 3.9:

FEEDER 4608.FT01_00_00(288)(1..288) : CABLE: FT01_00_00(288)(19..288)				
BUFFER	HILOS	HILOS A UTILIZARSE EN EL PROYECTO	ELEMENTO	CLIENTES ASIGNADOS
2	13..24	19..24	MT03	MASIVOS CASAS
3	25..36	25..30		MASIVOS CASAS
	25..36	31..36	MT04	MASIVOS CASAS
4	37..48	37..41		MASIVOS CASAS
	37..48	42..48	MT05	MASIVOS CASAS
5	49..60	49..50		MASIVOS CASAS

Tabla 3.9: Ocupación de Buffers de MTs a proyectarse

Estas derivaciones de cables de fibra óptica se asignaran a cada MT de las siguientes maneras:

MT03: Ingresa hilos del PRIMERO y SEGUNDO buffer del cable Feeder FT_01_00_00 (288) (19..30) que se fusionarán con la derivación FT_01_02_00(12)(1..12).

MT04: Ingresan hilos del TERCER y CUARTO buffer del cable Feeder FT_01_00_00 (288) (31..41) que se fusionarán con la derivación FT_01_03_00(12)(1..12)

MT05: Ingresan hilos del CUARTO y QUINTO buffer del cable Feeder FT_01_00_00 (288) (42..50) que se fusionarán con la derivación FT_01_04_00(12)(1..09)

En la figura 3.19 se observa un diagrama esquemático de la red feeder del proyecto con sus derivaciones y los hilos a fusionar para atender las diferentes zonas a migrar.

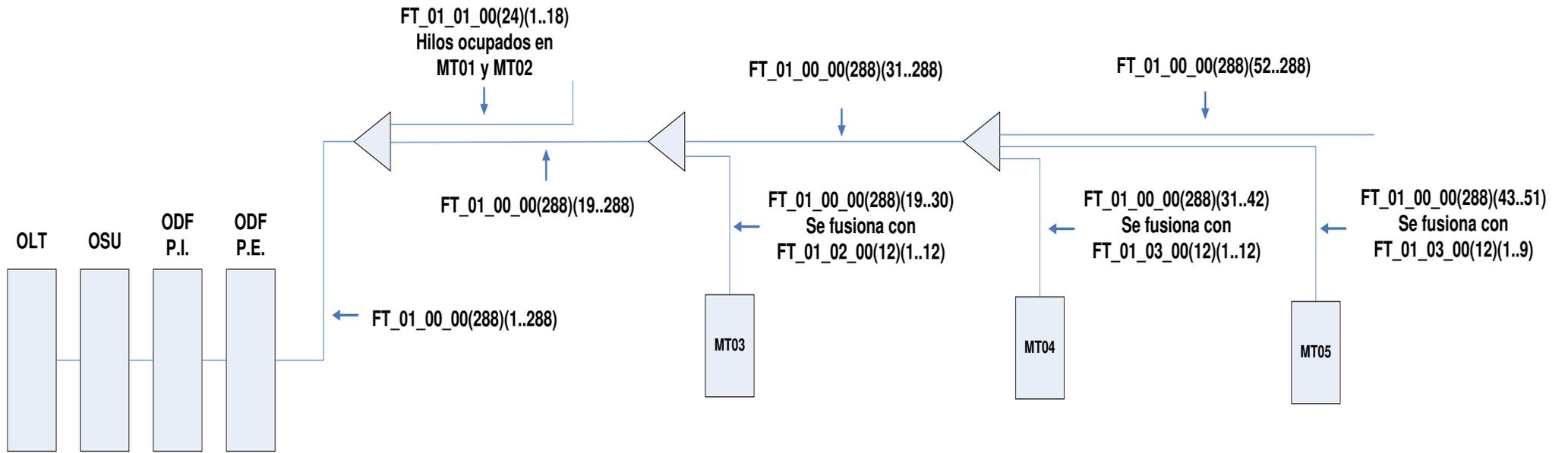


Figura 3.20: Diagrama Esquemático de la Red feeder

En la figura 3.20 se presenta la derivación del Feeder FT01_02_00(12)(1..12) desde el pozo telefónico # 15 para la alimentar la MT03 ubicada en el pozo telefónico #15A, con doce splitters:

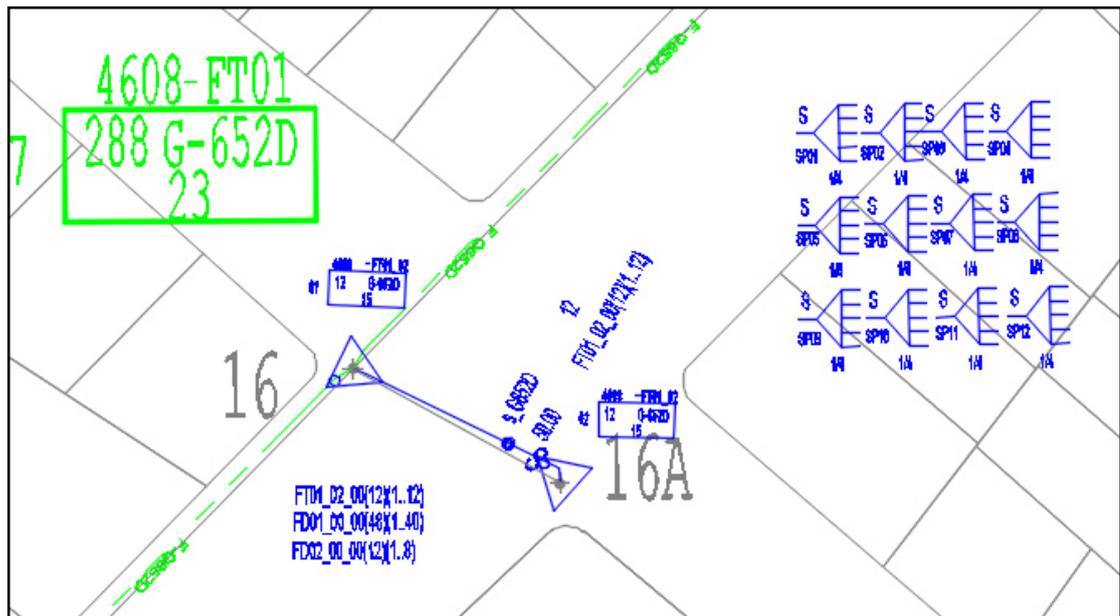


Figura 3.21: Derivación del feeder FT01_02_00(12)(1..12)

En la figura 3.21 se presenta la derivación del Feeder FT01_03_00(12)(1..12) desde el pozo telefónico # 11 para la alimentar la MT04 ubicada en el pozo telefónico #11A con doce splitters:



Figura 3.22: Derivación del feeder FT01_03_00(12)(1..12)

En la figura 3.22 se presenta la derivación del feeder FT01_04_00(12)(1..09) desde el pozo telefónico # 07, para la alimentar la MT05 ubicada en el pozo telefónico #07A con nueve splitters:

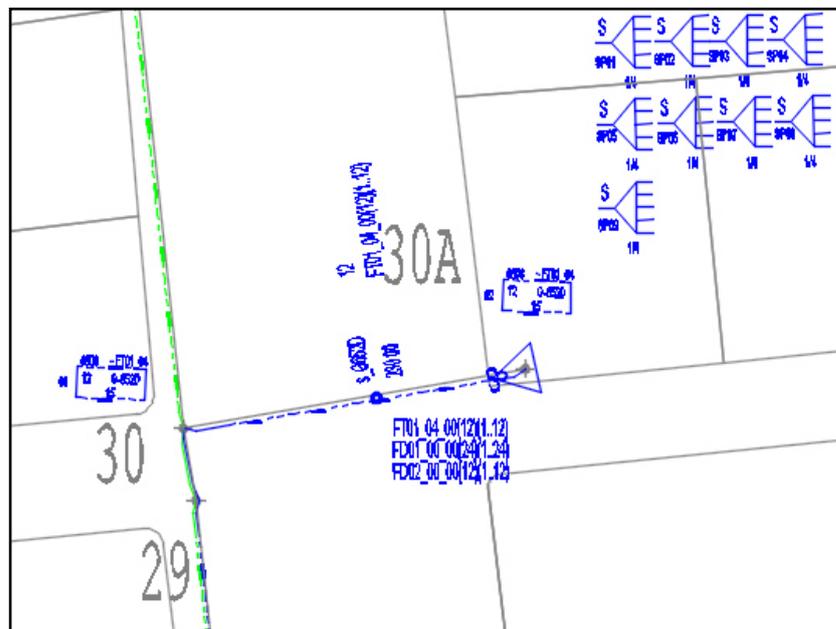


Figura 3.23: Derivación del feeder FT01_04_00(12)(1..09)

❖ **Diseño de Red de Distribución para el sector Este de Banife.**

La Red de Distribución, empieza desde los puertos de salida de los splitters de primer nivel; en los mismos que se fusionarán diferentes tipos de cables de fibra óptica con sus respectivas derivaciones hacia las NAPs; cabe destacar que éstas cajas ópticas son ubicadas de acuerdo al área de dispersión y enumeradas desde la más lejana hasta la más cercana a la manga porta splitter.

En la figura 3.23 se puede observar un modelo de una red de distribución GPON utilizando postería.

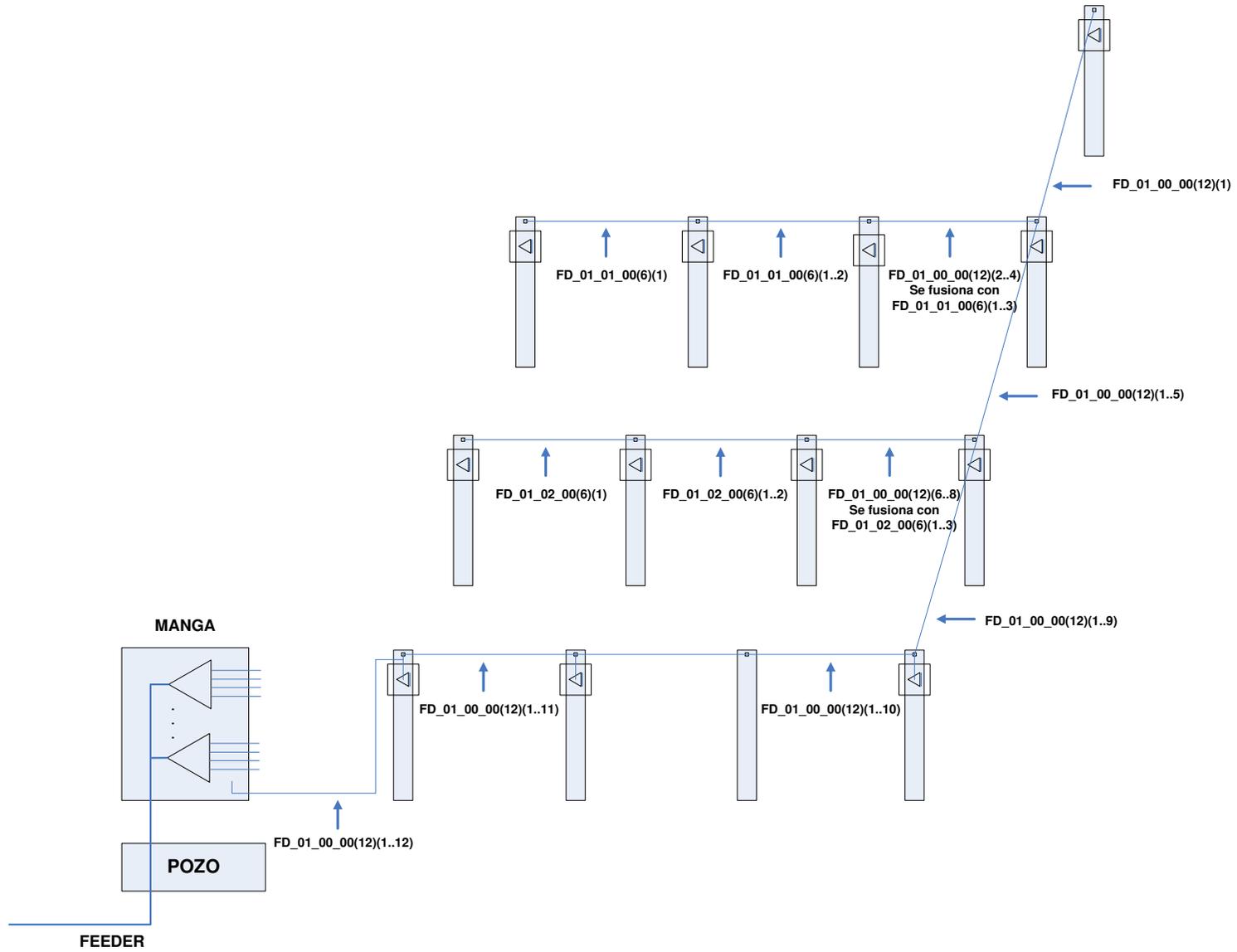


Figura 3.24: Diagrama esquemático de la Red de Distribución aérea para NAPs [26]

En el anexo B se encuentran los planos de la red ODN con la mangas porta splitters MT03, MT04 y MT05 de manera completa.

❖ **Diseño de Manga Porta Splitter 03 – MT03**

Para el diseño de la ODN de la MT03, se considerará la fusión de dos cables de fibras ópticas de distribución a las salidas de los splitters del primer nivel, siendo estos los siguientes:

- ✓ FD01_00_00(48)(1..40)
- ✓ FD02_00_00(12)(1..8)

En las tablas 3.10 y 3.11 se detallan cada uno de los elementos de la identificación de los cables Feeder, las mismas que se utilizan para las tres mangas troncales:

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
FD01	Número que indica el orden de salida del cable de la manga porta splitter.
00_00	Número que indica el orden de derivación del cable de distribución a nivel de empalme.
(48)	Capacidad de hilos de fibra óptica del cable.
(1..40)	Hilos activos o disponibles desde el elemento que parte el cable.

Tabla 3.10: Descripción de elementos de cable Feeder FD01 [27]

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
FD02	Número que indica el orden de salida del cable de la manga porta splitter.
00_00	Número que indica el orden de derivación del cable de distribución a nivel de empalme.
(12)	Capacidad de hilos de fibra óptica del cable.
(1..7)	Hilos activos o disponibles desde el elemento que parte el cable.

Tabla 3.11: Descripción de elementos de cable Feeder FD02 [27]

Se deberán formar las aéreas de dispersión para cada NAPs, agrupándose de acuerdo a los clientes existentes y a la demanda comercial en el sector, para el caso de esta MT se tienen 47 aéreas de dispersión lo que equivalen 47 NAPs.

La nomenclatura de cada NAP será alfanumérica agrupadas en cuatro, empezando desde la A1; cabe destacar que esta nomenclatura forma parte de las Normas Técnicas de la CNT E.P., por lo tanto en las siguientes mangas troncales también las utilizaremos. A continuación, se detallan los grupos a utilizarse en la MT03, recalcando que se dejará la reserva de un hilo en la caja I4:

A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4 ... K1, K2, K3, K4; L1, L2, L3, L4.

En la figura 3.24 se muestra la distribución de las cajas NAPs en la ODN de la MT03, Geo- Referenciadas mediante Google Earth:

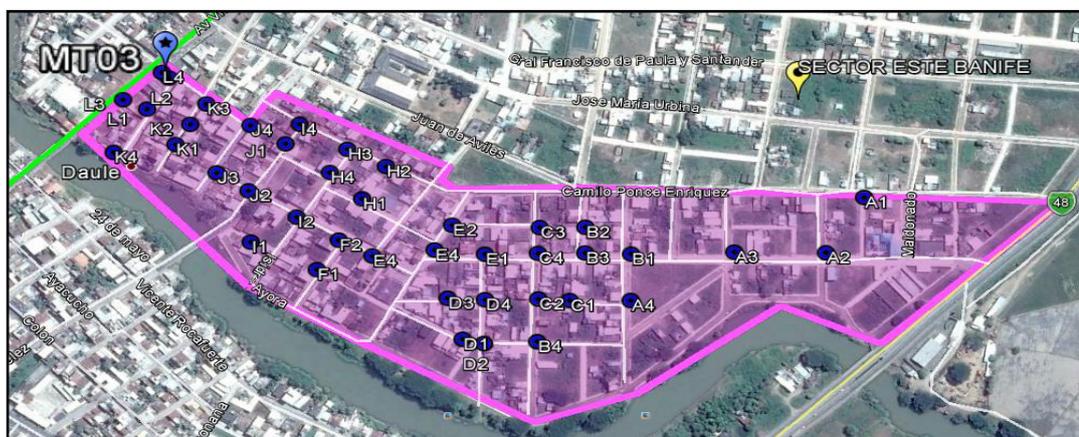


Figura 3.25: Distribución de NAPs en la MT03

De acuerdo al Modelo Masivo/ Casa con Manga - Porta Splitter con dos niveles de splitters 1x8 mostrado en la Fig. 2.15, escogido para el desarrollo de nuestro diseño, se tienen en las NAPs el segundo nivel de splitters, donde se fusionan un hilo de fibra óptica al ingreso del splitter, con una multiplexación para obtener ocho salidas.

La asignación de hilos que corresponden a cada caja, se los registrará dentro de los atributos del bloque de las NAPs, digitalizados en AUTOCAD. En la figura 3.25 se muestra un ejemplo de las 47 NAPs proyectadas en la MT03, con los atributos de la caja de distribución óptica:

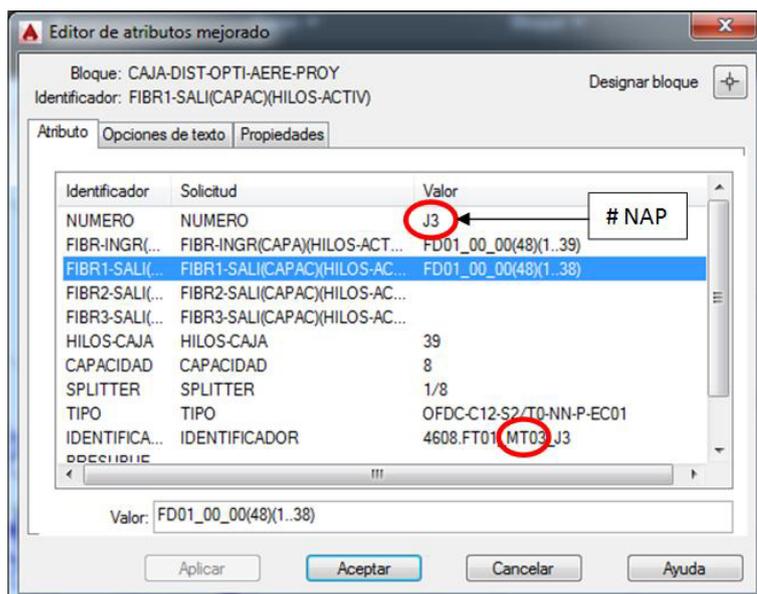


Figura 3.26: Atributos de caja distribución óptica aérea [26]

❖ Diseño de Manga Porta Splitter 04 – MT04

Para el diseño de la ODN de la MT04, se considerará la fusión de tres cables de fibras ópticas de distribución a las salidas de los splitters del primer nivel, siendo estos los siguientes:

- ✓ FD01_00_00(24)(1..21)
- ✓ FD02_00_00(24)(1..22)
- ✓ FD03_00_00(6)(1..5)

Así también, se deberán formar las aéreas de dispersión para cada NAPs, agrupándose de acuerdo a los clientes existentes y a la demanda comercial en el sector, para el caso de esta manga troncal

se tiene prevista la proyección de 48 áreas de dispersión lo que equivale a 48 NAPs.

Los grupos a utilizarse en la MT04 son los siguientes:

A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4... K1, K2, K3, K4; L1, L2, L3, L4.

En la figura 3.26 se muestra la distribución de las cajas NAPs en la ODN de la MT04:

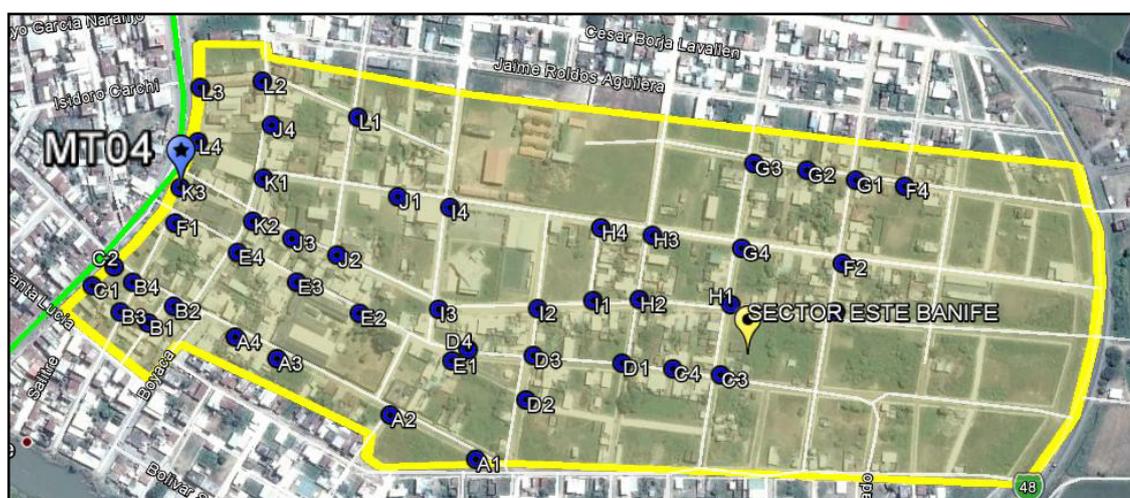


Figura 3.27 : Distribución de NAPs en la MT04 (Fuente: Google Earth)

De acuerdo al Modelo Masivo/ Casa con manga - porta splitter con dos niveles de splitters 1x8, escogido para el desarrollo de nuestro diseño; se tienen en las cajas de distribución el segundo nivel de splitters, donde se fusionan un hilo de fibra óptica al ingreso del splitter, con una multiplexación para obtener ocho salidas.

La asignación de hilos que corresponden a cada caja, se la registrará dentro de los atributos del bloque de las NAPs, digitalizados en AUTOCAD. En la figura 3.27 se muestra un ejemplo de las 48 NAPs proyectadas en la MT04, con los atributos de la caja de distribución óptica:

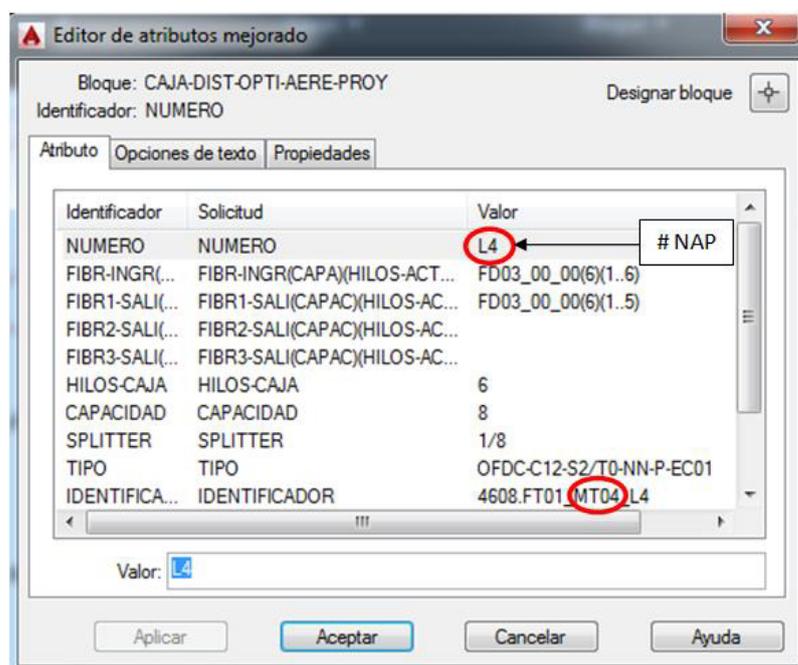


Figura 3.28: Atributos de caja distribución óptica aérea [26]

❖ Diseño de Manga Porta Splitter 05 – MT05

Para el diseño de la ODN de la MT05, se considerará la fusión de tres cables de fibras ópticas de distribución a las salidas de los splitters del primer nivel, siendo estos los siguientes:

- ✓ FD01_00_00(24)(1..24)
- ✓ FD02_00_00(12)(1..12)

Así también, se deberán formar las aéreas de dispersión para cada NAPs, agrupándose de acuerdo a los clientes existentes y a la demanda comercial en el sector, para el caso de esta manga troncal se tiene prevista la proyección de 36 aéreas de dispersión lo que equivalen 36 NAPs.

Los grupos a utilizarse en la MT05 son los siguientes:

A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4... H1, H2, H3, H4; I1, I2, I3, I4.

En la figura 3.28 se muestra la distribución de las cajas NAPs en la ODN de la MT05:



Figura 3.29: Distribución de NAPs en la MT05 (Fuente: Google Earth)

De acuerdo al Modelo Masivo/ Casa con manga - porta splitter con dos niveles de splitters 1x8, escogido para el desarrollo de nuestro diseño; se tienen en las cajas de distribución el segundo nivel de splitters, donde se fusionan un hilo de fibra óptica al ingreso del splitter, con una multiplexación para obtener ocho salidas.

La asignación de hilos que corresponden a cada caja, se la registrará dentro de los atributos del bloque de las NAPs, digitalizados en AUTOCAD. En la figura 3.29 se muestra un ejemplo de las 36 NAPs proyectadas en la MT05, con los atributos de la caja de distribución óptica:

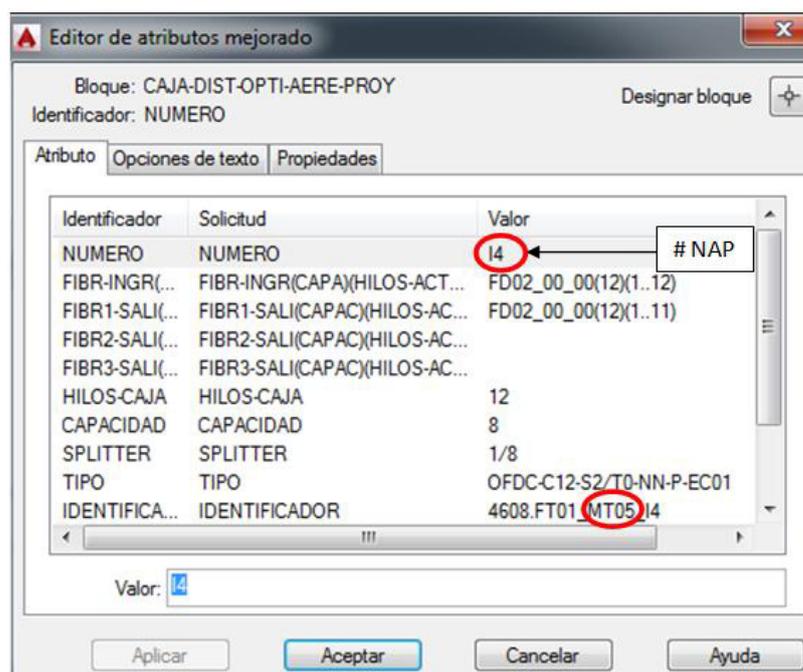


Figura 3.30 : Atributos de caja distribución óptica aérea [26]

❖ **Diseño de Red de Dispersión para el sector Este de Banife.**

Para el diseño de la red de dispersión, se lo hizo con la prioridad de agrupar a los abonados existentes y abonados proyectados, debiendo considerar que al momento de tener toda esta red desplegada no necesariamente todos los abonados proyectados contratarán algunos de los servicios ofrecidos.

En la figura 3.30 se muestra un segmento de la red de dispersión de nuestro proyecto, para lo cual utilizamos el software AUTOCAD 2D 2015.

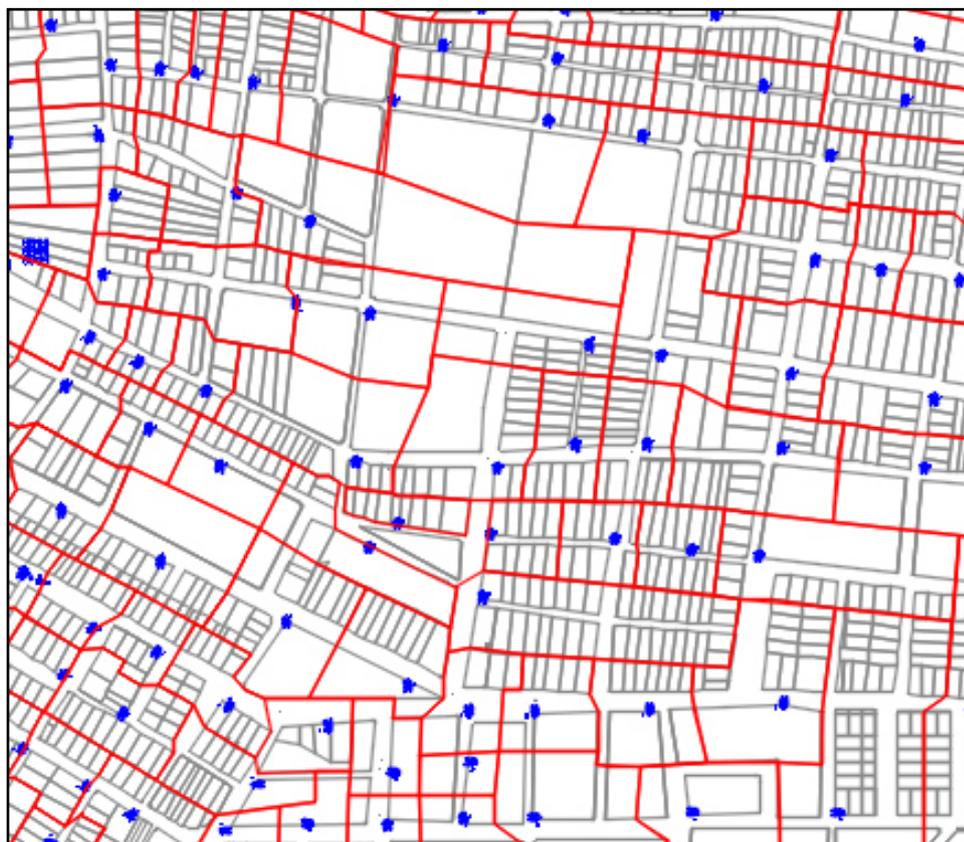


Figura 3.31: Segmento de la Red de Dispersión del Sector Este Banife

En el Anexo C se muestra el diseño de la red de dispersión completo.

3.6 Presupuesto óptico.

Se debe determinar la atenuación de potencia que sufre la señal al ser transmitida desde la OLT hacia el usuario final, considerando atenuaciones tanto en la fibra por Km, en los splitters y elementos interconectados mediante conectorizaciones y fusiones.

En la tabla 3.12 se detallan las atenuaciones por cada elemento pasivo de una red GPON:

ELEMENTOS		PÉRDIDA (dB)
Conectores (unión)		0,50
Fusión (empalme)		0,10
Empalme mecánico		0,20
Splitters	1x2	3,50
	1x4	7,00
	1x8	10,50
	1x16	14,00
	1x32	17,50
	1x64	21,00
	2X4	7,90
	2X8	11,50
	2X16	14,80
	2X32	18,50
	2X64	21,30
Fibras - Longitudes de Onda	1310nm	0,35
	1490nm	0,30
	1550nm	0,25

Tabla 3.12: Atenuación de elementos pasivos en la ODN

El valor nominal para el presupuesto óptico es de 28 dB de acuerdo con la UIT-T 984.6, sin embargo, las diferentes operadoras utilizan 25 dB dejando un margen de seguridad de 3 dB.

Respecto al cálculo de atenuación de la fibra óptica, se obtiene al multiplicar la distancia registrada desde la OLT hasta la caja más lejana con el valor del coeficiente de atenuación de la fibra óptica que dependerá del tipo de fibra a utilizar y la longitud de onda de operación en downstream que es de 1310 nm.

A continuación se muestra el presupuesto óptico por cada MT considerado en el proyecto:

❖ **Presupuesto óptico para MT03**

En la figura 3.31 partiendo desde la OLT, tenemos el OSU para la gestión de la Red GPON, el ODF de Planta Interna y ODF de Planta Externa, con

sus respectivas fusiones y conectorizaciones; se usarán para el diseño, dos niveles de splitters, con una distancia 2,85 km desde la OLT hasta la NAP más lejana

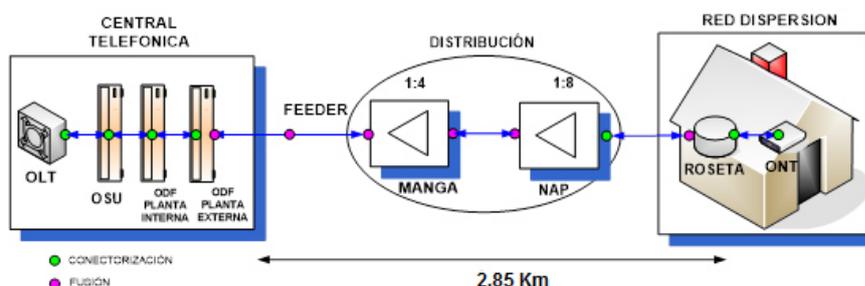


Figura 3.32: Modelo de Red GPON para MT03

En la tabla 3.13 se tienen las diferentes distancias que justifican los 2.85 km:

Distancias	km
Longitud de cable desde OLT hasta EMP_FIB_FT01_02	1,35350
Longitud de cable Feeder desde EMP_FIB_FT01_02 hasta MT_03	0,05471
Subida de cable	0,013
Reserva para la preparación de punta	0,015
Longitud del cable desde MT03 hasta NAP A1	1,19141
Reserva de 6,5 [m] para instalar 13 NAPs	0,0845
Preparación de punta para caja terminal A1	0,0035
Total con 5% de incremento	2,85 [km]

Tabla 3.13: Distancias para cálculo del presupuesto óptico de la MT03

Por lo tanto para este modelo de red se tienen 7 conectores, 7 fusiones, un nivel de splitter de 1x4, un nivel de splitter de 1x8, como se detalla en la tabla 3.14:

Elementos de la Red de FO	Cantidad	Pérdida de elemento Típica (dB)	Total Pérdida (dB)
Conectores	7	0,50	3,50
Fusión	6	0,10	0,60
Splitters	1x4	1	7,00
	1x8	1	10,50
Fibras - Long. Onda	1310nm	2,85 km	0,35
TOTAL (dB)			22,60

Tabla 3.14: Presupuesto óptico para MT03

Como se aprecia en la tabla anterior, el presupuesto óptico del presente proyecto dió como resultado un valor de 22.60 dB, valor que es menor al margen de atenuación máximo establecido por la norma ITU-T G.984.6.

❖ Presupuesto óptico para MT04

En la figura 3.32 partiendo desde la OLT, tenemos el OSU para la gestión de la Red GPON, el ODF de Planta Interna y ODF de Planta Externa, con sus respectivas fusiones y conectorizaciones; se usarán para el diseño dos niveles de splitters, con una distancia 2.26 km desde la OLT hasta la NAP más lejana.

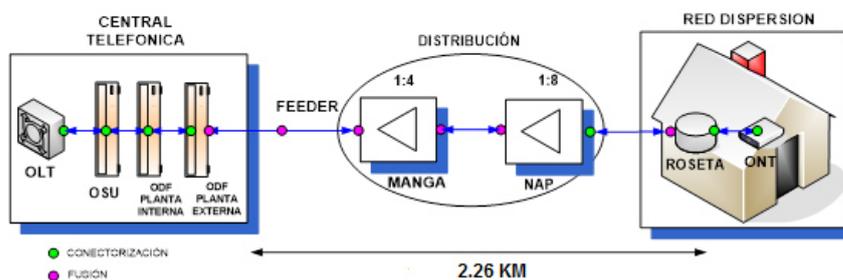


Figura 3.33: Modelo de Red GPON para MT04

En la tabla 3.15 se tienen las distancias que justifican los 2.26 km:

Distancias	km
Longitud de cable desde OLT hasta EMP_FIB_FT01_03	1,4
Longitud de cable Feeder desde EMP_FIB_FT01_03 hasta MT_04	0,07554
Subida de cable	0,59056
Reserva para la preparación de punta	0,015
Longitud del cable desde MT04 hasta NAP A1	0,01
Reserva de 6,5 [m] para instalar 13 NAPs	0,015
Preparación de punta para caja terminal A1	0,039
Total con 5% de incremento	2,26 [km]

Tabla 3.15: Distancias para cálculo del presupuesto óptico de la MT04

Por lo tanto, para este modelo de red se tienen 7 conectores, 7 fusiones, un nivel de splitter de 1x4, un nivel de splitter de 1x8, como se detalla en la tabla 3.16:

Elementos de la Red de FO	Cantidad	Pérdida de elemento Típica (dB)	Total Pérdida (dB)
Conectores	7	0,50	3,50
Fusión	6	0,10	0,60
Splitters	1x4	1	7,00
	1x8	1	10,50
Fibras - Long. Onda	1310nm	2,26 km	0,35
TOTAL (dB)			22,39

Tabla 3.16: Presupuesto óptico para MT04

Como se aprecia en la tabla anterior, el presupuesto óptico del presente proyecto dió como resultado un valor de 22.39 dB, valor que es menor al margen de atenuación máximo establecido por la norma ITU-T G.984.6.

❖ Presupuesto óptico para MT05

En la figura 3.33 partiendo desde la OLT, tenemos el OSU para la gestión de la Red GPON, el ODF de Planta Interna y ODF de Planta Externa, con sus respectivas fusiones y conectorizaciones; se usarán para el diseño dos niveles de splitters, con una distancia 2.75 km desde la OLT hasta la NAP más lejana

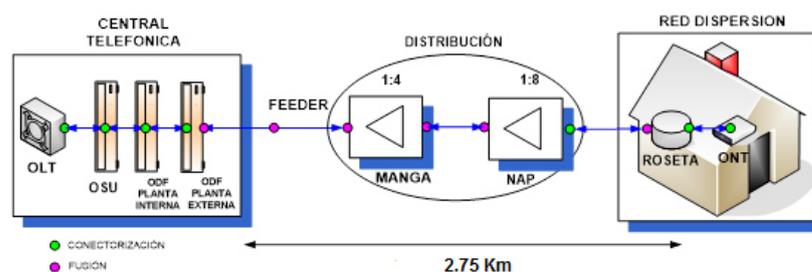


Figura 3.34: Modelo de Red GPON para MT05

En la tabla 3.17 se tienen las distancias que justifican los 2.85 km:

Distancias	km
Longitud de cable desde OLT hasta EMP_FIB_FT01_02	1,57568
Longitud de cable Feeder desde EMP_FIB_FT01_02 hasta MT_03	0,2329606
Subida de cable	0,82865
Reserva para la preparación de punta.	0,015
Longitud del cable desde MT03 hasta NAP A1.	0,0096
Reserva de 6,5 [m] para instalar 13 NAPs.	0,052
Preparación de punta para caja terminal A1.	0,0035
Total con 5% de incremento	2,85 [km]

Tabla 3.17: Distancias para cálculo del presupuesto óptico de la MT05

Por lo tanto, para este modelo de red se tienen 7 conectores, 7 fusiones, un nivel de splitter de 1x4, un nivel de splitter de 1x8, como se detalla en la tabla 3.18:

Elementos de la Red de FO	Cantidad	Pérdida de elemento Típica (dB)	Total Pérdida (dB)
Conectores	7	0,50	3,50
Fusión	6	0,10	0,60
Splittes	1x4	1	7,00
	1x8	1	10,50
Fibras - Long. Onda	1310nm	2,85 km	0,99
TOTAL (dB)			22,60

Tabla 3.18: Presupuesto óptico para MT05

Como se aprecia en la tabla anterior, el presupuesto óptico del presente proyecto dió como resultado un valor de 22.60 dB, valor que es menor al margen de atenuación máximo establecido por la norma ITU-T G.984.6.

3.7 Esquema del diseño de la red

3.7.1 Diagrama topológico en el software AUTOCAD 2D 2015

Mediante el software AUTOCAD 2D 2015 se llevó a cabo el desarrollo del diseño de la Red GPON para el sector Este de Banife del Cantón Daule; el formato de hoja utilizado son láminas en A2 que se encuentran en el anexo B, los cuales se detallan a continuación:

- ✓ Censo
- ✓ Red de canalización existente
- ✓ Red de dispersión
- ✓ Red Feeder

- ✓ ODN MT03
- ✓ ODN MT04
- ✓ ODN MT05

3.7.2 Red al exterior de una urbanización

Los elementos activos y pasivos de la red GPON para el exterior de una urbanización son los mismos que se utilizan en una área abierta tal como se presenta en este proyecto; así también se deberá realizar un levantamiento de la infraestructura existente con el propósito de prescindir de los mismos para la elaboración del diseño

3.7.3 Red al interior de una urbanización

El diseño de la red al interior de una urbanización se deberá ajustar a la infraestructura telefónica disponible en la misma, ya sea esta aérea o canalizada; en el caso de ser red canalizada se hará de minipostes para la protección de las NAPs.

3.8 Cronograma de implementación del diseño.

Cumpliendo con la metodología del presente diseño, se elaboró un plan de trabajo de implantación del proyecto “ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SERVICIOS CONVERGENTES DE TELECOMUNICACIONES CON MODELO DE RED FTTH BASADO EN LA TIPOLOGÍA GPON EN EL SECTOR DE BANIFE DEL CANTÓN DAULE, DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS”, donde se incluyen todas las actividades y requerimientos técnicos necesarios para el buen desarrollo de construcción del mismo. Se utilizó el software Microsoft Project 2015 (ver ANEXO C).

Para empezar el cronograma, se establecieron 6 fases o también llamadas actividades principales del proyecto y éstas las detallamos a continuación:

- ✓ Permisos de Construcción
- ✓ Verificación de Materiales
- ✓ Implementación de la red FTTH
- ✓ Pacheos en el Nodo Óptico
- ✓ Pruebas de Transmisión
- ✓ Entrega de planos AS-BUILT de la Red

Después, se establecieron las actividades secundarias dentro de las actividades mencionadas anteriormente. Cabe destacar que se establecieron 8 horas de trabajo, de lunes a viernes y también se fijaron los días feriados que no se laboran.

Luego se implantaron los tiempos de cada una de las actividades y finalmente las vinculaciones de las actividades secundarias de cada fase, dando una duración del proyecto de cuarenta y tres días.

Un aspecto importante a considerar es la ruta crítica (sombreada con rojo), debido a que las actividades que formen parte de esta ruta, no podrán demorarse más del tiempo establecido, es decir no pueden empezar ni terminar después de las fechas indicadas.

CAPÍTULO 4

4. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL DISEÑO

4.1 Análisis y descripción de equipos y fabricantes.

Dentro del mercado de las Telecomunicaciones las se tienen varios fabricantes para escoger los materiales y equipos, para considerarlos dentro del presupuesto de la Red GPON; entre los proveedores más destacados están Huawei, 3M, FTTH Council Americas y Furukawa, de los cuales se citarán ciertos elementos para las distintas redes.

Cabe resaltar que los dos equipos activos más importantes en nuestra Red GPON son de marca HUAWEI. En la tabla 4.1, se detallan los costos que se utilizan para el sector Este de Banife:

EQUIPOS ACTIVOS INCLUIDO MANO DE OBRA	U	PRECIO UNITARIO
OLT, Huawei modelo MA5600T con 14 tarjetas PON	u	5.782,58
ONT Huawei	u	176,00

Tabla 4.1: Presupuesto de elementos activos de red GPON

4.1.1 Tipo de cableado

Para la red Feeder se ha considerado el cable canalizado (ducto) monomodo G652.D, debido a su fácil instalación, soporte de tracción, resistente a cierto nivel de aplastamiento, excelente respuesta a la curvatura y tolera temperaturas de operación adecuadas a las condiciones climáticas:

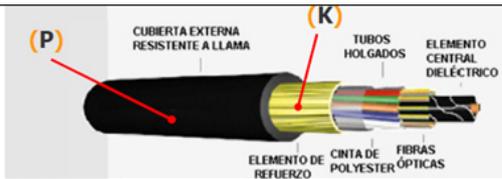
En la tabla 4.1 se detallan los valores de las características antes mencionadas:



Características	Especificación	Método
Instalación	Ductos	Jalado por los elementos / Enterrado
Tracción Máxima	2700N*	
Aplastamiento	440N/cm*	
Curvatura	10xd Instalado / 20xd Instalación	
Temperatura Operación	-20 / +65° C*	

Tabla 4.2: Cable FO ducto para red Feeder [28]

Para la red de Distribución se ha considerado el cable aéreo ADSS de fibra óptica monomodo G652.D, debido a su fácil instalación y operación, soporta buena tracción, resiste cierto nivel de aplastamiento, excelente respuesta a la curvatura, tolera temperaturas de operación adecuadas a las condiciones climáticas y no contiene mensaje lo cual hace mas liviano el cable. En la tabla 4.2 se detallan los valores de las características antes mencionadas:



Características	Especificación	Método
Instalación	Área ADSS	Autosportado. Sujetado por ferretería
Tracción Máxima	1500 a 6000N**	
Aplastamiento	220N/cm*	
Curvatura	10xd Instalado / 20xd Instalación	
Temperatura Operación	-20 / +65° C*	

Tabla 4.3: Cable FO ADSS para Red de Distribución [28]

4.1.2 Tipo de OLT

El equipo terminal de línea óptica instalado en el nodo óptico es Large OLT MA5600T de marca HUAWEI, que tiene las características de la tabla 5.3:

MA5600T	LARGE CAPACIDAD
	Las dimensiones de plug-in de subdivisión de cuadro : 530 mm x 275,8 mm x 447,2 mm (W x fondo x alto)
	2 ranuras para tarjetas de control , 16 ranuras para juntas de servicio y 2 ranuras ascendentes
	Capacidad de backplane : 3.2 Tbit / s
	La capacidad de procesamiento de cada ranura : 20 Gbit / s
	El ancho de banda entre cada placa de control y cada uno aguas arriba tarjeta de interfaz : 40 Gbit / s
	El modo de funcionamiento de la tarjeta de control: el modo activo / en espera.
	14 tarjetas 112 puertos

Tabla 4.4: Características Técnicas OLT MA5600T

4.1.3 Tipo de Splitter

En el primer nivel de splitter de nuestro proyecto se considerará Splitter PLC (Planar Lightwave Circuit Splitter) para fusión de 1X4, el cual tiene configuración compacta de menor tamaño y es de pequeño espacio de ocupación, con una pérdida de elemento típica de 7dB; así también en el segundo nivel de splitters se propone Splitter PLC de 1X8 conectorizado, con una pérdida de elemento típica de 10,5 dB; se escogió estos splitters por los siguientes motivos:

- ✓ Los Splitters de tecnología plana PLC 1xN tienen bajas pérdidas de inserción, uniformidad y pueden trabajar entre las longitudes de onda de 1260 a 1650 nm.
- ✓ Todos los Splitters son compatibles con los estándares de fibra monomodo G.652 D.

4.1.4 Tipos de empalmes y Pachtcords a utilizar

Se considerará empalme por fusión tanto para las derivaciones de la Red Feeder y la Red de distribución, debido a que tiene menor pérdida por reflexión e inserción que un empalme mecánico, es más fiable y duradero.

Los Pachtcords a utilizar son con conectores FC y SC en sus extremos con pulidos APC de 20 mts.

4.1.5 Software calculador óptico

Todos los elementos mencionados anteriormente en esta sección, presentan pérdidas de atenuación que han sido detalladas en la tabla 3.12, valores que multiplicados con las cantidades a utilizar en el diseño nos entrega el valor total de la atenuación del enlace, utilizando una plantilla elaborada en la plataforma Microsoft Excel. Esta plantilla permite ingresar las siguientes cantidades:

- ✓ Conectores
- ✓ Fusiones
- ✓ Splitters
- ✓ Distancia en kilómetros de la fibra óptica escogida.

Cabe destacar que esta plantilla fue diseñada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.

En la tabla 4.5 se observa la plantilla del software calculador óptico [12]:

Elementos de la Red de FO		Cantidad	Perdida de elemento Típica (dB)	Total Perdida (dB)	
Conectores			0,50	0,00	
Fusion			0,10	0,00	
Mechanical Splices			0,20	0,00	
Splitters	1x2		3,50	0,00	
	1x4		7,00	0,00	
	1x8		10,50	0,00	
	1x16		14,00	0,00	
	1x32		17,50	0,00	
	1x64		21,00	0,00	
	2X4		7,90	0,00	
	2X8		11,50	0,00	
	2X16		14,80	0,00	
	2X32		18,50	0,00	
	2X64		21,30	0,00	
	Fibras - Long. Onda	1310nm		0,35	0,00
		1490nm		0,30	0,00
		1550nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				0,00	

Tabla 4.5: Calculador óptico

4.2 Análisis económico de la red GPON.

Para el análisis del presente proyecto se ha considerado la inversión de los elementos pasivos en la ODN y los elementos activos en la Red de Dispersión

(cable Drop, terminal óptico, etc), no se ha incluido la Red Feeder principal y la OLT puesto que dichos elementos son existentes.

En la figura 4.2, sombreado de color azul, se observan los elementos más relevantes que intervienen en el despliegue de la Red GPON para el sector Este de Banife:

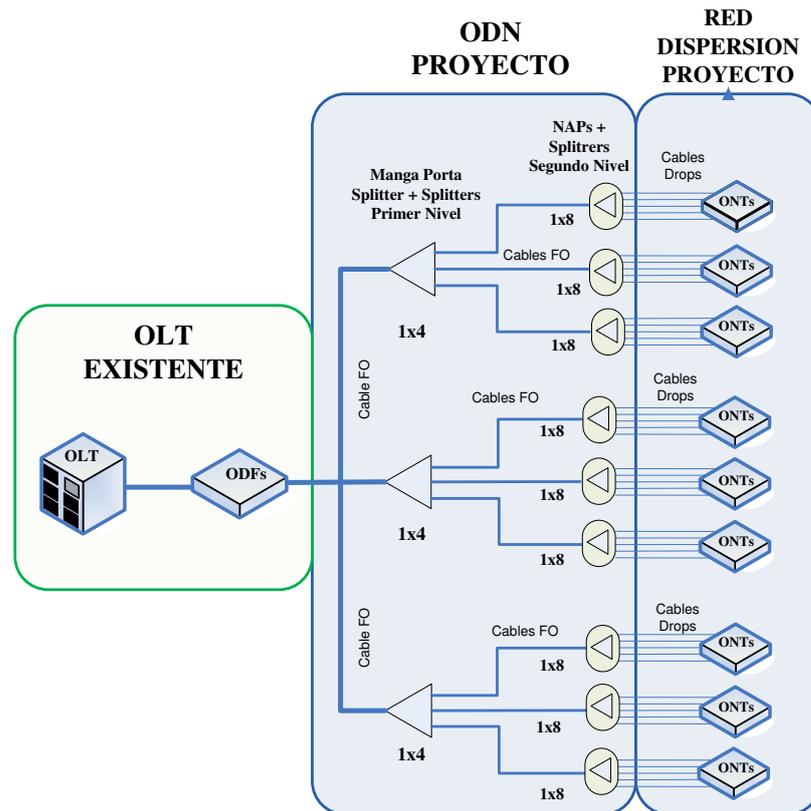


Figura 4.1: Elementos a invertir en una red GPON

Uno de los elementos que sobresalen en el costo de la red de dispersión es la longitud del cable Drop, debido a que a mayor distancia de dicho cable con respecto al último nivel de divisor óptico incrementa el costo total del mismo.

En la figura 4.3 se observa de manera gráfica lo antes detallado:

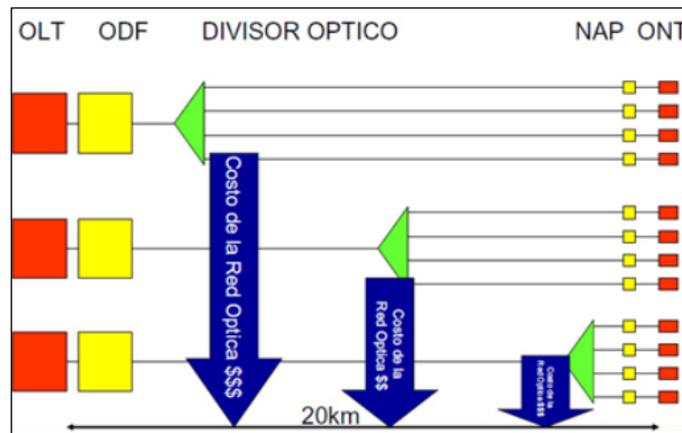


Figura 4.2: Costo de Red de dispersión respecto a la longitud del Drop [12]

Por tal motivo en nuestro proyecto se ha colocado el último nivel de splitters, lo más cercano a los abonados.

4.2.1 Presupuesto económico

En la tabla 4.6 se presenta el detalle del presupuesto referencial de los valores de la red GPON, los mismos que son necesarios como capital de inversión (CAPEX) para brindar servicios de convergencia:

	Costo de Inversión
Red de Canalización	\$ 3.529,24
Red Feeder	\$ 4.352,03
Red de Distribución	\$110.924,68
Red de Dispersión	\$ 132.684,24
TOTAL	\$ 251.490,19

Tabla 4.6: Costo de Inversión para la Red GPON

Cabe resaltar que la Red de Dispersión se construye una vez implementada la red ODN, es decir se migran los usuarios existentes con esta nueva tecnología.

En la figura 4.4, se observan los porcentajes de inversión del total de cada valor de costo de Red GPON:

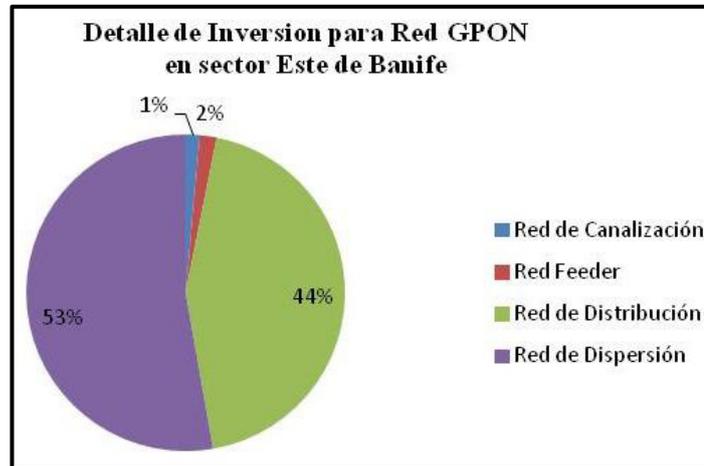


Figura 4.3: Porcentajes de Inversión para Red GPON en el sector Este de Banife - Cantón Daule

4.2.2 Volumen de obra.

En base a los volúmenes de obras utilizados en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P., se detallan los valores de costos de los elementos que intervienen en cada red proyectada, desde las tablas 4.6 hasta 4.9:

UNIDAD DE PLANTA	UNIDAD	CANTIDAD (\$)	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Corte de hormigón en acera con disco diamantado (profundidad=4 cm)	m	132,00	2,69	355,08
Excavación para subida a poste y desalojo para subida a poste o mural	m	65,90	4,05	266,90
Limpieza de pozo y desalojo	U	4,00	56,43	225,72
Manguera de subida a poste	m	98,90	2,94	290,77
Ampliación pozo acera 48 a 80 bloques 4 convergencias	U	1,00	1.092,04	1092,04
Canalización acera 2 vías	m	25,00	16,18	404,50
Pozo de mano	U	1,00	103,53	103,53
Rotura y reposición acera	m ²	32,00	21,38	684,16
Rotura y reposición baldosa	m ²	4,24	25,13	106,55
TOTAL				(\$) 3.529,24

Tabla 4.7: Cuantificación y Costes de Elementos de la Red de Canalización

Elementos	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Entrega de planos As - Built	0,50	78,83	39,415
Fusión de 1 hilo de fibra óptica	66,00	10,72	707,52
Preparación de punta de cable de fibra óptica y sujeción de cables de 144 a 288 hilos	6,00	9,98	59,88
Sangrado de buffer fibra óptica	4,00	17,11	68,44
Sangrado de cable fibra óptica subterráneo de 144-288	2,00	17,72	35,44
Suministro e instalación de manguera corrugada 3/4"	20,00	2,34	46,8
Suministro y colocación de identificador acrílico de fibra óptica 8 cm X 4 cm	10,00	5,22	52,2
Suministro y colocación de manga subterránea para fusión de 288 FO, tipo domo (apertura y cierre)	2,00	10,22	20,44
Suministro y colocación de manga subterránea porta splitter de 288, tipo domo (apertura y cierre)	3,00	10,22	30,66
Suministro y colocación de PatchCord simplex FC/APC-SC/APC de 20 mts G.652D	33,00	27,92	921,36
Suministro y colocación de splitter PLC para fusión (1x4)	33,00	43,62	1439,46
Suministro y tendido de cable canalizado 12 fibras ópticas monomodo G652.D	335,00	2,47	827,45
Instalación de porta reservas fibra óptica pozo	6,00	17,16	102,96
	TOTAL		4.352,03

Tabla 4.8: Cuantificación y Costes de Red Feeder

UNIDAD DE PLANTA	MT03 (\$)	MT04 (\$)	MT05 (\$)	Cantidad Total MTs (\$)	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Herraje de dispersión para poste	80,00	107,00	99,00	286,00	4,97	1421,42
Poste de hormigón 10 mts.	9,00	4,00	2,00	15,00	316,22	4743,3
Actualización de planos de diseño a planos ASbuilt	0,50	0,50	0,50	1,50	78,83	118,25
Fusión de 1 hilo de fibra óptica	127,00	123,00	79,00	329,00	10,72	3526,88
Preformado helicoidal para vano de 120m para fibra ADSS 11,00-12,10mm	96,00	137,00	140,00	373,00	12,09	4509,57
Preformado helicoidal para vano de 120m para fibra ADSS 12,00-12,80mm	54,00	0,00	0,00	54,00	12,09	652,86
Preparación de punta de cable de FO y sujeción de cables de 6 - 96 hilos	32,00	26,00	16,00	74,00	7,23	535,02
Prueba de potencia de 1 hilo de fibra óptica GPON	376,00	384,00	288,00	1048,00	8,57	8981,36
Prueba reflectométrica uni direccional por fibra en una ventana GPON + traza reflectométrica	47,00	48,00	36,00	131,00	8,2	1074,2
Sangrado de buffer FO	32,00	35,00	27,00	94,00	17,11	1608,34
Sangrado de cable fibra óptica ADSS de 6 - 48	30,00	35,00	27,00	92,00	9,46	870,32
Suministro e instalación de herraje de retención para fibra ADSS 1 extensión (vano 120m)	34,00	26,00	23,00	83,00	10,16	843,28
Suministro e instalación de herraje de retención para fibra ADSS 2 extensiones	49,00	51,00	54,00	154,00	11,41	1757,14
Suministro e instalación de herraje de retención para fibra ADSS 3 extensiones (vano 120m)	6,00	3,00	3,00	12,00	12,66	151,92
Suministro e instalación de herraje tipo b (cónico) para cable de fibra óptica ADSS	8,00	10,00	6,00	24,00	15,53	372,72
Suministro e instalación de herraje tipo farol	16,00	17,00	23,00	56,00	48,96	2741,76

Tabla 4.9a: Cuantificación y Costes de Red de Distribución

UNIDAD DE PLANTA	MT03 (\$)	MT04 (\$)	MT05 (\$)	Total MTs (\$)	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Suministro e instalación de manguera corrugada 3/4"	0,00	33,00	0,00	33,00	2,34	77,22
Suministro y colocación de NAP aérea de 8 puertos SC/APC con derivación	14,00	8,00	6,00	28,00	220,1	6162,8
Suministro y colocación de NAP aérea de 8 puertos SC/APC sin derivación	33,00	40,00	30,00	103,00	214,25	22067,75
Suministro y colocación de identificadores acrílico de FO 8x4cm	2,00	11,00	2,00	15,00	5,22	78,3
Suministro y colocación de identificadores acrílico de FO 12,5 x6	100,00	94,00	84,00	278,00	6,23	1731,94
Suministro y colocación de manga aérea para fusión de 12 FO, tipo domo (apertura y cierre)	0,00	1,00	0,00	1,00	186,66	186,66
Suministro y colocación de subida a poste para FO con tubo EMT de 5m de 2"	1,00	6,00	1,00	8,00	67,03	536,24
Suministro y colocación splitter PLC (1x8) conectorizado	47,00	48,00	36,00	131,00	142,42	18657,02
Suministro y tendido de cable aéreo ADSS de FO monomodo de 6 h G.652D vano 120 m	1231,00	1487,00	779,00	3497,00	0,52	7.798,31
Suministro y tendido de cable aéreo ADSS de FO monomodo de 12 h G.652D vano 120 m	880,00	736,00	1670,00	3286,00	0,52	8.116,42
Suministro y tendido de cable aéreo ADSS de FO monomodo de 24 h G.652D vano 120 m	0,00	1658,00	912,00	2570,00	2,7	6.939,00
Suministro y tendido de cable aéreo ADSS de fibra óptica monomodo de 48 hilos G.652.D vano 120 metros	1308,25	0,00	0,00	1308,25	3,5	4.578,88
Instalación de porta reservas fibra óptica pozo	2,00	1,00	1,00	5,00	17,16	85,80
TOTAL (\$)						\$110.924,68

Tabla 4.8b: Cuantificación y Costes de Red de Distribución

UNIDAD DE PLANTA	MT03 (\$)	MT04 (\$)	MT05 (\$)	CANTIDAD TOTAL (\$)	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Picolete con clavo de acero	2632,00	2576,00	2016,00	7224,00	0,06	433,44
Fusión de 1 hilo de fibra óptica	752,00	736,00	576,00	2064,00	10,72	22126,08
Preparación de punta de cable de fibra óptica y sujeción de cables de 2 hilos-cable Drop	752,00	736,00	576,00	2064,00	3,62	7471,68
Prueba reflectométrica uni-direccional por fibra en una ventana GPON + traza reflectométrica	376,00	368,00	288,00	1032,00	8,20	8462,4
Suministro y colocación de conector mecánico SC/APC en campo	376,00	368,00	288,00	1032,00	11,40	11764,8
Suministro y colocación de Pachtocords simplex SC/APC-AC/APC de 3 mts G652D	376,00	368,00	288,00	1032,00	12,65	13054,8
Suministro y colocación de roseta óptica 2 puertos SC/APC	376,00	368,00	288,00	1032,00	24,32	25098,24
Suministro y tendido de cable canalizado 2 fibras ópticas con recubrimiento circular 6 mm G657A1 Drop plano 3mm	11.280,00	11.040,00	8.640,00	30.960,00	1,43	59.030,40
TOTAL (\$)						147.441,84

Tabla 4.10: Cuantificación y Costes de Red de Dispersión

4.3 Análisis de los parámetros del diseño de la red óptica pasiva

4.3.1 Futuras expansiones en la red

La red Feeder existente FT01_00_00 es de 288 hilos; donde se habían utilizado un buffer completo y los 6 primeros hilos del segundo buffer; por lo tanto al construirse el presente diseño se estarían utilizando los hilos disponibles del segundo buffer, tercer y cuarto buffers completos y dos hilos del quinto buffer, quedando diez hilos disponibles de este último buffer; así también quedan disponibles diecinueve buffers en el cable de Feeder en mención; estos hilos de buffer disponibles se utilizarán de acuerdo a la necesidad que se tenga en un futuro para expandir la Red FTTH sobre la tecnología GPON, considerando también que el cable Feeder tiene longitud disponible.

Para la expansión de la red no se requerirá de la inversión de equipos activos dentro del nodo óptico, sino solo de elementos pasivos fuera de la central telefónica y del establecimiento del abonado.

4.3.1.1 Crecimientos de usuarios en la red

En la OLT existente quedan disponibles 61 puertos PON, lo que significa que al considerar la ampliación de la red GPON en otros sectores de Banife con dos niveles de splitters de 1x4 y 1x8 respectivamente, se tendría disponible una red de dispersión de 1952 usuarios (61*32).

Sin embargo, para la demanda futura que se tiene en el sector Este de Banife, se estima que los usuarios que tienen solo servicio de telefonía fija contraten adicionalmente el servicio de internet y TV sobre IP. Por tanto CNT E.P., tiene en dicho lugar un crecimiento aproximado del 7% para los siguientes 10 años. El número de usuarios incrementaría de acuerdo a la tabla 4.10:

AÑOS	DEMANDA COMERCIAL DE CLIENTES
PRESENTE	520
AÑO 1	558
AÑO 2	599
AÑO 3	642
AÑO 4	689
AÑO 5	740
AÑO 6	794
AÑO 7	852
AÑO 8	914
AÑO 9	980
AÑO 10	1052

Tabla 4.11 : Incremento de Usuarios en sector Este de Banife

4.3.1.2 Aumento de ancho de banda

La tasa de transmisión de datos del enlace descendente está dada por el rendimiento de cada puerto dividido para el nivel de atenuación de splitters que se diseñó, tal como se expresa a continuación:

$$R_n = \frac{2.4Gbps}{32}$$

$$R_n = 75Mbps$$

Así también, la tasa de transmisión de datos ascendente en la OLT está dada por el rendimiento de subida del puerto PON el cual es de 1.25 Gbps dividido para los usuarios conectados en el puerto, como se detalla a continuación:

$$R_n = \frac{1.25Gbps}{32}$$

$$R_n = 37,5Mbps$$

4.3.2 Elaboración de flujo de caja

En base al incremento de usuarios para la Red GPON, obtenido en la tabla anterior, se puede definir el valor anual que CNT E.P., percibirá en cada servicio ofrecido a través de esta tecnología, teniendo como tarifas referenciales lo detallado en la tabla 4.11:

Telefonía		
Tarifa sin IVA:		\$ 6,8
Internet		
Bajada: 5 Mbps	Subida: 2 Mbps	Tarifa sin IVA: \$ 24,90
TvIP		
Tarifa sin IVA:		\$ 27,3

Tabla 4.12: Tarifas referenciales para cálculo anual de ingresos

Por tanto, se puede tener una proyección de recuperación de inversión para los próximos 10 años, de acuerdo a la tabla 4.12, sin considerar los costos de la OLT y la red Feeder existente, tal como se indicó en el ítem 4.2:

AÑO	Cantidad de usuarios	Voz (\$)	Valor voz anual (\$)	Cantidad de usuarios	Plan Internet (\$)	Valor internet anual (\$)	Cantidad de usuarios	Plan IPTV (\$)	Valor IPTV anual (\$)	INGRESO TOTAL (\$)
PRESENTE	520	6,8	3.536,00	520	49,9	25.948,00	520	27,3	14.196	43.680,00
AÑO 1	558	6,8	3.794,13	558	49,9	27.842,20	558	27,3	15.232,3	46.868,64
AÑO 2	599	6,8	4071,10	599	49,9	29.874,68	599	27,3	16.344,3	50.290,05
AÑO 3	642	6,8	4.368,29	642	49,9	32.055,54	642	27,3	17.537,4	53.961,22
AÑO 4	689	6,8	4.687,17	689	49,9	34.395,59	689	27,3	18.817,6	57.900,39
AÑO 5	740	6,8	5.029,34	740	49,9	36.906,47	740	27,3	20.191,3	62.127,12
AÑO 6	794	6,8	5.396,48	794	49,9	39.600,64	794	27,3	21.665,3	66.662,40
AÑO 7	852	6,8	5.790,42	852	49,9	42.491,49	852	27,3	23.246,8	71.528,76
AÑO 8	914	6,8	6.213,12	914	49,9	45.593,37	914	27,3	24.943,9	76.750,36
AÑO 9	980	6,8	6.666,68	980	49,9	48.921,68	980	27,3	26.764,8	82.353,13
AÑO 10	1052	6,8	7.153,35	1052	49,9	52.492,97	1052	27,3	28.718,6	88.364,91

Tabla 4.13: Proyección de recuperación de Inversión

Del ingreso anual con el costo de inversión se puede obtener el flujo efectivo neto, el cual es la diferencia de ingresos menos los egresos.

En la tabla 4.13, se observa que a partir del año quinto se devenga el costo de la infraestructura del proyecto y en los siguientes años se muestran los valores de ganancia:

AÑOS	INGRESO TOTAL (\$)	EGRESO CAPEX (\$)	FLUJO EFECTIVO NETO (\$)
PRESENTE	43.680	251.490,19	-207.810,19
AÑO 1	46.868,64	-207.810,19	-160.941,55
AÑO 2	50.290,05	-160.941,55	-110651,499
AÑO 3	53.961,22	-110.651,49	-56.690,274
AÑO 4	57.900,39	-56.690,27	1.210,11
AÑO 5	62.127,12	1.210,11	63.337,24
AÑO 6	66.662,40	63.337,24	129.999,64
AÑO 7	71.528,75	129.999,64	201.528,40
AÑO 8	76.750,35	201.528,40	278.278,75
AÑO 9	82.353,13	278.278,75	360.631,89
AÑO 10	88.364,91	36.0631,89	448.996,80

Tabla 4.14: Flujo efectivo neto anual

Con estos resultados se puede conocer la viabilidad del proyecto, calculando los valores de los parámetros del VAN y del TIR.

✓ Valor Actual Neto (VAN)

Se lo calculará con la suma del flujo efectivo neto de cada año deduciendo el valor de la inversión inicial, de este resultado se tomará la decisión de invertir o no en el proyecto.

$$VAN = -I + \frac{\sum FNE}{(1+i)^n} \quad (4.1)$$

Donde: I: Es la inversión igual a \$ 251.490,19

FNE: Flujo efectivo neto de \$ 448.996,80

i: tasa de interés del 10%

n= 10 años

Reemplazando los valores se tiene lo siguiente:

$$VAN = -251.490,19 + \frac{448.996,80}{(1 + 0,10)^5}$$

$$VAN = \$ 140.980,79$$

Este cálculo se lo realiza con la tasa de interés promedio que cobran los bancos a instituciones públicas que es del 10%, dando como resultado un valor positivo del \$ 140.980,79, mostrando que el proyecto es económicamente rentable.

✓ **Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.)**

Representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero; es decir, es el punto donde el Valor Actual Neto (V.A.N.) de una inversión igual a cero. (V.A.N. =0)

A continuación se detallan los valores de referencia para el TIR:

TIR > i -> Proyecto realizable

TIR < i -> Proyecto no realizable

TIR = i -> el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.

Mediante la función financiera de Excel se obtuvo un TIR=14%, que al compararlo con la tasa de interés promedio (10%), es superior, por lo tanto el proyecto es económicamente viable.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- 1) La solución integral basada en la convergencia de servicios, con medio de transmisión de fibra óptica no solo mejora la tasa de datos sino también la eficiencia operativa y energética de las redes de acceso de telecomunicaciones.
- 2) El uso de cables de fibra óptica minimiza el impacto visual y reduce el espacio físico en la galería de cables de la central de telecomunicaciones.
- 3) La implementación de una red FTTH con tecnología GPON provee servicios convergentes a los abonados existentes y su diseño considera la demanda comercial y el crecimiento poblacional; al mismo tiempo permite la captación del mercado desatendido.
- 4) Con el modelo escogido masivo/casa de dos niveles de splitter de ratio 1x4 para el primer nivel y de 1x8 para el segundo nivel, se obtuvieron hacia todas las ONTs, valores de atenuación menores a los 25 dB, garantizando los niveles ópticos que se encuentren dentro del margen de atenuación máximo.
- 5) La tecnología FTTH - GPON ofrece una gran mejora en la calidad de los servicios de telecomunicaciones y alta confiabilidad en todos los sectores donde se desarrolla este tipo de tecnología.
- 6) La implementación de servicios convergentes en el sector Este de Banife, garantiza el acceso a las tecnologías de la información y comunicación para la transformación productiva y desarrollo económico.
- 7) El ancho de banda cuando todos los usuarios estén conectados es de 75 Mbps de manera equitativa, caso contrario si solo un abonado establece conexión, la tasa de transmisión estará disponible hasta un máximo de 2.5 Gbps.
- 8) El número de puertos PON requeridos, está dado por la cantidad total de usuarios existentes y de la demanda comercial que se tiene en el sector.

- 9) Al contar con el equipamiento activo en la planta interna, disponer de red de canalización y Feeder existente, el costo de inversión del proyecto es de \$ 251.490,19; siendo un valor que se recuperará a mediano plazo.
- 10) Se realizó un cronograma de implementación del diseño con una duración de 43 días.

RECOMENDACIONES

- 1) Sería importante que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P. acoja el presente proyecto y lo implemente en el menor tiempo posible.
- 2) Sería conveniente que en los sectores aledaños donde será implementado este proyecto, se beneficien también de los servicios que ofrece la tecnología FTTH.
- 3) Sería interesante que el sector de telecomunicaciones estudie la posibilidad de evolucionar a redes de mayor velocidad e inclusive la utilización de la tecnología DWDM dentro de la red GPON.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. J. Nabuco, «Meio Fisico Optico - FTTx,» Pagina Web, Brasil, 2012.
- [2] U. I. D. TELECOMUNICACIONES, «Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales,» Recomendación UIT-T G.984.1, Suiza, 2003.
- [3] M. d. fomento, «Modulo 5. Tecnicas Digitales. Fibras Opticas,» España, 2015.
- [4] A. T. Data, «Fiber to the Home,» Florida, USA, 2003.
- [5] http://cdn.atl.clicrbs.com.br/wp-content/uploads/sites/27/2015/02/458268068_171.jpg.
- [6] X. G. J. Falconi, «Simulación de enlace de fibra optica en red EPON,» Guayaqui, Ecuador, 2012.
- [7] M. Lattanzi y A. Graf, «Redes FTTx - Concepto y aplicaciones,» Argentina.
- [8] K. Asatani, «Trends and Issues of FTTH and G-PON,» Canada, 2015.
- [9] P. Koichi Asatani, Trends and Issues of FTTH and GPON. Pag. 45, 2015.
- [10] U. I. d. Telecomunicaciones, Extensores de conversión de longitud de onda, de modo continuo y de gama protegida-1:N; REC G984.6, 2008.
- [11] C. B. Sarango y D. P. Dutan, Análisis e impacto de la incorporacion de IPTV sobre una Red GPON, Cuencal, Ecuador, 2014.

- [12] C. N. d. T. C. E.P., Parte I DISEÑO DE ODN PARA RED GPON, Quito, 2010.
- [13] A. Oliviero y B. Woodward, Cabling the complete guide Copper and Fiber - Optic Networking, Pagina 332, 2014.
- [14] U. I. d. Telecomunicaciones, Characteristics of a single-mode optical fibre ITU-T G652, Switzerland, Geneva, 2009.
- [15] U. I. d. Telecomunicaciones, Characteristics of a bending-loss insensitive - ITU-T G657, Switzerland, Geneva, 2012.
- [16] <http://nemesis.tel.uva.es/>, Tutorial de Comunicaciones Ópticas - disponible en http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_3.htm, 2006.
- [17] COFITEL, Coectores de fibra optica - Disponible en <http://www.c3comunicaciones.es/Fichas/Conect%20epoxy.pdf>, Madrid, 2007.
- [18] A. Q. Romero y N. R. Formantel, Diseño de Red FTTH con tecnología G-PON para un sector de Paillaco, Valdivia - Chile, 2013.
- [19] A. Rodriguez, Tipos de conectores de fibra óptica - disponible en <http://www.fibraopticahoy.com/tipos-conectores-fibra-optica/>, Madrid, Mayo 2016.
- [20] TelNet, PIGTAIL Y PATCH CORD DE FIBRAS MONOMODO disponible en <http://telnetron.com/index.php/ni/cableado-fibra/pigtail-y-patch-cord-de-fibras-monomodo.html?mode=list>, Nicaragua, 2015.
- [21] A. Rodriguez, Laboratorio para Patchcords y Pigtails - disponible en <http://www.fibraopticahoy.com/laboratorio-para-patchcords-y-pigtails/>, Madrid, 2013.

- [22] Ingellen, Fiber Optic Pigtail - disponible en http://www.ingellen.com/c/fiber-optic-pigtail_21, China, 2016.
- [23] E. C. C. E.P., Modulo Técnico Integral GPON, Quito, 2015.
- [24] ARCOTEL, NORMA TECNICA DESPLIEGUE Y TENDIDO REDES FISICAS TELECOMUNICACIONES, Quito, 2015.
- [25] C. N. d. T. C. E.P., Normativas de Diseño ODN CNT E.P., Quito, 2014.
- [26] C. N. d. T. C. E.P., Normativas Técnicas de diseño., Quito, 2015.
- [27] C. N. d. T. C. E.P., Instructivo para nomenclatura de elementos de infraestructura de planta externa, Quito, 2015.
- [28] TELCON, CURSO FTTH ECUADOR PART4, 2012.
- [29] L. Huawei Technologies Co., OBF000112 FTTx System Overview V1R6 ISSUE1.00, 2009.

ANEXOS

ANEXO A: Cuadro de demanda comercial en el sector Este de Banife

INFORMACIÓN GENERAL																				REDUCCION DE BUCLE DE ABONADO				MIGRACION				DEMANDA		PROYECCION CRECIMIENTO					
REGIONAL	PROVINCIA	CANTON	PARROQUIA	CENTRA / LOCALIDAD	LATITUD GRADOS	LATITUD MINUTOS	LATITUD SEGUNDOS	LATITUD (N/S)	LONGITUD GRADOS	LONGITUD MINUTOS	LONGITUD SEGUNDOS	TIPO DE LOCALIDAD	SOLUCION ACTUAL	SOLUCION PROPUESTA	EXISTE PLANTA EXTERNA PARA SOLUCION PROPUESTA	ESTADO DE LA PLANTA EXTERNA	EXISTE TRANSMISION PARA SOLUCION PROPUESTA	TIPO TRANSMISION EXISTENTE	EXISTEN PROYECTOS ENTRENADOS EN EL SECTOR	ZONA COMERCIAL	AÑO DEMANDA	OBSERVACIONES	REQUIERE REDUCCION DE BUCLE	NO DE DISTRIBUIDOR	ANUARIO	BUCLE DE RENDIMIENTO M	Migración Telefonía	Migración Internet	Tecnología a migrar	Nuevo origen	Demanda Telefonía	Demanda Internet	Telefónica	Internet	
5	GUAYAS	BALZAR	BALZAR	BALZAR	1	21	48,74	S	79	54	23,72	EXISTENTE	RED DE COBRE - MSANDSLAM	OLT NUEVA INDOOR	NO	DEBE REEMPLAZARSE	NO	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	Esta localidad tuvo diseños de red con similitud inteligentes, estos fueron dados de baja por cambio de tecnología a GPON considerar un proyecto global para Balzar	SI	3823	6,9,7,8,5	SI						1100	1100		
5	GUAYAS	DAULE	DAULE	DAULE NORTE BANIFE LADO ESTE	1	51	25,46	S	79	58	40,63	EXISTENTE	RED DE COBRE - CENTRAL TDM	AMPLIACIÓN SITIO EXISTENTE	NO	DEBE REEMPLAZARSE	SI	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2015	Es necesario construir la distribución de la nueva red GPON en casco urbano	SI	3821	11,12	SI	520	234	Central Alcatel	CENTRAL DAULE	528	528	1048	762	
5	GUAYAS	DAULE	DAULE	DAULE NORTE BANIFE LADO OESTE	1	51	25,46	S	79	58	40,63	EXISTENTE	RED DE COBRE - CENTRAL TDM	AMPLIACIÓN SITIO EXISTENTE	NO	DEBE REEMPLAZARSE	SI	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2015	Es necesario construir la distribución de la nueva red GPON en casco urbano	SI	3821	2, 3, 13	SI	790	388	Central Alcatel	CENTRAL DAULE	972	972	1762	1632	
5	GUAYAS	PEDRO CARBO	PEDRO CARBO	PEDRO CARBO	1	48	58,14	S	80	14	1,58	EXISTENTE	RED DE COBRE - CENTRAL TDM	OLT NUEVA INDOOR	NO	DEBE REEMPLAZARSE	NO	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	MIGRACION A RED NUEVA GPON	SI	3900	5,4,3	SI					500	500			
5	GUAYAS	SALTRE	SALTRE	SALTRE	1	49	43,33	S	79	48	54,43	EXISTENTE	RED DE COBRE - MSANDSLAM	OLT NUEVA INDOOR	NO	DEBE REEMPLAZARSE	SI	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	CAMBIO TOTAL DE LA RED EXISTENTE POR MAL ESTADO, PARAMETROS ELECTRICOS NO PERMITEN COMERCIALIZAR SERVICIOS EN LA ACTUALIDAD	SI	3901	6,3,1,2	SI	922	237	Central Alcatel			500	500		
5	GUAYAS	SANTA LUCIA	SANTA LUCIA	SANTA LUCIA	1	42	58,62	S	79	59	17,35	EXISTENTE	RED DE COBRE - MSANDSLAM	AMPLIACIÓN SITIO EXISTENTE	SI	BUEN ESTADO	SI	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	SE REQUIERE PARA SECTOR LA VOZ DE SANTA LUCIA		3886							100	100			
5	GUAYAS	SAMBORONDO	TARIFA	TARIFA	1	58	47,92	S	79	45	19,92	EXISTENTE	RED DE COBRE - CENTRAL TDM	MSAN OUTDOOR	SI	BUEN ESTADO	SI	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	Requerimiento de ampliación de números y planta interna	NO	4527		SI					150	150			
5	GUAYAS	DAULE	DAULE	DAULE CASCO COMERCIAL	1	51	58,90	S	79	58	55,20	EXISTENTE	RED DE COBRE - CENTRAL TDM	OLT NUEVA INDOOR	NO	DEBE REEMPLAZARSE	SI	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	CONSTRUIR LA DISTRIBUCION EN TODA LA ZONA URBANA	SI	3821	6,8,8,7						1000	1000			
5	GUAYAS	DAULE	JUAN BAUTISTA AGUIRRE	JUAN BAUTISTA AGUIRRE	1	52	34,85	S	79	51	43,45	EXISTENTE	RED DE COBRE - MSANDSLAM	AMPLIACIÓN SITIO EXISTENTE	SI	BUEN ESTADO	SI	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	SE REQUIERE NUMEROS Y PUERTOS		3690							50	50			
5	GUAYAS	DAULE	EL LIMONAL	EL LIMONAL	1	47	34,95	S	80	0	21,87	EXISTENTE	RED DE COBRE - MSANDSLAM	AMPLIACIÓN SITIO EXISTENTE	SI	BUEN ESTADO	SI	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	SE REQUIERE NUMEROS Y PUERTOS		3696							100	100			
5	GUAYAS	DAULE	LAUREL	LAUREL	1	47	4,90	S	79	54	39,65	EXISTENTE	RED DE COBRE - MSANDSLAM	AMPLIACIÓN SITIO EXISTENTE	SI	BUEN ESTADO	SI	RADIO	NO	RESIDENCIAL	2015	AMPLIAR NUMEROS Y PUERTOS		3889							100	100			
5	GUAYAS	SAMBORONDO	SAMBORONDO	SAMBORONDO	1	57	39,78	S	79	43	26,93	EXISTENTE	RED DE COBRE - MSANDSLAM	OLT NUEVA INDOOR	NO	DEBE REEMPLAZARSE	SI	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	CONSTRUCCION DE LA DISTRIBUCION DE GPON EN REEMPLAZO DE RED DIRECTA EN MAL ESTADO Y EN SECTORES DONDE NO TENEMOS DISPONIBILIDAD DE COBRE	SI	3826	RD	SI	471	167	Central Alcatel			500	500		
5	GUAYAS	BALZAR	EL CERRITO	EL CERRITO	1	28	1,57	S	79	55	21,64	EXISTENTE	CDMA 450	OLT NUEVA INDOOR	NO	NO HAY REDES DE COBRE	SI	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	Información basada en el taller técnico comercial en el cual se dio de baja los proyectos de cobre para la zona norte Guayas.	NO			NO						200	200		
5	GUAYAS	SANTA LUCIA	TAMARINDO	TAMARINDO	1	40	16,46	S	80	1	24,37	EXISTENTE	CDMA 450	OLT NUEVA INDOOR	NO	NO HAY REDES DE COBRE	NO	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	Información basada en el taller técnico comercial en el cual se dio de baja los proyectos de cobre para la zona norte Guayas.	NO			NO					128	128			
5	GUAYAS	S DE SARGEN	LAS CAÑAS	LAS CAÑAS	1	49	46,90	S	80	4	44,20	EXISTENTE	CDMA 450	MSAN OUTDOOR	NO	EN CONTRUCCION	NO	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	SE ESTA INSTALANDO LOS EQUIPOS Y CONSTRUYENDO LAS REDES DE PLANTA EXTERNA	NO			NO					300	300			
5	GUAYAS	SALTRE	JUNQUILLAL	JUNQUILLAL	1	42	53,20	S	79	51	53,00	EXISTENTE	CDMA 450	OLT NUEVA INDOOR	NO	NO HAY REDES DE COBRE	NO	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	Información basada en el taller técnico comercial en el cual se dio de baja los proyectos de cobre para la zona norte Guayas.	NO			NO					1000	1000			
5	GUAYAS	DAULE	PIÑAL DE ABAJO	PIÑAL DE ABAJO	1	48	9,60	S	80	1	8,74	EXISTENTE	RED DE COBRE - MSANDSLAM	OLT NUEVA INDOOR	SI	BUEN ESTADO	SI	RADIO	NO	RESIDENCIAL	2015	NUEVA DEMANDA	NO			NO					100	100			
5	GUAYAS	COLMES	SAN JACINTO DE COLMES	SAN JACINTO DE COLMES	1	37	8,20	S	79	59	52,98	EXISTENTE	RED DE COBRE - MSANDSLAM	OLT NUEVA OUTDOOR	SI	BUEN ESTADO	SI	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2015	NUEVA DEMANDA	NO			NO					200	200			
5	GUAYAS	SALTRE	LA VICTORIA	LA VICTORIA	1	53	54,21	S	79	43	17,00	EXISTENTE	CDMA 450	OLT NUEVA OUTDOOR	NO	NO HAY REDES DE COBRE	NO	FIBRA OPTICA	NO	RESIDENCIAL	2014	Información basada en el taller técnico comercial en el cual se dio de baja los proyectos de cobre para la zona norte Guayas.	NO			NO					300	300			

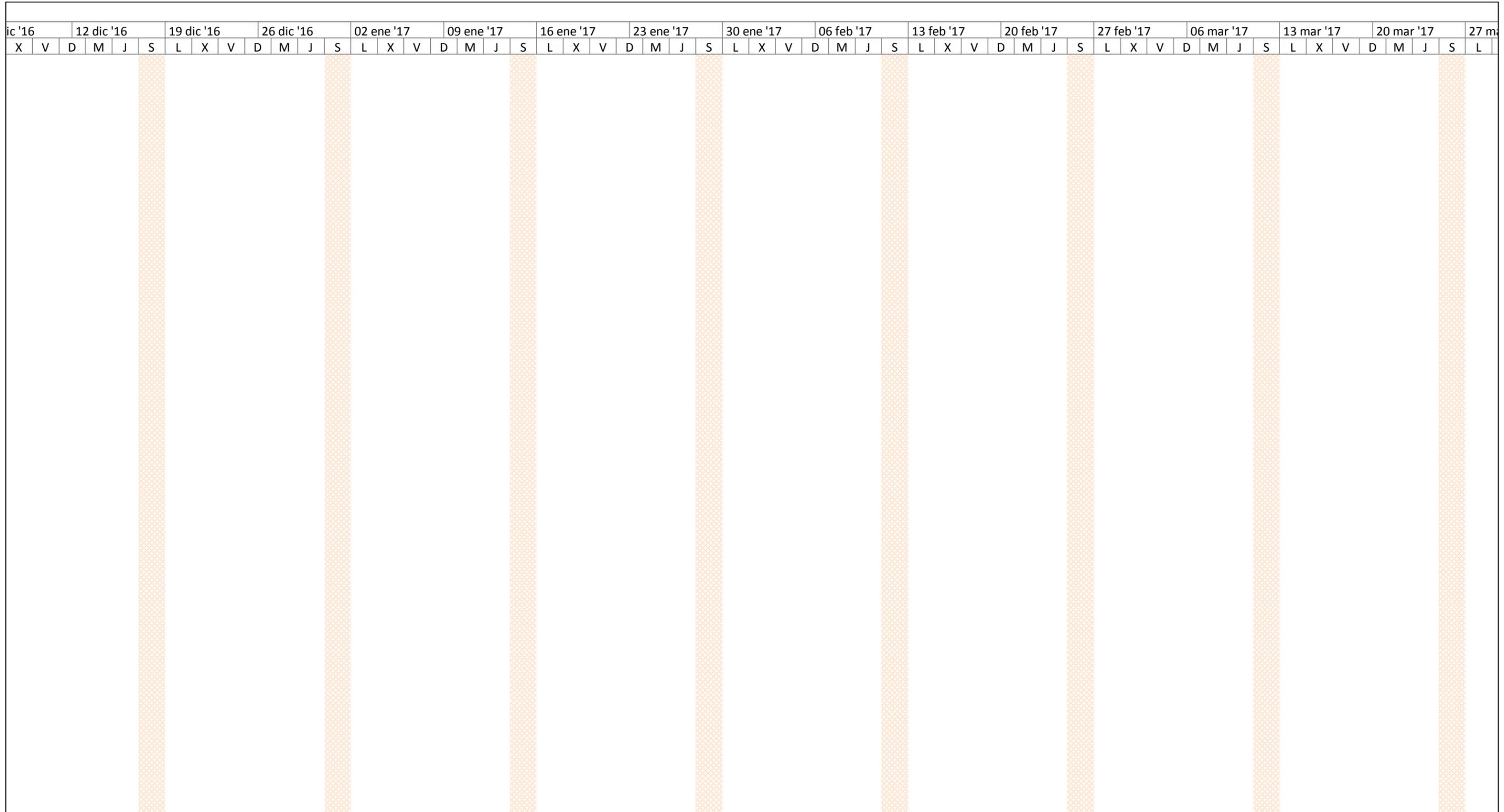
**ANEXO B: Planos de Censo, Red de canalización existente, Red de dispersión,
Red Feeder, Mangas Porta Splitters MT03, MT04 y MT05**



SIMBO

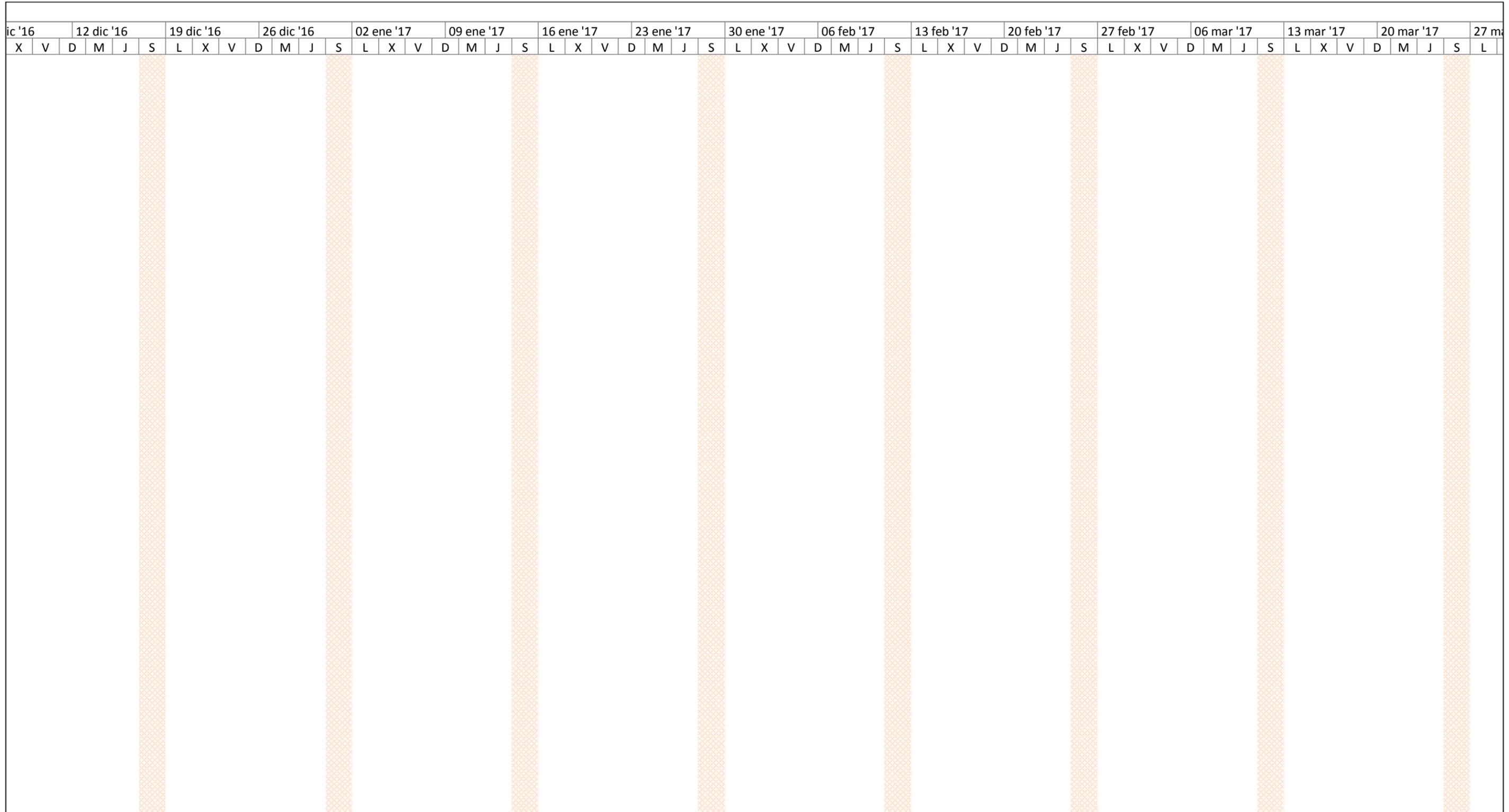
DESCRIPCION
CAJA DE DISTRIBUCION
IDENTIFICADOR DE FIBRA
EMPALME DE FIBRA
MANGA PORTA SPLITTERS
ETIQUETA DE FIN DE FIBRA OPT
SPLITTER DE UNA ENTRADA
POSTE ELECTRICO EXISTENTE

ANEXO C: Cronograma de implementación del diseño



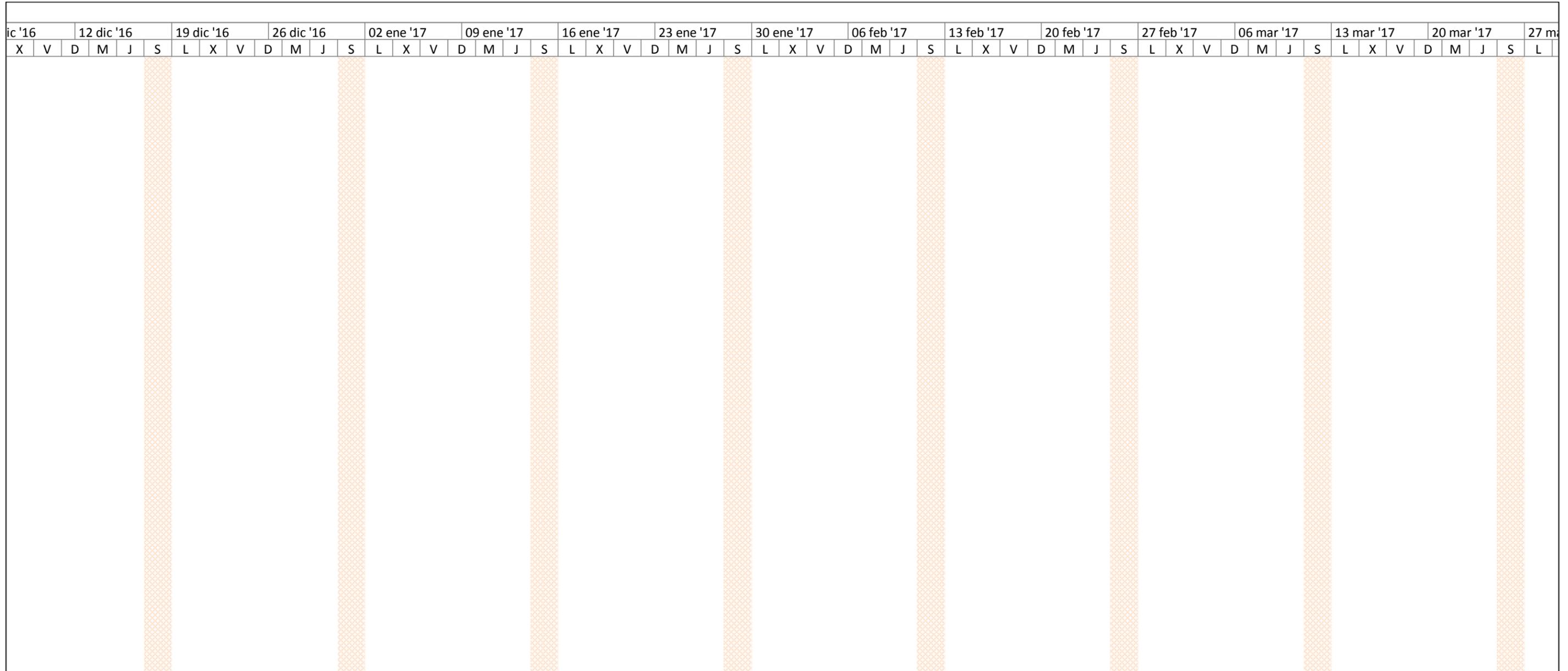
Proyecto: PLANIFICACION DE CON
 Fecha: sáb 17/09/16

Tarea		Tareas externas		Tarea manual		Sólo fin	
División		Hito externo		Sólo duración		Fecha límite	
Hito		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Tareas críticas	
Resumen		Hito inactivo		Resumen manual		División crítica	
Resumen del proyecto		Resumen inactivo		Sólo el comienzo		Progreso	



Proyecto: PLANIFICACION DE CON
 Fecha: sáb 17/09/16

Tarea		Tareas externas		Tarea manual		Sólo fin	
División		Hito externo		Sólo duración		Fecha límite	
Hito		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Tareas críticas	
Resumen		Hito inactivo		Resumen manual		División crítica	
Resumen del proyecto		Resumen inactivo		Sólo el comienzo		Progreso	



Proyecto: PLANIFICACION DE CON
 Fecha: sáb 17/09/16

Tarea		Tareas externas		Tarea manual		Sólo fin	
División		Hito externo		Sólo duración		Fecha límite	
Hito		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Tareas críticas	
Resumen		Hito inactivo		Resumen manual		División crítica	
Resumen del proyecto		Resumen inactivo		Sólo el comienzo		Progreso	