



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Diseñar redes ODN para GPON en el sector El Rosal al sur de la ciudad de Loja

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Tituaña Castillo, Jason Mauricio

DIRECTORA: Ludeña González, Patricia Jeanneth, Mgtr.

LOJA – ECUADOR

2019



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2019

APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Mgr.

Patricia Jeanneth Ludeña González

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración

En el presente trabajo de titulación: Diseñar redes ODN para GPON en el sector El Rosal al sur de la ciudad de Loja realizado por Jason Mauricio Tituaña Castillo ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, septiembre de 2019

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo **Jason Mauricio Tituaña Castillo** declaro ser autor del presente trabajo de titulación: “**Diseñar redes ODN para GPON en el sector El Rosal al sur de la ciudad de Loja**”, de la Titulación: Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, siendo Patricia Jeanneth Ludeña González directora del presente trabajo, y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del estatuto orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajo científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f).....

Autor: Tituaña Castillo Jason Mauricio

Cédula: 1103751747

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por las bendiciones y oportunidades que ha brindado, a mis padres por haberme guiado y apoyado en el transcurso de toda mi vida, en cada meta propuesta; a mis hermanos por su apoyo incondicional.

Jason Mauricio

AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente por ser quién me ha dado las fuerzas y la voluntad para ser mejor y crecer día a día.

De la mejor manera agradezco a mis padres quienes con tanto cariño, apoyo incondicional y esfuerzo han podido guiarme y permitirme culminar éste, un pequeño gran paso al culminar mis estudios universitarios.

A mis hermanos, sobrinos que cada día me brindan un motivo para querer ser mejor.

Quiero expresar mis más sinceros agradecimiento a la ingeniera Patricia Ludeña, quién ha sabido guiarme a tiempo para poder culminar de la mejor manera éste trabajo de titulación. También quiero agradecer al ingeniero Fabián Castillo y al personal de CNT E.P. quienes me brindaron su apoyo y confianza en el transcurso de la finalización de éste trabajo.

Jason Mauricio

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----|
| PORTADA | i |
| APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | ii |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS..... | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTOS | v |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | vi |
| TERMINOLOGÍA..... | x |
| RESUMEN..... | 1 |
| ABSTRACT..... | 2 |
| INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| OBJETIVOS..... | 5 |
| ANTECEDENTES LOCALES..... | 6 |
| PROBLEMÁTICA ACTUAL | 6 |
| ALCANCE PROYECTO | 7 |
| CAPÍTULO I..... | 8 |
| MARCO TEÓRICO..... | 8 |
| 1.1 Principio de Propagación..... | 9 |
| 1.2 Fibra óptica | 10 |
| 1.2.1 Estructura de la fibra óptica..... | 10 |
| 1.2.2 Tipos de fibra óptica. | 11 |
| 1.2.3 Recomendaciones para cables para fibra óptica..... | 13 |
| 1.2.4 Parámetros de una fibra óptica | 16 |
| 1.3 Estándares PON | 17 |
| 1.3.1 APON..... | 18 |
| 1.3.2 BPON..... | 18 |
| 1.3.3 EPON..... | 18 |
| 1.3.4 GPON. | 19 |

| | | |
|----------------------------|--|----|
| 1.3.5 | Protocolos usados para redes GPON..... | 21 |
| 1.4 | Arquitectura de red GPON..... | 21 |
| 1.4.1 | Terminal de línea óptica (OLT) | 22 |
| 1.4.2 | ODN | 22 |
| 1.5 | Redes de acceso FFT-X..... | 26 |
| 1.5.1 | Fiber to the node (FTTN)..... | 27 |
| 1.5.2 | Fiber to the curb (FTTC)..... | 28 |
| 1.5.3 | Fiber to the building (FTTB). | 29 |
| 1.5.4 | Fiber to the home (FTTH)..... | 29 |
| 1.6 | Elementos de infraestructura para fibra óptica. | 30 |
| 1.6.1 | <i>Conectores ópticos</i> | 30 |
| 1.6.2 | <i>Fiber-optic patch cord</i> | 32 |
| 1.6.3 | <i>Fiber-optic pigtail</i> | 32 |
| 1.6.4 | Empalmes ópticos. | 33 |
| 1.6.5 | Mangas o mufas de empalme..... | 33 |
| 1.6.6 | Herrajes. | 33 |
| 1.6.7 | Identificadores | 35 |
| 1.6.8 | Tapones..... | 35 |
| 1.7 | Dispositivos de medición | 36 |
| 1.7.1 | Reflectómetro óptico (OTDR)..... | 36 |
| 1.7.2 | Medidor de Potencia óptica (OPM)..... | 36 |
| 1.7.3 | <i>GPON Tester</i> | 36 |
| CAPÍTULO II..... | | 37 |
| MÉTODOS Y MATERIALES | | 37 |
| 2.1. | Introducción..... | 38 |
| 2.2. | Metodología | 38 |
| 2.2.1. | Demanda comercial..... | 39 |
| 2.2.2. | Levantamiento de información | 40 |
| 2.2.3. | Red de dispersión..... | 41 |

| | | |
|--|---|----|
| 2.2.4. | Red de distribución | 41 |
| 2.2.5. | Red troncal o <i>feeder</i> | 42 |
| 2.2.6. | Canalización | 42 |
| 2.2.7. | Presupuesto..... | 42 |
| 2.2.8. | Análisis financiero..... | 43 |
| 2.3. | Levantamiento de información de servicios de telecomunicaciones..... | 43 |
| CAPÍTULO III..... | | 46 |
| DISEÑO DE RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA BASADA EN TECNOLOGÍA GPON | | 46 |
| 3.1. | Demanda comercial. | 47 |
| 3.2. | Base comercial de servicios de telecomunicaciones actual. | 47 |
| 3.3. | Demanda de servicios de telecomunicaciones potencial. | 49 |
| 3.4. | Determinación de crecimiento poblacional. | 51 |
| 3.5. | Diseño de la red de distribución óptica basada en tecnología GPON | 52 |
| 3.5.1. | Consideraciones generales..... | 52 |
| 3.5.2. | Diseño de la red de dispersión..... | 54 |
| 3.5.3. | Diseño de la red de distribución..... | 55 |
| 3.5.4. | Diseño de red troncal o <i>Feeder</i> | 57 |
| 3.5.5. | Diseño de canalización. | 59 |
| 3.5.6. | Esquema general de la red ODN proyectada..... | 61 |
| 3.5.7. | Balance óptico de la red..... | 62 |
| CAPÍTULO IV | | 66 |
| ANÁLISIS FINANCIERO | | 66 |
| 4.1. | Costo total de inversión | 67 |
| 4.1.1. | Red de dispersión..... | 68 |
| 4.1.2. | Red de distribución y <i>feeder</i> | 68 |
| 4.1.3. | Canalización. | 68 |
| 4.2. | Determinación de costos | 69 |
| 4.2.1. | <i>Costos Comerciales CNT E.P.</i> | 69 |
| 4.2.2. | Determinación de ingresos..... | 71 |

| | |
|--|----|
| 4.2.3. Determinación de egresos..... | 73 |
| 4.3. Flujo de caja..... | 74 |
| 4.4. Indicadores de rentabilidad..... | 75 |
| 4.4.1. Valor Actual Neto (VAN) | 75 |
| 4.4.2. Tasa interna de retorno (TIR) | 75 |
| 4.5. Resultados | 76 |
| CONCLUSIONES..... | 78 |
| RECOMENDACIONES | 80 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 81 |
| ANEXOS..... | 86 |
| ANEXO 1. ENCUESTA PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN | 87 |
| ANEXO 2. DISPERSIÓN: PLANOS DISTRIBUIDOS POR DISTRITOS | 89 |
| ANEXO 3. RED TRONCAL O <i>FEEDER</i> : PLANOS DISTRIBUIDOS POR SECTOR | 91 |
| ANEXO 4. DISTRIBUCIÓN: PLANOS POR DISTRITOS..... | 93 |
| ANEXO 5. CANALIZACIÓN: PLANOS POR SECTOR | 95 |
| ANEXO 6. PLANOS DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS DE LA RED..... | 97 |
| ANEXO 7. CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE PROYECTO ENTREGADO POR CNT E.P..... | 99 |

TERMINOLOGÍA.

- AES:** *Advanced Encryption Standard* - Estándar de encriptación avanzado
- APON:** *ATM Passive Optical Network* – Red óptica pasiva ATM.
- ATM:** *Asynchronous Transfer Mode* – Modo de Transferencia Asíncrono.
- BPON:** *Broadband Passive Optical Network* – Red óptica pasiva banda ancha.
- CNT E.P.:** Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública.
- DBA:** *Dynamic Bandwidth Allocation* – Asignación dinámica del ancho de banda.
- EFM:** *Ethernet in the First Mile* – Ethernet en la primera milla.
- EPON:** *Ethernet Passive Optical Network* – Red óptica pasiva Ethernet.
- FDF:** *Fiber Distribution Floor* - Armarios de distribución de piso.
- FDB:** *Fiber Distribution Building* - Armario de distribución de un edificio.
- FSAN:** Full-Service Access Network – Red de acceso full servicio.
- FTTB:** *Fiber to the Building* – Fibra hasta el edificio.
- FTTC:** *Fiber to the Curb* – Fibra hasta la curva.
- FTTN:** *Fiber to the Node* – Fibra hasta el nodo.
- FTTH:** *Fiber to the Home* – Fibra hasta el hogar.
- GPON:** *Gigabit Passive Optical Network* – Red Óptica Pasiva Gigabit.
- IEEE:** *Institute of Electrical and Electronics Engineers*.
- MPLS:** *Multiprotocol Label Switching* .
- NAP:** *Network Access Point* - Caja de distribución óptica.
- NGN:** *Next Generation Networking* – Redes de nueva generación.
- OAM:** Operación administrativa y mantenimiento
- ODF:** *Optical Distribution Frame* - Armarios de distribución óptica.
- ODN:** *Optical Distribution Network* – Red de distribución óptica.

OLT: *Optical line Termination* – Equipo de central óptica.

OMCI: *ONT Managment and control interface* – Interfaz de control y mantenimiento ONT

ONT: *Optical Network Terminal* -Terminal de red óptica.

PON: *Passive Optical Network*- Red óptica pasiva.

RCC: Red de conmutación de circuitos.

RCP: Red con conmutación de paquetes.

Subscribers: abonados.

TDM: *Time Division Multiplexing* – Multiplexación por división de tiempo.

TDMA: *Time Division Multiple Access* – Acceso multiple por division de tiempo.

TIR: *Total Internal Reflection* – Reflexión interna total.

TIR: Tasa Interna de Retorno

TIC: Tecnologías de la información y la comunicación.

Triple pack: voz, banda ancha y televisión.

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

VAN: Valor actual neto.

RESUMEN

En el presente trabajo de fin de titulación se realiza el diseño de una red de distribución óptica (ODN) con tecnología GPON (*Gigabit-captable Passive Optical Network*) delimitada en el sector sur oriental de la ciudad de Loja, específicamente en los barrios El Rosal y Geranios, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P. en donde mediante un levantamiento de información de servicios de telecomunicaciones (telefonía, Internet, televisión) se realizó un estudio de la base comercial actual, demanda potencial y total.

Posteriormente se detalla el diseño de la red GPON con las normativas vigentes en CNT E.P, iniciando con la red de dispersión, seguido por red troncal o *feeder*, canalización y distribución con la capacidad de cubrir la base comercial actual, demanda potencial y demanda total.

Finalmente se muestra la viabilidad técnica de la ODN mediante un balance óptico considerando dentro de los márgenes requeridos en CNT E.P. y posteriormente se muestra que el proyecto sí es rentable mediante la determinación de volúmenes totales de la red y un análisis económico con los indicadores de rentabilidad VAN y TIR.

Palabras Clave: Fibra óptica, GPON, FTTH, ODN.

ABSTRACT

The present project shows the design of an *Optical Distribution Network* (ODN) based in GPON (Gigabit/captable Passive Optical Network) technology of a location in Loja city, specifically in El Rosal and Geranios neighborhood to the Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P. which allows make a telecommunications services (telephony, Internet, TV) demand study to determinate the future demand in the zone.

Subsequently, the GPON network design is detailed based on the regulations of CNT E.P. it begins with the dispersion network design followed by feeder, feeder, channeling and the distribution network which have the ability to cover the current commercial base and future demand focused on providing telephony, Internet and TV telecommunication services.

Finally, the technical viability of the ODN is shown through an optical balance considered within the CNT recommendations. Subsequently it is shown that the project is profitable by determining the total budget and financial analysis with the profitability indicators VAN and TIR.

Key Words: Fiber optic, GPON, FTTH, ODN.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos años la demanda de servicios de telecomunicaciones ha aumentado considerablemente siendo el *Internet* el principal medio de comunicaciones, seguido por televisión y telefonía. El uso de aplicaciones y plataformas en la red, el incremento de la tecnología en *smartphones*, computadores de nueva generación, *smart TV* han hecho que la necesidad de una conexión estable y rápida siga creciendo exponencialmente, esto ha obligado a los diferentes proveedores de servicios de telecomunicaciones a desarrollar y usar nueva tecnología con mayor capacidad para solventar los requerimientos de sus abonados.

En la ciudad de Loja, la empresa dedicada a brindar los servicios de telecomunicaciones es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P., la cual es una empresa del estado ecuatoriano encargada de proveer los servicios de telecomunicaciones en todo el país. Actualmente cuenta con infraestructura dedicada para cada servicio en el sector sur oriental de la ciudad de Loja, es decir, el servicio de telefonía fija se brinda a través del par de cobre basada en conmutación de circuitos para transmitir señales analógicas, el servicio de Internet se proporciona es a través de plataformas xDSL mediante el uso de tecnologías como: ADSL, ADSL2+, SDSL y G.SHDSL, éstos tipos de enlace son ofrecidos mediante el par de cobre de la red telefónica, el servicio de televisión se brinda mediante antenas parabólicas para retransmisión satelital. Dado el considerable crecimiento del sector El Rosal y Geranios en la ciudad de Loja ha hecho que los servicios que provee CNT E.P a sus usuarios sea limitado y en algunos casos deficiente generando inconformidad en los usuarios actuales y poca afluencia de nuevos usuarios.

Para solventar estos inconvenientes se diseña una red de distribución óptica ODN (*Optical Distribution Network*, por sus siglas en inglés) con tecnología GPON (*Gigabit-captable Passive Optical Network*) la cual permitirá cubrir la demanda de servicios de telecomunicaciones, implica que CNT pretende implementar redes convergentes y brindar los servicios (telefonía, Internet, televisión) sobre una misma infraestructura con fibra óptica en el barrio El Rosal y barrio Los Geranios hasta la calle Anturios entre 18 de Noviembre y Crisantemos.

Posteriormente se realizará un balance óptico y un análisis financiero de la ODN para determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto mediante los lineamientos establecidos en las recomendaciones brindadas por CNT E.P. El desarrollo de este trabajo de titulación se detalla de la siguiente manera:

Capítulo 1. Correspondiente al marco teórico, en donde se detalla toda la información teórica sobre los elementos, dispositivos y métodos involucrados en el funcionamiento de una ODN para una red GPON.

Capítulo 2. Correspondiente a métodos y materiales, en donde se realiza un levantamiento de información y posteriormente determinar la demanda total en el sector sur oriental de la ciudad de Loja. Posteriormente se describe la metodología para el diseño de una ODN bajo las recomendaciones de la normativa vigente en CNT E.P.

Capítulo 3. Se describe el procedimiento para el diseño de la ODN con tecnología GPON con la siguiente secuencia.

- Estudio de la demanda.
- Diseño de las redes de:
 - Dispersión.
 - Distribución.
 - Troncal o *feeder*.
- Diseño de canalización.
- Cálculo de Balance óptico de la red.

Capítulo 4. Correspondiente al análisis financiero, en donde se describe los costos totales de la red y posteriormente la rentabilidad del proyecto mediante el uso de indicadores financieros.

Posteriormente se detallan conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos correspondientes a éste trabajo de titulación.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Realizar el diseño de una red ODN con tecnología GPON en la ciudad de Loja, sector El Rosal-Geranos para CNT EP.

Objetivos Específicos

- Determinar el levantamiento de la demanda actual de servicios de telecomunicaciones en el sector de interés.
- Realizar el diseño de una ODN con tecnología GPON de acuerdo a la normativa de diseño técnica vigente en CNT E.P.
- Realizar el estudio de viabilidad financiera del proyecto.

ANTECEDENTES LOCALES

Siendo la Corporación Nacional de Telecomunicaciones la empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones en Ecuador, debido al incremento de consumo de ancho de banda ha ido incursionando el uso de tecnología GPON (*Gigabit-captable Passive Optical Network*) para brindar un servicio de fiabilidad y calidad. En el sector sur oriental de la ciudad de Loja, correspondiente al barrio el Rosal y Geranios, CNT E.P. brinda los servicios de telefonía fija e Internet mediante tendido de par de cobre, telefonía móvil mediante radio bases y televisión satelital DTH (*Direct to Home*) con antenas parabólicas.

Actualmente la ciudad se encuentra en la etapa final de regeneración urbana, dado esto existe tendido de redes GPON previo al barrio El Rosal y Geranios, específicamente en las avenidas Gobernación de Mainas y Eduardo Kingman, siendo éstas avenidas de acceso al sector de estudio.

Considerando que CNT E.P. aún brinda los servicios de telefonía e Internet mediante red de cobre, genera la necesidad de diseñar una nueva ODN (*Optical Distribution Network*) haciendo uso de tecnología GPON para integrar a nuevos sectores de la ciudad, de esta manera brindar fiabilidad y calidad a los usuarios considerando los resultados del estudio de factibilidad el cual dará el respaldo para el diseño de la misma.

PROBLEMÁTICA ACTUAL

El sector sur oriental de la ciudad de Loja, en los barrios El Rosal y Geranios, específicamente, mediante un censo se determina que existe una demanda de alrededor de 1058 viviendas y 1029 usuarios potenciales, es decir, personas que tengan o requieran un servicio de telecomunicaciones, sin embargo CNT E.P. menciona que la capacidad de su red actual de cobre no cubre las necesidades de sus usuarios en el sector, y por lo tanto le limita el brindar servicios a los usuarios potenciales, por lo que se debe migrar a una red óptica de distribución basada en tecnología GPON, que permitirá brindar calidad y fiabilidad a los usuarios potenciales.

ALCANCE PROYECTO

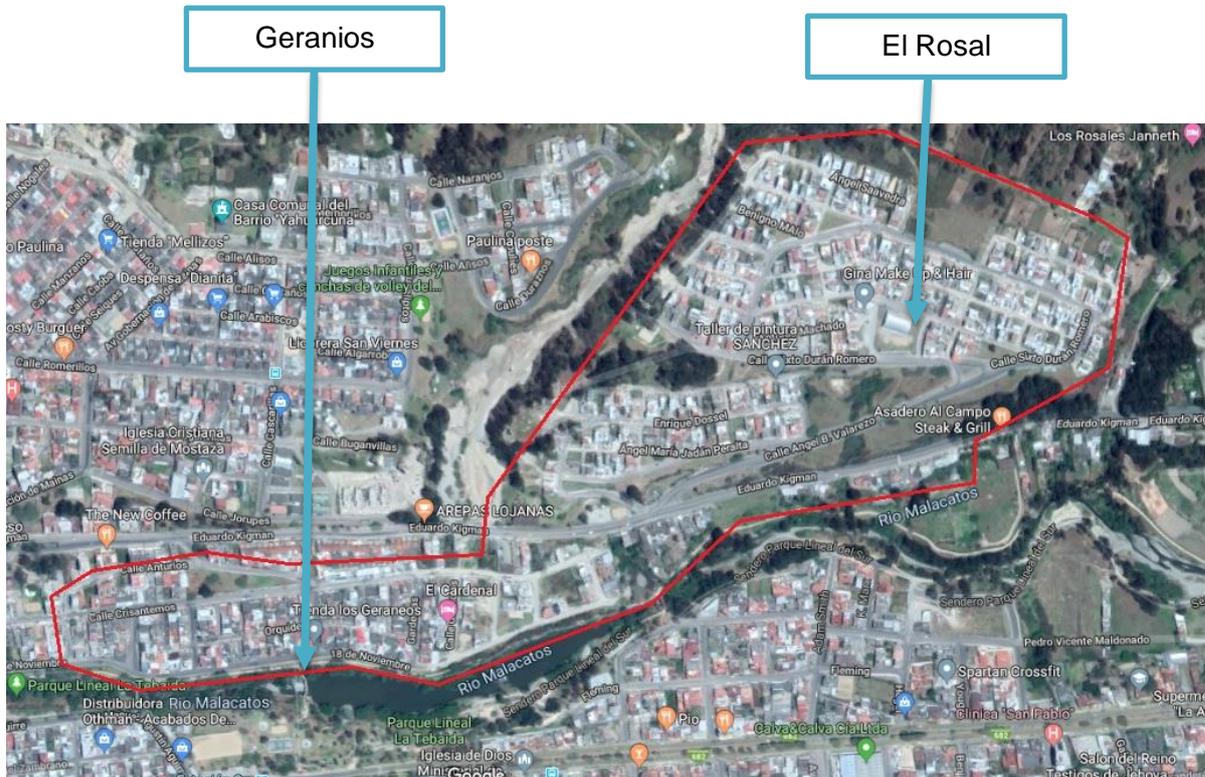


Figura 1.1. Delimitación del proyecto.

Fuente: [Elaboración Propia]

Elaboración: [Elaboración Propia]

El área que CNT E.P. solicita para el diseño de la ODN se ubica en el sector sur oriental de la ciudad de Loja, comprendida en dos sectores: barrio el Rosal que inicia en la Av. Eduardo Kingman y Ángel Valarezo hasta la reserva protegida en bajos del parque podocarpus, y barrio los Geranios limitado en las calles Anturios y Crisantemos hasta las calles 18 de noviembre y calle S-N-15 previo al inicio del parque ecológico “La Tebaida” (Figura 1.1). Es importante señalar que para iniciar con el diseño de la ODN CNT E.P. considera un período mínimo de vida útil de 10 años, que se tomará en cuenta para la determinación de una demanda futura.

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1.1 Principio de Propagación

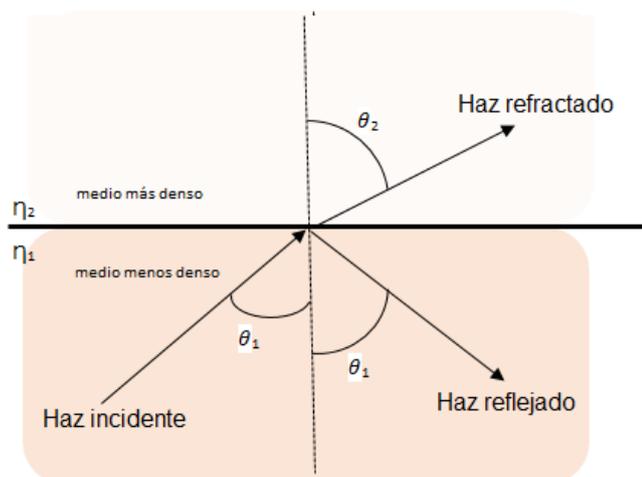


Figura 1.2. Principio de propagación. Ley de reflexión y refracción.
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

La fibra óptica siendo un material dieléctrico transmite información mediante rayos o impulsos de luz a través de ella, a diferencia de señales eléctricas transmitidas en cable coaxial o a su vez en el par tranzado de cobre.

El principio que permite determinar la transmisión en fibra óptica se lo conoce como “principio de reflexión interna total” o TIR (*Total Internal Reflection*) por sus siglas en inglés. Existen dos medios diferentes implicados en la fibra: el núcleo y cubierta, en donde el índice de refracción de la cubierta es mucho menor al del núcleo, esto permite que la luz en su mayoría se refleje en el núcleo permitiendo la transmisión de los impulsos luminosos (Cevallos & Montalvo, 2010).

En la Figura 1.2 se puede observar que un rayo de luz incide en el plano entre los dos medios con diferente índice de refracción, dado esto ocurren dos fenómenos:

- Haz reflejado: El rayo al incidir en el medio sufre una reflexión, es decir, regresa al medio del cual procede.
- Haz refractado: El rayo incidente experimenta una variación en la trayectoria original debido a diferentes factores y en lugar de regresar al medio procedente, atraviesa la interfaz y se dirige hacia el otro medio.

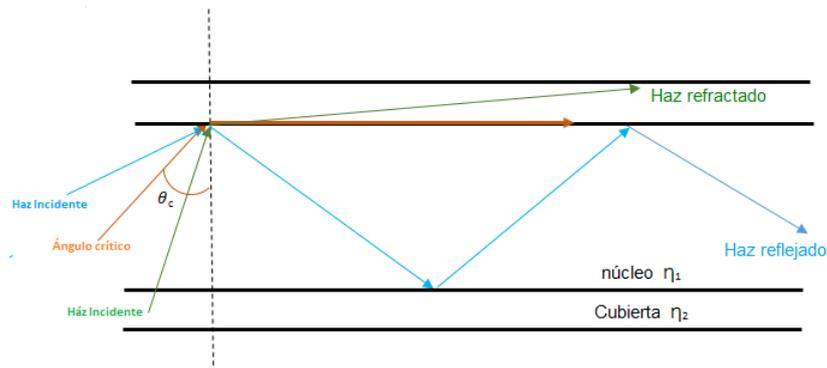


Figura 1.3. Ley de Snell, fenómenos de incidencia con diferentes ángulos
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

La ley de Snell nos indica que cada fenómeno de incidencia dependerá del ángulo con el que incide el rayo de luz. En la Figura 1.3 se muestra que con diferentes ángulos de incidencia determinará si la luz regresará al material más denso (núcleo) o se dirigirá al menos denso (cubierta) determinando de este modo si la luz se reflejará o se refractará. (Cevallos & Montalvo, 2010)

1.2 Fibra óptica

La fibra óptica es un hilo muy delgado generalmente en forma cilíndrica con un grosor de aproximadamente 125 μm , consta de recubrimiento y núcleo principalmente. Puede ser fabricado a base de un material transparente flexible basado en vidrio (dióxido de silicio SiO_2) que determina una guía de onda luminosa. Es extremadamente compacta y la luz atrapada en el interior puede transmitir datos a velocidades muy altas y con gran capacidad debido a su atenuación mínima y bajo ruido en la recepción de la señal (Guano, 2013).

1.2.1 Estructura de la fibra óptica.

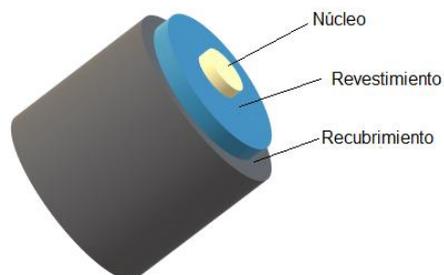


Figura 1.4. Estructura de la fibra óptica
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

La fibra óptica tiene una estructura de tres capas principales: núcleo, revestimiento y recubrimiento como se puede observar en la Figura 1.4. Sin embargo, dependiendo del medio

en el que va a ser destinada se puede recubrir con un mayor número de protecciones para que no tenga curvaturas innecesarias.

1.2.1.1 Núcleo.

Es la parte interna de la fibra, conocido como medio transmisor, está fabricado a base de un material dieléctrico, usualmente, dióxido de silicio (SiO_2) o también materiales como óxido de fósforo (P_2O_5), óxido de germanio (GeO_2), entre otros, esto para ajustar su índice de refracción.

El diámetro del núcleo de la fibra puede ser bastante reducido oscilando entre los $4\mu\text{m}$ y $1000\mu\text{m}$ dependiendo del tipo de fibra que se requiera fabricar, considerando que la cantidad de luz que puede transportar viene en función de su diámetro. En fibras ópticas comerciales construidas con base en las recomendaciones de construcción, el diámetro típicamente oscila entre $4\mu\text{m}$ y $62,5\mu\text{m}$ (Gómez, Puerto, & Guevara, 2015).

1.2.1.2 Revestimiento.

El revestimiento es la parte que recubre y protege al núcleo, al igual que el núcleo es fabricado a base de silicio, sin embargo este medio posee un índice de refracción menor al del núcleo para producir el fenómeno de reflexión interna total. A esta capa suelen añadirle capas de plástico para evitar que la fibra sufra posibles daños contra curvaturas excesivas, aplastamientos y roturas. (Gómez et al., 2015).

1.2.1.3 Cubierta protectora.

El recubrimiento o cubierta protectora actúa a modo de un amortiguador protegiendo de este modo el núcleo y el revestimiento de la fibra ante posibles daños de agentes externos, es decir, se encarga de proveer protección al cable ya sea de parte mecánica como de factores ambientales o físicos. Es fabricada de un material plástico o acrílico capaz de resguardar de humedad, aplastamiento, roedores, entre otros (Galeano, 2009).

1.2.2 Tipos de fibra óptica.

Por la naturaleza ondulatoria con la que se manifiesta la luz, en la propagación aparece un fenómeno característico de resonancia, es decir, se evidencia la aparición de algunas distribuciones de campo óptico (Figura 1.5) las cuales se denominan modos de propagación.

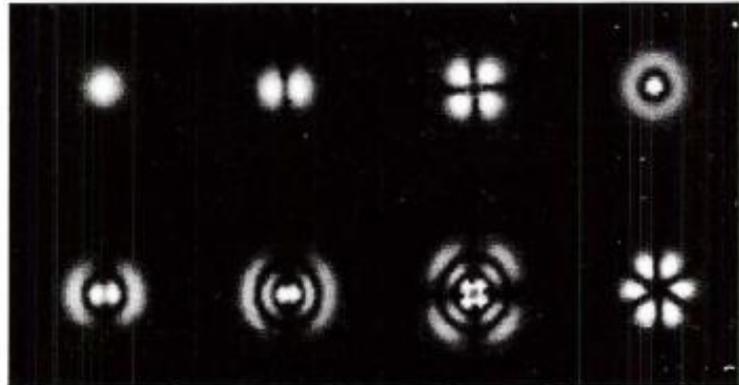


Figura 1.5. Representación vista desde la teoría de rayos la propagación característica de la luz al interior del núcleo de la fibra óptica.

Fuente: (Network Cabling help, 2008)

Elaboración: (Network Cabling help, 2008)

Existen varios tipos de fibras “convencionales” que se pueden definir de acuerdo a los parámetros con los que han sido diseñadas (dinámicos, geométricos y ópticos), por la aplicación a la cual han sido destinadas (fibras de alta calidad), por el índice de refracción (constante o variable), por el número de modos transmitidos (monomodo o multimodo) entre otros, en la Figura 1.5 se puede observar los modos que puede propagar una fibra óptica, visto desde la teoría de rayos. Se puede obtener éstos diferentes tipos de fibra en base al material con las que han sido construidas (Rubio, 1994).

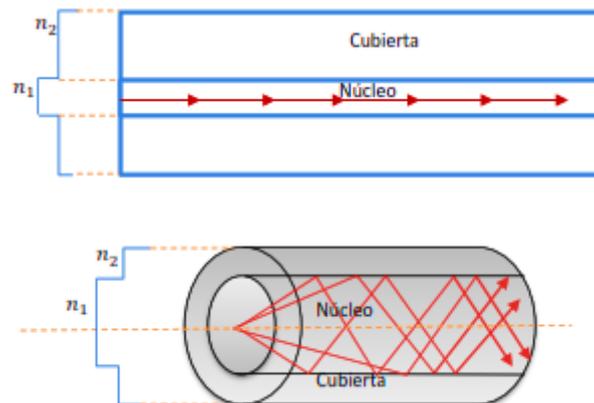


Figura 1.6. Representación fibra óptica monomodo y multimodo

Fuente: (Lapo, 2015)

Elaboración: (Lapo, 2015)

1.2.2.1 Fibra Monomodo.

En este tipo de fibra se propaga solamente un modo, como su nombre lo indica. Al transmitirse por un solo modo es capaz de evitar la dispersión modal causada por la diferencia de velocidad de propagación de todos los modos que puede transmitir una fibra (Aristizábal, 2007). Las fibras monomodo comunes tienen un pequeño tamaño en su núcleo menor a $9\mu\text{m}$

lo que permite transmitir un impulso luminoso con una mayor potencia al transmitirse directamente, considerando que idealmente la propagación del haz de luz es en línea recta. Es usada comúnmente en enlaces de media y larga distancia, para una elevada demanda de datos (Hinojosa, 2007).

1.2.2.2 Fibra Multimodo.-

La fibra multimodo es capaz de propagarse en dos o más modos en diferentes tiempos como se aprecia en la Figura 1.6. A diferencia de la fibra monomodo en ésta surge la dispersión modal causada porque cada modo se transmite en diferente velocidad por toda la fibra, a éste fenómeno se le denomina “comportamiento multimodal”. El comportamiento multimodal indeseado en la propagación porque ocasiona que un pulso luminoso que intenta transmitirse a una larga distancia, aunque ingrese bien definido a la guía de onda, se disperse a causa del retraso que surge por la diferencia de velocidad entre los diferentes modos que lo componen.

Del mismo modo si se considera el caso ideal en el que solamente se propague el modo fundamental, existe una circunstancia similar, en el que el rango de longitudes de onda del que está espectralmente compuesto el pulso luminoso, da origen a la denominada dispersión cromática por causa del retraso relativo de las diferentes ondas que lo integra (Aristizábal, 2007).

Dado que comercialmente existen diferentes tipos de fibras ópticas para un gran número de aplicaciones, en las normativas vigentes es CNT E.P. para diseñar una red de distribución óptica con tecnología GPON se consideran varias recomendaciones.

1.2.3 Recomendaciones para cables para fibra óptica.

1.2.3.1 UIT-G.652

La recomendación ITU-T G.652 describe las características geométricas, mecánicas y de transmisión de una fibra monomodo con un cable con dispersión nula y con una longitud de onda situada en los 1310 nm. En esta recomendación la fibra es optimizada para usarse en la longitud de onda de 1310 nm, pero también se puede usar en la región de los 1550 nm (UIT-T G.652, 2017).

Las características geométrica, ópticas, transmisión y mecánicas se describen en tres categorías:

- Las características de fibra son los que se mantienen en el cableado y en la instalación
- Las características de cable son recomendados de acuerdo al área de trabajo.

- Las características del enlace son para cables concatenados, que describen la estimación de los parámetros del sistema basado en mediciones, modelado entre otras.

1.2.3.2 UIT-G.653

La recomendación ITU-T G.653 describe las características geométricas, mecánicas y de transmisión de una fibra monomodo con un cable con dispersión nula nominal y con una longitud de onda situada en los 1550 nm. En esta recomendación la fibra es optimizada para usarse en la longitud de donde de 1550 nm, pero también se puede usar en la región de los 1310 nm sujeto a las limitaciones descritas en esta recomendación. Algunas están hechas para soportar la transmisión a una longitud de onda más alta 1625 nm o longitudes de onda más bajas situadas en los 1460 nm. (UIT-T G.653, 2010). Las características geométrica, ópticas, transmisión y mecánicas se consideran de la misma manera que en la normativa UIT-T G.652.

1.2.3.3 UIT-G.654

La recomendación ITU-T G.654 describe las características geométricas, mecánicas y de transmisión de una fibra monomodo con un cable con dispersión nula nominal y con una longitud de onda situada en los 1300 nm con pérdida minimizada y longitud de onda de corte ubicada en los 1550 nm. Esta recomendación indica que la fibra ha sido mejorada para usarse en la longitud de onda de 1530 nm hasta los 1625 nm sujeto a las limitaciones descritas en esta recomendación (UIT-T G.654, 2016).

Algunos tipos de fibra en esta recomendación han sido probados para soportar longitudes de onda más bajas de los 1625 nm. Las características geométrica, ópticas, transmisión y mecánicas se consideran de la misma manera que en la normativa UIT-T G.652.

1.2.3.4 UIT-G.655

La recomendación UIT-G.655 describe una fibra monomodo que consta de un coeficiente de dispersión cromático de valor absoluto, el mismo es mayor que un valor distinto de cero en longitudes de onda mayores a los 1530 nm.

En longitudes de onda más bajas, el coeficiente de dispersión tiende a cero, sin embargo los valores de coeficiente de dispersión cromática puede ser especificados para mejorar una multiplexación CWDM (Multiplexación por división en longitudes de onda ligeras) (UIT-T G.655, 2019).

Estas fibras han sido destinadas originalmente para su uso en longitudes de onda en una región entre los 1530 nm y los 1565 nm. También se han tomado medidas para soportar longitudes de onda mayores a 1625 nm y menores a los 1460 nm. Las características geométrica, ópticas, transmisión y mecánicas se consideran de la misma manera que en la normativa UIT-T G.652.

1.2.3.5 UIT-G.656

La recomendación UIT-G.656 describe una fibra monomodo que consta de un coeficiente de dispersión cromático de valor absoluto, el mismo es mayor que un valor distinto de cero en longitudes de onda situadas entre los 1460 hasta los 1625 nm. Esta dispersión reduce el crecimiento de efectos no lineales que pueden ser dañinos en sistemas de multiplexación por división de longitud de onda (DWDM). Esta fibra usa una dispersión nula para reducir la mezcla de cuatro ondas y la modulación de fase en un rango más amplio que las longitudes de onda descritas en la recomendación [UIT-T G655] (UIT-T G.656, 2010).

También se han tomado medidas para en un futuro soportar longitudes de onda entre 1460 nm y 1625 nm. Las características geométrica, ópticas, transmisión y mecánicas se consideran de la misma manera que en la normativa UIT-T G.653.

1.2.3.6 UIT-G.657

Esta recomendación UIT-G.657 describe dos categorías de fibra monomodo que ha sido mejorada para el rendimiento para pérdidas por flexión comparadas con las fibras de la recomendación [UIT-T G652]. Esta fibra fue originalmente realizada para redes de acceso, incluyendo interiores de edificios al final de estas redes. Las dos categorías A y B tienen dos subcategorías que difieren en la pérdida de macropliegues (UIT-T G.657, 2016).

La fibra categoría A: ha sido optimizada para reducir la pérdida por macropliegues comparado a la recomendación [UIT-T G652] y puede ser tendida a lo largo de la red de acceso y cómodamente pueden estar situadas entre los 1260 nm hasta los 1625 nm. Sin embargo se sitúan en dos subcategorías:

- UIT-T G.657.A1 son fibras apropiadas para un radio mínimo de 10 mm
- UIT-T G.657.A2 son fibras apropiadas para un radio mínimo de 7.5 mm

La fibra categoría B: ha sido optimizada para reducir aún más la pérdida por macro pliegues, por lo tanto pueden usarse valores de radio de curvatura muy bajos. Están destinadas a cortas distancias (menores a 1000 m) al final de la red de acceso, es decir, en edificios particulares o en edificios cercanos. Pueden estar cómodamente situadas entre los 1260 nm hasta los

1625 nm, además son compatibles con la recomendación [UIT-T G652] en términos de coeficiente de dispersión cromática. Sin embargo se sitúan en dos subcategorías: (UIT-T G.657, 2016)

- UIT-T G.657.B2 son fibras apropiadas para un radio mínimo de 7.5 mm
- UIT-T G.657.B3 son fibras apropiadas para un radio mínimo de 5 mm

1.2.4 Parámetros de una fibra óptica

La fibra óptica viene siendo un medio que presenta muchas ventajas en comparación de otros medios de transmisión, sin embargo también pueden existir factores que limiten la transmisión de señales, conocidos como la atenuación y la dispersión (Torlak, 2013). La recomendación G.650 de la UIT-T especifica las definiciones y métodos de prueba de los parámetros de pérdida en las fibras ópticas, considerando: atenuación, la dispersión cromática y la dispersión por modo de polarización.

1.2.4.1 Atenuación

En (Potter, 2014) la atenuación es definida como la pérdida de intensidad de la luz a medida que se propaga en el medio, esta pérdida no se considera como una unidad lineal sino que se mide en decibeles, pero se considera en relación a la distancia de la fibra expresándose en dB/Km y se establece como la relación que existe entre potencia de salida sobre la potencia con la que ingresa la señal luminosa. Para la correcta consideración de atenuación en fibra óptica se considera varios factores como la composición del material de la fibra, las impurezas que contiene, curvaturas exageradas, temperatura, entre otras. Por otra parte existen factores externos como: conectores, empalmes, splitters, entre otros elementos que existan a lo largo de la fibra, éstos elementos se consideran en: pérdidas por absorción y pérdidas por dispersión (Tinoco, 2011).

Las pérdidas por absorción son causadas por impurezas en materiales con los que la fibra es fabricada, causa que la luz que está siendo transmitida se dirija a estas impurezas, esto provoca una excitación del material y causa un mayor nivel de energía que puede convertirse en calor. En longitudes de onda de 1310nm, regularmente se considera que las pérdidas son de 0.05 dB/Km (Ravi, Aneesh, & Prasad, 2012).

1.2.4.2 Dispersión

Las pérdidas en dispersión se pueden reconocer como el ensanchamiento del pulso de luz a medida que se propaga en la fibra, esto causa que se limite el ancho de banda por lo tanto se reduce la capacidad de transportar datos. Para asegurar que los pulsos de luz se encuentren alejados y no se solapen se debe usar tasas de datos muy bajas. Entre estos tipos de dispersión tenemos la cromática y la modal.

- Dispersión cromática

Conocida como dispersión intramodal, se denomina de este modo por las longitudes de onda que no se propagan a la misma velocidad, por lo que llegan en distintos tiempos, esto causa un ensanchamiento en los pulsos de luz que existen en un mismo modo de propagación, por lo tanto este tipo de dispersión puede evidenciarse tanto para fibras monomodo como multimodo (Ravi et al., 2012).

- Dispersión modal

También conocida como dispersión intermodal, es causada por un ensanchamiento de los pulsos que han sido transmitidos, debido a que existen retardos de propagación en los distintos modos, es decir, este tipo de dispersión solamente afecta a fibras multimodo (Ravi et al., 2012).

1.3 Estándares PON

Conocida como una red óptica pasiva (*Passive Optical Network*) que mediante el uso de una red de fibra óptica utiliza elementos pasivos, es decir, que estos elementos no necesitan alimentación de una red externa para la implementación en la red. Al cambiar los elementos activos que se encuentran entre el proveedor y abonado, se reducen costos en presente y en posibles futuros cambios de la red, así también como en menor costo de mantenimiento, convirtiéndose en una red mucho más rentable para la empresa que lo provee (Finochietto, 2013). Al ser una red punto – multipunto se utilizan splitters ópticos pasivos que permitirá al proveedor llegar a sus clientes o abonados y dar el servicio a partir de un único hilo de fibra. Dado esto a lo largo de las últimas décadas se ha ido mejorando este tipo de tecnología dividiéndose en algunos estándares PON: (UIT-T G.983.1, 2006)

1.3.1 APON.

Esta tecnología conocida como red óptica pasiva ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), definida en la recomendación ITU-T G.983, en donde su sigla “A” en el nombre hace referencia al protocolo de modo de transferencia asíncrona que usa para el transporte de datos (UIT-T G.983.1, 2006).

En la recomendación establece que en un canal descendente soporta velocidades de 155Mbps transmitiendo ráfagas de celdas ATM que se reparten entre todas las terminales ópticas que se encuentren conectadas. Además en (Martinez, Asencio, Lacalle, & Sánchez, 2014) se muestra que APON fue la pionera en ser una red de acceso full servicio o FSAN (por sus siglas en inglés), en donde un grupo de 7 operadores de telecomunicaciones agruparon las especificaciones para brindar el acceso de banda ancha en viviendas.

1.3.2 BPON.

Es un estándar basado en las recomendaciones ITU-T G.983 *Broadband* PON o red óptica pasiva de banda ancha surge como un estándar desarrollado para mejorar los aspectos limitantes de APON, en el que la velocidad de transmisión es la más significativa.

BPON al igual que APON transmite celdas ATM, sin embargo éstas pueden soportar otros estándares de banda ancha. En sus inicios BPON también tuvo una tasa de transmisión tanto para canal ascendente y descendente de 155Mbps. Pero en los años siguientes se desarrolló para admitir canales asimétricos en donde en el canal ascendente soporta la misma velocidad de 155Mbps pero en el descendente la tasa de transmisión subió hasta las 622Mbps.

A pesar de prestar mejores prestaciones en comparación con redes APON, éstas mantenían un costo de implementación bastante elevado, sin dejar a un lado ciertas limitaciones técnicas, de esta manera se desarrollaron mejoras permitiendo alcanzar las velocidades en canal ascendente de 622Mbps y 1,244Gbps para canal descendente. (UIT-T G.983.2, 2005)

1.3.3 EPON.

Ethernet PON está descrita en la recomendación de la IEEE 802.3ah, surge a la par con las redes PON que en un principio originaron las redes FSAN (*Full-Service Access Network*), el grupo de trabajo EFM (*Ethernet in the First Mile*) conformado por la organización IEEE (*Institute of Electric and Electronics Engineers*) realizan una nueva especificación. EFM pretendía aprovechar las ventajas que traía la tecnología de fibra óptica con las redes PON y de algún modo aplicarlas en Ethernet, de esta forma surge Ethernet PON (EPON) (IEEE 802.3ah, 2004).

Este sistema se basa esencialmente en el transporte de tráfico Ethernet tomando las características de la norma IEEE 802.3, esto implica que en lugar de transmitir celdas ATM como lo hace APON y BPON, envía información encapsulada en tramas Ethernet, esto hace que EPON tenga ventajas frente a APON y BPON, las cuales permite trabajar con velocidades de Gigabits por segundo al ser soportado por Ethernet, su interconexión es mucho más simple y disminuyen costos al evitar elementos de ATM y SDH propios de redes PON.

Las velocidades de transmisión que establece EPON tanto para canal ascendente como descendente son de 1244Mbps.

1.3.4 GPON.

Gigabit PON o *Gigabit Passive Optical Network* está descrito desde el año 2004 en las recomendaciones de la ITU-T 984.x. Principalmente regula características técnicas de los equipos que se desarrollan para el soporte de una red GPON. También describe que permite soportar velocidades de transmisión en el orden de los gigabits, como está implícito en su nombre, orientadas en la prestación de servicios residencial o comercial.

Las velocidad de transmisión en GPON se considera para tráfico simétrico situadas desde 622 Mbps hasta 1,25Gbps. Y en tráfico asimétrico situadas en 2,5 Gbps para *downlink* y 1,25 Gbps en *uplink* mediante el uso de técnicas de multiplexación para diferentes longitudes de onda, se realiza el transporte de servicios IP con la finalidad de encapsular información y gestionar elementos de la red (Albuja, 2014).

1.3.4.1 Recomendaciones UIT-T para redes GPON

Para redes *Gigabit Passive Optical Network* ó redes ópticas pasivas con capacidad gigabit se han establecidos recomendaciones por parte de la ITU comprendidas en el estándar G.984.x definidos para redes de gran capacidad con la única finalidad de llevar un gran ancho de banda al usuario final.

Según esta recomendación ésta tecnología puede llegar a transmitir bidireccionalmente información de forma simétrica o asimétrica a velocidad de 1,2Gbps para canal ascendente y 2,4Gbps para canal descendente. Dentro del estándar G.984 se rigen en varias recomendaciones para una óptima red.

1.3.4.2 Recomendación UIT-T G.984.1.

La primera recomendación de la serie G.984.x establece ciertas características generales de funcionamiento para redes *Gigabit passive optical network*, las cuales incluyen términos, ciertas definiciones, abreviaturas, y explica cómo se estructura la interfaz de los elementos que son parte de la red GPON. También muestra posibles escenarios que se pueden encontrar al construir una red con características GPON y la mejor manera de solventarlos. (ITU-T G.984.1, 2008)

1.3.4.3 Recomendación UIT-T G.984.2.

En esta recomendación especifica la capa dependiente de los medios físicos en la red, en donde describe una red de acceso flexible con una capacidad capaz de soportar servicios para empresas, en donde abarca velocidades nominales de 1244Mbps para canal ascendente y 2488Mbps para canal descendente.

Además incluye la descripción de sistemas de redes GPON, proponiendo requisitos de capa física y especificaciones para la capa dependiente de los medios físicos y el protocolo para determinar la distancia óptima para sistemas GPON. (ITU-T G.984.2, 2003)

1.3.4.4 Recomendación UIT-T G.984.3.

En esta recomendación muestra las especificaciones de trama, mensaje, la máxima distancia, funciones de operación administrativa y mantenimiento (OAM), es decir, describe la capa de convergencia proporcionando servicios de banda ancha y estrecha a diferentes velocidades de transmisión asimétricas. (ITU-T G.984.3, 2014)

1.3.4.5 Recomendación UIT-T G.984.4.

De acuerdo a esta recomendación se describe la interfaz de gestión y control (OMCI) en la terminal óptica (ONT) mediante sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (GPON) tomando en cuenta las recomendaciones UIT-T G.984.2 y G.984.3. Además especifica las entidades que son gestionadas de una base de información de gestión independiente del protocolo, en donde básicamente muestra cómo se realiza el intercambio de información entre una OLT (*Optical Line Terminal*) y una ONT (*Optical Network Terminal*) (ITU-T G.984.4, 2008).

También muestra los servicios para la operación de la red, en gestión de fallos y rendimiento los cuales son: capa de transferencia asíncrona, método de encapsulación, voz, emulación de circuitos y multiplexación por longitud de onda.

1.3.5 Protocolos usados para redes GPON

En redes GPON se usa topología en árbol debido al uso de *broadcasting* para transmitir información a todos los miembros de la red (ONT) usando técnicas de seguridad como estándar de encriptación avanzada (AES) para brindar seguridad. Para el envío de datos para posibilitar ausencia de colisiones en la red se usa tecnología TDM (*Time Division Multiplexing*) para envío descendente de información y TDMA (*Time Division Multiple Access*) para el envío ascendente (Chávez, 2010).

1.3.5.1 Multiplexación por División de Tiempo (TDM)

GPON utiliza una tecnología conceptualmente similar a TDM. Todos los datos se transmiten a todas las ONTs mediante el uso de uno o varios splitters de acuerdo a la demanda, cada ONT filtra todos los datos recibidos quedando solamente los que específicamente van dirigidos a ellas, sin embargo, puede existir un déficit de privacidad por lo que se usa cifrado de datos para mejorar la confidencialidad (Llangarí, 2015).

1.3.5.2 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

TDMA se usa en GPON en el canal ascendente, el canal es controlado por la OLT asignando ventanas de tiempo de transmisión a cada ONT. Para evitar colisiones se realiza un control de acceso al medio y distribuyendo el ancho de banda entre los usuarios (Llangarí, 2015).

Los paquetes ascendentes necesitan una sincronización perfecta para que la OLT reconstruya la trama GPON, debido a esto la OLT debe conocer la distancia que existe entre ella y cada ONT, de este modo se puede determinar el retardo para recibir la información. Utiliza Asignación Dinámica del Ancho de Banda DBA (*Dynamic Bandwidth Allocation*) que permite distribuir de forma eficiente el ancho de banda, distribuyéndolo en los instantes cuando existe tráfico permitiendo ampliar la capacidad de los usuarios.

1.4 Arquitectura de red GPON

Se considera el uso de la arquitectura de la red pasiva óptica gigabit debido a que permite transmitir en altas tasas en canal ascendente y mucho más en canal descendente. GPON se conforma por tres elementos principales:

- Terminal de línea óptica (Central-OLT).
- Red óptica de distribución (ODN).
- Terminal de red óptica (Cliente-ONT).

1.4.1 Terminal de línea óptica (OLT)

La OLT también conocida como equipo de central óptico es el primer equipo activo de la red óptica, normalmente se encuentra ubicado en la oficina central del proveedor de servicios de telecomunicaciones. Éste equipo se encarga de interconectar la red de acceso con el operador, además gestiona, administra y sincroniza el tráfico con las ONTs, de modo que se tenga un solo medio para los datos sincronizados en *uplink* modalidad TDMA y *downlink* de todas los terminales ópticos asociados a la misma. Para la transmisión de datos tanto para subida como para bajada se realiza una conversión electro-óptica enviando señales a diferentes longitudes de onda de acuerdo al requerimiento: para voz/datos 1310nm, video 1550nm y voz/datos subida 1490 nm (Castillo & Figueroa, 2013).

Normalmente la OLT se encuentra compuesta por varias ranuras dedicadas, en donde las ranuras de 1-6 y 9-16 son denominadas tarjetas de servicios, las ranuras 7 y 8 tarjetas de control y gestión, ranuras 17 y 18 para tarjetas de *uplink* y ranuras 19 y 20 para tarjetas de poder, adicional a esto la OLT tienen la opción de poseer hasta 16 tarjetas para un ancho de banda *downlink* de 2,5 Gbps (Castillo & Figueroa, 2013).

1.4.2 ODN

Es la parte de la red comprendida entre la OLT y el terminal óptico, la red de distribución óptica está conformada completamente de equipos pasivos, es decir, que no están energizados; siendo al OLT la encargada de proporcionar las señales ópticas. La ODN está conformada principalmente por la red troncal o *feeder*, ODF (*Optical Distribution Frame*), *splitters* primarios y secundarios, armarios de distribución, cajas ópticas, cables de fibra óptica para *feeder*, para distribución, cables de acometida (Drop), roseta óptica.

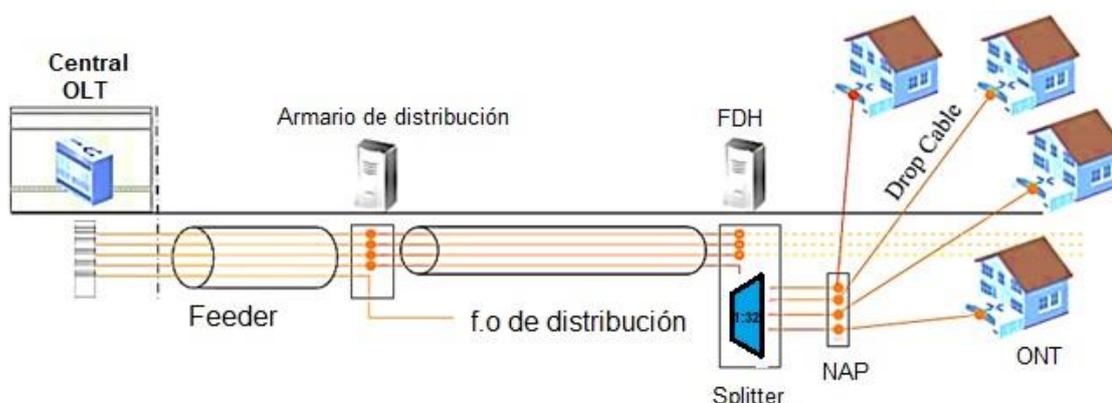


Figura 1.7. Esquema general de estructura de una red de distribución óptica
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

1.4.2.1 Red Troncal o feeder.

Parte de fibra óptica denominada como red troncal que interconecta el ODF con los armarios de distribución (FDH). Constituida por todos los cables de fibra óptica que se encargan de alimentar los FDH, siendo ésta red la principal regularmente se distribuye mediante ductos canalizados que proveen una mejor protección frente al tendido aéreo, sin embargo en zonas que representen dificultad para realizar canalización es posible tenderlo de manera aérea considerando realizar una bajada a pozo antes de ingresar al armario de distribución (CNT E.P, 2015).

1.4.2.2 Red de distribución.

Sección de red ubicada entre los armarios de distribución (FDH) y las cajas de distribución óptica (NAPs), en esta red se considera elementos como splitters, cables de fibra óptica para distribución bajo la normativa vigente, empalmes y las cajas de distribución óptica. El tendido de los cables se lo puede realizar aéreo o canalizado (CNT E.P, 2015).

1.4.2.3 Red de dispersión.

Es la parte final de la ODN se divide en dos tramos, un cable de fibra óptica para exteriores comprendido entre la caja de distribución (NAP) hasta un punto de transición o una caja de distribución secundaria (FDF) y el segundo tramo con una fibra óptica para interiores hasta la roseta óptica en el interior del domicilio del cliente. Posteriormente se usa un *patchcord* para conectar la roseta óptica con la ONT (CNT E.P, 2014).

1.4.2.4 Splitters.

Es un elemento pasivo, también llamado divisor óptico que básicamente permite la conexión punto a multipunto de la fibra óptica al permitir dividir la potencia óptica de entrada en varias de salida repartida equitativamente, esto con un costo considerable en la atenuación de la señal (Acosta, 2012). Los splitters ópticos permiten diferentes relaciones en derivaciones de la señal, inclusive se puede tener más de un splitter en una red, en la Tabla se muestra los valores típicos de atenuación causado por los divisores ópticos.

Tabla 1.1. Valores típicos de pérdidas ocasionadas por splitters ópticos.

| Divisor Óptico | Perdida de elemento típica |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 1:2 | 3.50 dB |
| 1:4 | 7.00 dB |
| 1:8 | 10.50 dB |
| 1:16 | 14.00 dB |
| 1:32 | 17.50 dB |
| 1:64 | 21.00 dB |
| 2:4 | 7.90 dB |
| 2:8 | 11.50 dB |
| 2:16 | 14.80 dB |
| 2:32 | 18.50 dB |
| 2:64 | 21.30 dB |

Fuente: (CNT E.P, 2015).

Elaboración: (CNT E.P, 2015).

1.4.2.5 ODF.

Conocido como distribuidor de fibra óptica u *Optical Distribution Frame* por sus siglas en inglés, utilizado principalmente para organizar cables y fusiones de fibra óptica, ubicado después de la OLT, en donde se arman y organizan todos los hilos de la red troncal o *feeder*. En un *feeder* de 288 hilos se utiliza tres ODF's de 96 puertos cada uno (CNT E.P, 2015).

En la configuración interna de los ODF existen 8 bandejas con capacidad de 12 hilos cada una, en donde se ordenan desde la bandeja inferior albergando sus 12 hilos hasta llegar a la bandeja superior.



Figura 1.8. ODF de planta externa

Fuente: (CNT E.P, 2016)

Elaboración: (CNT E.P, 2016)

1.4.2.6 Armario (FDH)

Los armarios de distribución óptica o *Fiber Distribution Home's*, por sus siglas en inglés, se ubican en un lugar concéntrico del distrito, permiten la conexión entre la red troncal o Feeder y la red de distribución, por tanto, en éstos se ubican los divisores ópticos o splitters permitiendo la distribución de acuerdo a la capacidad requerida en el diseño de la ODN (CNT E.P, 2016).

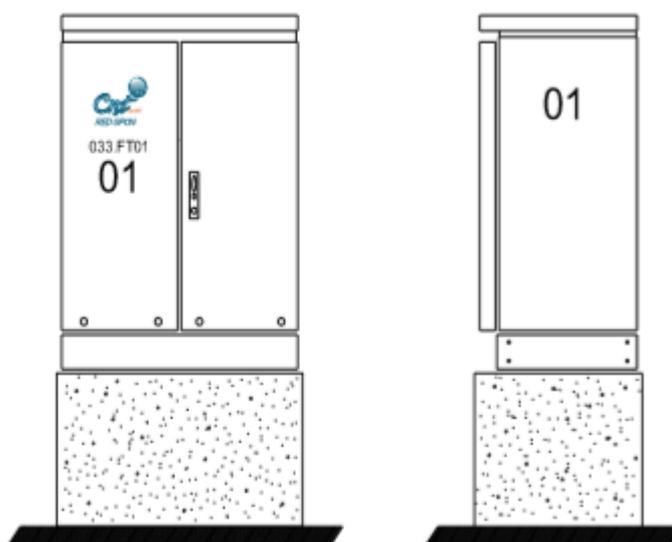


Figura 1.9. Esquema armario de distribución óptica
Fuente: (CNT E.P, 2015)
Elaboración: (CNT E.P, 2015)

1.4.2.7 NAP.

La caja de distribución óptica ó Network Access Point (NAP) es el punto de conexión entre la red de distribución y cada abonado mediante una fibra óptica para interiores, representa un punto de corte para un futuro mantenimiento o cortes para labores de operación. (CNT E.P, 2016)



Figura 1.10. Caja de distribución óptica
Fuente: (CNT E.P, 2015)
Elaboración: (CNT E.P, 2015)

1.4.2.8 ONT

La ONT es el último elemento activo de la red, en redes FTTH (*Fiber To The Home*) se ubica directamente en el domicilio del abonado, su funcionalidad es servir como interfaz para *upstream* y *downstream* con el cliente, la terminal óptica soporta varios servicios como Ethernet con diferentes tasas de transmisión para subida y bajada, conexión telefónica y formatos de video digital o analógico. Actualmente existen una gran variedad de ONTs para diferentes servicios (Acosta, 2012).

1.5 Redes de acceso FFT-X

Considerando la avanzada evolución tecnológica en ámbito de las comunicaciones y la información, las redes de nueva generación permiten tener una velocidad de conexión cada vez mayor. La comisión europea define estas redes como redes de acceso cableadas que constan de elementos ópticos que les permite ofertar servicios de banda ancha y características mejoradas en comparación a las redes de cobre.

Reemplazar los tramos de cobre existentes por fibra óptica es en lo que se basan estas redes de nueva generación, acercando cada vez más a usuarios finales, esto permite brindar mayores velocidades de conexión dadas las ventajas que tiene la fibra óptica frente al cobre, para distinguir la composición de estas redes y cómo han ido evolucionando se conoce varios tipos de despliegue considerados como redes FTTH. (Ganuzo, Perca, & Vicens, 2011)

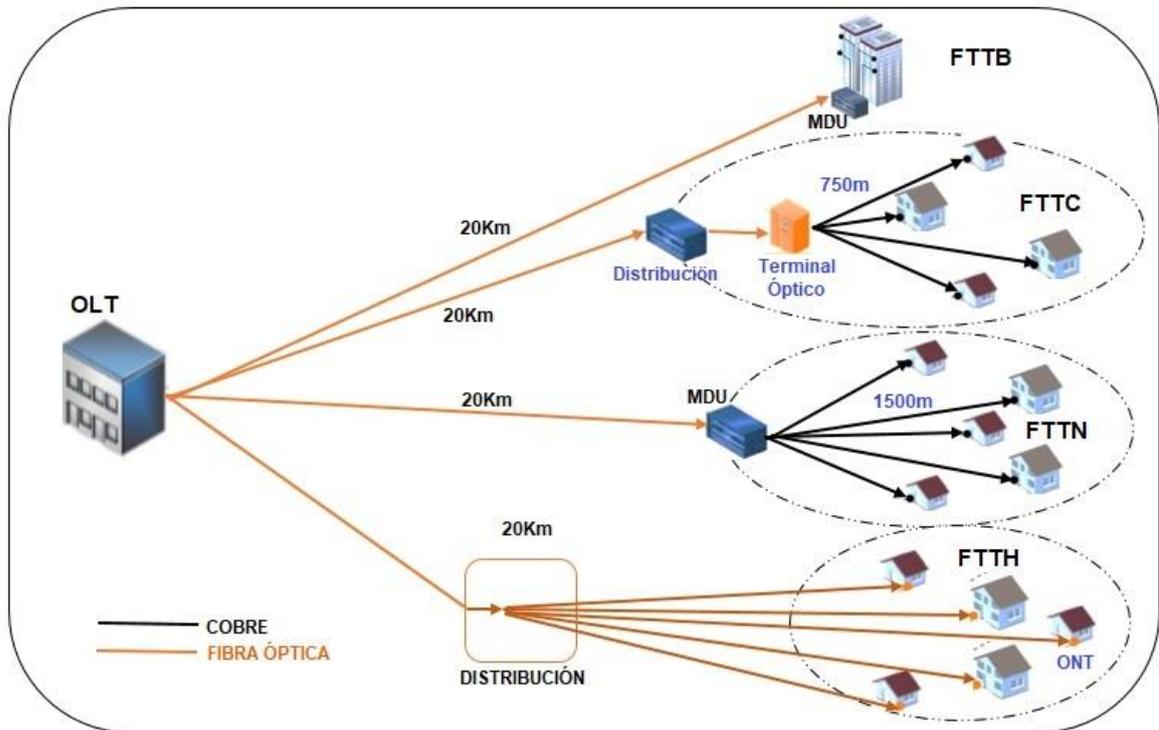


Figura 1.11. Esquema general de redes FTTX
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

1.5.1 Fiber to the node (FTTN).

FTTN o fibra óptica hasta el nodo se basa en una topología mixta, en donde el tendido de fibra es de menor distancia en comparación a otros tipos de despliegues, la fibra parte desde la central que se encuentra ubicada la OLT hasta un punto remoto en donde se encuentra el terminal óptico, a partir de este punto se termina tendido por fibra óptica y se continúa con el tendido de cobre existente, muchas veces se usa cable coaxial o par trenzado aprovechando una posible infraestructura previamente realizada, normalmente la distancia que se cubre es menor a 1500m y la velocidad dependerá en su mayoría entre la distancia del usuario y el nodo (Velásquez, 2010).

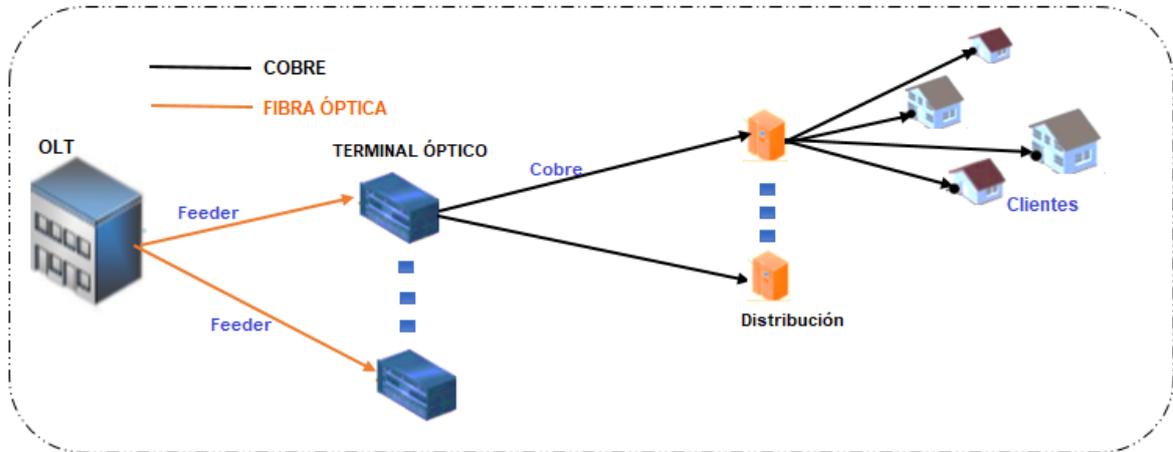


Figura 1.12. Esquema general de red FTTC
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

1.5.2 Fiber to the curb (FTTC).

FTTC o fibra óptica hasta la curva también conocido como fibra óptica hasta la acera, al igual que FTTN se basa en una topología mixta, sin embargo en este caso el tendido de fibra óptica llega un poco más cerca al abonado, hasta un sector en donde se pueda prestar servicio ya sea a un grupo pequeño de usuario o a pequeñas y medianas empresas. FTTC es una forma viable de acceder a servicios de banda ancha, en ésta sus usuarios comparten recursos ofrecidos por la red con un costo relativamente bajo (Vásquez, 2009).

El compartir los recursos implica una desventaja en accesos basándose en la inversión en equipos de multiplexación e interfaz de red, protocolos de acceso, pero considerando un buen balance, se puede satisfacer las necesidades con una pequeña parte de la capacidad de la fibra.

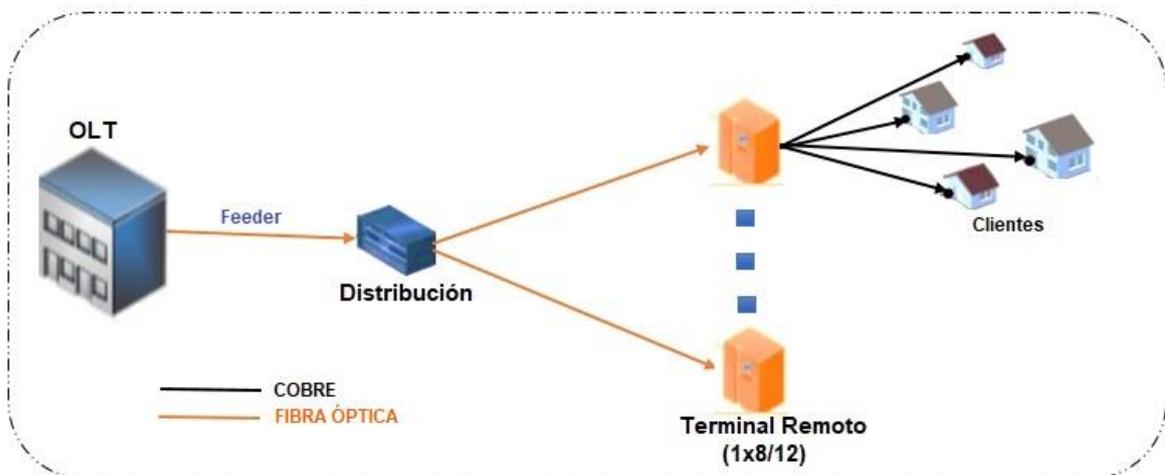


Figura 1.13. Esquema general de red FTTC
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

1.5.3 Fiber to the building (FTTB).

FTTB o fibra óptica hasta la edificación es una topología mixta en donde la fibra óptica comprende desde la central (OLT) hasta una construcción grande o un edificio. Puede ser comercial o residencial, solamente con un terminal óptico. A partir del terminal óptico la red interna del edificio usualmente se realiza a través de cableado estructurado por cobre. Este tipo de tendido se suele realizar en empresas que tienen un gran tráfico y manejan un amplio volumen de datos (Vásquez, 2009).

A diferencia de FTTN y FTTC, FTTB considera llegar lo más cerca al usuario posible para proveer un mayor ancho de banda y mejores prestaciones al usuario final.

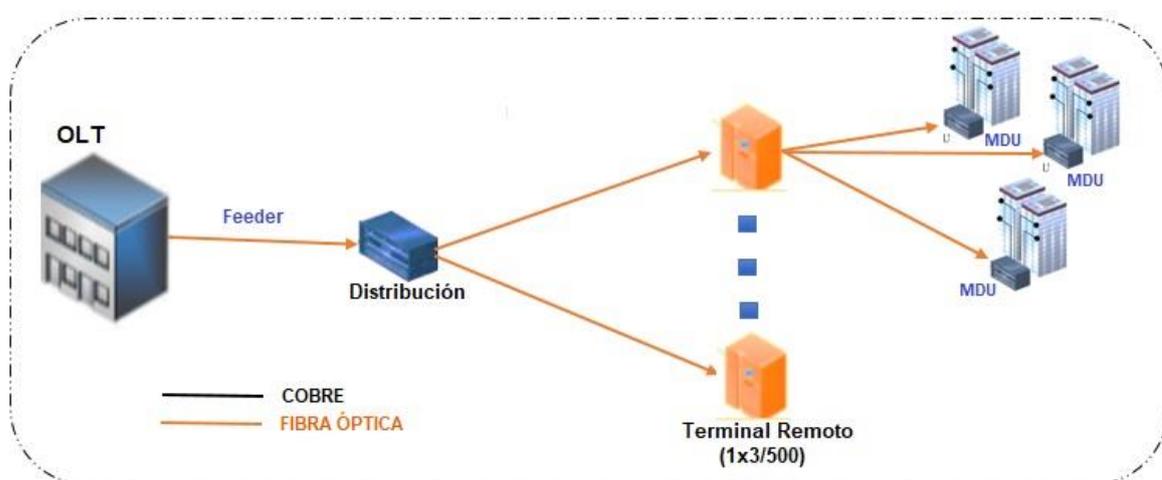


Figura 1.14. Esquema general de red FTTC
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

1.5.4 Fiber to the home (FTTH).

FTTH o Fibra óptica hasta el hogar a diferencia de FTTB, FTTN, FTTC ésta no es una topología mixta, es una arquitectura de fibra óptica completamente hasta el domicilio del cliente permitiendo brindar un mayor ancho de banda y de mejor calidad posibilitando ofertar mejores servicios como permitir acceso a diferentes proveedores de Internet simultáneamente, servicio *triple play* incluyendo, VoIP, datos e IPTV, entre otros (Fuentes Dumes & Alcívar Ponce, 2015).

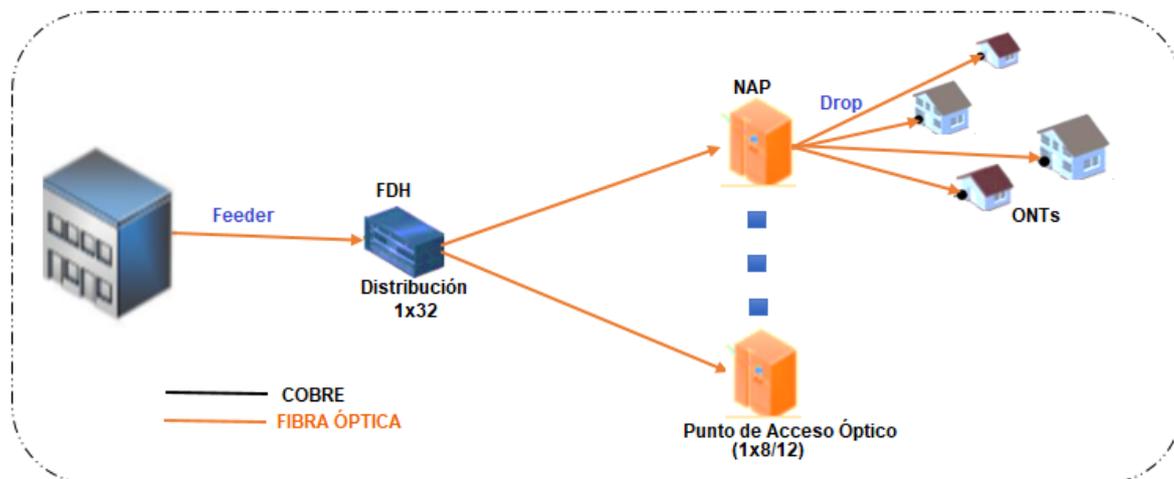


Figura 1.15. Esquema general de red FTTH
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

1.6 Elementos de infraestructura para fibra óptica.

1.6.1 Conectores ópticos

La función de estos elementos es unir de manera mecánica las líneas de fibra óptica con varios elementos en la ODN pueden ser transmisores o receptores. En el mercado existe una gran variación de conectores para diferentes tipos de aplicaciones en los que tenemos: (Vargas, 2014)

- ST o BFOC usados comúnmente en redes de edificios y sistemas de seguridad.
- SC y SC-Dúplex usados para transmisión de datos.
- LC y MT-Array usados para una transmisión elevada de datos.
- FD, usados en telecomunicaciones y transmisión de datos.
- FDDI, diseñado para redes de fibra óptica de alta velocidad.

Tabla 1.2. Conectores comunes comerciales para fibra óptica.

| Tipo de Conector | Pérdidas por inserción | | Pérdidas por retorno | | Tipo de fibra aplicable |
|------------------|-------------------------------|-------------|----------------------|-----------|-------------------------|
| | Monomodo | Multimodo | Monomodo | Multimodo | |
| ST | <0,4 dB PC (Típico 0,2 dB) | <0,2 dB PC | 40 dB | 22 dB | SM-MM |
| SC | <0,4 dB PC (Típico 0,2 dB) | <0,25 dB PC | 40 dB | 22 dB | SM-MM |
| FC | <0,4 dB PC (Típico 0,2 dB) | <0,25 dB PC | 40 dB | 22 dB | SM-MM |

| | | | | | |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------|------|------|-------|
| LC | <0,4 dB PC (Típico 0,2 dB) | <0,20 dB PC (Típico 0,15 dB) | 40dB | 20dB | SM-MM |
| MTRJ | <0,4 dB | <0,22 dB | 30dB | 20dB | SM-MM |
| FDDI | -- | <0,35 dB | -- | -- | SM-MM |

Fuente: [Elaboración Propia]

Elaboración: [Elaboración Propia]

Existen diversos tipos de conectores de fibra óptica para diferentes aplicaciones, en la Tabla 1.2 se muestra las características técnicas, mientras que en la Figura 1.16 se muestra la forma de los conectores.

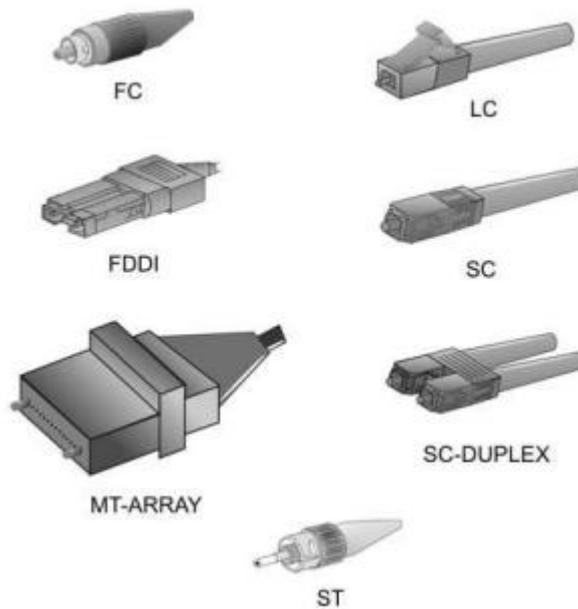


Figura 1.16. Tipos de conectores para fibra óptica

Fuente: Vargas, I. A. (2014). Sistemas de fibra óptica

Elaboración: Vargas, I. A. (2014)

1.6.2 Fiber-optic patch cord.



Figura 1.17. Patch cord de fibra óptica SC/APC-SC/APC y FC/APC-FC/APC
Fuente: Opty TECH, Equipos y Accesorios de Telecomunicaciones
Elaboración: [Elaboración Propia]

También conocido como *patchcable*, es un cable de fibra óptica que usualmente tiene una longitud de 1 a 30 metros, es dedicado para usos de interiores y consta de dos conectores adaptados en sus extremos, se suele encontrar en presentación simplex y dúplex, es decir con una y dos fibras respectivamente, sin embargo pueden encontrarse en arreglos con más fibras. Pueden interconectar directamente los equipos activos (Henderson, 2018).

1.6.3 Fiber-optic pigtail.



Figura 1.18. Pigtail FC/APC SM, Pigtail FC/UPC y Pigatil LC/UPC de fibra óptica
Fuente: Opty TECH, Equipos y Accesorios de Telecomunicaciones
Elaboración: [Elaboración Propia]

Es un segmento de fibra óptica de una corta longitud, tiene la característica que uno de sus extremos viene preconectorizado de fábrica, lo cual representa una ventaja al tener la confiabilidad de una buena conexión ya que son testeados, el otro extremo del cable es un segmento de fibra óptica libre como se muestra en la Figura 1.18, la unión de la fibra óptica y el *pigtail* se lo suele realizar mediante fusión o por empalme mecánico (Del Río, 2014).

1.6.4 Empalmes ópticos.

Los empalmes ópticos son la unión permanente de dos fibras, usados para combinar cables de fibra óptica, del mismo modo son utilizados para determinar la ubicación de terminaciones en fibras monomodo con *pigtails* en cada una. Se pueden realizar dos tipos de empalmes: (CNT E.P, 2016)

1.6.4.1 *Empalme por fusión.*

En (CNT E.P, 2016) se establece que para realizar este tipo de empalme se funde el núcleo de dos fibras utilizando un arco eléctrico, el cual se puede realizar mediante una fusionadora. Una fusionadora tiene un equipo especial para realizar el corte de la fibra y para la protección del punto de la fusión; de acuerdo con el equipo de fusión, es posible observar ciertos errores en fallos de limpieza, corte o colocación de la fibra en el equipo, lo que permite tener una mejor precisión al momento de realizar una fusión y evitar fallos.

1.6.4.2 *Empalme mecánico.*

Este tipo de empalmes es realizado mediante un dispositivo mecánico que se encarga de alinear cada extremo de las fibras a empalmar, posteriormente con un gel igualador de índice permite mantenerlos unidos y estables (CNT E.P, 2016), al ser estos empalmes manuales es recomendable que el dispositivo mecánico sea de un único uso ya que al ser reutilizado podría perder las propiedades para la transmisión de luz dentro de la fibra y presentar demasiadas pérdidas en su unión.

1.6.5 Mangas o mufas de empalme.

En la recomendación (CNT E.P, 2016), se muestra que son una especie de fuente o bandeja que protege a la fibra de condiciones medio ambientales y físicas para mejorar su vida útil, sin embargo, su función principal es alojar los empalmes que se realicen en el tendido de la fibra óptica; del mismo modo al ser lo suficientemente amplios sirven para guardar las fibras de reserva y sangrados.

1.6.6 Herrajes.

1.6.6.1 *Herrajes tipo A*

También conocido como herraje terminal o de retención se coloca en el poste por donde pasa el tendido de fibra óptica, que realiza el paso en un ángulo menor a 180 grados, este tipo de herrajes se colocan en el inicio y fin de trayecto. De acuerdo a (CNT E.P, 2016) en su normativa de diseño de planta externa con fibra óptica ODN se lo emplea cuando:

- Exista una caja de distribución (NAP)
- En el caso de un empalme aéreo.
- Se presente cambio de trayectoria en tendido de fibra.
- En subidas a poste.
- Existan reservas de fibra óptica.

Se debe considerar que entre dos herrajes tipo A la distancia debe ser menor al tramo máximo del cable de fibra óptica que establece el fabricante.



Figura 1.19. Herraje terminal o de retención.
Fuente: (CNT E.P, 2016)
Elaboración: (CNT E.P, 2016)

1.6.6.2 *Herrajes tipo B*

También conocido como herraje de suspensión o de paso. Se colocan en el poste por donde pasa el tendido de fibra óptica, en línea recta con tramos menores de 90 metros. Es importante considerar que cada dos herrajes de paso se debe usar un herraje terminal siempre y cuando no se supere la longitud máxima del vano del cable de fibra óptica establecido por el fabricante (CNT E.P, 2016).

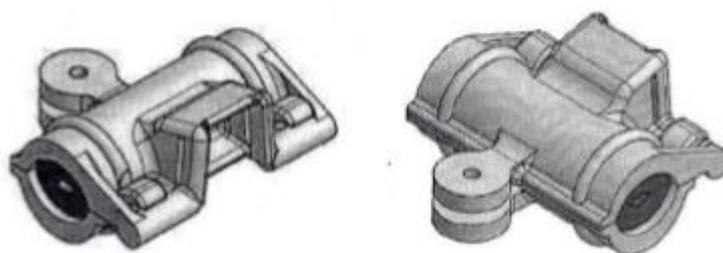


Figura 1.20. Herrajes de suspensión
Fuente: (CNT E.P, 2016)
Elaboración: (CNT E.P, 2016)

1.6.6.3 Herraje tipo Brazo Farol

Según (CNT E.P, 2016) el brazo farol recomendado debe medir desde 0,50m-1,50m, es utilizado para evitar posibles obstáculos o complicaciones en el segmento de tendido de la fibra óptica. Se le suele acoplar mediante suelda un herraje tipo A o B considerando la tensión necesaria y la dirección de la fibra.

1.6.6.4 Preformado para Fibra Óptica

Se usa para sostener la fibra óptica en el herraje tipo A, a través de unos guardacabos especiales llamados Thimble Clevis, que protege la zona del lazo de la retención, esto en tramos superiores a 100 metros. Cada preformado tiene una gama de diámetro de aplicación la misma que dependerá del diámetro exterior del cable de fibra óptica que se use. (CNT E.P, 2016)



Figura 1.21. Preformado para herraje de suspensión
Fuente: (CNT E.P, 2016)
Elaboración: (CNT E.P, 2016)

1.6.6.5 Herrajes de pozo

Se encuentra dentro de las cámaras o pozos de revisión de la red de canalización, se lo instala sobre una pared lateral a un metro sobre el nivel del suelo del pozo y es donde se colocan las mangas de empalme. Se usan en red de distribución y canalización de la fibra óptica. (CNT E.P, 2016)

1.6.7 Identificadores

Sirven para identificar los cables de fibra óptica aéreos y canalizados. Se deben considerar un identificador por poste y uno al ingreso del pozo. En caso de tener reservas de cable en pozo considerar una al ingreso y una a la salida del pozo. (CNT E.P, 2015)

1.6.8 Tapones

Son materiales que se usan para la protección de fibra óptica ante diferentes aspectos físicos que pueden causar daños (CNT E.P, 2015).

- Tapones trifurcados
- Tapones ciegos o cerrados



Figura 1.22. Tapones ciegos, guías y trifurcados respectivamente
Fuente: (CNT E.P, 2015)
Elaboración: (CNT E.P, 2015)

1.7 Dispositivos de medición

1.7.1 Reflectómetro óptico (OTDR)

El OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*, por sus siglas en inglés) es un instrumento que evalúa las propiedades de la fibra óptica en un enlace completo, puede detectar de manera eficiente pérdidas, fallas y las distancias de las mismas. Una de las ventajas del uso del OTDR es que la medición se la realiza solamente desde un extremo de la fibra, un pulso de luz de corta duración se transmite a través de la fibra, una pequeña porción de este pulso que busca la salida de la fibra se dispersa y es capturado por la fibra en la dirección contraria. El resultado de la prueba reflectométrica es un trazo único que muestra cada punto de atenuación a lo largo de la fibra mostrando diferentes puntos de deflexión para cada pérdida como: conectores, empalmes, fusiones, amplificadores ópticos e incluso puede determinar la distancia en la que se produjo un corte de la fibra (Alonso, 2003).

1.7.2 Medidor de Potencia óptica (OPM)

Este dispositivo mide la potencia y los ángulos de emisión de LED, pérdidas de fibra óptica, conectores, empalmes. Físicamente es portable, fácil de usar y con una medición rápida. EL OPM tiene rangos espectrales de 600-105 nm y potencias entre 2000 μw y 20 nw .

1.7.3 GPON Tester

Es un instrumento de medición usado para certificar la instalación de fibra óptica en el cliente final, se conecta a la roseta del cliente para comprobar el nivel de potencia en canal descendente. El resultado de ésta medición muestra que el canal ascendente no contenga reflexiones, una vez verificados éstos parámetros de la red el *GPON tester* se sincroniza y emula a una ONT para determinar la viabilidad de la red para el usuario que recibirá el servicio. Su principal ventaja es la facilidad con la que detecta las reflexiones de fibra óptica (Albuja, 2014).

CAPÍTULO II

MÉTODOS Y MATERIALES

2.1. Introducción

En este capítulo se detalla la determinación de la base comercial y la demanda potencial o futura para el diseño de la red ODN en donde como primera instancia se elaboró una encuesta para realizar un levantamiento de información, tomando esto como base en el presente se muestra a detalle la metodología realizada para brindar solvencia a la red, considerando la aceptación que brindaría al sector el migrar la red actual hacia una red de fibra óptica.

2.2. Metodología

Para el diseño de la red óptica de distribución se considera las normativas vigentes de CNT E.P. las cuales recomiendan seguir un hilo de acciones para el proyecto: levantar la base comercial actual de los servicios de telecomunicaciones del sector, realizar el diseño de la red de dispersión óptica considerando las normativas actuales de CNT E.P. siendo necesarias: de diseño, construcción, y canalización, posterior al diseño se debe realizar un estudio de viabilidad financiera con los costos totales de la red y demanda comercial.

Al ser éste un proyecto que servirá como trabajo de fin de titulación gracias al convenio entre la Universidad Técnica Particular de Loja y CNT E.P. como parte inicial del proyecto se acordó la parte legal, esto se refiere a un convenio de confidencialidad con CNT E.P. expuesto primeramente de forma verbal acotando las indicaciones y posteriormente en un oficio de forma escrita, este acuerdo detalla el uso apropiado de la información facilitada mutuamente entre CNT E.P. y el autor del proyecto, una vez planteado y firmado este requerimiento se detalló la delimitación de la zona para el proyecto, información tomada del plano catastral de la ciudad de Loja brindado por el Municipio de Loja, en el cuál se encuentra georreferenciado el plano catastral del sector El Rosal y Geranios siendo éstos barrios los partícipes del diseño.

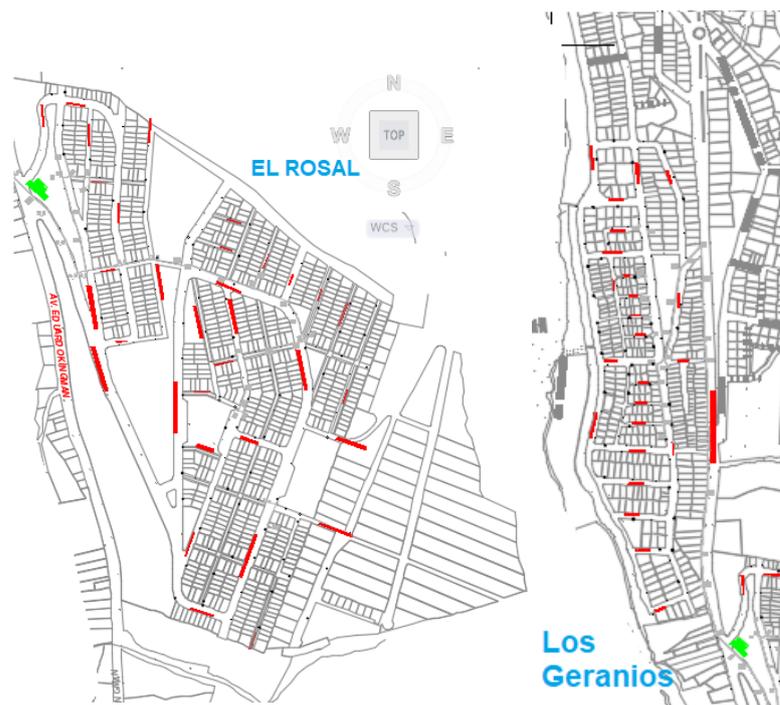


Figura 2.1. Planos catastrales de El Rosal y Geranios respectivamente
Fuente: Ilustre Municipio de la ciudad de Loja
Elaboración: [Elaboración Propia]

Dentro de la información brindada por CNT E.P existe las bases de datos de clientes existentes con servicios brindados mediante red de cobre, entre estos datos constan: nombre del cliente, dirección del domicilio, número telefónico, número de cédula. Dicha información se utilizó como un preámbulo para establecer una base comercial de la zona. En la Figura 2.1 se muestra los límites del proyecto en conjunto a la información necesaria brindada por CNT E.P.

2.2.1. Demanda comercial

Para corroborar la información recibida y establecer una base comercial actualizada, demanda potencial, demanda total o futura de los servicios de telecomunicaciones, se acordó realizar un censo a los clientes existentes y a los clientes potenciales. Dicha encuesta fue verificada y aprobada previamente con el personal de CNT E.P para hacer el uso correcto de la información.

Se recopiló la información entrevistando a los habitantes del sector y a su vez brindando información de lo que pretende realizar CNT E.P brindando una rápida y eficaz explicación de los beneficios de la red de fibra óptica frente a la red actual de cobre. Para mejorar la información obtenida, en casos donde a pesar de regresar varias veces no se encontró a los habitantes en sus viviendas, se tomó datos del medidor de energía eléctrica del predio con el

fin de verificar su información en el sistema de información de infraestructura de la EERSSA, en donde se pudo obtener sus datos personales, posteriormente a esto se realizó llamadas telefónicas al número registrado en el SIG de EERSSA (SIG EERSSA, 2019) con el fin de recibir la información necesaria para la base comercial y requerimientos futuros.

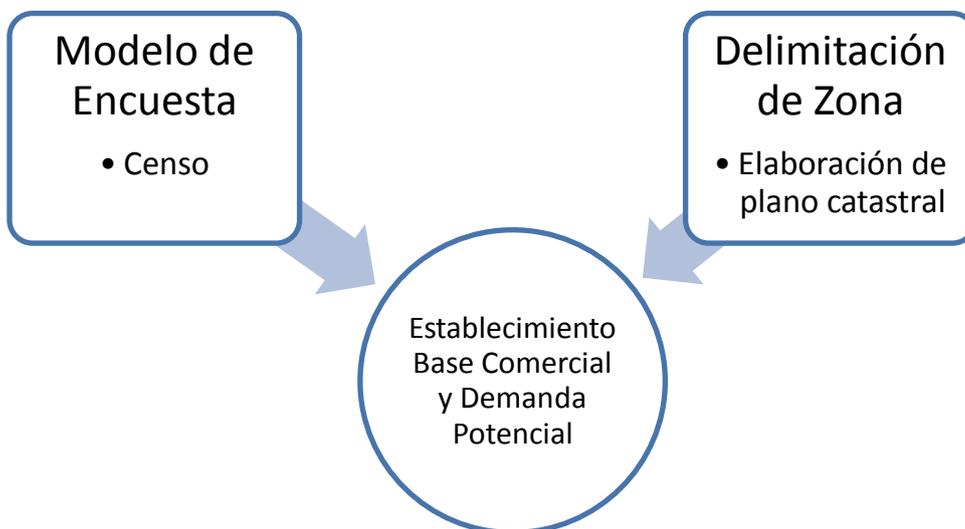


Figura 2.2. Esquema establecimiento demanda comercial

Fuente: [Elaboración Propia]

Elaboración: [Elaboración Propia]

Culminado el levantamiento de información de los barrios El Rosal y Los Geranios en la zonas delimitadas, se realizó un archivo en excel detallando la información contrastada la cual consta de datos de clientes como: nombres, barrio, calles del domicilio, código asignado a su vivienda, cédula, teléfono, servicios de telecomunicaciones actuales, servicios de telecomunicaciones potenciales, preguntas acerca del posible acogimiento de la fibra óptica en sus sector y coordenadas de la vivienda verificadas mediante SIG EERSSA, *Google Earth* y el plano catastral de la ciudad de Loja. Cabe señalar que éste formato de la base comercial estructurado, es un requisito a entregar al culminar el proyecto a CNT E.P.

2.2.2. Levantamiento de información

Una vez estructurada la base comercial y determinada la demanda potencial gracias al censo y verificación del sector, se realizó un levantamiento de información de infraestructura actual de CNT tomando datos existentes de pozos y postes (EERSSA) de la zona delimitada, al igual que la determinación exacta de los predios, para determinar los datos de los postes de la empresa eléctrica se utilizó datos establecidos en el SIG EERSSA disponible en la web.

Al igual que la información de los clientes, CNT E.P brindó un conjunto de normativas de diseño realizadas en el Software de diseño y dibujo AutoCAD, en el cual se realizará el diseño de la ODN, en este archivo existen los datos de normativas de diseño y plantillas establecidas

de equipos tanto activos y pasivos que existen en la red. Posteriormente junto con el plano georreferenciado se delimitó la zona y se colocó la información en cada uno de los predios como: nombre, número de líneas, información del lote, información del distrito, entre otros, datos recibidos en el levantamiento de información.

2.2.3. Red de dispersión

Basándose en las recomendaciones de CNT E.P para empezar el diseño de la ODN en el plano catastral se ubicó los datos obtenidos de la base comercial, siendo importante poner todos los datos posibles como: números de línea, nombres del cliente, número de teléfono, distrito al que pertenece e identificación del predio. Se ubicó una ONT en cada predio en el que se vaya a proyectar, posterior a esto debido a la capacidad de las NAP (doce hilos de fibra) se agruparon hasta diez ONTs conociéndose como “áreas de dispersión” ya que por normativa se debe dejar una reserva del 20% de fibras totales, cumpliendo con esto el requerimiento.

Una vez delimitadas las áreas de dispersión se procedió a ubicar las cajas ópticas (NAPs), una por cada área de dispersión en el poste más céntrico o cercano a la zona, tomando como referencia la normativa que la distancia máxima entre la ONT (cliente) y la NAP debe ser de 300 metros. Adicionalmente a esto para continuar con la distribución de la red se considera los diferentes modelos establecidos para redes en la normativa.

Entre los otros modelos de red GPON que existen en CNT E.P tenemos:

- Modelo Masivos/Casas con armario (FDH)
- Modelo Masivos/Corporativo/Casas con manga porta splitter.
- Modelo Masivos/Casas manga porta splitter y FDB
- Modelo Masivos/Casas FDB
- Modelo Masivos/Casas manga splitter dos niveles.
- Modelo Masivos/Edificios, entre otros.

2.2.4. Red de distribución

Culminado la ubicación de las NAPs totales se procedió a establecer la red de distribución, en donde conectará las cajas ópticas a un armario de distribución óptica, para esto se recomienda conectar con fibras de capacidades de 6, 12, 24, 48,72 o 96 hilos. Los técnicos de CNT E.P. mencionaron que los armarios establecidos para este proyecto serán de una capacidad máxima de 288 hilos se agruparon un máximo de 24 NAPs por armario estableciéndose al final un total de siete armarios de distribución: tres para Los Geranios y cuatro para El Rosal.

Para una correcta distribución de la fibra se tomó consideraciones como: proyectar postes en caso de que la fibra sea muy extensa para el tendido, que no exista uno en la zona y que sobretodo no interfiera con el tendido eléctrico actual, proyectar pozos de mano con subida a postes para no interferir en tendido aéreo en cruces de vías principales, entre otras consideraciones. Al final de la distribución se ubicaron herrajes de paso, de retención y de pozo para sujetar la fibra óptica y así mismo se usó cruces americanos en lugares donde se necesitó realizar cambios de dirección de la fibra, la distribución de la fibra óptica y los elementos utilizados se describe con mayor detalle en el capítulo 3.

2.2.5. Red troncal o *feeder*

En el nodo “El Rosal” ubicado en las calles Av. Eduardo Kingman y Ángel Valarezo, existe una reserva del *feeder* que parte desde la central correspondiente al FT03 utilizado para la red Loja-centro en el proyecto de regeneración urbana, por lo que los técnicos de CNT E.P consideraron que para nuestro proyecto se utilizará dicha reserva de *feeder* para continuar con la red. Con estos datos tanto para El Rosal y Los Geranios se realiza una continuación del *feeder* principal y se proyectó una derivación de hilos que se encargarán de alimentar a cada uno de los armarios, en algunos tramos se consideró llevar un *feeder* aéreo para evitar altos costos por construcción de pozos.

2.2.6. Canalización

Posteriormente se realizó un recuento de la canalización existente de CNT E.P, la cual consta de dos partes: una de fibra óptica realizada en el trayecto de la regeneración urbana ubicada en las calles Av. Gobernación de Mainas y Av. Eduardo Kingman y la otra canalización de cobre, la cual llega mediante pozos una al sector El Rosal y otra al sector Los Geranios, culminando con esto la infraestructura existente, para corroborar esta información en CNT E.P brindaron un archivo con la canalización existente en la zona. Adicional a la canalización existente se proyectó nuevos pozos tanto para Feeder como para distribución de la fibra, de esta manera intentar mejorar el presupuesto y llegar de la mejor manera a los usuarios.

2.2.7. Presupuesto

Finalizado y aprobado el diseño de la red, fue necesario realizar un cálculo de volumen de obra, en el cual se contabiliza todos los implementos a utilizar. CNT E.P brindó un archivo en Excel con los suministros necesarios para tener un valor exacto del costo total del proyecto, en este volumen de obra se consideró: cantidad de NAPs, longitud de la fibra óptica, pozos, postes, canalización, herrajes, cruces americanos, entre otros.

2.2.8. Análisis financiero

Posterior a esto se realizó un análisis financiero del proyecto, en donde se incluye los costos de la red calculados, costo de instalación de servicios y diferentes aspectos que llevarán a generar ingresos, de la misma manera se realizó un cálculo de egresos por años, costos por mantenimiento, etc. Con toda esta información se realizó un cálculo de indicadores financieros VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) para determinar la viabilidad del proyecto, es decir, si representa una buena inversión para la empresa que lo va a proveer.

2.3. Levantamiento de información de servicios de telecomunicaciones

Mediante los requerimientos de CNT E.P es necesario justificar cada una de las preguntas realizadas a los posibles abonados de la red y sobre todo qué importancia tiene tanto para la empresa proveedora de los servicios cómo para los posibles clientes actuales y nuevos. Por este motivo se presenta los objetivos de cada una de las preguntas realizadas en el levantamiento de información, encuesta que se puede observar en el Anexo 1 de este documento.

Tabla 2.1. Justificación de las preguntas realizadas en censo..

| Pregunta | Justificación |
|---|--|
| 1. El abonado o usuario es de tipo | Es necesario conocer la tendencia de cada usuario para el uso de los servicios de telecomunicaciones futuros, con el fin de tener un correcto dimensionamiento de la red para cada predio, por este motivo se determina si el usuario será de tipo comercial o residencial. Posteriormente a esto lotes vacíos, construcciones, talleres, entre otros predios se consideran para una demanda potencial o futura. |
| <ul style="list-style-type: none">• Residencial• Comercial | |
| 2. Número de habitantes | Con esta pregunta se intenta dar una probabilidad de cuánto ancho de banda necesitará el abonado, con el fin de brindar un servicio de calidad. |

| | |
|---|--|
| 3. Costo de servicios y proveedor | <p>Se determina el tipo de servicios que cuenta el cliente, y tener un costo estimado de lo que actualmente gasta un cliente al tener un servicio de telecomunicaciones y diferenciar el costo al dar los tres servicios por un mismo medio.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Telefonía • Internet • Televisión | |
| 4. ¿Qué servicios de telecomunicaciones mantiene contratado el cliente actualmente? | <p>Para conocer la base comercial con la que partirá el diseño de la red. Es necesario determinar una rentabilidad mediante la demanda para servicios individuales, dobles o triples que incluyen telefonía, internet y TV de pago.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Telefonía fija • Internet • Televisión pagada | |
| 5. Servicios en CNT | <p>Determina la demanda actual de CNT, tomando datos actuales para la realización del proyecto, siendo éste un convenio con CNT E.P. se contrasta la información recibida frente a otros proveedores de servicios de telecomunicaciones.</p> |
| 6. ¿Ha considerado contratar un nuevo servicio de telecomunicaciones? | <p>Brinda información acerca de cuantos clientes potenciales se puede obtener la empresa de telecomunicaciones.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Telefonía fija • Internet • Televisión pagada | |
| 7. En caso de ser comercial ¿Qué tipo de servicio es factible para su negocio? | <p>En caso de requerir servicios comerciales es necesario estimar los requerimientos necesarios y de esta manera estimar la demanda potencial para la zona.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Telefonía fija • Internet | |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Televisión pagada | |
| 8. ¿Obtendría los tres servicios por el precio de uno? | Permite indagar cuán aceptable es la oferta de los tres servicios con el precio comercial de uno. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Telefonía fija • Internet • Televisión pagada | |
| 9. ¿Ha escuchado sobre los beneficios de la fibra óptica? | Se pretende indagar en las personas el conocimiento acerca de fibra óptica y se pretende explicar los beneficios de la misma. |
| 10. ¿Si existiere una red de Fibra Óptica en su sector, migraría al proveedor propietario? | Nuevamente se pretende determinar un grado de aceptación del servicio, luego de explicar los beneficios de la misma, con el fin de lograr llegar a más clientes en la zona. |

Fuente: (Castillo, 2019)

Elaboración: [Elaboración Propia]

La información obtenida mediante este censo fue sobre los clientes potenciales y de los servicios de telecomunicaciones que poseen identificando los proveedores de los mismos. A su vez se indagó los requerimientos, estado de la red actual, información los servicios, número de lotes vacíos, casas en construcción y los posibles clientes potenciales que existen en la zona. En el modelo de la encuesta se incluyó preguntas acerca de los conocimientos de las personas acerca de la fibra óptica, con el fin de capacitar o dar a conocer a los clientes potenciales los beneficios de la misma frente a la red actual de cobre y a su vez dando a conocer los servicios en pack que pretende implementar CNT E.P.

Para la determinación de la demanda comercial no se ha tomado en cuenta terrenos vacíos o desocupados, solamente se usa aquellas viviendas que cuenten con algún servicio de telecomunicaciones y que estén interesadas en tener uno a futuro. En el diseño de la red se ha considerado el posible incremento poblacional y de acuerdo a la recomendación de la normativa se deja nodos de fibra disponibles para solventar un una demanda futura.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA BASADA EN TECNOLOGÍA GPON

3.1. Demanda comercial.

Para determinar una demanda potencial o futura y establecer una base comercial se estableció un modelo de encuesta con preguntas determinadas, con el fin de identificar el número de clientes y predios que se encuentran en la zona delimitada para la red ODN, se realizó un censo con un total de 1029 encuestas aplicadas.

En la primera pregunta de la encuesta se determina qué tipo de abonado existe en estas localidades, siendo el tipo residencial el tipo dominante, en la zona no existe grandes locales comerciales resaltando entre ellos tiendas, talleres mecánicos y pequeñas oficinas.

Tabla 3.1. Tipo de abonados El Rosal-Geranios.



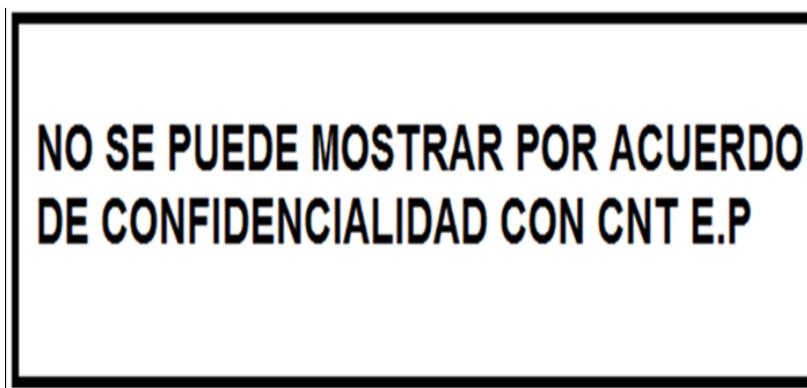
Fuente: [Elaboración Propia]

Elaboración: [Elaboración Propia]

3.2. Base comercial de servicios de telecomunicaciones actual.

La base comercial se establece con cada cliente que posea uno o varios servicios (Internet, telefonía y TV pagada) sin importar que empresa los provea, se consideró indagar qué empresas proveen los diferentes tipos de telecomunicaciones en el sector para establecer una fuerte demanda comercial. Los resultados del levantamiento de información de proveedores de servicios de telecomunicaciones se presentan en las Tablas 3.2-3.5.

Tabla 3.2. Número de clientes de los servicios de telecomunicaciones.

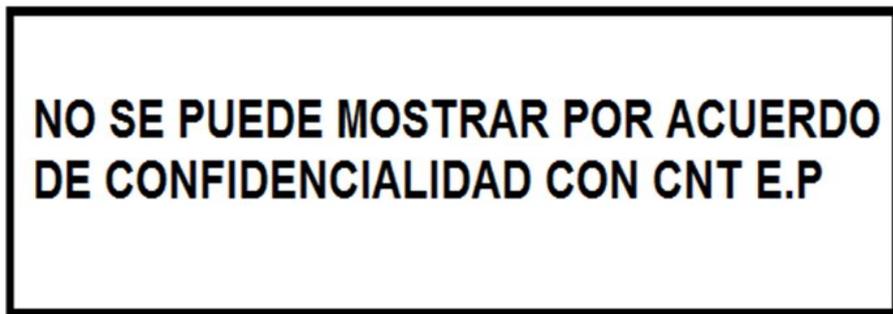


Fuente: [Elaboración Propia]

Elaboración: [Elaboración Propia]

En el sector de estudio actualmente existen servicios de telecomunicaciones brindados por diferentes proveedores teniendo un total de 448 usuarios en telefonía fija, 458 con televisión digital y en un mayor número para servicio de Internet con 591 clientes. En la tabla 3.1 se muestra a detalle.

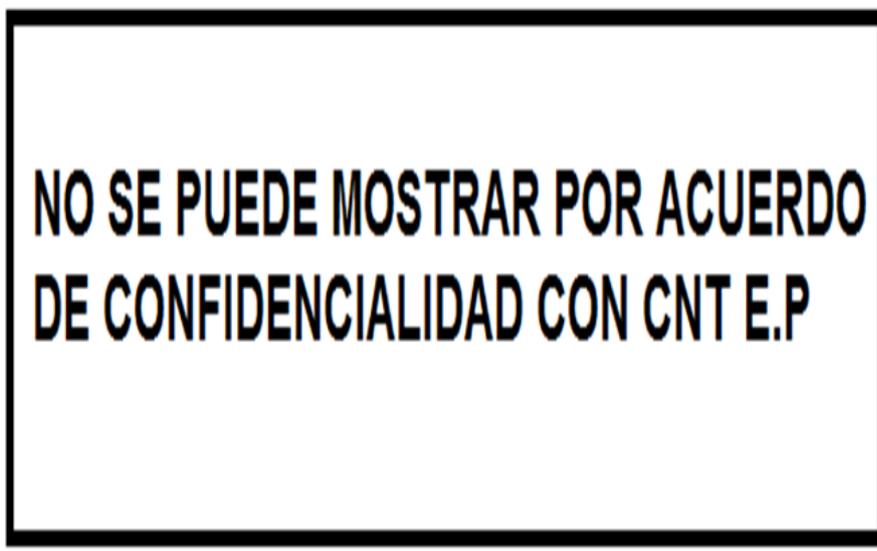
Tabla 3.3. Clientes por proveedor de telefonía fija El Rosal-Geranios.



Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

El proveedor dominante en servicio de telefonía fija es CNT E.P tanto para El Rosal como para los Geranios, teniendo un total de 444 usuarios y con un mínimo de 4 usuarios para el proveedor TV Cable.

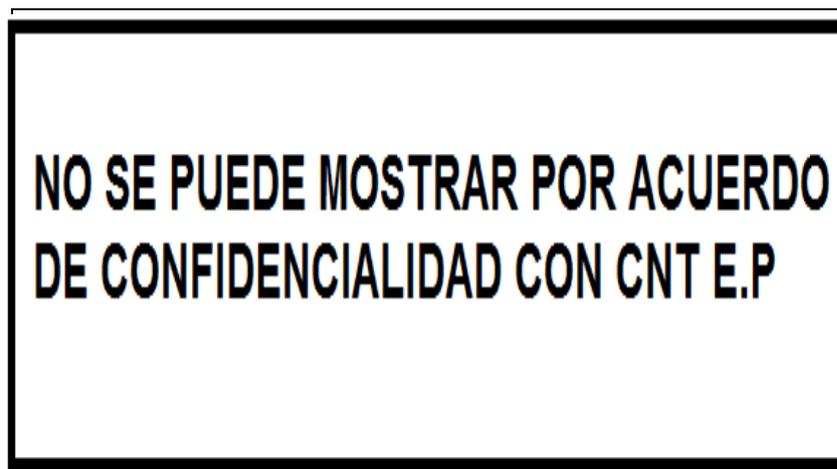
Tabla 3.4. Clientes por proveedor de Internet El Rosal-Geranios.



Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

Para el servicio de Internet existe una mayor competencia en la zona, sin embargo CNT E.P. tiene un mayor número usuarios con un total de 309, seguido con una gran competencia para Netplus con 150 usuarios, 96 para TV Cable, 33 Klix y solamente 2 para Puntonet

Tabla 3.5. Clientes por proveedor de Televisión Digital El Rosal-Geranios.



Fuente: [Elaboración Propia]

Elaboración: [Elaboración Propia]

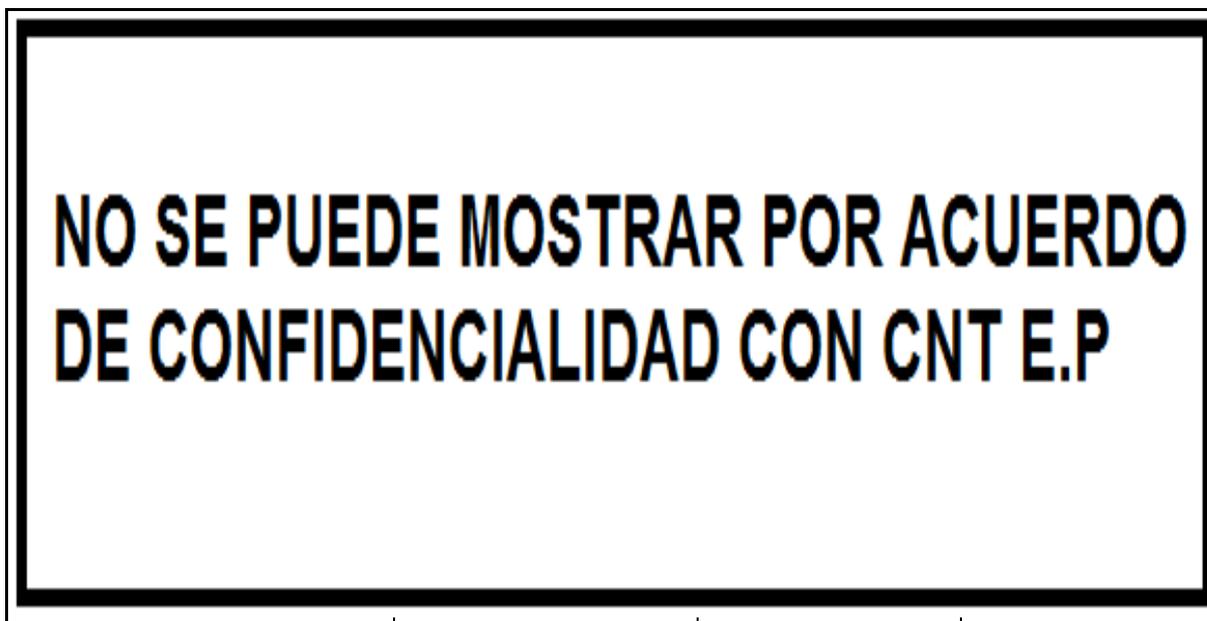
Para el servicio de televisión pagada también existe una gran competencia en el sector, sin embargo CNT E.P también predomina con un mayor número de clientes con un total de 223, seguido de DirecTV con 117, 73 para TV Cable y 45 para Claro TV.

Una vez tabulada la información obtenida, se pudo conocer que la empresa CNT E.P ha dominado el mercado en servicios de telefonía, Internet y televisión digital. También se puede observar que enfrenta una competencia considerable en televisión digital. Existen otras empresas que también se deberían considerar aunque sean con un pequeño número de clientes en comparación a CNT E.P.

3.3. Demanda de servicios de telecomunicaciones potencial.

En la encuesta realizada se incluyó preguntas para validar la información de los clientes que potencialmente quieren servicios de telecomunicaciones con CNT E.P de esta manera se puede contrastar los usuarios nuevos y antiguos, considerando si requieren uno o varios servicios. Dentro de la demanda potencial obtenemos los siguientes datos:

Tabla 3.6. Demanda Potencial El Rosal-Geranios.



Fuente: (Castillo, 2019)

Elaboración: [Elaboración Propia]

Para tener una estimación aproximada de clientes futuros en la zona y complementar la información que no se pudo realizar mediante el censo realizado, se utilizó el SIG EERSSA en dónde existen datos del propietario del predio, de este modo se tomó el número de medidor, datos personales de manera más exacta para agregarlos a la base comercial. Para mejorar la demanda potencial o futura se intentó contactar mediante vía telefónica, de este modo conocer acerca de los requerimientos o necesidades de los potenciales clientes en edificios de arriendo, condominios, departamentos, entre otros. A partir de estos datos se considera los datos exactos para el crecimiento poblacional.

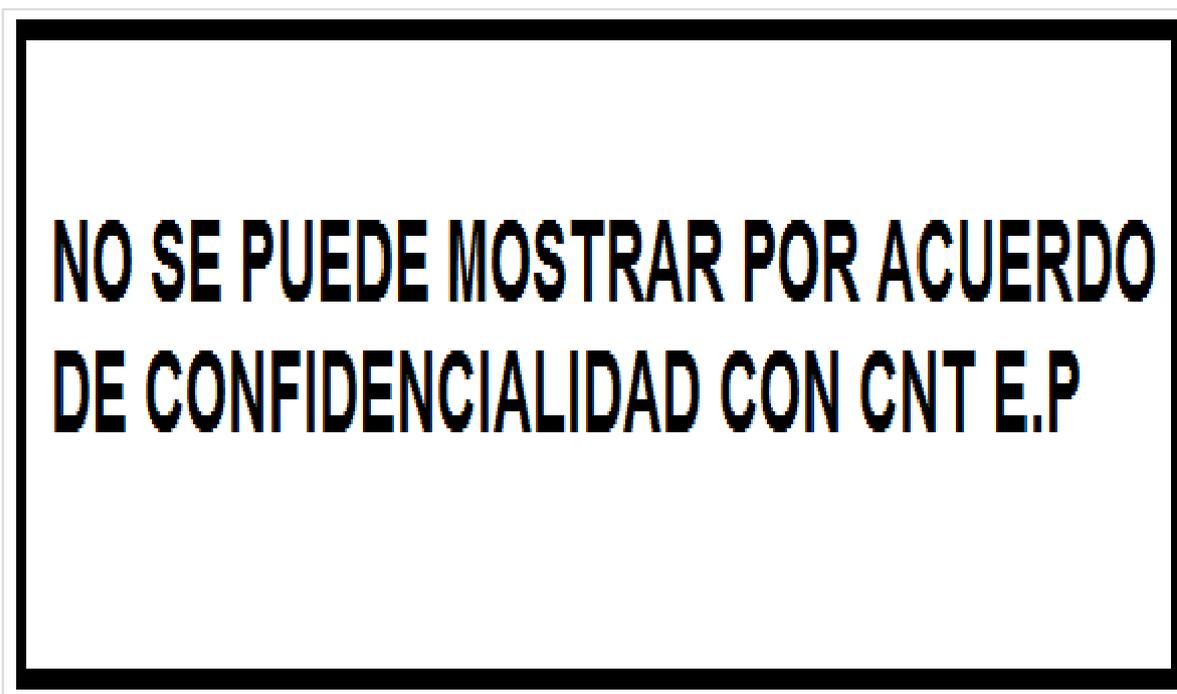


Figura 3.1. Esquema demanda potencial CNT E.P.

Fuente: (Castillo, 2019)

Elaboración: [Elaboración Propia]

Para tener un número exacto de predios o clientes potenciales, para el diseño se consideró tomar en cuenta como posibles usuarios potenciales aquellos lotes vacíos, casas en construcción y casas vacías en las cuáles no se pudo realizar una encuesta, determinando de este modo un total de 1298 como índice de viviendas, departamentos o lugares que podrían tener servicio mediante el censo realizado, posteriormente a esto mediante requerimiento por parte de CNT E.P se realizó un nuevo reconocimiento de zonas no incluidas en la delimitación principal acordada, esto con el fin de integrar sectores del barrio Los Geranios que no fueron considerados quedando un total de siete armarios para distribución por lo que la red estaría dimensionada para 2016 clientes aproximadamente.

3.4. Determinación de crecimiento poblacional.

En las recomendaciones estimadas se considera un tiempo de vida útil de los equipos ópticos estimado de 10 años, en las que se considera un óptimo funcionamiento acorde a velocidades y requerimientos considerados en CNT E.P. por lo que se considera ésta década como el tiempo de vida útil de la red ODN diseñada, adicional a esto se considera la tasa de crecimiento de población en la ciudad de Loja como el 1.1% datos verificados en (INEC, 2019), con estos datos se calcula el crecimiento poblacional mediante el uso de la ecuación 3.1 (CNT E.P, 2017) para considerar una demanda futura.

$$D(t) = D_0(1 + i)^t \quad (3.1)$$

$D(t)$ = Demanda futura o potencial

D_0 = Base comercial actual

i = Tasa o índice de crecimiento de la población

t = Tiempo estimado

$$D(t) = 1298(1 + 1.1\%)^{10}$$

$$D(t) = 1448.058 \approx 1448$$

3.5. Diseño de la red de distribución óptica basada en tecnología GPON

3.5.1. Consideraciones generales

Partiendo con las recomendaciones brindadas por CNT E.P. se tomó como línea base para el diseño de la red las normativas vigentes entre las cuales se considera:

- Normativa Técnica de Diseño de planta externa con fibra óptica (ODN – *Optical Distribution Network*) (CNT E.P, 2016; CNT E.P, 2014)
- Normativa Técnica de Diseño, Construcción y Fiscalización, parte 1: Normas de Diseño de la ODN. (CNT E.P, 2015)
- Normativa Técnica de Diseño y Construcción de redes de Telecomunicaciones con Fibra Óptica”

En estos documentos existen los criterios descritos con el objetivo de establecer la normativa de diseño previo a la construcción de redes de fibra óptica basado en tecnología GPON, sin embargo en vacíos para complementar el diseño de canalización y planta externa para los cuáles se tomó como referencia las normativas:

- Normativa de Diseño y Construcción de Planta Externa.
- Construcción de Canalización de Telecomunicaciones
- Normativa Técnica de Diseño y Construcción de redes de distribución interna GPON FTTH en Edificios y Urbanizaciones.

Se usó AutoCAD como software de dibujo, siendo este el utilizado por CNT E.P, es necesario conocer la simbología, dibujo y diseño de planta externa por lo que se usó la normativa:

- Normas Técnicas para dibujo Georreferenciadas de Redes de Planta Externa: Canalización, Redes Telefónicas de cobre y enlaces de Fibra Óptica y redes GPON/FTTH, Ecuador (CNT E.P, 2017).

El modelo GPON de CNT E.P que se encuentra estructurado para solventar los servicios comerciales y requerimientos necesarios para tasas nominales de *downstream* 2,4 Gbps y 1,2 Gbps para *upstream*. La arquitectura de GPON se muestra en la Figura 3.2.

En las recomendaciones de CNT E.P. existen muchos modelos definidos para el tipo de red de distribución óptica (ODN) con el fin de solventar las diferentes necesidades que pueden suscitar para los proyectos necesarios, cada modelo se diferencia en las diferentes etapas que existen entre la OLT y la ONT, tipos de *splitter* a utilizar e inclusive por el tipo de fibra a utilizar, entre otros factores que puedan representar algún tipo de pérdida ayuda a determinar el tipo de modelo de ODN.

En este proyecto se utiliza el modelo de ODN correspondiente a “Masivos/Casas”, diseñado exclusivamente para implementarse en redes GPON FTTH con una capacidad de llegar a un número mayor a 96 clientes y considerando la ubicación del *splitter* en armario que fue requerimiento por parte de CNT, el modelo se detalla en la Figura 3.2.

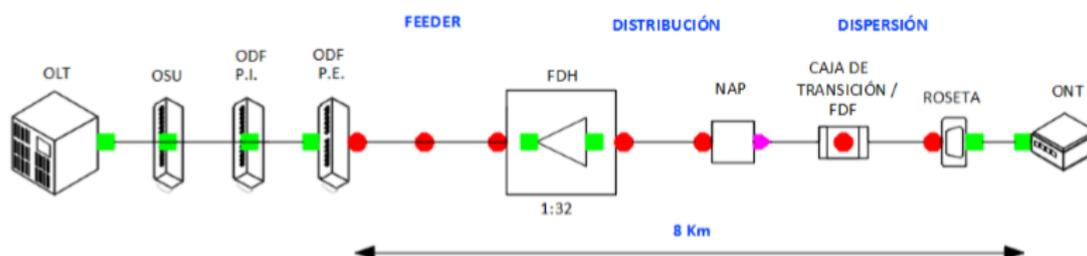


Figura 3.2. Esquema general de red GPON FTTH de CNT E.P.

Fuente: (CNT E.P, 2015)

Elaboración: (CNT E.P, 2015)

Posterior a esto se realizará el inicio de la red de distribución óptica en donde se debe considerar algunos aspectos como: definir con el personal de la gerencia CNT E.P la ubicación de la base comercial o demanda futura georreferenciada de acuerdo al tipo de red de acceso, recopilación de datos para planimetría georreferenciada del área determinada, coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados (realiza CNT) sobre el uso de espacio público, coordinación con la empresa eléctrica para el uso de infraestructura existente (realiza CNT E.P) (CNT E.P, 2015). La demanda de usuarios totales calculada entre otros aspectos que se detallan en el capítulo II de este proyecto, acorde a esto se realizó 6 etapas para aprobación del proyecto los cuales se detallan en la Figura 3.3.

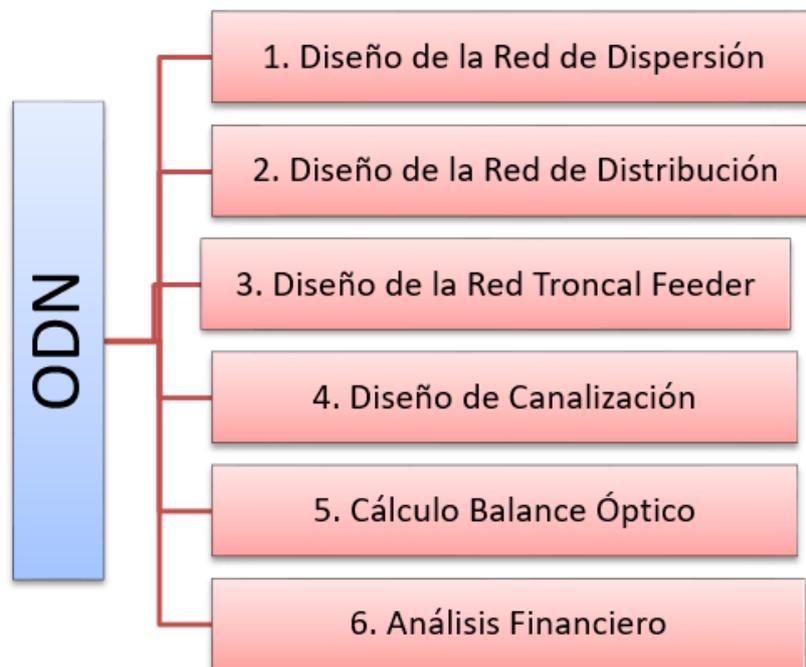


Figura 3.3. Esquema general del procedimiento para diseño de red de distribución óptica
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

Al finalizar esta obra se deberá entregar los archivos en Excel de la base comercial y demanda total, planos de obra georreferenciados, memoria técnica y volúmenes de obra en conjunto con los esquemáticos segmentados por distritos.

3.5.2. Diseño de la red de dispersión.

En (CNT E.P, 2015) se define ésta red como el área de influencia de una cada de distribución óptica (NAP) con una ONT. Ésta área de influencia de la NAP es considerada con una ocupación del 80% y dejando un 20% para una posible ampliación de la capacidad total del tipo de NAPs que son homologadas por CNT E.P. Para tener un óptimo estado de la red es necesario que la red de dispersión no sobrepase los 300 metros, de éste modo se evitaría considerar aspectos como presupuesto óptico, cruces de vía, distancias entre postes que se debería determinar para longitudes de fibra mayores.

Una vez ingresados los datos de los clientes determinados en el censo realizado y ubicados los elementos de planta externa a la planimetría georreferenciada, se dibuja el área de dispersión definidas por las NAPs que son ubicadas en los postes o muro, en ésta red de dispersión no se proyectó NAPs en mini postes o pozos. El área de dispersión de cada caja óptica será de un total de doce clientes potenciales en donde estará ocupado con nueve ONTs cumpliendo la normativa y dejando la reserva necesaria, en las vías principales o la avenida que tiene una gran afluencia de tráfico se procuró instalar la NAP en el lado contrario pasando

por un ducto canalizado para evitar cables de acometidas aéreos. Posteriormente a esto una vez estructuradas todas las áreas de dispersión se agrupa por distritos GPON.

Los distritos GPON se basan en la capacidad de los armarios de distribución, en donde CNT E.P figuró que la capacidad de cada armario es de 288 puertos, es decir que cada distrito contendrá 24 áreas de dispersión y por lo tanto existirá 24 cajas de dispersión, considerando las recomendaciones de normativa se intenta dejar en reserva al menos cuatro cajas ópticas dependiendo la demanda de la zona.

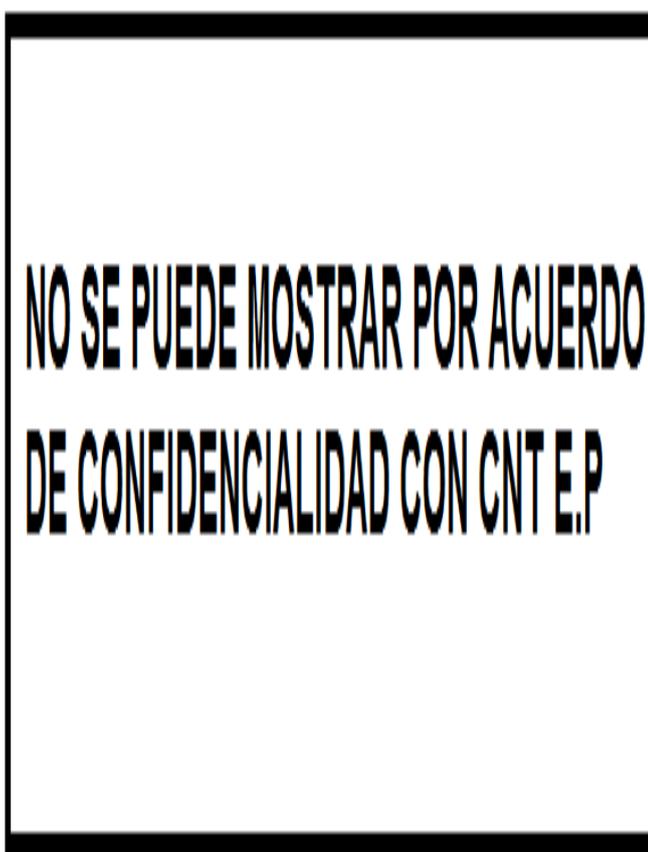


Figura 3.4. Red de dispersión distrito 30
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

3.5.3. Diseño de la red de distribución.

La red de distribución óptica comprende entre el armario de distribución (FDH) y las cajas de distribución óptica (NAP), es todo lo implicado en este segmento de la red constituida por splitters, cables de fibra óptica aéreos, subterráneos y empalmes, en la red de este proyecto no se utilizó cables murales. Se tomaron ciertas consideraciones para el correcto dimensionamiento de la red:

- La fibra óptica para distribución debe cumplir la normativa (UIT-T G.652, 2017).
- La identificación de los hilos del cable de fibra óptica deben estar en función de la norma TIA/EIA 598.
- La capacidad de los cables de fibra óptica para distribución aéreos o canalizados pueden ser de 6, 12, 24, 48, 72 y 96 hilos siendo de tipo ADSS o DUCTO (G.652D)
- El armario de distribución óptica (FDH) comprende hasta 24 NAPS con un total de 288 hilos.

Con las consideraciones mencionadas se empezó a diseñar la red de distribución de las diferentes zonas de estudio, primeramente se forma el área de cobertura de cada armario FDH, realizando agrupaciones de hasta 24 (CNT E.P, 2015) áreas de dispersión para cada armario, tomando en cuenta esto en total se obtuvo un total de 7 armarios distribuidos tres para el barrio los Geranios y cuatro para El Rosal, fueron ubicados en zona una céntrica de las áreas de dispersión que fueron asignadas a cada armario. Con los datos obtenidos del levantamiento de información de la infraestructura existente para la distribución no se debe tender la fibra a una distancia mayor a 100 metros, caso contrario se debería realizar una proyección de poste, se debe ubicar máximo una caja óptica por cada poste, sin embargo puede considerarse ubicar dos en un mismo poste si la demanda y estado de la zona lo requiera. En la red no se ubicó dos NAPs en un mismo poste, sin embargo en un distrito se ubicó una NAP y una manga de distribución. Además para la distribución óptima de la red, aprovechando la canalización y evitar tendido aéreo de fibra en cruces de vías se proyectó pozos de 48 bloques para distribución, en algunos se proyectó mangas de distribución, subidas a poste, herrajes de sujeción para cable en postes o pozos. En el Anexo 4 se adjunta los planos de la red de distribución completa obtenidos como resultados del diseño. En la Figura 3.5. se muestra un ejemplo de la red de distribución partiendo desde un armario en El Rosal.

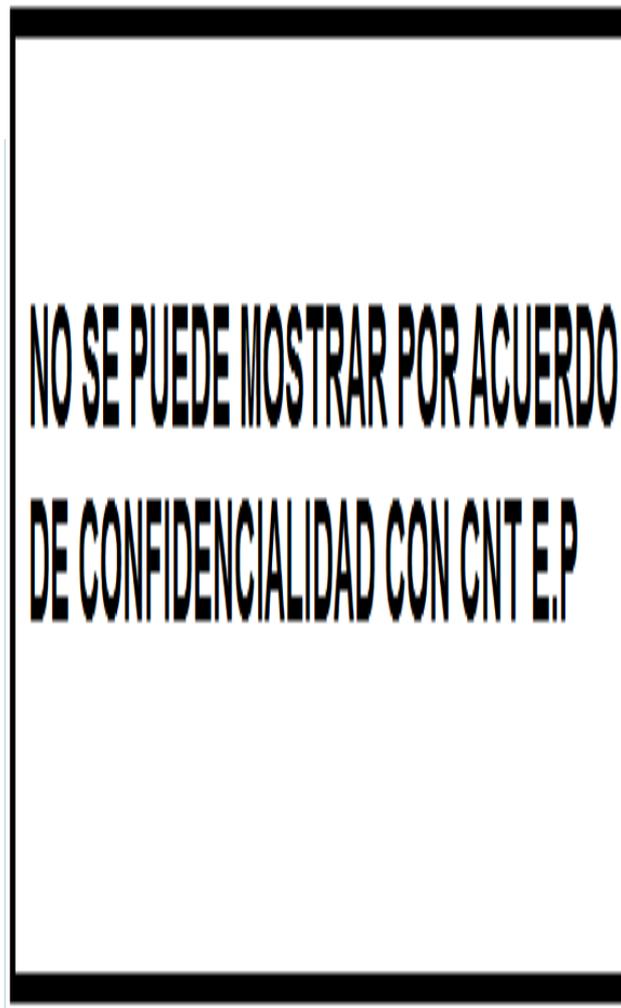


Figura 3.5. Red de distribución distrito 33.

Fuente: [Elaboración Propia]

Elaboración: [Elaboración Propia]

3.5.4. Diseño de red troncal o *Feeder*

La red troncal *feeder* son los cables de fibra óptica que se encargan de alimentar los armarios de distribución (FDH), es decir, interconectan la OLT con los armarios de distribución (FDH). De la misma manera que en la red de distribución para el diseño del *feeder* se realizó un levantamiento de información de la infraestructura existente considerando canalización y equipos ópticos, partiendo con la OLT de CNT E.P. que se encuentra ubicada en su oficina central, siendo el edificio administrativos ubicado en las calles José Antonio Eguiguren entre Bernardo Valdivieso y José Joaquín de Olmedo.

Continuando con las normativas vigentes se consideraron algunos criterios de diseño:

- El cable troncal *feeder* debe ser canalizado.
- La red Troncal *feeder* deben ser estructurados de acuerdo al estándar ITU-T G.652D, en el cuál consideran cables de fibra óptica de alta capacidad siendo de 144 o 288 hilos.
- Para los armarios de distribución deben ingresar una fibra fusionada de baja capacidad de 12 hilos basada en el estándar ITU-T G.652D.
- En derivaciones para el cable troncal se puede utilizar cables de baja capacidad de 12, 48, 72 y 96 hilos considerados bajo la normativa ITU-T G.652D.

En el sector de estudio y tomando como referencia el levantamiento de información de la infraestructura, en la ciudad de Loja se realizó el proyecto de regeneración urbana, en donde se migró la distribución por cobre hacia red con fibra óptica, para esta red se utilizó una red troncal de fibra óptica denominada 3622.FT03 es decir, el tercer *feeder* que parte desde la OLT con una capacidad de 288 hilos en el cual quedó una reserva en punta en el nodo El Rosal, por lo que CNT E.P. sugirió continuar con esta reserva para el diseño. En el diseño ingresarán nueve cables de fibra óptica para cada armario, por lo que se realiza un sangrado para los 27 cables que se quedan para los armarios correspondientes en los Geranios y se realiza una extensión de Feeder para El Rosal, partiendo desde el cable 181 hasta el cable 244 por lo que quedarían 44 cables en reserva para una posible futura extensión de la red. En el trayecto del barrio el Rosal para conectar el armario 30 se realiza un sangrado de la fibra y para los tres armarios finales se continúa con el *feeder* proyectado, es importante señalar que por solicitud de CNT E.P se realizó un tendido mixto del *feeder*, es decir, para tramos largos que no representen necesidad de canalizar el cable, se ha proyectado tenderlo por vía aérea.

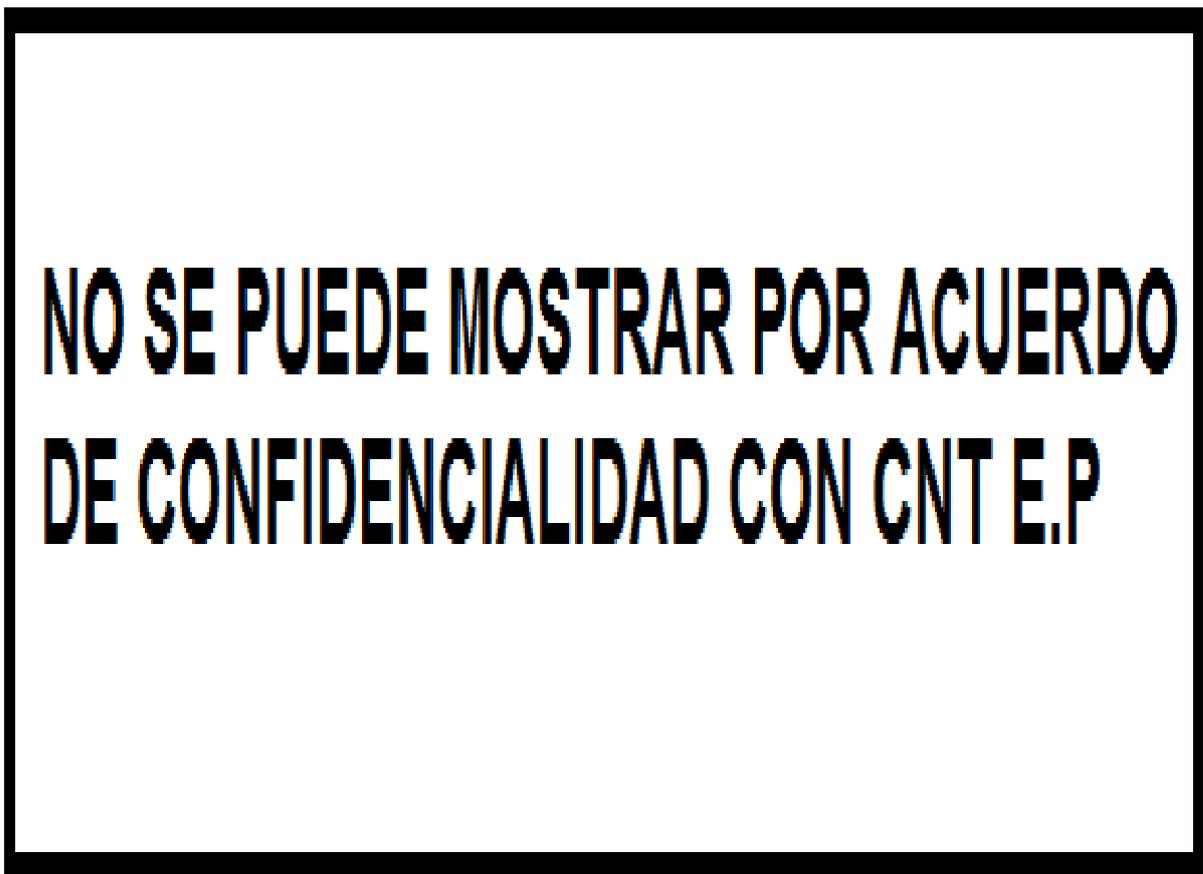


Figura 3.6. Red troncal o *feeder* El Rosal
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

Los resultados finales del diseño del *feeder* se adjuntan en el Anexo 3, en donde se encuentran los planos finales de la red.

3.5.5. Diseño de canalización.

La canalización u obra civil es la infraestructura que conecta la OLT con todos los elementos pasivos de la red, posibilitando instalar los cables de fibra óptica de manera subterránea permitiendo alojamiento y protección de cables de fibra óptica y otros elementos que forman parte de la red de telecomunicaciones. Previo diseño de canalización se realizó el levantamiento de información de la infraestructura existente en la zona, también se tomó en cuenta las consideraciones mencionadas en la normativa:

- Se proyecta canalización de 4 vías más dos triductos.
- En calles secundarias se proyecta canalización de dos vías más dos triductos.
- Se proyecta cajas de revisión de 1,2 x 1,2 m en lugares donde se ubique un empalme de fibra óptica.

- Para ingresar a los armarios de distribución óptica (FDH) se considera utilizar pozos de 80 bloques.
- Se consideran subidas a poste de acuerdo a las especificaciones en la normativa vigente.
- La canalización puede ser compartida con cable multipar de cobre y fibra óptica.

El resultado del levantamiento de información brindó datos de la canalización existente de CNT E.P. en el sector sur oriental de la ciudad de Loja y para corroborar esta información CNT E.P. facilitó los planos de canalización actual, de manera que se incluyan los pozos georreferenciados, adicional a esto se considera algunas subidas a poste existentes. Con éstos datos basándose en las recomendaciones de la normativa se aprovecha esta canalización para el tendido del *feeder*. Se proyecta la ruta subterránea óptima para el acceso a los armarios de distribución y ubicando pozos de 80 bloques previo a cada FDH. Se procura que la canalización sea aprovechada al máximo por lo que se utiliza pozos de 48 bloques para la red de distribución y pozos de 1,2 x 1,2 m para subidas a poste.

La ruta subterránea se considera ubicar un pozo de revisión máximo cada 100 metros, cada tramo proyectado consta de 4 vías más dos triductos en la red principal, en el caso en donde se pase a un pozos de 48 bloques se proyecta dos vías más un triducto. En lugares donde el poste se encuentre cerca al pozo de revisión, se realiza una subida a poste directamente para facilitar la distribución de la fibra.

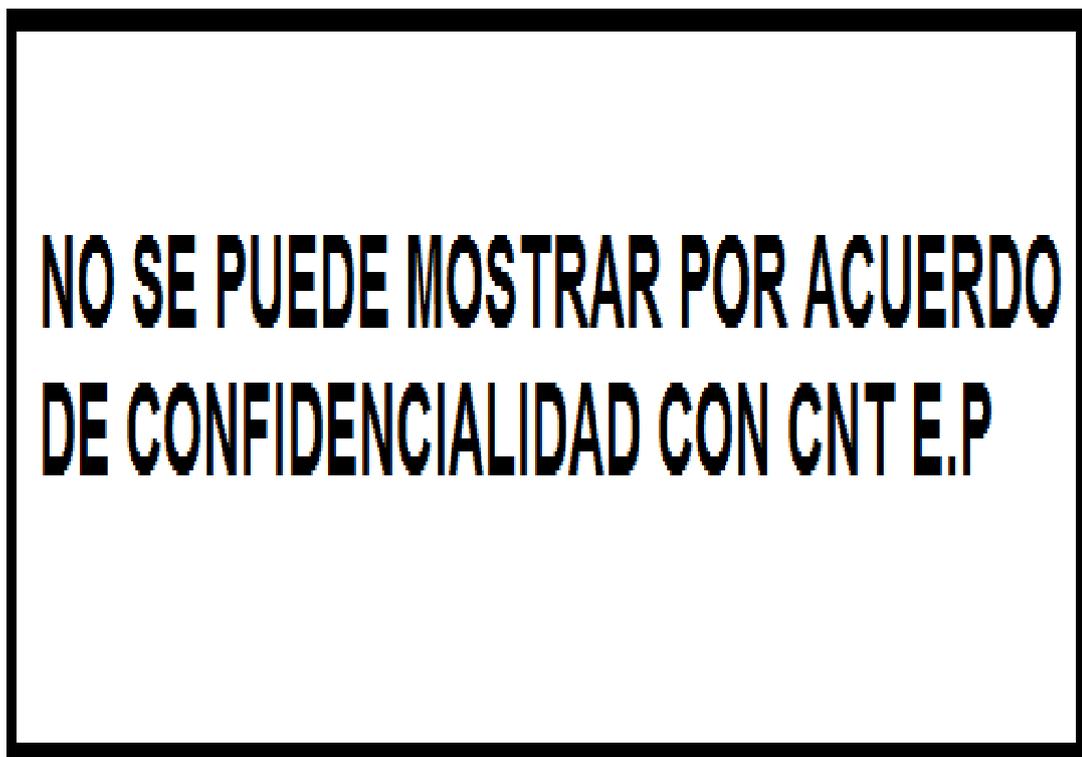


Figura 3.7. Canalización distritos 27, 28 y 29 sector Los Geranios

Fuente: [Elaboración Propia]

Elaboración: [Elaboración Propia]

Los planos de canalización se pueden observar en el Anexo 5.

3.5.6. Esquema general de la red ODN proyectada.

El diagrama esquemático de la red es una descripción simplificada de cada uno de los elementos de las redes proyectadas con sus conexiones lógicas. Muestra de manera sencilla y especificada la ubicación de las cajas ópticas (NAP), armarios de distribución (FDH), empalmes, mangas, splitters y reservas que se tiene en todos los tramos de la red, este diseño esquemático se lo realizó para los siete distritos y para la red del *feeder*.

En la figura 3.8 se muestra un ejemplo del diagrama esquemático y en el Anexo 6 se muestra el diseño de todos los esquemáticos de la red.

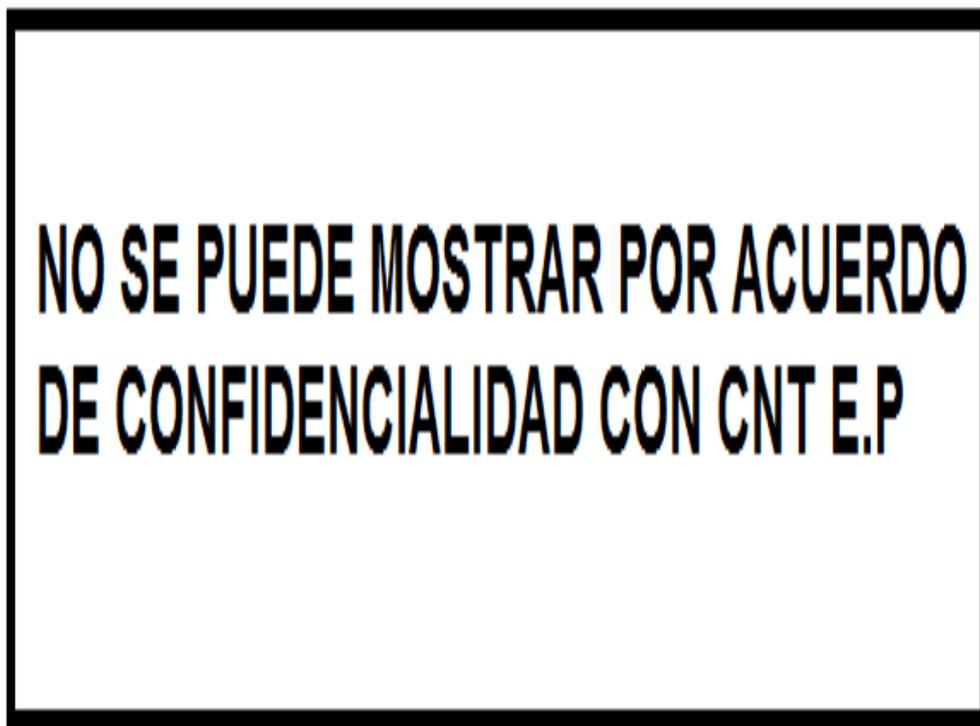


Figura 3.8. Diagrama esquemático de la red del distrito 32
Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

3.5.7. Balance óptico de la red.

Una vez finalizado el diseño de la ODN, se complementa la funcionalidad del sistema realizando un cálculo acerca de los valores de atenuación, pérdida o disminución de la señal óptica.

Se tomó como referencia el modelo Masivo/Casa en la parte correspondiente a la plantilla para presupuesto óptico, en donde se considera un splitteo de 1:32 de acuerdo a los armarios de distribución utilizado, número de conectores, fusiones y la distancia de la ONT más lejana y la ONT más cercana, proceso que servirá para conocer si la ONT más lejana tendrá la potencia necesaria para brindar los servicios de manera óptima y la más cercana para que la potencia no sea demasiado grande como para producir algún daño en el equipo terminal. Considerado esto según la normativa en la tabla 3.7 se muestra la estimación de potencia para la OLT.

Tabla 3.7. Umbrales mínimos y máximos de potencia para ONT y OLT.

| Potencia | ONT | OLT |
|----------------------------|------------|------------|
| Umbral mínimo de emisión | 0,5 dBm | 1,5 dBm |
| Umbral mínimo de recepción | -27 dBm | -28 dBm |
| Umbral máximo de emisión | 5 dBm | 5 dBm |
| Umbral máximo de recepción | -8 dBm | -8 dBm |

Fuente: (CNT E.P, 2014)

Elaboración: (CNT E.P, 2014)

El cliente más lejano se identifica por la mayor distancia que existe entre la oficina central (OLT) hasta el cliente más lejano proyectado, en nuestro caso será la NAP A1 del Armario D33 ubicado en los rosales, mientras que la NAP más cercana será la correspondiente a la NAP F4 del armario D28 ubicado en Los Geranios. Durante todo este trayecto existe un total de 7 conectores, 6 empalmes de fusión que se debe considerar para determinar las pérdidas totales de la red y la potencia necesaria. En la tabla 3.8 se muestra las pérdidas nominales de los elementos de la red.

Tabla 3.8 Pérdida típica de elementos de la red

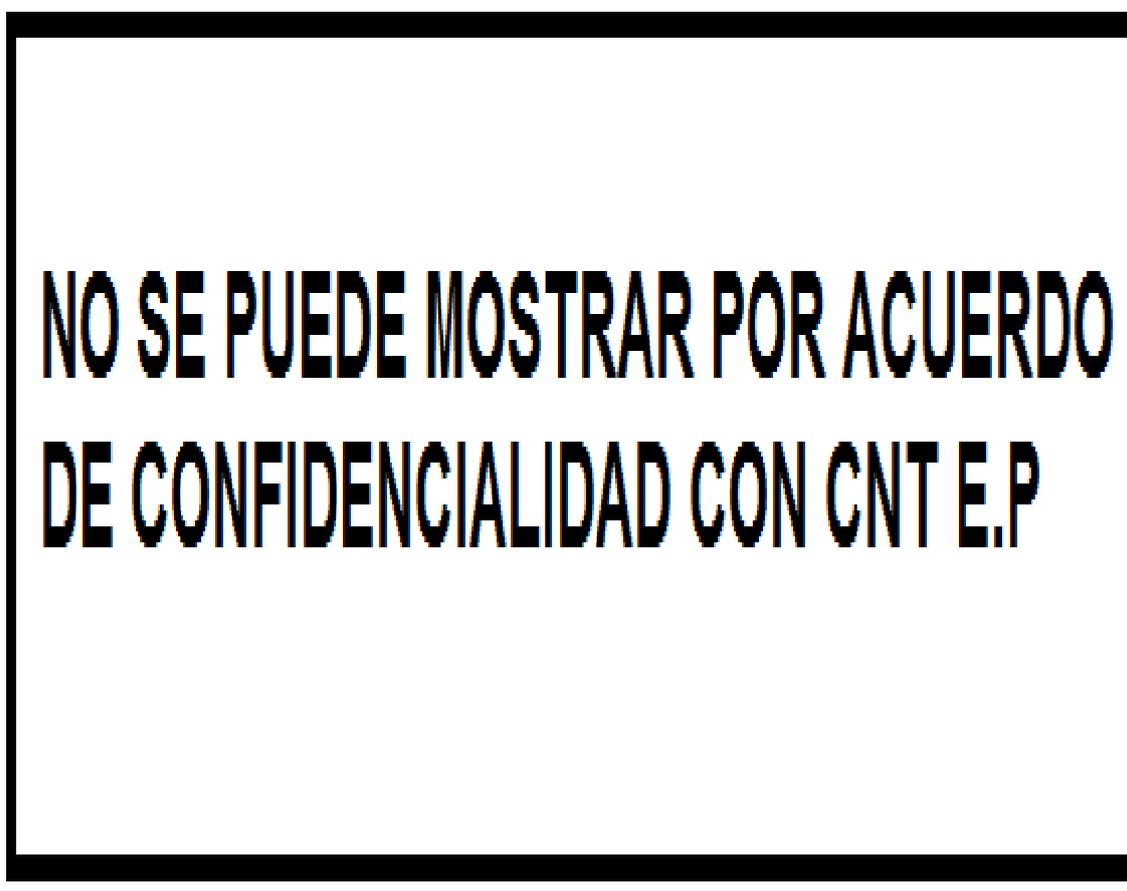
| ELEMENTO | ATENUACIÓN DE ELEMENTOS TÍPICA |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Empalme por fusión | 0.1 dB |
| Conector | 0.5 dB |
| Splitter 1:32 | 16.5 dB |
| Fibra óptica (1310nm) | 0.35 dB/Km |

Fuente: (CNT E.P, 2015)

Elaboración: [Elaboración Propia]

En la Tabla 3.9 se detalla el balance óptica correspondiente a la atenuación para el cliente más lejano con la caja óptica A1 en el distrito 33.

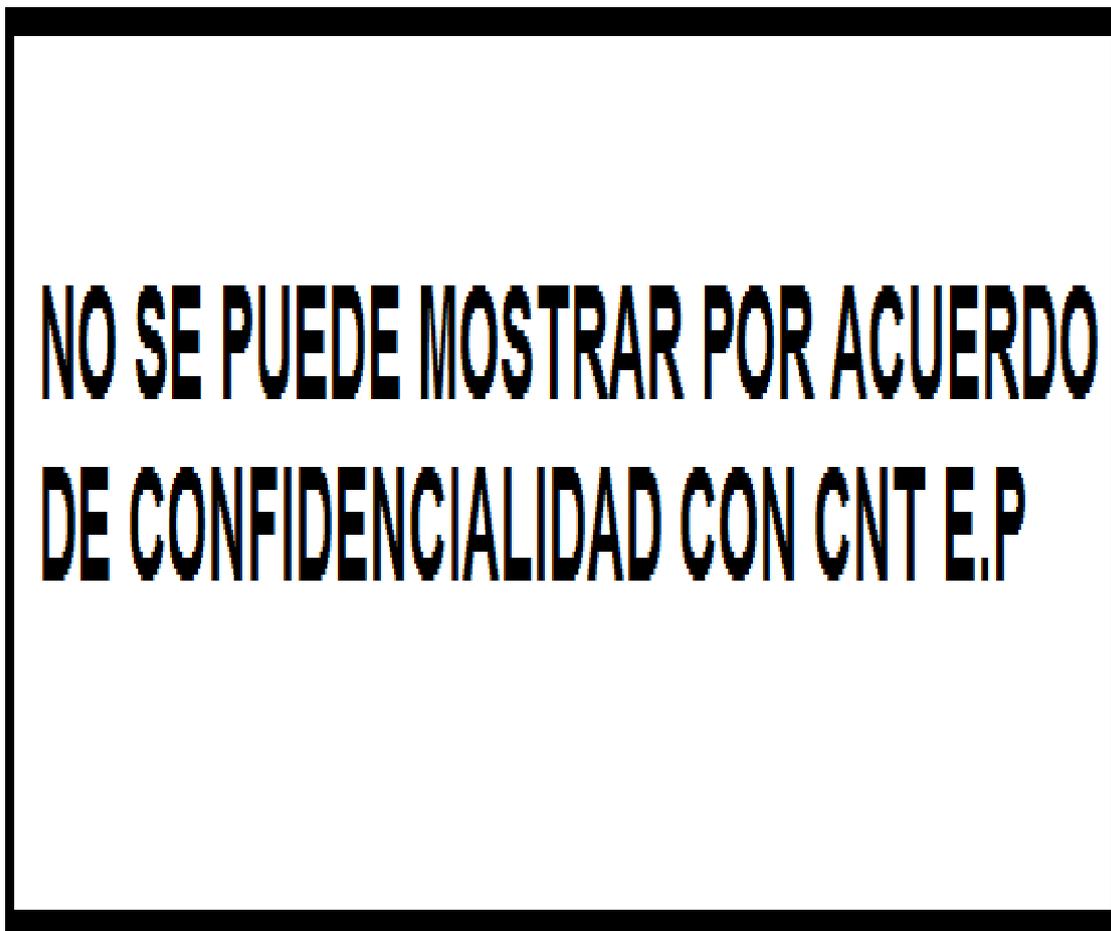
Tabla 3.9 Presupuesto óptico desde OLT hacia la NAP más lejana



Fuente: (CNT E.P, 2014)

Elaboración: [Elaboración Propia]

Tabla 3.10 Presupuesto óptico desde OLT hacia la NAP más Cercana



Fuente: (CNT E.P, 2014)
Elaboración: [Elaboración Propia]

Con los valores de atenuación obtenidos y mostrados en las tablas 3.9 y 3.10, se debe calcular si el diseño de la red está dentro de los umbrales de emisión y recepción, con esto el balance óptico para el usuario más lejano y para el usuario más cercano debe encontrarse dentro del rango de sensibilidad del equipo receptor, el detalle se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.11. Potencia del usuario más lejano y más cercano



Fuente: [Elaboración Propia]
Elaboración: [Elaboración Propia]

Con los resultados obtenido se puede corroborar que el diseño de la red se encuentra dentro de los umbrales permitidos de potencia óptica, por lo que existe la viabilidad técnica óptima para proceder a una etapa de implementación, conforme para complementar los resultados de viabilidad técnica en el Capítulo IV de este documento se muestra el análisis financiero de la red de telecomunicaciones.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS FINANCIERO

Se considera como una de las partes más importantes de un proyecto analizar su rentabilidad, por lo que como parte final del diseño de la red se realizó un análisis financiero para determinar que es factible realizar la implementación de la red.

Como parte inicial se determinó los volúmenes de obra contabilizando los elementos que se consideraron en el diseño, incluyendo la red de dispersión, red de distribución, red troncal o *feeder*, la obra civil o canalización y finalmente los equipos terminales (ONT). CNT E.P. colaboró brindando una tabla de presupuestos referenciales para determinar el costo final de la red GPON.

Con el presupuesto final de la red, es necesario conocer los costos de los servicios de telecomunicaciones para los planes comerciales de CNT E.P. los mismos que detallan el precio que deben pagar los clientes que requieran los servicios de telefonía, Internet y televisión digital actualmente. Además se debe considerar las promociones que ofrece la empresa por el uso de dos servicios llamado doble pack o por sus tres servicios denominado triple pack. Posteriormente se determinan los ingresos por ventas y de instalación de los usuarios que requieran servicios individuales, doble pack o triple pack. De la misma manera se determinan los egresos producidos por la red GPON considerados en esta los costos de instalación, mantenimiento de los terminales ópticos, mantenimiento de la red y gestión por fallas. Con todos estos datos tabulados se realiza un flujo de caja con el costo total de inversión, ingresos y egresos para lo cual se calcula los indicadores de rentabilidad: Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de retorno (TIR) factores que permitirán conocer la viabilidad de la red GPON para El Rosal y Geranios.

4.1. Costo total de inversión

Para conocer el costo total de inversión se debe determinar todos los volúmenes de obra y sus costos en todas sus etapas: red de dispersión, red de distribución, red troncal o *feeder*, canalización y demás elementos proyectados en la red. Para conocer los valores reales de costos se utiliza el formato de precios de volumen de obra facilitado por CNT E.P en el que se detalla minuciosamente todos los costos tanto de los elementos como de la mano de obra para la implementación de las redes. Como antecedente como CNT E.P. cuenta con una OLT se debería considerar suministro para tarjetas GPON para OLT, pero al utilizar una reserva del *feeder* troncal tres de CNT, se evita este rubro.

4.1.1. Red de dispersión.

Es la red más cercana al usuario final de la red de telecomunicaciones, es decir, la parte donde se interconecta con el cliente. Para esta red se considera los suministros de terminales ópticos ONTs, rosetas ópticas y el cable de fibra óptica basados en la normativa, comprendido desde la caja de distribución óptica (NAP) hasta la ONT.

4.1.2. Red de distribución y *feeder*.

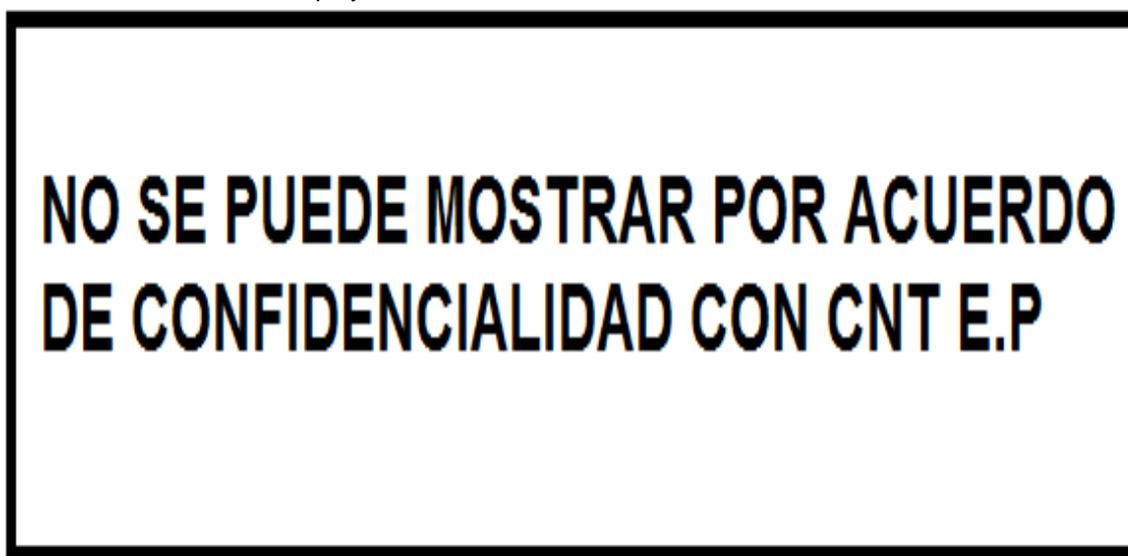
Los suministros considerados en este segmento de la red son: los herrajes, instalación de postes, manguera corrugada para distribución, identificadores, colocación de subida a poste, empalmes, sangrados de fibra óptica, instalación de manga, preformados, instalación y colocación de armario de distribución FTTH de 288 puertos y tendido de cable ADSS de fibra óptica para distribución de 6, 12, 24, 48, 72 y 96 hilos.

4.1.3. Canalización.

En la parte de obra civil existen rubros que incluyen la mano de obra del trabajo por lo que se considera costos de suministros e instalación de pozos de 1.2m, 48 bloques y 80 bloques, suministros e instalación de canalización en acera y calzada con 4 vías y uno o dos triductos, corte de asfalto, rotura de acera y reposición de la misma, tapones ciegos y simples.

En la tabla 4.1 se muestra un resumen del costo total de la red proyectada, separada en dos etapas, una para El Rosal y otra para Los Geranios.

Tabla 4.1. Costo total de red proyectada.



Fuente: [Elaboración Propia]

Elaboración: [Elaboración Propia]

4.2. Determinación de costos

Para una correcta determinación de costos es necesario obtener la información de ingresos y egresos de la CNT E.P con referencia a los servicios de telecomunicaciones para los que fue diseñada la red.

Siendo CNT E.P. la empresa que se encargará de proveer los servicios de telecomunicaciones se determina los costos con los que ofertan mediante GPON para Telefonía, Internet y Televisión pagada tomando como referencia los datos del año actual (2019)

4.2.1. Costos Comerciales CNT E.P.

4.2.1.1. Telefonía fija.

En Telefonía fija se considera el costo mensual de una tarifa básica más una tarifa de consumo básica de 150 minutos para llamadas a móviles CNT, más costo de instalación que se detallan en la tabla 4.2 (Telefonía Fija CNT, 2019).

Tabla 4.2. Precio de servicio e Instalación de Telefonía Fija.

| TELEFONÍA FIJA | | |
|----------------------------------|-------------|-----------------------|
| Tipo de Servicio | Costo + IVA | Precio de Instalación |
| Plan Telefonía Hogar GPON básica | \$6,94 | \$60 |

Fuente: (Telefonía Fija CNT, 2019)

Elaboración: [Elaboración Propia]

4.2.1.2. Internet.

Para el servicio de Internet mediante GPON, se detallan varios planes comerciales que CNT está ofreciendo de acuerdo al plan de velocidad que el cliente solicite, también se detalla el costo por instalación. Algunas tarifas tienen restricciones como: oferta exclusivamente para hogares no comerciales, compartición del servicio, la misma velocidad para *upstream* y para *downstream*. Los costos incluyen impuestos, se muestran en la Tabla 4.3 (Internet CNT E.P, 2019).

Tabla 4.3. Precio de servicio e Instalación de Internet Fijo.

| INTERNET FIJO | | | |
|--------------------|-------------|-----------------------|--------------|
| Plan Internet Fijo | Costo + IVA | Precio de instalación | Compartición |
| Paquete 10Mbps | \$27,89 | \$80,00 | 2:01 |
| Paquete 20Mbps | \$33,49 | \$80,00 | 2:01 |
| Paquete 30Mbps | \$40,32 | \$80,00 | 2:01 |
| Paquete 50Mbps | \$55,89 | \$80,00 | 2:01 |
| Paquete 80Mbps | \$89,60 | \$80,00 | 2:01 |
| Paquete 100Mbps | \$123,20 | \$80,00 | 2:01 |

Fuente: (Internet CNT E.P, 2019)

Elaboración: [Elaboración Propia]

4.2.1.3. Televisión pagada.

En el servicio de televisión digital se realizó un nuevo replanteo de tarifas efectuada a partir del 1 de Enero del año vigente, en la Tabla 4.4 se detalla los costos del servicio y el precio de instalación. Los paquetes ofrecen algunas ofertas con canales SD y HD, con servicios adicionales, entre otros (Televisión CNT E.P, 2019).

Tabla 4.4. Precio de servicio e Instalación de Televisión digital.

| Plan ofertado | Costo + IVA | Precio de instalación |
|---------------|-------------|-----------------------|
| Paquete SD | \$26,40 | \$25,76 |
| Paquete HD | \$36,71 | \$25,76 |

Fuente: (Televisión CNT E.P, 2019)

Elaboración: [Elaboración Propia]

4.2.1.4. Servicios doble pack y triple pack.

CNT oferta la combinación de los servicios antes mencionados y los denomina como paquetes dobles o triples. Al elegir alguna de las combinaciones de dos servicios CNT E.P ofrece un descuento del 10% al valor de los servicios sumados y al elegir una combinación triple

(telefonía, *Internet* y *Tv*) brindan un descuento del 15%. En Tabla 4.5 se muestra a detalle el costo de los servicios calculados combinando los paquetes básicos.

Tabla 4.5. Precios por paquetes dobles y triple.

| PAQUETE | COSTO + IVA | PRECIO DE INSTALACIÓN |
|---|--------------------|------------------------------|
| Doble (Telefonía e Internet) | \$31,34 | \$40,00 |
| Doble (Telefonía y Televisión) | \$30,00 | \$40,00 |
| Doble (Internet y Televisión) | \$48,86 | \$40,00 |
| Triple (Telefonía, Internet y Televisión) | \$52,04 | \$60,00 |

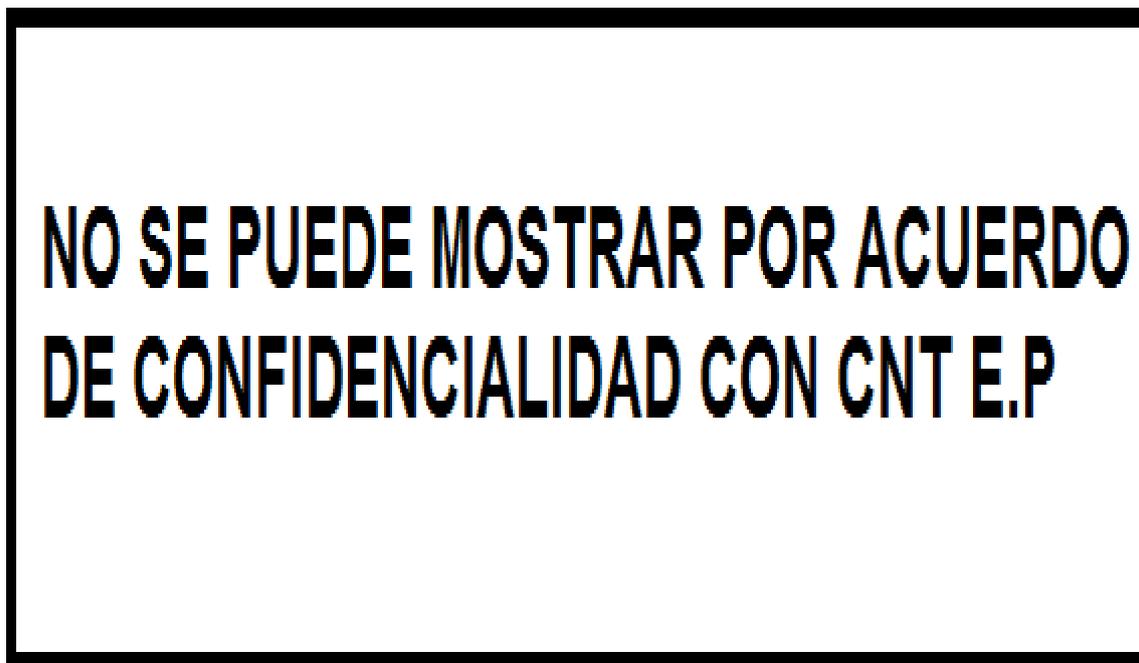
Fuente: (Telefonía Fija CNT, 2019), (Televisión CNT E.P, 2019), (Internet CNT E.P, 2019).

Elaboración: [Elaboración Propia]

4.2.2. Determinación de ingresos

Con referencia a los precios por compra de los servicios de telecomunicaciones, se puede calcular los posibles ingresos que tendrá la empresa a futuro tomando como referencia el levantamiento de información de la base comercial y la demanda proyectada en el sector del diseño. Los ingresos se toman en cuenta de acuerdo a los paquetes ya sea individual, doble o triple de acuerdo a la necesidad del cliente basado en la demanda del sector. En la Tabla 4.6 se muestra a detalle los ingresos de acuerdo al censo realizado.

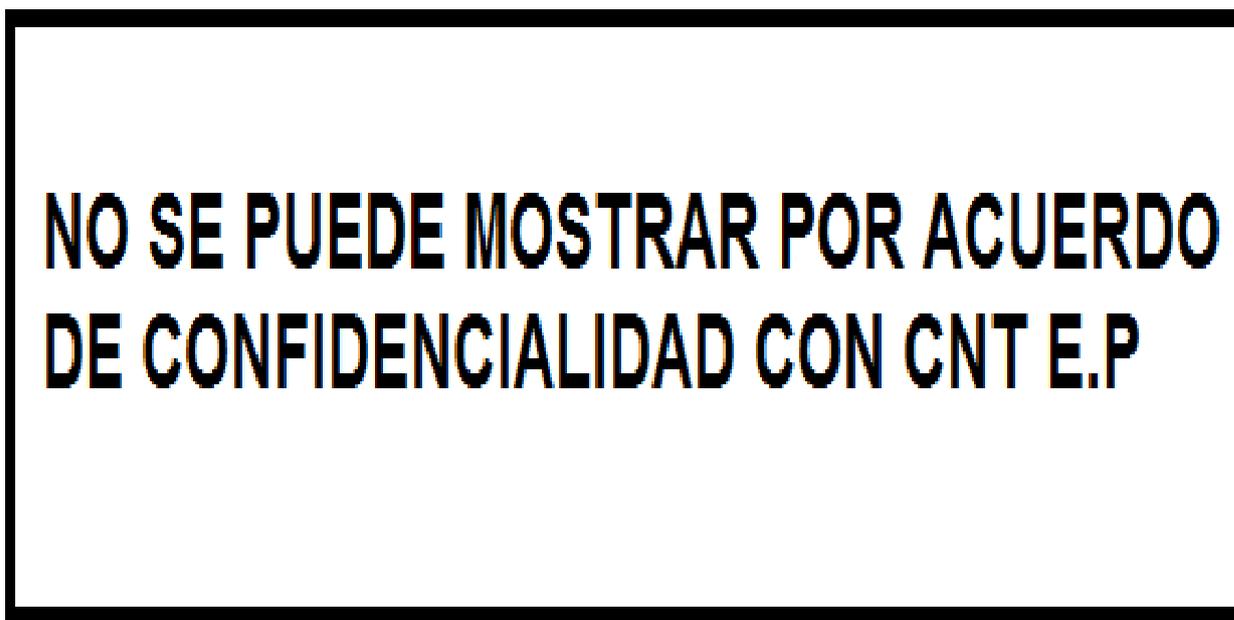
Tabla 4.6 Total de Ingresos determinado en la base comercial.



Fuente: (Castillo, 2019)

Elaboración: [Elaboración Propia]

Tabla 4.7. Estimación de ingresos mediante servicios contratados en usuarios proyectados.

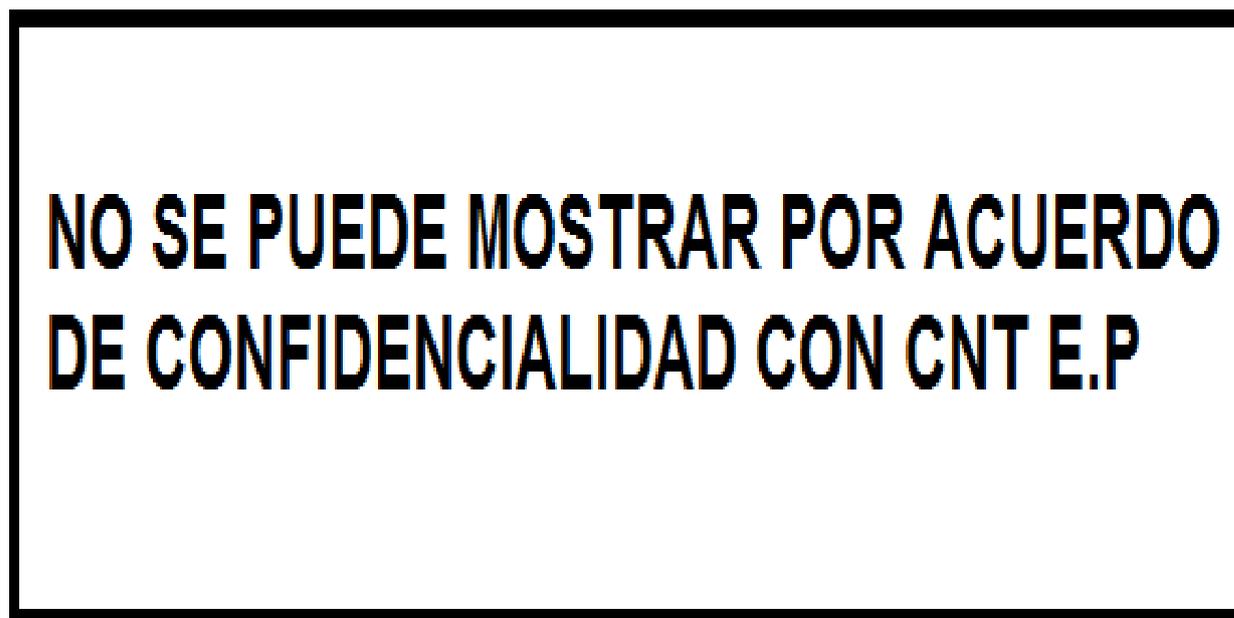


Fuente: (Castillo, 2019)

Elaboración: [Elaboración Propia]

Con la determinación de ingresos tanto de la base comercial de usuarios existentes como de los usuarios potenciales, es posible calcular un referente a los ingresos que generará la red diseñada al sumar los ingresos actuales con los potenciales correspondiente a lo generado por servicios individuales, paquetes dobles o triple. En la Tabla.4.8 se muestra los ingresos potenciales de la red mensualmente y anualmente.

Tabla 4.8. Ingresos mensuales y anuales por servicio contratado de usuarios totales



Fuente: (Castillo, 2019)

Elaboración: [Elaboración Propia]

4.2.3. Determinación de egresos.

Los egresos de la red son básicamente los costos necesarios para la implementación del proyecto, rubros que se calculó mediante la contabilización del costos de la red desde la OLT hasta las ONTs, adicional a esto se considera los costos por mantenimiento anuales que generan el despliegue de una red GPON, información brindada por CNT E.P. Dentro de los egresos se considera los costos generados por la instalación de los armarios de distribución, atención de fallas en los tres servicios ofertados. Para determinar los costos por gestión de fallas en la red se considera que representan el 4% del total de usuarios finales, el 2% para mantenimiento de la OLT hasta la ONT final, mantenimiento por línea instalada se adiciona un 2% y de la misma manera se considera los gastos por concepto administrativo, mercadeo, entre otros. Los porcentajes por mantenimiento y fallas se muestran en la Tabla 4.9. Mientras que los resultados de los egresos se muestran en la Tabla 4.10 (Castillo, 2019).

Tabla 4.9. Egresos por mantenimiento y administrativos anuales.

| EGRESOS | COSTOS POR LÍNEA |
|-------------------------|-------------------------|
| Costos de instalación | \$ 2,40 |
| Atención de Fallas | \$ 9,23 |
| Mantenimiento de líneas | \$ 1,35 |
| Mantenimiento de redes | \$ 2,08 |
| Mercadeo | \$ 1,50 |
| Otros servicios | \$ 9,95 |

Fuente: (Castillo, 2019)

Elaboración: [Elaboración Propia]

Tabla 4.10. Estimación de egresos anuales por mantenimiento, gestión de fallas y administrativos

| |
|---|
| <p>NO SE PUEDE MOSTRAR POR ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD CON CNT E.P</p> |
|---|

Fuente: (Castillo, 2019)

Elaboración: [Elaboración Propia]

4.3. Flujo de caja

Se realiza el flujo de caja para presentar de forma simplificada el flujo de ingreso y egresos de la empresa en un tiempo determinado, en este caso lo hemos realizado para un tiempo de 5 años. Para determinar el flujo de caja se considera un tiempo de recuperación de la inversión tomando en cuenta la inversión inicial, ingresos y egresos. Es necesario considerar el reparto de 15% para utilidades a los trabajadores, sin embargo al ser CNT una empresa pública no se considera éste pago. En la tabla 4.11 se detalla el flujo de caja en la cual se puede evidenciar el tiempo estimado de recuperación de la inversión inicial.

Tabla 4.11. Flujo de caja para un período de cinco años

| |
|---|
| <p>NO SE PUEDE MOSTRAR POR ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD CON CNT E.P</p> |
|---|

Fuente: [Elaboración Propia]

Elaboración: [Elaboración Propia]

4.4. Indicadores de rentabilidad

Los indicadores de rentabilidad Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) fueron los utilizados en el proyecto, los mismos que sirven para brindar una garantía a la empresa sobre el ajuste de utilidad de venta corroborando la viabilidad del presente proyecto.

4.4.1. Valor Actual Neto (VAN)

Es uno de los métodos más conocidos para evaluar proyectos de inversión a largo plazo, permite determinar si una inversión cumple con un objetivo básico financiero: maximizar la inversión, se lo define como el costo que resulta al determinar los ingresos y egresos frente a la inversión inicial (Lledó, 2017). Para calcular el valor actual neto se utiliza la siguiente fórmula utilizando los resultados previamente obtenidos en el flujo de caja.

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

Considerando:

BN = Fondos de activos netos

i = tasa de interés de descuento

n = período correspondiente al flujo de caja

I₀ = inversión inicial

El valor de la tasa de interés de descuento se la toma de la tasa de interés pasiva referencial, en nuestro caso al ser CNT E.P. una empresa pública la tasas de interés pasiva referencial para el sector público es del 9%, actualizado en Julio de 2019, datos tomados del BCE (BCE, 2019).

4.4.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Siendo otro indicador de rentabilidad, la tasa interna de rendimiento o retorno es usada en el presupuesto capital para medir y comparar la rentabilidad de inversiones en un proyecto. La TIR se define como la tasa efectiva anual compuesto de retorno que hace que el valor actual neto (VAN) de todos los flujos de efectivo tanto ingresos como egresos de una determinada inversión igual a cero (Lledó, 2017). El valor del TIR es representado como manera de porcentaje y el mismo es directamente proporcional a la rentabilidad del proyecto. La tasa interna de retorno se determina mediante una fórmula.

$$TIR = -I + \sum_{t=1}^n \frac{BN}{(1+i)^t} \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Considerando:

$BN = \text{Flujos de caja}$

$i = \text{tasa de interés}$

$n = \text{número de períodos considerados}$

4.5. Resultados

Mediante los datos obtenidos al realizar el cálculo de los indicadores de rentabilidad (VAN y TIR) en conjunto con los datos obtenidos al realizar los flujos de caja. Los resultados fueron satisfactorios cumpliendo con las expectativas de un proyecto que al implementarlo promete ser viable económicamente. En la tabla 4.12 se muestra los valores calculados en conjunto a la tasa de interés referencial. (Castillo, 2019)

En el valor actual neto al considerar los flujos de caja (ingresos y egresos) tomando como referencia la demanda total para la que ha sido diseñada la red, en específico los clientes potenciales al contratar los servicios de telecomunicaciones individuales, en paquete doble o triple, cabe mencionar que para comprobar la rentabilidad del proyecto el valor actual neto debe ser positivo entonces conociendo que la inversión inicial del diseño es de \$344.567,36, se obtuvo un VAN de \$419.448,69 usando la Ecuación 4.1. Lo cual determina que el proyecto es totalmente rentable.

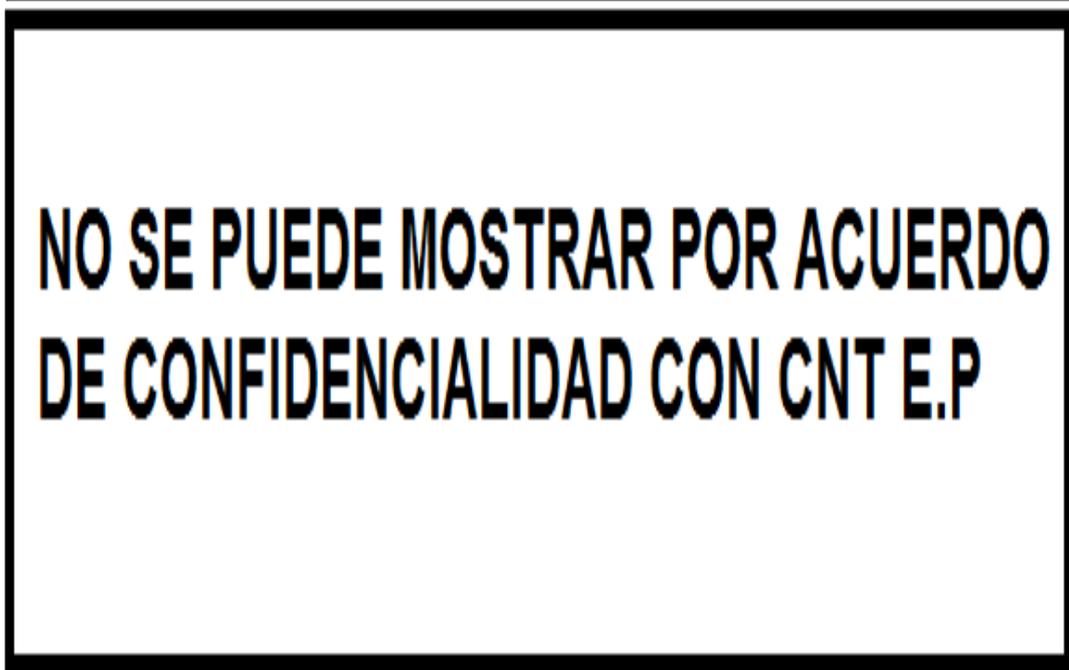


Figura 4.1. Flujo neto de activos resultado de análisis financiero.

Fuente: [Elaboración Propia]

Elaboración: [Elaboración Propia]

Posteriormente para la evaluación del proyecto mediante la recuperación de la inversión se determina la tasa interna de retorno, representado como un porcentaje, mientras mayor sea el porcentaje obtenido supone una mayor rentabilidad al proyecto utilizando el interés de descuento o pasivo referencial del 9%, usando la Ecuación 4.2 se obtuvo un TIR del 56,50% corroborando los datos obtenidos en el valor actual neto sobre la rentabilidad del proyecto, para conocer el tiempo de recuperación una forma de calcularlo es suponer un 100% del TIR obteniendo un valor de 1,76 que transformado en años sería en un período de 1 año 10 meses aproximadamente. En la Tabla 4.12 se muestra los indicadores financieros y en la Figura 4.1 se muestra el flujo neto de activos.

Tabla 4.12. Resultados de indicadores de rentabilidad VAN y TIR



Fuente: (Castillo, 2019)

Elaboración: [Elaboración Propia]

CONCLUSIONES

El presente diseño de la red óptica de distribución (ODN) con tecnología GPON permite la integración de varios servicios de telecomunicaciones a través del mismo medio guiado (fibra óptica) como telefonía, Internet y televisión digital, siendo capaz de lograr velocidades hasta de 2.4 Gbps en downstream y 1.2 Gbps en upstream, superando las capacidades de la red de cobre con la que CNT E.P provee sus servicios actualmente

Mediante el levantamiento de información se obtuvo un total de 1029 encuestas aplicadas dentro de un total de 1371 predios. Dentro del análisis se determinó que actualmente existen un total de 448 clientes con telefonía fija, 590 con servicio de Internet y 458 clientes con servicio de televisión digital pagada. De la misma manera se determina que en el sector 57 personas requieren solamente servicio de telefonía, 60 el servicio de Internet fijo, 58 el servicio de televisión, 133 personas requieren el servicio doble pack telefonía-Internet, 59 telefonía-televisión, 93 Internet-televisión y finalmente un total de 80 clientes potenciales requieren el servicio triple pack referido a telefonía, Internet y televisión.

El diseño de la red óptica de distribución se basa en las normas técnicas de diseño y normas técnicas de dibujo que en el período de realización del trabajo de titulación se encuentran vigentes en CNT E.P de manera que cumpla con las exigencias, criterios y parámetros que establece la empresa.

La red Troncal o *feeder* parte de una reserva en punta del *feeder* 3 de CNT E.P correspondiente al sector de la regeneración urbana de la ciudad de Loja, por lo que los parámetros para la identificación de armarios, pozos continúan basados en la información brindada por parte de CNT E.P. Se proyectaron dos redes troncales una para Los Geranios y una para El Rosal; la primera cubre tres distritos y la segunda cubre cuatro distritos. Algunos tramos del *feeder* fueron establecidos de manera aérea.

Para el diseño de la red de distribución se realizan las áreas de dispersión asignando cajas ópticas a cada una, dejando en reserva para una demanda potencial se obtiene que para cada distrito se proyecta 24 cajas ópticas debido a la capacidad de los armarios de distribución FDH (9 splitters relación 1:32) por lo que se necesitan un total de 168 cajas.

Se realizó un estudio de volumen de obra para conocer el costo de la inversión total del proyecto, para esto se utilizó una tabla de costos referencial brindada por CNT en donde minuciosamente se fue estableciendo cada uno de los elementos que se usa en todo el

diseño, dando un total de \$344.567,36 para el costo de la inversión del proyecto en donde se consideró los costos de:

- Canalización, postería y ductería
- Herrajes
- Fibra óptica FEEDER, distribución y cable drop basado en las normativas.
- Terminales ópticas (ONTs) y roseta óptica
- Suministros de colocación de mangas, empalmes, splitters, fusiones, herrajes.
- Cajas de distribución óptica (NAPs)

El cálculo de balance óptico una vez finalizado el proyecto se basó en los valores de pérdidas por atenuación y potencia óptica estimada para las terminales ópticas más lejanas y más cercanas obteniendo un valor de 22 dB de atenuación para la ONT más lejana y 21,61 dB para la ONT más cercana, valores que se encuentran dentro del rango recomendado en la normativa, en cuanto a la potencia para el usuario más lejano se obtuvo -17dBm y para el más cercano -16,61 dBm, valores que se encuentran dentro del rango de sensibilidad del equipo receptor.

Se obtuvo una satisfactoria rentabilidad del proyecto mediante los indicadores Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) en dónde se determinó una recuperación de la inversión en un lapso un año 10 meses aproximadamente con un VAN de \$501.047,64 y un TIR del 56,50%

RECOMENDACIONES

Para una correcta estimación de los datos obtenidos mediante el levantamiento de información se recomienda obtener previamente el plano catastral del sector actualizado, llevando un orden cronológico de las manzanas a cubrir, esto representará una gran ventaja en ahorrar tiempo en la realización del levantamiento de información y posteriormente la tabulación de datos. (Lledó, 2017)

Una vez finalizada la determinación de la base comercial, demanda potencial y total se recomienda verificar a detalle las normativas vigentes en CNT E.P en criterios de diseño, nomenclatura, diferenciación de caracteres para clientes actuales y proyectados, lo cual permitirá realizar el diseño de la red de manera más eficiente evitando errores.

Realizar un levantamiento de información de la infraestructura actual minuciosamente, tomando datos de pozos, postes, cruces, subidas a poste, dirección del tendido eléctrico y limitaciones del mismo, datos que representarán una gran ayuda para ubicación de los armarios de distribución, recorrido de la canalización, *feeder* y más importante la distribución a cada cliente..

Obtener datos de tasas de interés y costos referenciales de gastos en CNT actuales para una correcta determinación del costo de inversión y la rentabilidad del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, C. J. (Mayo de 2012). Diseño Técnico de la Red de Acceso para la empresa ARCLAD S.A, mediante tecnología FTTH (Fiber to the X), a través de la infraestructura de red de CNT E.P. y criterios de instalación. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Albuja, J. A. (2014). Diseño de una ODN para una red GPON en la localidad de Loja-Noroccidente, Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P. Loja, Loja, Ecuador.
- Alonso, J. P. (2003). Caracterización de fibras ópticas en el dominio del tiempo y de la frecuencia mediante el OTDR y MATLAB. En *El OTDR y la fibra óptica*. Puebla.
- Aristizábal, V. (2007). Introducción a la tecnología de fibras ópticas y análisis numérico de la propagación de la luz en fibras micro-estructuradas. *TECNO-LÓGICAS*.
- BCE. (Julio de 2019). *Tasa de Interés Activas para sector público, privado*. Obtenido de Banco Central del Ecuador:
<https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>
- Castillo, C., & Figueroa, S. (Enero de 2013). Determinación de la demanda, dimensionamiento y diseño de una red de Servicios de Telecomunicaciones, mediante la tecnología de acceso FTTH en el cantón Gualaceo para la empresa CNT E.P. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Castillo, F. (2019). *Plantilla para Proyectos evaluación costo-beneficio*. Loja: Área Técnica CNT E.P.
- Cevallos, R. A., & Montalvo, R. R. (Marzo de 2010). Estudio y Diseño de una Red de Última Milla, utilizando la tecnología G-PON, para el sector del nuevo aeropuerto de Quito. Quito, Quito, Ecuador.
- Chávez, R. M. (2010). ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON (Gigabit Passive Optical Networks) EN EL SECTOR CENTRO DE RIOBAMBA PARA LA CNT EP-CHIMBORAZO. Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- CNT E.P. (Enero de 2014). Normativa técnica de diseño y construcción de redes de distribución interna GPON FTTH en edificios y urbanizaciones. Ecuador.

- CNT E.P. (Diciembre de 2015). Construcción de canalización de Telecomunicaciones. Ecuador.
- CNT E.P. (8 de Abril de 2015). Normas de Construcción de Planta externa con fibra óptica ODN. Ecuador.
- CNT E.P. (2015). Normativa Técnica de Diseño, Construcción y Fiscalización, parte 1: Normas de Diseño de ODN. Ecuador.
- CNT E.P. (Julio de 2016). Normativa Técnica de diseño de planta externa con fibra óptica. Ecuador.
- CNT E.P. (2017). • Normas Técnicas para dibujo Georreferenciadas de Redes de Planta Externa: Canalización, Redes Telefónicas de cobre y enlaces de Fibra Óptica y redes GPON/FTTH. Ecuador.
- Del Río, E. (Junio de 2014). *Conectorización de fibras ópticas mediante pigtails y empalmes por fusión*. Obtenido de Conectorización de fibras ópticas mediante pigtails y empalmes por fusión: <http://fibraoptica.blog.tartanga.eus/2014/06/19/empalme-por-fusion-de-un-pigtail-a-una-fibra-optica/>
- Finochietto, J. (2013). Passive Optical Network. Buenos Aires, Argentina.
- Fuentes Dumes, V., & Alcívar Ponce, J. S. (2015). *Diseño e implementación de una red de fibra óptica ftth utilizando el estándar gpon entre la facultad de Sistemas y Telecomunicaciones y sus laboratorios en la Universidad Estatal Península de Santa Elena*. Obtenido de Repositorio Digital UPSE: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/1877>
- Galeano, J. (Diciembre de 2009). DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA RED FTTH. Madrid, Cataluña, España.
- Ganuzas, J. J., Perca, K., & Vicens, M. F. (2011). Las Redes de Nueva Generación: ¿un nuevo modelo para las telecomunicaciones en España? Cuadernos Económicos de ICE N° 81.
- Gómez, F., Puerto, K., & Guevara, D. (2015). *The Optical Fiber and the Nonlinear Phenomenon Fourth Wave Mixing*. MUNDO FESC.
- Guano, H. A. (2013). Estudio y simulación de los efectos no lineales Scattering estimulado de Brillouin y Scattering estimulado de Ramón. Quito, Pinchincha, Ecuador.

- Henderson, S. S. (2018). *Desarrollo de un algoritmo para la detección de impurezas en conectores de fibra óptica por medio de visión artificial*. Obtenido de Repositorio UPTC: <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2502>
- Hinojosa, L. C. (2007). *Tópicos selectos de Fibra Óptica*. Obtenido de <http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica.pdf>
- IEEE 802.3ah. (2004). *CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications Amendment: Media Access Control Parameters, Physical Layers, and Management Parameters for Subscriber Access Networks*. Obtenido de IEEE Standard for Information technology: <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=9283>
- INEC. (2019). *Proyecciones Poblacionales*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censos: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- Internet CNT E.P. (2019). *Planes Residenciales*. Obtenido de Internet Fijo: <https://www.cnt.gob.ec/internet/plan/fibra-optica-para-hogares/>
- ITU-T G.984.1. (Marzo de 2008). *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales*. Obtenido de Recomendación ITU-T G.984.1: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es>
- ITU-T G.984.2. (Marzo de 2003). *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos*. Obtenido de Recomendación ITU-T G.984.2: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2/es>
- ITU-T G.984.3. (Enero de 2014). *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión*. Obtenido de Recomendación ITU-T G.984.3: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3/es>
- ITU-T G.984.4. (Febrero de 2008). *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica*. Obtenido de Recomendación ITU-T G.984.4: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.4/es>
- Llangarí, N. (2015). *Redes de Acceso GPON*. Chimborazo, Cotopaxi, Ecuador.
- Lledó, P. (2017). *Comparación entre distintos Criterios de decisión (VAN, TIR y PRI)*.
- Martinez, L. M., Asencio, D., Lacalle, D., & Sánchez, V. (2014). *UA-Redes PON Protocolos*.

- Potter, B. G. (2014). *Attenuation in Optical Fibers*. Obtenido de Center for Integrated Access networks, 201: <http://opti500.cian-erc.org/opti500/pdf/sm/Module3%20Optical%20Attenuation.pdf>
- Ravi, N., Aneesh, M., & Prasad, T. (2012). Different types of Dispersions in an Optical Fiber. *International journal of Scientific and Research Publication*.
- Rubio, B. (1994). *Introducción a la ingeniería de la fibra óptica*. Willmington: RA-MA ; Adisson-Wesley Iberoamericana.
- SIG EERSSA. (2019). *Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.* Obtenido de Geoportales SIG: <http://sig.eerssa.gob.ec/geoportalEERSSA/>
- Telefonía Fija CNT. (2019). *Planes Residenciales*. Obtenido de Telefonía Fija: <https://www.cnt.gob.ec/telefonía/plan/telefonía-hogar-2/>
- Televisión CNT E.P. (2019). *Planes Residenciales*. Obtenido de Televisión pagada: <https://www.cnt.gob.ec/tv/wp-content/uploads/sites/5/2019/04/nuevas-tarifas.pdf>
- Tinoco, J. D. (Septiembre de 2011). Estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicio de voz, video y datos para la urbanización Los Olivos ubicada el sector Toctesol en la parroquia Borrero de la ciudad de Azogues. Azogues, Ecuador.
- Torlak, M. (<https://www.utdallas.edu/~torlak/courses/ee4367/lectures/FIBEROPTICS.pdf> de Junio de 2013). EE4367 Telecom. Obtenido de Switching & Transmission.
- UIT-T G.652. (2 de Febrero de 2017). *Características de las fibras y cables ópticos monomodo*. Obtenido de Recomendación UIT-T G.652: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/es>
- UIT-T G.653. (1 de Julio de 2010). *Características de los cables y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada*. Obtenido de Recomendación UIT-T G.653: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.653/es>
- UIT-T G.654. (Noviembre de 2016). *Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado*. Obtenido de Recomendación UIT-T G.654: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.654/es>
- UIT-T G.655. (Noviembre de 2019). *Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula*. Obtenido de Recomendación UIT-T G.655: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.655/es>

- UIT-T G.656. (Julio de 2010). *Características de las fibras y cables con dispersión no nula para el transporte óptico de banda ancha*. Obtenido de Recomendación UIT-T G.656: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.656/es>
- UIT-T G.657. (11 de 2016). *Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión*. Obtenido de Recomendación UIT-T G.657: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657/es>
- UIT-T G.983.1. (Enero de 2006). *Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas (PON)*. Obtenido de Recomendación UIT-T G.983.1: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.1/es>
- UIT-T G.983.2. (Julio de 2005). *Especificación de la interfaz de control y gestión de terminales de red óptica para redes ópticas pasivas de banda ancha (BPON)*. Obtenido de Recomendación UIT-T G.983.2: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.2/es>
- Vargas, I. A. (2014). *Sistemas de fibra óptica*. Obtenido de Lima: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/43740274/SISTEMAS_DE_FIBRA_OPTICA_-_Ibrahim_Alonso_Vargas.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DSISTEMAS_DE_FIBRA_OPTICA.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y
- Vásquez, J. L. (Diciembre de 2009). *Estudio de las redes ópticas de banda ancha (BPON) y sus posibles aplicaciones en el país*. Obtenido de Repositorio Digital - EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1117>
- Velásquez, J. A. (25 de Mayo de 2010). *Estudio de una red IP/MPLS para agregar servicios de televisión IP en operadoras telefónicas fijas tradicionales para usuarios residenciales mediante tecnologías XDSL para ciudad de Quito*. Obtenido de Repositorio Digital - EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2171>

ANEXOS

ANEXO 1. ENCUESTA PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

**NO SE PUEDE MOSTRAR POR ACUERDO
DE CONFIDENCIALIDAD CON CNT E.P**

ANEXO 2. DISPERSIÓN: PLANOS DISTRIBUIDOS POR DISTRITOS

**NO SE PUEDE MOSTRAR POR ACUERDO
DE CONFIDENCIALIDAD CON CNT E.P**

ANEXO 3. RED TRONCAL O *FEEDER*: PLANOS DISTRIBUIDOS POR SECTOR

**NO SE PUEDE MOSTRAR POR ACUERDO
DE CONFIDENCIALIDAD CON CNT E.P**

ANEXO 4. DISTRIBUCIÓN: PLANOS POR DISTRITOS.

**NO SE PUEDE MOSTRAR POR ACUERDO
DE CONFIDENCIALIDAD CON CNT E.P**

ANEXO 5. CANALIZACIÓN: PLANOS POR SECTOR

**NO SE PUEDE MOSTRAR POR ACUERDO
DE CONFIDENCIALIDAD CON CNT E.P**

ANEXO 6. PLANOS DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS DE LA RED

**NO SE PUEDE MOSTRAR POR ACUERDO
DE CONFIDENCIALIDAD CON CNT E.P**

**ANEXO 7. CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE PROYECTO ENTREGADO POR CNT
E.P**



Loja Julio 26, 2019
CNT-FRCA-070-2019

Ingeniero
Marco Morocho Yaguana
COORDINACION DE LA TITULACION CARRERA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

ASUNTO: INFORME DE TRABAJO DE TITULACION

De mi consideración:

Con referencia a su 117-T-IET-UTPL referente al trabajo del señor Jason Mauricio Tituaña Castillo C.I. 1103751747 estudiante de la UTPL carrera Electrónica y Telecomunicaciones, que ha sido designado para realizar el Trabajo de Titulación denominado "Diseño de red de Distribución Óptica con tecnología GPON para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P. en el sector El Rosal - Geranios de la ciudad de Loja", este trabajo ha terminado y se lo enviará a la Gerencia de Ingeniería para su validación.

El trabajo de titulación cumple con las Normas Técnicas de Diseño de ODN de la CNT.

Particular que pongo a su conocimiento para los fines pertinentes.

Atentamente


Ing. Fabio Tapanta S.
JEFE TÉCNICO CNT E.P.




Fabián Castillo A.
ANALISTA DE PROYECTOS

Av. Manuel Agustín Aguirre y Venezuela
Edificio Administrativo 4to Piso
Telefax 2587856
Loja - Ecuador