

NOMBRE DEL TRABAJO

**T088A\_74746471\_MENDOZATINTAYAK  
ARINA.pdf**

AUTOR

**Karina Mendoza**

RECUENTO DE PALABRAS

**15841 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**89488 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**95 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**4.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**Mar 7, 2024 8:31 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Mar 7, 2024 8:32 AM GMT-5****● 15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material bibliográfico
- Material citado



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN  
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS  
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)**

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

**TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

- 1). TESIS (X)      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ( )

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: MENDOZA TINTAYA KARINA NATALY
D.N.I.: 74746471
Otro Documento:
Nacionalidad: PERUANA
Teléfono: 924758491
e-mail: 2015100349@untels.edu.pe

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

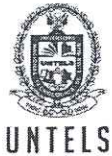
Facultad: FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico: TESIS
Título Profesional otorgado: INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

**Datos de trabajo de investigación**

Título: "ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED FTTO PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELEFONÍA E INTERNET CORPORATIVO PARA EL OPERADOR AMÉRICA MÓVIL S.A.C EN EL SITE SAN ISIDRO, 2023"
Fecha de Sustentación: 04 DE DICIEMBRE DEL 2023
Calificación: APROBADO POR UNANIMIDAD
Año de Publicación: 2024



### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo  No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (para documentos confidenciales)	( )

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

---

Mendoza tintaya Karina Nataly

APELLIDOS Y NOMBRES

74746471

DNI

Firma y huella:



Lima, 05 de Febrero del 20 24

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**



**“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED FTTO PARA  
BRINDAR SERVICIOS DE TELEFONÍA E INTERNET CORPORATIVO  
PARA EL OPERADOR AMÉRICA MÓVIL S.A.C EN EL SITE SAN ISIDRO,  
2023”**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

MENDOZA TINTAYA, KARINA NATALY

ORCID: 0009-0007-6967-976X

**ASESOR**

ORTEGA GALICIO, ORLANDO ADRIANO

ORCID: 0000-0002-6203-6039

**Villa El Salvador**

**2023**



DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

En Villa El Salvador, siendo las 10:00 horas del día 04 de diciembre de 2023, en la Facultad de Ingeniería y Gestión, los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

PRESIDENTE: DR. JINMI GREGORY LEZAMA CALVO DNI N° 42294872 C.I.P. N° 97712  
SECRETARIO: MG. MAX FREDI QUISPE AGUILAR DNI N° 41618736 C.I.P. N° 138642  
VOCAL : MG. JORGE LUIS LÓPEZ CORDOVA DNI N° 09638009 C.I.P. N° 183016  
ASESOR : DR. ORLANDO ADRIAN ORTEGA GALICIO DNI N° 20032665 C.I.P. N° 79878

Designados mediante Resolución de Decanato N° 339-2023-UNTELS-R-D de fecha 15 de agosto de 2023 quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación de Tesis.

Acto seguido, la aspirante al: Grado de Bachiller  Título Profesional

Doña: KARINA NATALY MENDOZA TINTAYA identificada con D.N.I. N° 74746471 procedió a la Sustentación de:

Trabajo de investigación  Tesis  Trabajo de suficiencia  Artículo científico

Titulada: "ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED FTTO PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELEFONIA E INTERNET CORPORATIVO PARA EL OPERADOR AMÉRICA MÓVIL S.A.C. EN EL SITE SAN ISIDRO, 2023".



Aprobado mediante Resolución de Decanato N° 955-2023-UNTELS-R-D de fecha 27 de noviembre de 2023, de conformidad con las disposiciones del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales vigentes, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador.


Concluida la Sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, resultando la aspirante APROBADA por Unanimidad con la nota de: ..... Quince ..... (letras)..... 15 ..... (números), de acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para optar el Título Profesional.

CALIFICACIÓN		CONDICIÓN	EQUIVALENCIA
NÚMERO	LETRAS		
15	Quince	Aprobado por Unanimidad	Buena.

Siendo las 10:50 horas del día 04 de diciembre de 2023, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación, que obra en el Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión.

  
MG. MAX FREDI QUISPE AGUILAR  
SECRETARIO

  
DR. JINMI GREGORY LEZAMA CALVO  
PRESIDENTE  
  
KARINA NATALY MENDOZA TINTAYA  
BACHILLER

  
MG. JORGE LUIS LÓPEZ CORDOVA  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios y a todos esos ángeles del cielo que hoy no se encuentran presentes conmigo físicamente, pero desde el cielo siguen guiando mis pasos para seguir cumpliendo mis metas.

También dedico este trabajo a mis padres Robert y Enriqueta, a mi hermano Jhon que son el motor de mi vida para seguir cumpliendo cada uno de mis objetivos profesionales, por su apoyo incondicional y sus consejos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por brindarme salud y permitirme culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco a mi familia y amigos que me apoyaron y aconsejaron a seguir esforzándome para culminar mis metas.

Agradezco a mi asesor y revisores que me acompañaron y guiaron en esta etapa universitaria.



## **RESUMEN**

La presente tesis tiene como línea de investigación de comunicaciones inalámbricas electromagnéticas y ópticas, con título “Análisis y diseño de una red FTTO para brindar servicios de telefonía e internet corporativo para el operador América Móvil S.A.C en el Site San Isidro”, de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y telecomunicaciones , se tiene en objetivo general Analizar y diseñar una red de fibra óptica FTTO que le permita brindar una mejor calidad en telefonía e internet al operador de América Móvil S.A.C a sus clientes.

Para realizar el presente trabajo, se ha dividido en etapas: Estudio de la tecnología GPON que cumpla con las necesidades de mejora para el cliente, Diseño de la instalación, Análisis de equipos y recursos y finalmente las pruebas realizadas.

En la primera etapa realizamos un estudio de tecnologías que cumpla con el requerimiento de los clientes de acuerdo a sus necesidades ya que estamos enfocándonos en clientes corporativos, el cual requiere tener una buena calidad de servicio las 24 horas del día.

En la segunda etapa realizamos el diseño de la instalación ya sea para el caso de planta externa y planta interna, teniendo como objetivos que cumpla los estándares establecidos por la ISO/IEC 14763-2:2012 Implementación y operación de cableado en las instalaciones del cliente.

En la tercera etapa es el estudio de análisis de equipos requeridos que cumpla con las características para brindar un mejor servicio y tecnología, teniendo en cuenta como objetivo de mejora a futuro, si fuera el caso de realizar un upgrade del servicio brindando un mayor ancho de banda.

Finalmente, en la etapa final se obtienen las pruebas mostrando la mejor calidad del servicio, realizando mediciones, validando con éxito la llegada de paquetes y mejora del ancho de banda a los servicios.

## **ABSTRAC**

This thesis has as its research line electromagnetic and optical wireless communications, with the title “Analysis and design of an FTTO network to provide telephone and corporate internet services for the operator América Móvil S.A.C at the San Isidro Site”, from the Professional School of Electronic and telecommunications engineer, the general objective is to analyze and design a FTTO fiber optic network that allows the América Móvil S.A.C operator to provide better quality in telephony and internet to its clients.

To carry out this work, it has been divided into stages: Study of the GPON technology that meets the improvement needs for the client, Design of the installation, Analysis of equipment and resources and finally the tests carried out.

In the first stage we carry out a study of technologies that meet the clients' requirements according to their needs since we are focusing on corporate clients, which requires having a good quality of service 24 hours a day.

In the second stage we carry out the design of the installation either in the case of external plant and internal plant, having as objectives that it meets the standards established by ISO/IEC 14763-2:2012 Implementation and operation of wiring in the client's facilities.

The third stage is the analysis study of the required equipment that meets the characteristics to provide a better service and technology, taking into account as an objective for future improvement, if it were the case of performing an upgrade of the service providing a greater width of band.

Finally, in the final stage, tests are obtained showing the best quality of the service, carrying out measurements, successfully validating the arrival of packets and improving the bandwidth of the services.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAC.....</b>	<b>v</b>
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Motivación .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Estado del Arte .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Descripción del problema .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Formulación del problema.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4.1 Problema general .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4.2 Problemas específicos.....</b>	<b>5</b>
<b>1.5 Objetivos .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5.1 Objetivos General. ....</b>	<b>5</b>
<b>1.5.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>5</b>
<b>1.6 Justificación del problema .....</b>	<b>6</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Antecedentes .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.1 Tesis Nacionales .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2 Tesis Internacional.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Bases teóricas .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.1 Redes Activos (AON) y Redes Pasivos (PON) .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2 Estructura de una red PONFigura 2. ....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.3 Elementos principales.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.4 Atenuación.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.5 Longitud de Onda .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.6 Tipos de tecnología FTTX.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.7 Normativa ITU-T G.984.X.....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.8 Planteamiento del diseño de red FTTO .....</b>	<b>34</b>
<b>III. METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1 Descripción de metodología .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2 Implementación de la investigación.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.1 Pruebas realizadas .....</b>	<b>57</b>

3.3 Resultados .....	65
IV. DISCUSION DE RESULTADOS .....	75
V. CONCLUSIONES .....	76
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78
ANEXOS .....	81
Anexo 1: Matriz de consistencia .....	81
Anexo 2: Glosario de términos .....	82
Anexo 3: Presupuesto.....	83
Anexo 4: Cronograma de actividades.....	83
Anexo 5: Solicitud de Autorización .....	84
Anexo 6. Datasheet del router CISCO C1121-4P .....	85

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Topologías de Ethernet Punto a Punto y Punto a Multipunto. ....	13
<b>Figura 2</b> Esquema para la red GPON .....	15
<b>Figura 3</b> OLT ZTE .....	16
<b>Figura 4</b> Divisor óptico o Splitter.....	18
<b>Figura 5</b> Equipo ONT.....	19
<b>Figura 6</b> Fibra óptica Multimodo .....	20
<b>Figura 7</b> Fibra óptica Monomodo .....	20
<b>Figura 8</b> Tipos de conectores .....	21
<b>Figura 9</b> Router empresariales.....	22
<b>Figura 10</b> Gateway Dinstar MTG200 .....	23
<b>Figura 11</b> Software SECURE CRT.....	24
<b>Figura 12</b> Pérdidas por fallas en la fabricación de la Fibra Óptica. ....	26
<b>Figura 13</b> Topologia Fiber to the Home (FTTH) .....	28
<b>Figura 14</b> Topologia de Fiber to the Building.....	29
<b>Figura 15</b> Topología de Fiber to Nodo.....	30
<b>Figura 16</b> Tecnologías desde la primera milla a FTTH. ....	31
<b>Figura 17</b> Diseño de red FTTO del site San Isidro .....	34
<b>Figura 18</b> Método de solución.....	35
<b>Figura 19</b> Ubicación del cliente .....	38
<b>Figura 20</b> Fachada del cliente Enfoca .....	39
<b>Figura 21</b> Ubicación del site .....	40
<b>Figura 22</b> Ubicación entre el site San Isidro y el cliente Enfoca. ....	41
<b>Figura 23</b> Vista Isometrica del cliente.....	42
<b>Figura 24</b> FAT existente ubicada en el 8 piso del cliente .....	43
<b>Figura 25</b> Instalación de la fibra drop. ....	43
<b>Figura 26</b> Instalación de la fibra drop. ....	44
<b>Figura 27</b> Instalación de la fibra drop. ....	44
<b>Figura 28</b> Instalación de la fibra drop. ....	45
<b>Figura 29</b> Instalación de la Roseta .....	45
<b>Figura 30</b> Medición de la roseta instalada.....	46
<b>Figura 31</b> Reporte del Iolm .....	47

<b>Figura 32</b> Reporte del enlace.....	47
<b>Figura 33</b> Reporte del enlace.....	47
<b>Figura 34</b> Vista panorámica de la data center del cliente.....	49
<b>Figura 35</b> Imagen panorámica del Cisco ISR 1121-4P.....	51
<b>Figura 36</b> Cisco ISR 1121-4P- .....	51
<b>Figura 37</b> Chasis del ONT HG8040H.....	53
<b>Figura 38</b> Chasis del ONT HG8040H.....	53
<b>Figura 39</b> Serie del equipo ONT .....	54
<b>Figura 40</b> Fibra óptica SC/APC .....	54
<b>Figura 41</b> Equipo Dinstar – MTG 200 .....	55
<b>Figura 42</b> Diseño de Red FTTO para el site San Isidro para el cliente ENFOCA.....	56
<b>Figura 43</b> Instalación de los equipos Router .....	57
<b>Figura 44</b> Instalación de los equipos.....	57
<b>Figura 45</b> Instalación del cableado de clientes de última milla .....	65
<b>Figura 46</b> Instalación de equipo OLT .....	66
<b>Figura 47</b> Se visualiza la versión del router del cliente CISCO881 .....	67
<b>Figura 48</b> Se visualiza la versión del Router actual es Cisco1121-4P .....	67
<b>Figura 49</b> Comando Interface brief.....	68
<b>Figura 50</b> Prueba de Salida de internet.....	68
<b>Figura 51</b> Prueba de Ping WAN.....	69
<b>Figura 52</b> Prueba de Ping Lan to Lan.....	69
<b>Figura 53</b> Prueba de Saturación del servicio Actual del cliente.....	70
<b>Figura 54</b> Prueba de Saturación con la tecnología GPON. ....	71
<b>Figura 55</b> Prueba de test de Velocidad de cliente con última milla. ....	72
<b>Figura 56</b> Prueba de test de Velocidad.....	73
<b>Figura 57</b> Prueba de test de Velocidad.....	73
<b>Figura 58</b> Prueba de test de Velocidad.....	73

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Comparación GPON Y EPON .....	14
<b>Tabla 2</b> Pérdidas de IL.....	18
<b>Tabla 3</b> Para longitud de onda de 1310 nm .....	27
<b>Tabla 4</b> Para longitud de onda de 1550 nm .....	27
<b>Tabla 5</b> Norma ITU-T G 984.X.....	33
<b>Tabla 6</b> Características del Router CISCO ISR 1121-4P .....	50
<b>Tabla 7</b> Características del ONT HG8040H.....	52
<b>Tabla 8</b> Características del DINSTAR MTG200 .....	56
<b>Tabla 9</b> Tabla de comparaciones Ultima milla V.S GPON .....	74

## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente para los usuarios el uso del internet es imprescindible para realizar los trabajos, tareas, etc. ya que actualmente muchas de las empresas optan por considerar el home Office o al momento de dictar las clases de manera online. Por lo que el servicio que brindan los diferentes operadores debe brindar un servicio de buena calidad, garantizando al cliente un servicio constante sin interferencias y satisfacer las expectativas del cliente. Este proyecto se considera apto para brindar y garantizar un servicio de calidad para el operador América Móvil S.A.C en el site de San Isidro, 2023.

Por lo que consideramos realizar el análisis y diseño de una red FTTO para brindar servicio de internet y telefonía, brindando a los clientes un servicio con un mejor ancho de banda y reducción de costos en la infraestructura de la tecnología GPON.

Para realizar el análisis de este proyecto se realizará un estudio para unificar el servicio de internet y telefonía en la red GPON. Para el diseño de la red FTTO se realizará una visita técnica en el cliente y site para verificar los equipos y cableados.



## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Motivación**

El motivo por el cual se elabora este presente trabajo es a causa de los problemas que actualmente se están reflejando en el día a día con los diferentes operadores de servicios de datos que cuentan con fallas técnicas, interferencias en las conexiones, pérdidas de paquetes, saturación en la infraestructura actualmente en los sites se está generando pérdidas económicas ya que algunos clientes optan con migrar a otros operadores teniendo en cuenta que muchos de los clientes empresariales manejan una cartera de sedes.

Hoy en día el servicio del internet es el primer medio por el cual las personas se comunica, ya sea uso aplicaciones, navegación de internet, comunicación nacional e internacional, para realizar trabajos, videoconferencias, estudios, negociaciones etc.

Al presentar todas están necesidades y la importancia que tiene se puede ver que la calidad del servicio que ofrecen es muy baja y los costos elevados, es por ello que realizamos este estudio de la migración de tecnología última milla a una nueva y sofisticada tecnología GPON, brindando mejores beneficios al usuario, mejorando a si la calidad de servicio, mayor velocidad de navegación, reducción de costos y mejor infraestructura.

### **1.2 Estado del Arte**

El Estado del arte es la fuente por el cual nos permitirá a recolectar toda la información que nos permite conocer y ampliar nuestros conocimientos acerca de la tecnología GPON, como bien mencionado anteriormente el trabajo de investigación se trabaja entorno a la formación universitaria donde el mayor interés es realizar un análisis y estudio teórico.

El estudio que anteceden a este trabajo de investigación, el cual nos permiten contar con una base estable en cuanto a conocimiento de la investigación, también nos ayudara con planificar el problema de la investigación y justificación.

En el Capítulo II nos va ayudar a brindar con un mayor detalle las investigaciones que anteceden ya que hemos recolectado demasiada información para

las bases teóricas, diseño de tecnología FTTO, recomendaciones para tener una buena solución al planteamiento del problema.

A continuación, brindaremos 5 investigaciones nacionales investigadas en diferentes partes del Perú el cual nos dan como base previos conocimientos:

- Propuesta de implementación de una red FTTH que brinda servicio de teléfono, internet y cable en la ciudad de Mollendo, Arequipa -2021.
- Sistema de red utilizando la tecnología GPON para mejorar la calidad de servicio de internet en los clientes con RED EOC de la empresa CABLERED-2021.
- Diseño de una red FTTH mediante el estándar GPON para la mejora de la calidad de servicio de internet en los hogares en el distrito de chorrillos-2021.
- Arquitectura de una red FTTH con tecnología GPON para habilitar el servicio de internet en el centro poblado de Comatrana, Ica-2022.
- Diseño de una red Metropolitana basada en tecnología GPON, para optimizarlos servicios tecnológicos de la municipalidad provincial Jorge Basadre, en beneficio de la población del distrito de Locumba-2017

A continuación, brindaremos 3 investigaciones realizadas en diferentes países:

- Estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicio de voz, video y datos para los habitantes de la ciudadela Margarita Pone Gangotenadel CantónJipijapa-2017.
- Diseño de una red de acceso PON FTTH para un bloque de edificios por interior-2021.
- Análisis para la optimización del presupuesto óptico sobre última milla, mediante pruebas dentro de la red GPON de CNT en la ciudad de azogues-2019.

Estos estudios de manera independiente aportan conocimientos referentes a que metodología de diseño es apto para poder tener excelentes resultados, se puede verificar que mejoras de servicios se presenta con la tecnología GPON a comparación de las tecnologías antiguas y que se cumpla con los estándares de diseño.

### **1.3 Descripción del problema**

Según el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) realizó un estudio de los seis primeros meses del año 2023, indicando que la empresa Movistar presenta en primer lugar con 621 136 reclamos que es igual al 67.42% y en segundo lugar tenemos a Claro con 199 857 (21.69%) y luego presentan a Entel con 77 640 (8.43%), Bitel 12 496 (1.36%), DirecTV 7393 (0.80%) y otras operadoras presentan 2736(0.30%) (OSIPTEL, 2023).

En la empresa operadora América Móvil S.A.C que se encuentra ubicada en Av. Nicolás Arriola N°480 Urb. Santa Catalina en el distrito de La Victoria, del rubro de telecomunicaciones, el cual manejan numerosos clientes empresariales que cuentan con servicios con fibra tradicional (última milla).

Actualmente es vital contar con una gran capacidad de navegación en voz y datos para los clientes empresariales ya que ellos actualmente están contando con numerosos inconvenientes en servicios de voz y datos, y a su vez América Móvil S.A.C están presentando problemas con la infraestructura en los sites por las instalaciones antiguas de los clientes de fibra tradicional.

Es por ello que con el presente trabajo se quiere lograr analizar y diseñar la migración del servicio de cliente con tecnología de última milla a tecnología GPON para este caso hemos tomado como referencia el cliente ENFOCA, por lo que se lograra unir dos servicios (voz y datos) en un solo equipo ONT.

### **1.4 Formulación del problema.**

#### **1.4.1 Problema general**

- ¿Es factible analizar y diseñar una red de fibra óptica FTTO para brindar una buena calidad de servicio de telefonía e internet para el operador América Móvil SAC en el site San Isidro?

#### **1.4.2 Problemas específicos**

- ¿Qué tecnología usaremos para el análisis y diseño de la red de fibra de servicios de telefonía e internet corporativo para el operador América Móvil SAC en el site San Isidro?
- ¿Qué mejoras de calidad del servicio de telefonía e internet tendrá el operador América Móvil SAC en el site San Isidro?
- ¿Cómo se validará el análisis y diseño de la red de fibra de servicios de telefonía e internet corporativo para el operador América Móvil SAC en el site San Isidro?

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivos General.**

- Analizar y diseñar una red de fibra óptica FTTO que le permita brindar una buena calidad de servicios de telefonía e internet al operador de América Móvil

S.A.C hacia sus clientes.

##### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Analizar y diseñar la tecnología GPON para brindar los servicios de telefonía e internet para el operador de América Móvil S.A.C.
- Desarrollar un estudio de las mejoras de los servicios de los clientes con tecnología de última milla y tecnología FTTO.
- Mostrar el diseño y análisis de implementación garantizando la calidad de los servicios de telefonía e internet que brinda la empresa América Móvil SAC en el site San Isidro.

## **1.6 Justificación del problema**

La finalidad de este trabajo es brindar un análisis y diseño de una red GPON con el fin de poder ofrecer a los usuarios una excelente calidad de servicios de voz y datos ya que con la nueva tecnología GPON lograremos un mayor ancho de banda que supere las velocidades de la fibra tradicional (última milla).

También esta investigación permitirá generar nuevos conocimientos teniendo como finalidad la implementación a futuro de una red GPON el cual nos permitirá tener desde un enlace GPON la contratación hasta 4 servicios (Internet, RPV, Telefonía, etc.) brindando una mejor calidad de servicio en voz y datos.

Con la propuesta del análisis y diseño de una red FTTO, también aportara a la sociedad una reducción económica en cuanto a la implementación del servicio a futuro, ahorrar recursos de equipos , espacios en el data center y el site.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes**

A continuación, se brindará una relación de investigaciones relacionada al trabajo de tesis propuesto:

#### **2.1.1 Tesis Nacionales**

(Gonzales, 2021), en su tesis para optar el grado de título profesional de ingeniero de sistemas titulada “Propuesta de implementación de una red FTTH que brinda servicio de teléfono, internet y cable en la ciudad de Mollendo, Arequipa”, Universidad católica de los Ángeles de Chimbote, Piura, Perú. El presente informe de implementación de una red FTTH brindara mejorar la calidad del servicio de teléfono, internet y cable en la ciudad de Mollendo.

Donde empleó y se justifica que es totalmente apta para el desarrollo de la tecnología y de las telecomunicaciones que brinda diferentes propuestas para realizar el uso de la fibra óptica con tecnología GPON.

Se concluye que el proyecto sobre la implementación de FTTH con tecnología GPON que realizara la compañía DOMINION PERÙ con los servicios de teléfono, internet y cable en la ciudad de Mollendo, Arequipa, 2021, brindara una mejor conexión y comunicación.

(Chambergo, 2021), en su tesis para optar el grado de título profesional de ingeniero de sistemas titulada “Sistema de red utilizando la tecnología GPON para mejorar la calidad de servicio de internet en los clientes con RED EOC de la empresa CABLERED”, Universidad nacional del centro del Perú, Huancayo, Perú. Este presente trabajo tendrá como prioridad realizar la mejora de los servicios de internet para aquellos usuarios que no cuenten con fibra óptica a causa de ello vienen presentando en varias ocasiones cortes de internet y lentitud en la navegación , ancho de banda inferior a lo requerido y con ninguna probabilidad de poder cambiar de plan por lo que basado en estas características se realizara la implementación de una nueva red de fibra óptica para realizar la optimización y mejorar el servicio en los clientes que se encuentren con problemas.

Donde empleo la metodología Top-Down para hacer el diseño de una red es la cual está conformada de 4 pasos, en el primer nivel de diseño se va realizar un análisis de lo requerido por la red, también se realizará un diseño físico y finalmente se obtendrá los resultados y optimizaciones de la red.

Se concluyó finalmente que al usar la Metodología Top-Down obtendremos diseños casi completos ya que etapas con las que esta implica están muy desarrolladas y permiten obtener resultados completos de las características de la red.

(Quezada, 2021) en su tesis para optar el grado de título profesional de ingeniero de electrónica titulada “Diseño de una red FTTH mediante el estándar GPON para la mejora de la calidad de servicio de internet en los hogares en el distrito de Chorrillos”, Universidad nacional del callao, Callao, Perú. En el presente trabajo, se pretende adquirir el acceso a la navegación por internet o realizar una mejora en su ancho de banda para este trabajo de investigación se tuvo en cuenta el diseño de fibra óptica usando los estándares GPON para tener y mejorar la calidad de navegación del servicio de internet en el distrito de Chorrillos. La siguiente investigación es de tipo temporal – espacial.

Donde realizó el uso de GPON ya que cuenta con una serie de estándares actualizados para la ejecución de redes de accesos de última milla para las diferentes empresas de telecomunicaciones. GPON cuenta con diferentes ventajas a comparación de la tecnología que sigue utilizando cobre, teniendo como características ventajas principales el acceso a internet con una mayor capacidad de ancho de banda y menor interferencias.

Se concluye que se brindara una mejor experiencia de navegación ya que las velocidades serán incrementadas.

(Francisco & Rojas, 2022) en su tesis para optar el grado de título profesional de ingeniero de electrónica titulada “Arquitectura de una red FTTH con tecnología GPON para habilitar el servicio de internet en el centro poblado de Comatrana, ICA 2022”, Universidad Nacional del Callao, Perú. En el presente trabajo, tiene como prioridad realizar la arquitectura de una red FTTH con tecnología GPON para brindar el acceso al servicio de internet para el centro poblado. La siguiente investigación fue experimental-aplicada.

Donde tuvo como herramienta un analizador de pulsos (iOLM) para validar el enlace y Power meter para realizar la validación del nivel de potencias y medir el nivel de cobertura.

Se concluye las pruebas realizadas en 128 cajas NAP, tanto los cálculos teóricos como los experimentales, indican valores dentro del rango permitido para la ventana de 1310 se obtiene 15.87 dBm mientras que para la onda 1550 se obtiene -16.78 dBm.

(Almanza & Callomamani, 2017) En su tesis para optar el grado de título profesional de ingeniero de Sistemas titulada “Diseño de una red Metropolitana basada en tecnología GPON, para optimizarlos servicios tecnológicos de la municipalidad provincial Jorge Basadre, en beneficio de la población del distrito de Locumba”, Universidad Privada de Tacna Facultad de Ingeniería, Tacna, Perú. En el presente informe se pretende obtener el diseño de la red Metropolitana con la tecnología GPON, donde la tecnología tiene como arquitectura de punto a multipunto donde permitirá tener una conexión para la confluencia de los servicios de la municipalidad provincial Jorge Basadre.

La presente tesis es de tipo aplicada ya que se tiene como base la investigación de la tecnología GPON, nivel de investigación es descriptivo. Donde utilizo el estándar IEEE.802.3 para el diseño de la tecnología GPON.

Se concluye que el diseño de la red cumple con todas las características para brindar una buena calidad de navegación en los Centros de Salud.



### **2.1.2 Tesis Internacional**

(Avila, 2017), en su tesis para optar el grado de título profesional de ingeniero en computación y redes “Estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicio de voz, video y datos para los habitantes de la ciudadela Margarita Pone Gangotenadel CantónJipijapa”, Universidad estatal del sur de Manabi, Ecuador. El presente trabajo cuenta con un objetivo de estudiar, diseñar e implementar una red FTTH usando GPON, que logre brindar y superar las expectativas de velocidad y ancho de banda de la población de Soatá Casco Central.

La tecnología GPON permitirá reducir los costos, y cubrir las demandas con un sistema actualizado con fibra óptica la cual tendrá una garantía de vida útil de 20 a 25 años.

Se concluye que el diseño de la red FTTH con tecnología GPON permitirá tener mayor panorama del amplio conocimiento en el rubro de telecomunicación enfocados en fibra óptica, desde el diseño hasta el control de equipos. La tecnología FTTH permitirá llevar la conexión directa hasta el hogar, conoceremos ampliamente las fibras ópticas, el manejo de los estándares para las instalaciones, y como realizar las pruebas para validar el servicio con una correcta instalación.

(Martínez, 2021), en su tesis para optar el grado de título profesional de Ingeniería de tecnológicas y servicios de telecomunicaciones “Diseño de una red de acceso PON FTTH para un bloque de edificios por interior”, Universidad Politécnicode valencia, Valencia. En la presente tesis su principal objetivo es presentar en detalle el proceso de diseño de una red FTTH que es pasiva y que da servicio a una urbanización formada por dos edificios con un total de 135 viviendas y 11 locales comerciales ubicados en la ciudad de Valencia.

Donde empleo GPON y redes FTTH recogiendo datos de importantes. Una vez esto establecido y con las bases claras, se inicia el desarrollo de este proyecto con una presentación de la información recopilada e interesante en el contexto de la situación.

Se concluye que con la tecnología GPON se puede brindar voz, acceso al servicio de internet y Tv ya que cuenta con una excelente capacidad y velocidad, así como el fácil despliegue y el costo reducido para el mantenimiento de equipos.

(Cedillo & Nieto, 2019) En su tesis para optar el grado de título profesional de Ingeniería Electrónica “Análisis para la optimización del presupuesto óptico sobre última milla, mediante pruebas dentro de la red GPON de CNT en la ciudad de azogues”, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

Cuando utiliza el modelo de referencia para calcular el balance óptico de la ruta de enlace implementada por la ITU, toma los dos puntos de referencia entre la plataforma OLT S/R y el punto de referencia ONU R/S del suscriptor. El margen de pérdida indica que tanto el sentido descendente como ascendentes cuentan con el mismo valor, lo que determina los parámetros de calidad global en el sistema, definidos en la Recomendación G.957, que define la atenuación de las interfaces ópticas SDH.

Se concluye las normas establecidas por la ITU para las redes GPON indican los diferentes límites para las diferentes compañías de telecomunicaciones tanto privadas como públicas ya que los estándares para el diseño e implementación de la red son referenciales.

## 2.2 Bases teóricas

Las topologías realizadas en fibra óptica tienen como prioridad dar un buen servicio y satisfacer los intereses de los clientes.

Esto se debe al crecimiento exponencial de las aplicaciones basadas en la diferente rama como los juegos online, los videos streaming, la realidad virtual y aumentada. La demanda permitió un mayor número de transmisión con la aparición de nuevas aplicaciones. Gracias al uso del servicio de Internet, la navegación web es una plataforma de red social, y con el uso de plataformas que requieren cada vez más potencia de transmisión, las redes metálicas pronto comenzaron a ser limitadas. (Staff Infochannel, 2019).

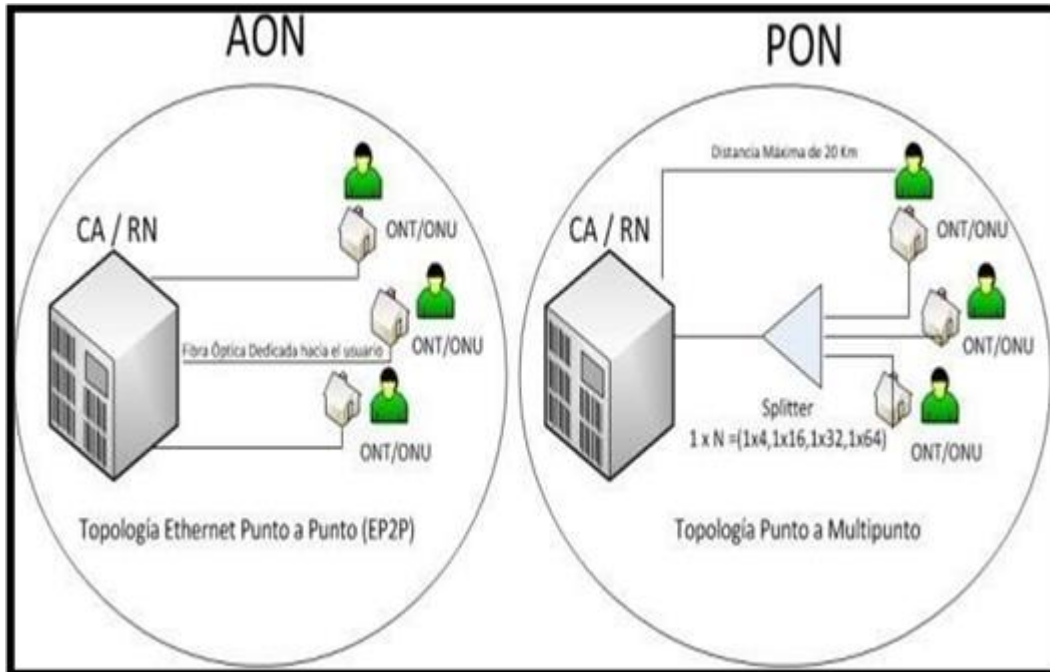
Las redes de acceso (última milla) han evolucionado a lo largo de los años contaban con tecnologías ADSL, VDSL, ADSL2+ Y G.fast. En los últimos 15 años han abordado necesidades de nuestro tiempo, como primer servicio de banda ancha, el correo, la difusión de algunos servicios de video, la navegación web

Hoy en día los anchos de banda ya no son suficientes, pues con estas tecnologías podríamos alcanzar velocidades de 100 Mbps e incluso 1 Gbps, sobre todo en el caso de G.fast, y aunque ya se han alcanzado los 1000 Mbps de velocidad de voz para el acceso. La principal desventaja de la red es la distancia de transmisión, ya que cuanto mayor es, mayor es el ancho de banda que tiende a disminuir, por lo que no existe una relación lineal entre ellos. Así nació el concepto de una red de acceso de quinta generación, Gigabit Passive Optical Network (GPON), que debido a su rápido desarrollo actualmente contempla la posibilidad de 10 redes GPON (redes punto a multipunto). Con 100 conexiones de fibra, ancho de banda de bajada de 2.5 Gbps para GPON y 10 Gbps para 10 GPON, cobertura hasta 20 km. Esta configuración brinda al usuario acceso a videoconferencias, telemedicina, realidad virtual, capacitación en línea, transmisión en vivo, video 4K y 8K. (Villatoro, 2020).

Las redes GPON se perfilan como alternativa ante las redes convencionales de alambre metálico, de acuerdo a los operadores más grandes de telecomunicaciones en la región presentes en Argentina, Perú, Colombia, etc, ya se utilizó fibra óptica para el transporte de redes de mayor distancia que necesitan mayor capacidad de transmisión (StaffInfochannel,2019).

## 2.2.1 Redes Activas (AON) y Redes Pasivos (PON)

*Figura 1* Topologías de Ethernet Punto a Punto y Punto a Multipunto.



*Nota.* Topología de las tecnologías de AON Y PON. Tomada de Cortes, 2019.

### 2.2.1.1 Redes Ópticas Activas (AON)

En la Figura 1 se puede visualizar la topología AON, que tiene como característica principal es activa y su arquitectura se basa en punto a punto. Podemos decir que cada cliente tiene una línea exclusivamente para él. Red óptica activa significa que, en el proceso de transmisión de señales, se conectan equipos como enrutadores y equipos ópticos activos, etc., distribuidos desde la oficina hasta equipos los usuarios finales. Estos dispositivos funcionan con corriente eléctrica para controlar la distribución de señales y manejar señales para ciertos clientes. Los dispositivos ópticos activos tienen una fuente de láser, un receptor óptico, un módulo transceptor óptico, un amplificador óptico, etc. (HTF,2020).

### 2.2.1.2 Redes Ópticas Pasivas (PON)

En la figura 1 podemos visualizar la arquitectura PON, tiene como característica que es una red pasiva, también indica que su topología es de punto a multipunto, que se especializa en la ejecución de proyectos de FTTB y FTTH. En una red PON, la red de distribución óptica usa fibra óptica y equipos pasivos, y solo usan equipos energizados en la fuente y receptor de la señal. Estos concentradores PON son bidireccionales (HTF, 2020).

**Tabla 1** Comparación GPON Y EPON

Características	ITU-T GPON	IEEE EPON
Tasa de bits (Mb/s)	Distribución: 2488, 1244 Retorno: 2488, 1244, 622, 155	Distribución: 1250 Retorno: 1250
Fecha de estandarización	2003	2004
Código de Línea	NRZ	8B/10B
División máxima	1:64	1:32
Alcance máximo	20 Km	10 Km
Protocolo básico	ATM	Ethernet
Estándar	Série ITU-T G984.x	IEEE 802.3ah
Tecnología de acceso	TDMA	TDMA
Seguridad en Downstream	AES	No definida
OAM	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM

*Nota.* Comparación de la red GPON Y EPON. Tomada de Lopez, Moshim, & Rudge, 2009.

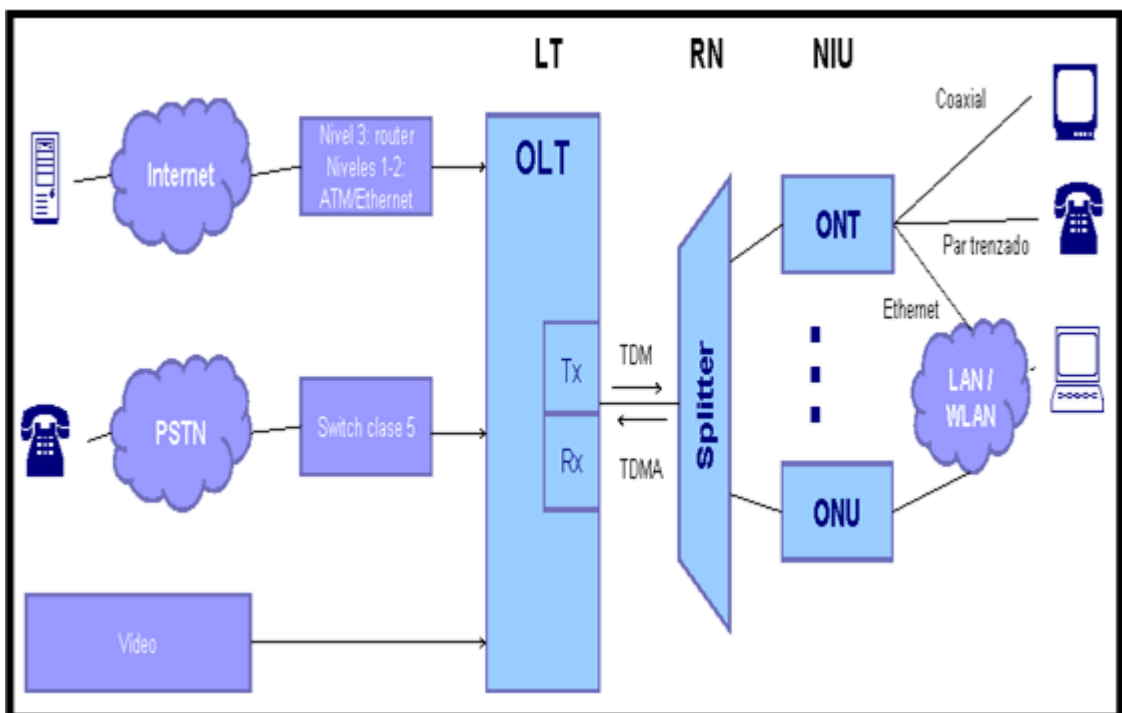
Podemos visualizar en la Tabla 1 un cuadro comparativo entre la red GPON Y EPON mostrando las características de estas tecnologías.

Según (Alpha Telecom Solutions, s.f.) nos indica las ventajas que nos brindará la tecnología GPON:

- Velocidades de Gigas de bits al cliente final o alta de velocidad de transmisión de paquetes
- Reducción de gastos en inversiones.
- Disminución de gastos operativos y funcionales.
- Evita interferencias.
- Brinda y garantiza una mejor seguridad en la red.
- Duración de 50 años.

### 2.2.2 Estructura de una red PON

*Figura 2* Esquema para la red GPON



*Nota.* Esquema de la red PON y sus elementos. Tomada de Gavilán, 2013.

En la figura 2 puede entenderse la relación entre la red de acceso general y los casos específicos de las redes PON. Por lo tanto, el LT (Terminal lineal) se especifica en el OLT como terminal de línea óptica, mientras que en el RN (Nodo remoto) se especifica como splitter o divisores ópticos y finalmente los NIU (Unidad interfaz de red) se especifica como terminal de red óptico (ONT) y unidad de red óptica (ONU).

### 2.2.3 Elementos principales

#### 2.2.3.1 OLT (Optical Line Terminal)

Es un equipo que se considera como un requisito previo para la red de acceso PON del proveedor de servicios, ya que es el que proporciona la conexión entre el PON y núcleo.

Según (Gavilán, 2013) indica:

- Convertir señales eléctricas en ópticas (viceversa).
- Multiplicación de datos provenientes de ON/ONU.
- Una OLT normalmente puede atender a varios miles de usuarios.

*Figura 3* OLT ZTE



*Nota.* Podemos visualizar la conexión de 2 tarjetas de gestión. Tomada de (Peralta, 2020).

Como podemos ver en la Figura 3, OLT tiene predefinidas distintas franjas horarias, cada una de las cuales pertenece a un cliente concreto, de forma que, depende de cada horario, la ONT de cada cliente tendrá que descifrar los paquetes que solo le pertenecen a ese cliente. Una característica que debemos tener en cuenta son las longitudes de onda ( $\lambda$ ) en las que los OLT brinda los datos al ONT. Estas longitudes de onda cambian según si la rama del árbol o el enlace ONT es conectado mediante fibra simple o doble. Si la conexión del distribuidor a la ONT es a través de fibra duplex, solo una se encargará del canal en up para que la información viaje en las siguientes longitudes de onda. (Osorio, 2004):

Longitud de onda de voz y datos =1310 nm.

Longitud de onda de video=1550 nm.

Cuando al conectar el distribuidor a la ONT es por fibra óptica, se utilizará el mismo camino para la transmisión y recepción, dando a ambos una determinada longitud de onda. Para un canal de bajada serían los siguientes (Osorio, 2004):

Longitud de onda de voz y datos: D =1490 nm

Longitud de onda de video V=1550 nm



### 2.2.3.2 Divisor Óptico (Splitter)

Elementos pasivos (sin fuente de alimentación) que dividen la señal óptica desde la OLT hasta llegar a los ONs/ONU finales. Se colocan en estanterías o cajas ya sea en el interior o en el exterior. Presentan diferentes formatos, siendo habituales los divisores de 2, 4, 8, 12, 32 o 64 salidas (Gavilán, 2013). Ya que generan atenuación de la señal, es importante medir dos parámetros:

Pérdidas de inserción: Pérdidas por el único hecho de introducir un dispositivo.

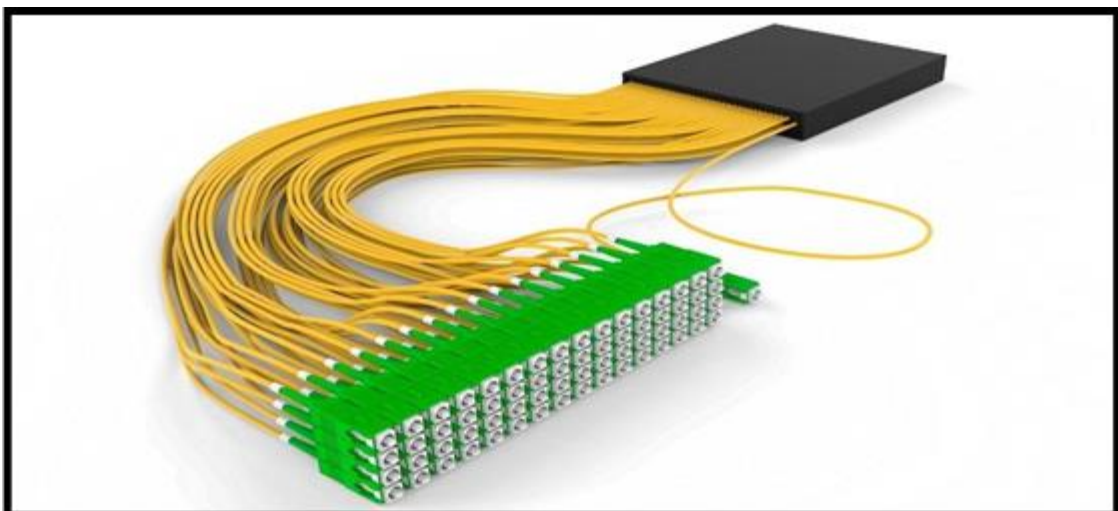
Pérdidas de retorno: Pérdidas por reflejo de señal.

**Tabla 2** Pérdidas de IL

Relación de Split	Pérdida de inserción (dB)
1:2	3,6
1:4	7,2
1:8	11
1:16	14
1:32	17,5

*Nota.* En la tabla 2 se mostrará las pérdidas de IL. Tomada de Abreu, y otros, 2009

**Figura 4** Divisor óptico o Splitter.



*Nota.* Los divisores ópticos son equipos pasivos que dividen la señal óptica en una red PON. Tomada de (Furukawa Solutions, 2021).

### 2.2.3.3 ONT (Optical Network Terminal).

Este es el extremo de la ubicación del usuario de la red de acceso PON. Hay ONT/ONU interiores y exteriores. La diferencia entre las ONT y las ONU es muy pequeña ya que la primera proporciona solo un punto final, mientras que las ONU proporcionan múltiples. (Gavilán, 2013).

Sus principales características son:

- Convierte la señal óptica a eléctrica (viceversa).
- Desmultiplexa la señal en audio, TV, Internet.
- Tomar la electricidad de la red del cliente y llevarla a las tomas.

**Figura 5** Equipo ONT



*Nota.* Se visualiza ONT HUAWEI, en modo ON, y se puede visualizar que el enlace es UP ya que las luces están encendiendo de color verde, si fuera lo contrario se visualizaría luces color Rojo. Tomado de Elaboración propia.

### 2.2.3.4 Fibra Óptica

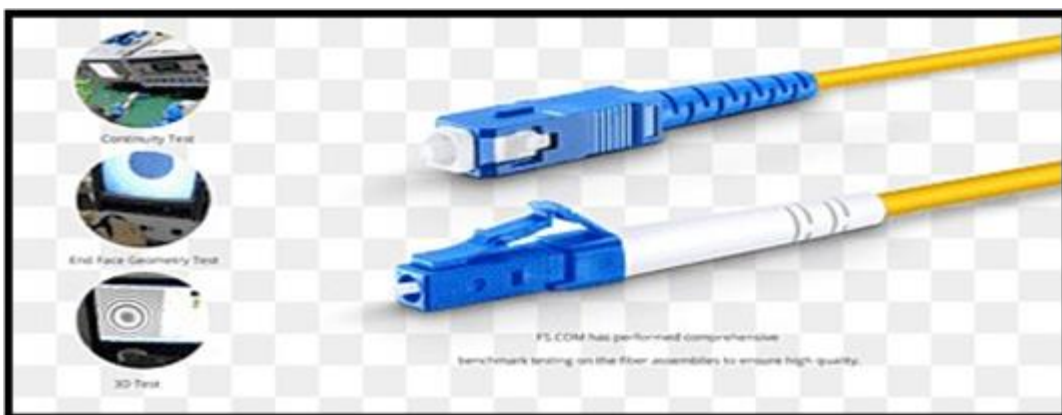
Es el medio por el cual se transmite los datos, de forma física por donde se transmite una señal luminosa que es ocasionada por el láser o LED.

Tipos de fibra óptica:

**Monomodo:** El láser sigue un solo trayecto, genera pequeñas atenuaciones y tiene mayor ancho de banda, perfecto para instalaciones a largas distancias.

**Multimodo:** El láser se dirige a distintos trayectos simultáneamente, pero para instalaciones de cortas distancias.

**Figura 6** Fibra óptica Multimodo



*Nota.* Fibra óptica multimodo y conector LC. Tomado de (pngwing, s.f.).

**Figura 7** Fibra óptica Monomodo



*Nota.* Fibra óptica monomodo con conector SC. Tomado de (pngwing, s.f.).

## Conectores Ópticos

Como sugiere el nombre, los conectores ópticos conectan cables y componentes de red. La generación actual de conectores se basa en el contacto físico entre dos fibras bien pulidas en una vaina para maximizar la transmisión de potencia óptica y minimizar los reflejos ópticos. La alineación de las fibras del manguito se realiza con la ranura del adaptador utilizando la alineación del manguito (Commscope, 2018).

**Figura 8** Tipos de conectores



*Nota.* Tipos de conectores según el requerimiento de las instalaciones. Tomada de Commscope, 2018.

### **2.2.3.5 Router**

Los enrutadores forman y engloban la navegación por internet y son responsables de enrutar los paquetes de datos desde el inicio al final del destino. Técnicamente, los enrutadores deben trabajar con enlaces diferentes, proporcionar diferentes tareas para servicios y participar en algoritmos para realizar los enrutamientos (Ponce, 2004).

Componentes de un Router:

- Puertos de IN:
- Puertos de OUT
- Fábrica de conmutación
- Parámetros de Transmisión

**Figura 9** Router empresariales



*Nota.* Los primeros Routers de acceso (AR) 5G de clase empresarial. Tomado de Huawei,s.f.

### 2.2.3.6 Gateway Dinstar MTG200

Son dispositivos que nos brindaran una excelente comunicación de calidad de voz y la red móvil, estos Dinstar tienen una licencia para 30 channels, solo se realiza un Upgrade de licencia y se podrá disponer de un nuevo puerto. También nos brindaran monitoreo de canales y validación de llamadas. MTG200 ofrece a los usuarios de PBX/IP-PBX un potente dispositivo de ahorro de costos de telefonía y enrutamiento flexible avanzado capacidades entre ISDN PRI a SIP, y también se puede ubicar entre el PBX y el PSTN, ahorrando el costo de un puerto PBX E1/T1 adicional. Es ideal para varias redes de acceso de PYMES, centros de llamadas, telecomunicaciones operadores y grandes empresas. (Bestsol, s.f.).

Características:

- Grupo de códecs de voz.
- Soporta de 1 a 2 E1/T1.
- Admite cancelación de eco, DJB, CNG, y QoS.

**Figura 10** Gateway Dinstar MTG200



*Nota.* Gateway Dinstar MTG200. Fundada en 2011. Tomada de (Bestsol, s.f.)

### 2.2.3.7 Secure CRT

El cliente SecureCRT para Windows, macOS y Linux proporciona una emulación de terminal sólida como una roca para los profesionales de la informática, aumentando la productividad con una serie de formas de ahorrar tiempo y optimizar las tareas repetitivas. SecureCRT proporciona acceso remoto seguro, transferencia de archivos y tunelización de datos para todos en su organización. Para conectarnos al SECURECRT lo realizamos mediante el cable consola ingresando (VANDYKE Software, s.f.).

*Figura 11 Software SECURE CRT*

A screenshot of the SecureCRT terminal window. The window title bar shows two tabs: 'Router' and 'PBX'. The terminal content displays the output of the 'show running-config' command on a router. The configuration includes: version 12.4, no service pad, service timestamps debug datetime msec, service timestamps log datetime msec, no service password-encryption, hostname Router, boot-start-marker, boot-end-marker, logging message-counter syslog, no aaa new-model, and no ipv6 cef. The status bar at the bottom indicates 'Local Shell', '25, 18', '25 Rows, 80 Cols', 'VT100', and 'CAP NUM'.

*Nota.* Configuración de Router en el software Secure CRT. Tomado de Secure CRT.

### 2.2.4 Atenuación

Según (CISCO, 2005) La atenuación es una medida de la pérdida de señal o potencia luminosa que se produce cuando los pulsos de luz viajan a través de fibra multimodo o monomodo. Las mediciones suelen darse en decibelios o dB/km.

- Formula de atenuación del cable óptico (DB):

$$\text{Coeficiente máximo de atenuación de la fibra óptica (dB/km)} \times \text{Longitud (km)} \dots(1)$$

- Formula Atenuación del conector (DB):

Número de conectores  $\times$  Pérdida del conector (DB) .... (2)

- Formula de Atenuación de fusión (DB):

Número de empalmes de fusión  $\times$  Pérdida de empalme de fusión (DB) ... (3)

#### ***2.2.4.1 Pérdidas Extrínsecas***

Las pérdidas externas son a causa por el movimiento mecánico del punto de conexión de las fibras. Esta desviación provoca las pérdidas por radiación porque el receptor de la fibra transmisora no coincide con el receptor de la fibra receptora. (Villareal, 1997).

#### ***2.2.4.2 Pérdidas Intrínsecas***

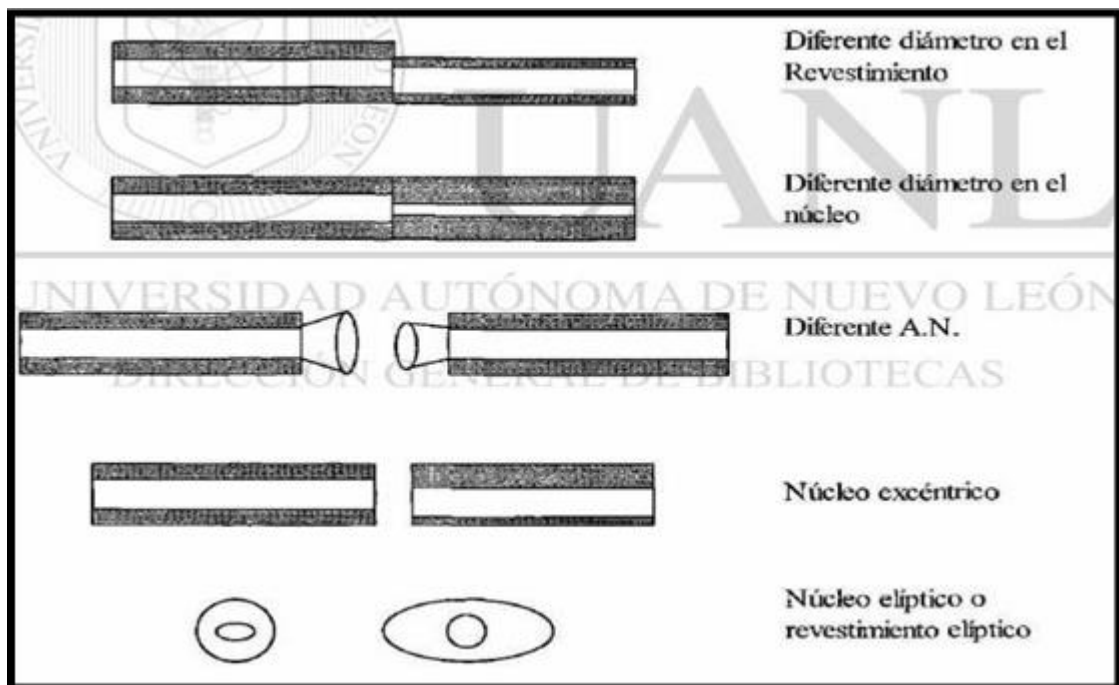
Las pérdidas intrínsecas se generan por cambios de la geometría de la fibra y sus características de diseño. Estas pérdidas tienen también un cambio en el total de las pérdidas del sistema.

Los parámetros son:

- Diámetro de núcleo.
- Elipticidad del núcleo.
- Apertura numérica.
- Perfil del índice de refracción.
- Concentricidad del núcleo y el revestimiento.



**Figura 12** Pérdidas por fallas en la fabricación de la Fibra Óptica.



*Nota.* Pérdidas por fallas en la fabricación de la Fibra Óptica. Tomado de Villareal,1997.

### 2.2.5 Longitud de Onda

Para las fibras monomodo y multimodo usan de manera independiente cada una su tipo de fibra óptica y su tamaño de fibra óptica según lo requieran. Según la medida de la longitud de onda que se está trabajando es lo que afectaría en la pérdida de fibra óptica, teniendo como la pérdida más bajo a 1550nm y la pérdida más alta en 780nm.

Para que se pueda realizar el cálculo de las distancias para los diferentes tipos de enlace se tendrá en cuenta las siguientes tablas de referencia:

**Tabla 3** Para longitud de onda de 1310 nm

	Atenuación/Kilometro (dB/km)	Atenuación /conector óptico(dB)	Atenuación/ Junta(dB)	
<i>Mínimo</i>	<i>0.3</i>	<i>0.4</i>	<i>0.02</i>	<i>Excelente</i>
<i>Promedio</i>	<i>0.38</i>	<i>0.6</i>	<i>0.1</i>	<i>Normal</i>
<i>Máximo</i>	<i>0.5</i>	<i>1</i>	<i>0.2</i>	<i>Mal</i>

*Nota:* Tendremos en cuenta las atenuaciones para longitud de onda de 1310nm.  
Tomado de(CISCO, 2005).

**Tabla 4** Para longitud de onda de 1550 nm

	Atenuación/Kilometro (dB/km)	Atenuación /conector óptico(dB)	Atenuación/ Junta(dB)	
<i>Mínimo</i>	<i>0.17</i>	<i>0.2</i>	<i>0.01</i>	<i>Excelente</i>
<i>Promedio</i>	<i>0.22</i>	<i>0.35</i>	<i>0.05</i>	<i>Normal</i>
<i>Máximo</i>	<i>0.4</i>	<i>0.7</i>	<i>0.1</i>	<i>Mal</i>

*Nota:* Tendremos en cuenta las atenuaciones para longitud de onda de 1550 nm.  
Tomado de (CISCO, 2005).

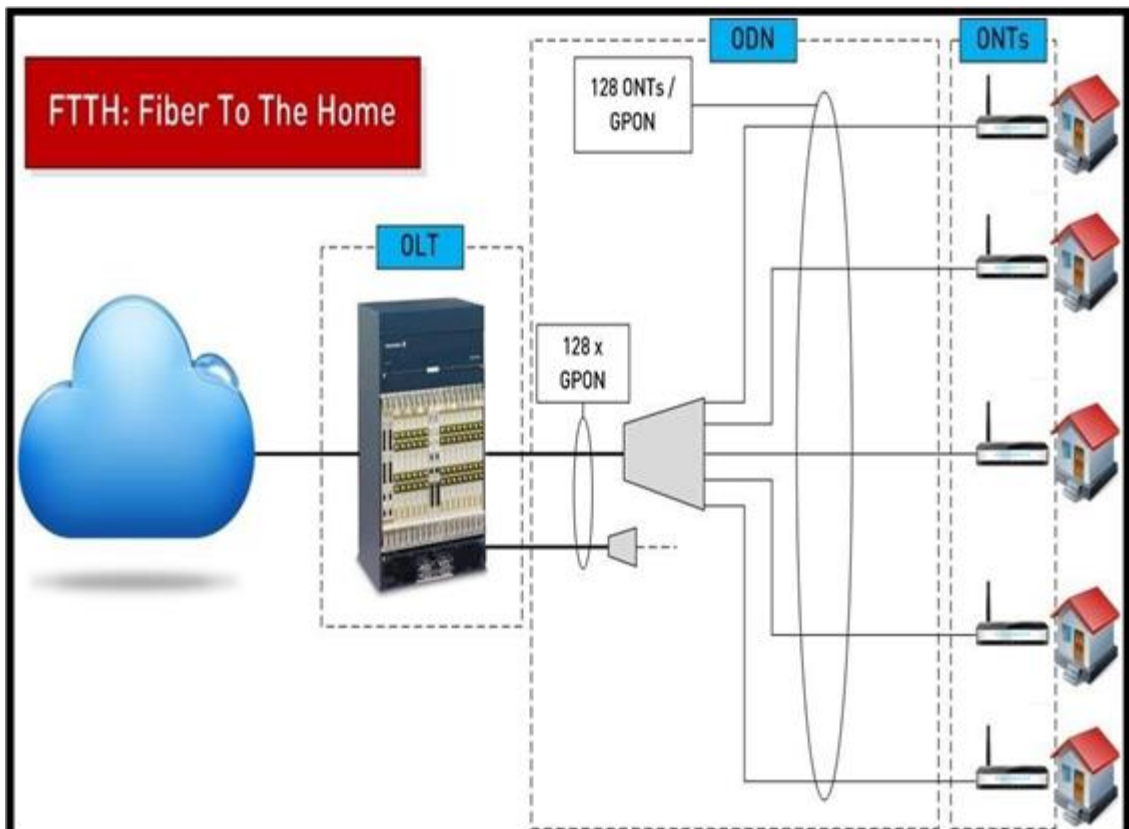
## 2.2.6 Tipos de tecnología FTTX

La tecnología PON se puede desplegar en diferentes configuraciones esto dependerá del tipo de instalación que está realizando y que tan lejos el proveedor brindará los servicios.

### 2.2.6.1 Fibra A La Casa (FTTH)

La ruta de comunicación de fibra óptica será destinada desde los equipos de conmutación hasta la casa o la oficina corporativa. (FTTH countil, 2008).

**Figura 13** Topología Fiber to the Home (FTTH)

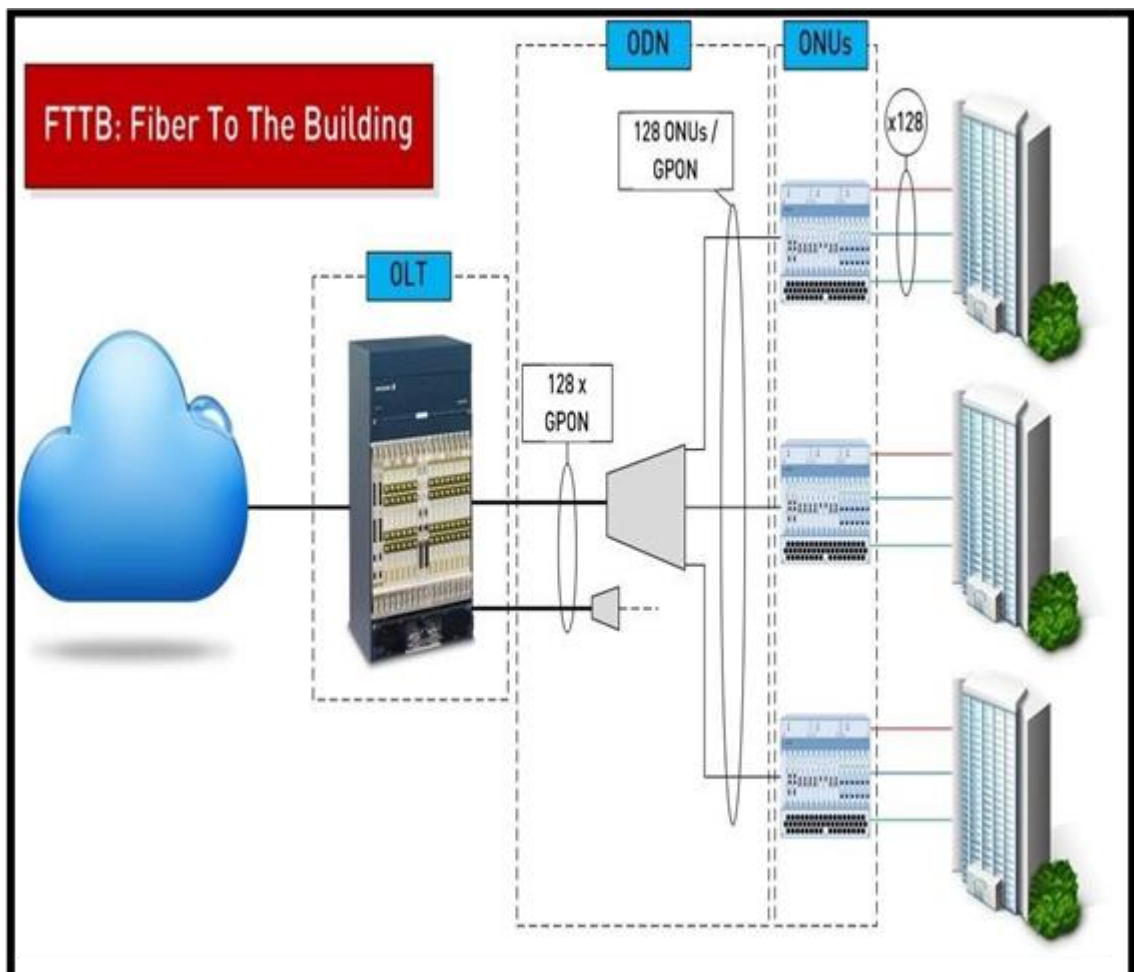


*Nota.* Topología FTTH. Tomado de Martinez T, 2013

### 2.2.6.2 Fibra al edificio (FTTB)

Es la comunicación entre la fibra óptica del equipo de conmutación y el límite de la propiedad privada donde se ubican los hogares o las empresas. (FTTH countil, 2008).

**Figura 14** Topología de Fiber to the Building

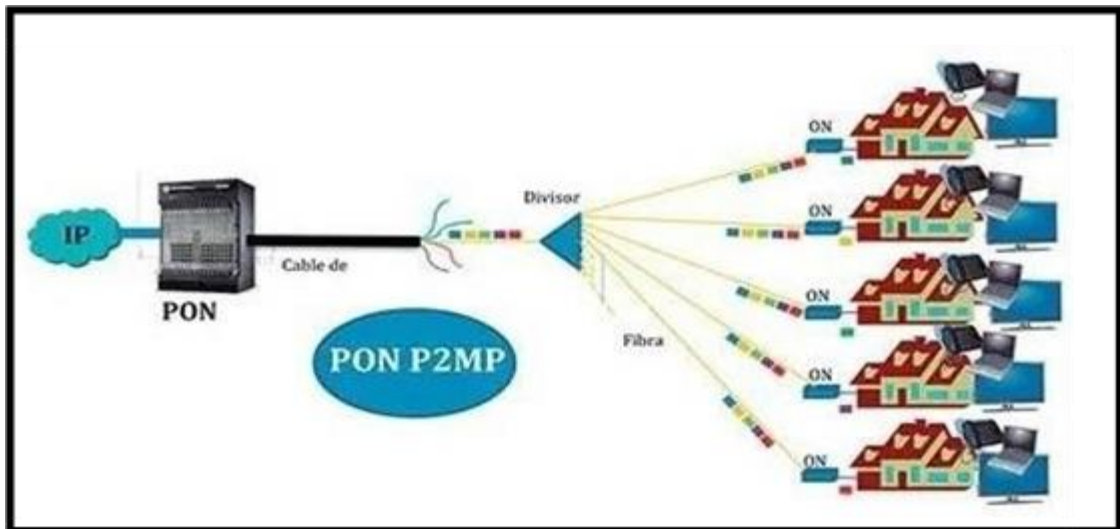


*Nota.* Topología FTTB. Tomado de (Martínez T. , 2013)

### 2.2.6.3 Fibra Al Nodo O Fibra Al Vecindario (FTTN)

La fibra al nodo indica que la fibra se encamina hasta un punto, generalmente una acera o un buzón que se encuentra entre 1000 y 5000 metros del usuario promedio. Por lo tanto, el usuario es atendido por un cable de cobre o una conexión inalámbrica (FTTH countil, 2008).

**Figura 15** Topología de Fiber to Nodo

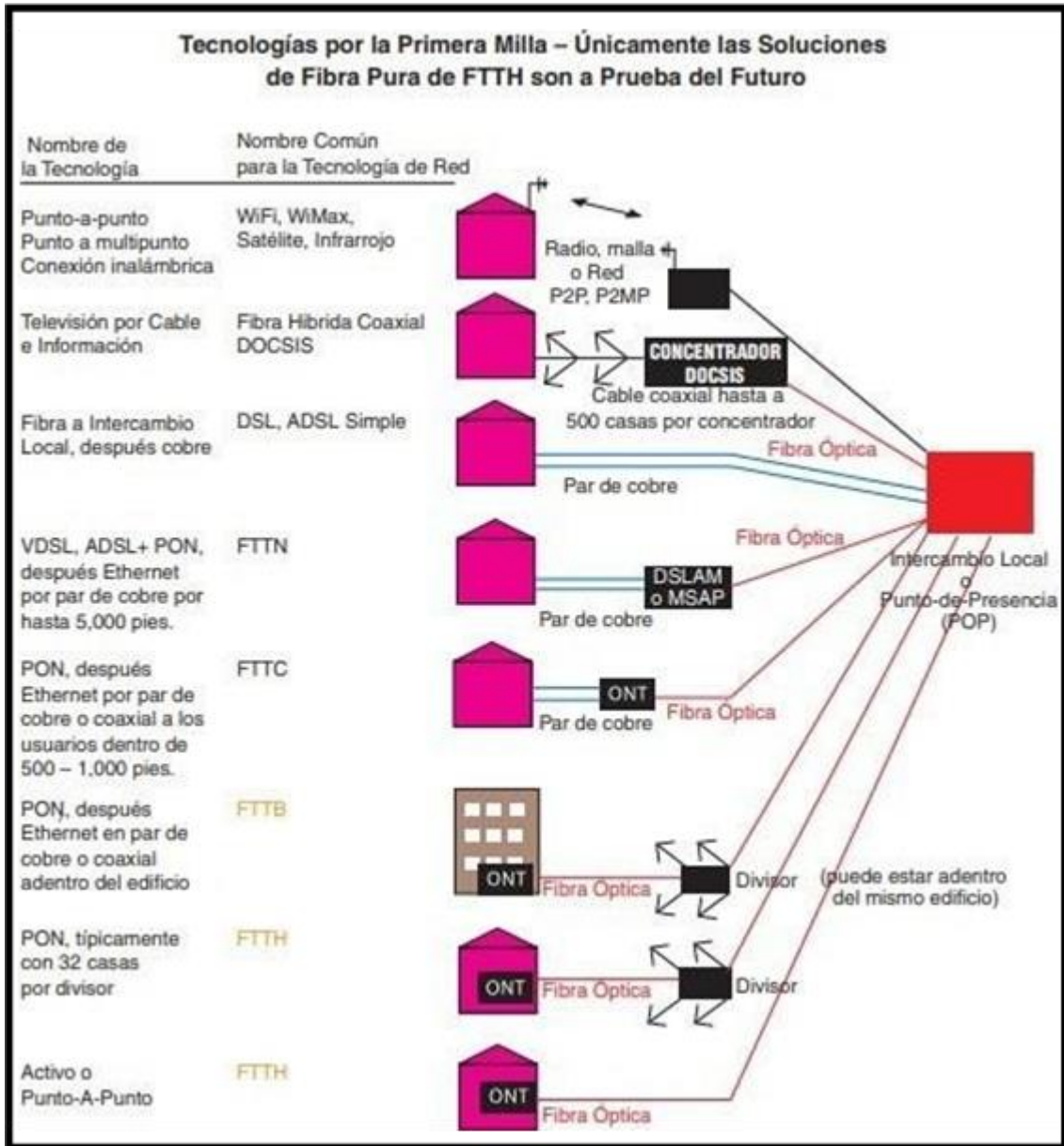


*Nota.* Topología de FTTN. Tomado de Notorio, 2015.

### 2.2.6.4 Fibra para la Oficina (FTTO)

La fibra FTTO (Fiber To The Office) especialmente para los servicios y clientes empresas y ofrece velocidades de conexión de red más rápidas que la fibra de cobre. Esta velocidad dependiendo del número de usuarios que utilicen la misma red puede aumentar y mejorar la calidad. Es una fibra óptica común y su configuración está pensada para la transmisión de internet, llamadas IP, etc. (FTTH countil, 2008).

**Figura 16** Tecnologías desde la primera milla a FTTH.



*Nota.* Podemos visualizar como con el pasar de los tiempos con la tecnología FTTX es más directo la instalación. Tomada de FTTH countil, 2008.

## **2.2.7 Normativa ITU-T G.984.X**

El estándar ITU-T G.984.x ( $x = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ) (ITU-T, 2011) es un estándar integral y altamente recomendado. Proporciona una amplia gama de criterios diseñados para optimizar recursos como equipos pasivos. Además de desarrollar un diseño ideal para evitar reformas. La Tabla 5 describe los parámetros más importantes para la validación de redes FTTH GPON. (Edison & Nikolai, 2016).

### **2.2.7.1 ITU-T G.984.1**

El estándar comenta sobre una la red de fibra óptica que es flexible y puede mantener el mayor ancho de banda que esperan los clientes comerciales. Sistemas clasificados a 2,4 Gbps de descarga y 1,2 Gbps de subida (ITU-T Recommendations, 2008).

### **2.2.7.2 ITU-T G.984.2**

Este estándar menciona una clase que permite operar longitudes de onda para la interfaz R/S. La longitud de onda operativa para descender debe estar entre 1480 y 1500 nm y para ascender entre 1260 y 1360 nm. (Telefonica, 2011).

### **2.2.7.3 ITU-T G.984.3**

El estándar ITU-T G.984.3 indica sobre la capa de convergencia de transmitir para dispositivos que admiten gigabit.

La familia de las redes pasivas son de acceso flexible que cuentan con la capacidad de brindar una alta gama de servicios de banda ancha que puedan trabajar a 2,48832 Gbit/s descendente y 1,24416 o 2,48832 Gbit/s hasta ascendente.

### **2.2.7.4 ITU-T G.984.4**

Este estándar contiene las características del interfaz de control y gestión (OMCI) y del ONT para sistemas G-PON con capacidad de gigabit definidos en las Recomendaciones ITU -T G.984.2 y G.984.3.(ITU- T G.984.4, 2008, pág. 3).

### **2.2.7.5 ITU-T G.984.5**

Se caracteriza por sus bandas de longitud de onda específicamente para las señales de los diferentes servicios suplementarios que multiplexan por división de longitud de onda con capacidad de gigabit para aumentar el valor de las redes.

### 2.2.7.6 ITU-T G.984.6

La ITU-T G.984.6 indica que la arquitectura y los parámetros de interfaz de los sistemas GPON de rango extendido cuando se utiliza un extensor de rango de capa física, como un regenerador o amplificador óptico, en el enlace de fibra entre un terminal de línea óptica (OLT) y la red óptica terminación (ONT). (ITU-T G.984.6, 2008, pág. 3).

**Tabla 5** Norma ITU-T G 984.X

Norma ITU-T G 984.x				
ITU-T G.984.1 (ITU-T, 2011)	Características generales.	Arquitectura del sistema OAM. Tipos de interfaz: servicio, usuario. Alcance lógico.	Tipos de servicio. Tasa física de transmisión y recepción. Rendimiento del sistema.	
ITU-T G.984.2 (ITU-T, 2012)	Medios físicos dependientes.	<b>Parámetros Class B+</b> Potencia óptica máxima Potencia óptica mínima Sensibilidad mínima Potencia óptica mínima de sobrecarga	<b>ONT</b> + 5 dBm +0,5 dBm -27 dBm - 8 dBm	<b>OLT</b> + 5 dBm +1,5 dBm -28 dBm - 8 dBm
ITU-T G.984.3 (ITU-T, 2014)	Convergencia de transmisión	Sub capas GPON TC Rango	Formato de trama Seguridad Ancho de Banda Dinámico. Operaciones, administración y mantenimiento.	
ITU-T G.984.4 (ITU-T, 2011)	Gestión ONT, especificación de la interfaz de control.	Interoperabilidad entre OLTs y ONTs de diferentes proveedores.		
ITU-T G.984.5 (ITU-T, 2014)	Mejoramiento de banda.	Define longitudes de onda reservados para las señales de servicio adicionales utilizando WDM en la futura red GPON. Especifica los requisitos técnicos para la aplicación del filtro de longitud de onda en la ONT.		
ITU-T G.984.6 (ITU-T, 2012)	Mayor alcance.	Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance.		

*Nota.* En la tabla se muestra las normas desde el año 2011. Tomada de Edison & Nikolai, 2011.

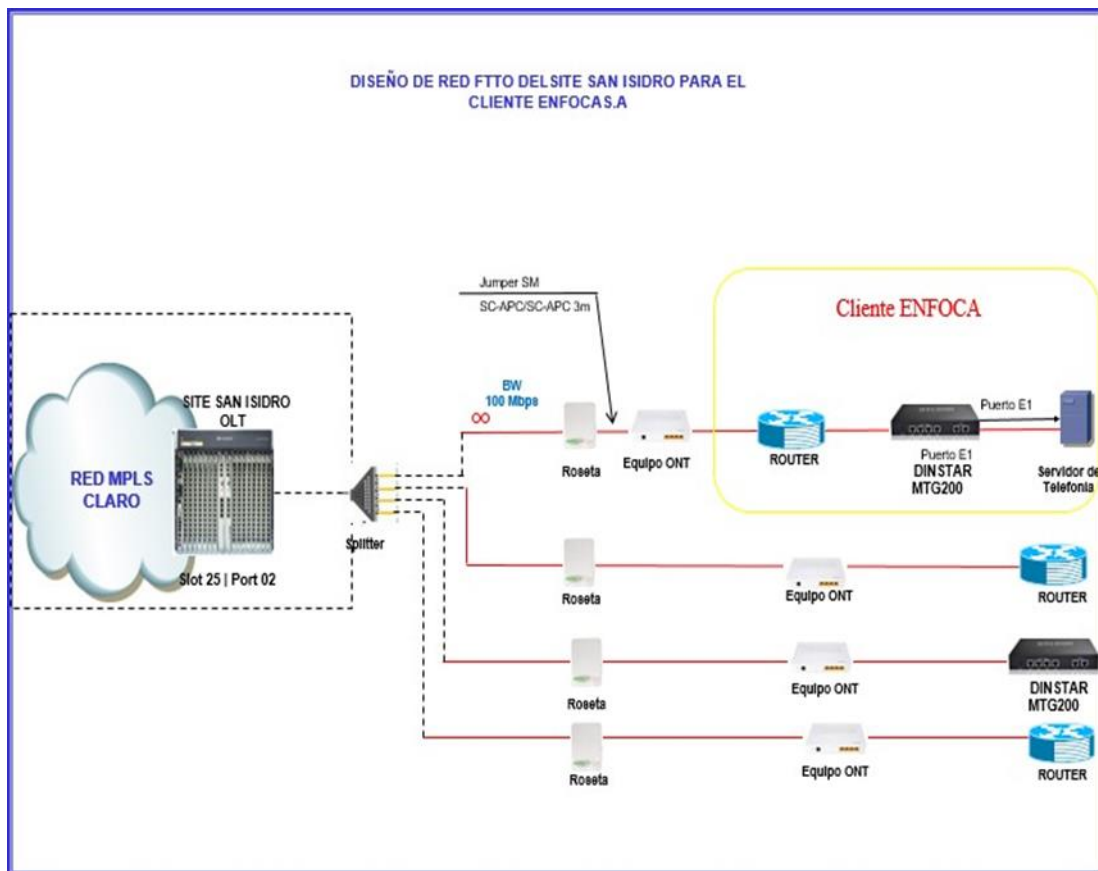


### 2.2.8 Planteamiento del diseño de red FTTO

El diseño que se busca tener en este presente trabajo se puede visualizar en la Figura 17, donde se puede visualizar que desde el ONT podemos obtener la unión de dos servicios de voz y datos.

Iniciando su recorrido desde el OLT del site San Isidro hasta el cliente ENFOCA.

**Figura 17** Diseño de red FTTO del site San Isidro



*Nota.* Diseño de la red FTTO se puede visualizar desde el site San Isidro hasta el cliente Enfoca con los servicios de internet y telefonía. Tomada de elaboración propia.

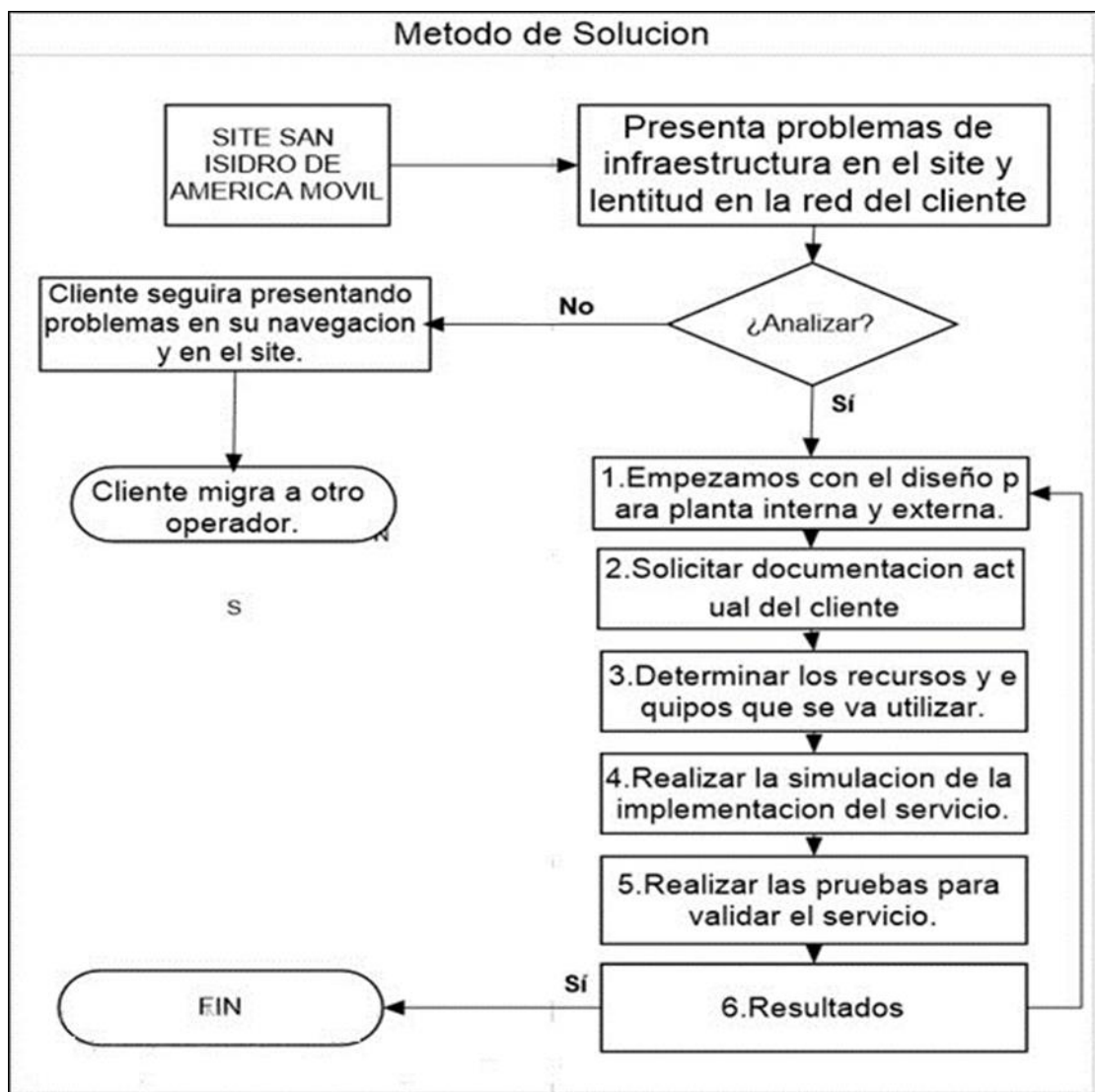
### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Descripción de metodología

El diseño de investigación del presente trabajo es no experimental descriptivo ya que se tuvo como principal fuente para obtener resultados el apoyo de los laboratorios para simular la implementación de la red FTTO para brindar servicios de internet y telefonía en el cliente.

A continuación, presenta el diagrama de método de solución actual para la elaboración del plan de tesis:

**Figura 18** Método de solución



*Nota.* Diagrama de flujo para el diseño de investigación. Tomada de elaboración Propia.

Como se puede visualizar en la Figura 18 como inicio consideramos el Site San Isidro-América Móvil S.A.C el cual actualmente está presentando problemas con los clientes de tecnología última milla e infraestructura , para realizar un estudio de la actual situación de las condiciones realizamos un análisis caso contrario seguirán presentando inconvenientes y con ello generando pérdidas económicas al operador móvil , ya que actualmente los clientes que más requieren este servicio y más comerciales son las empresas, teniendo en cuenta que como empresas cuentan con una sede principal y sedes secundarias , es decir si la sede principal contrata un servicio y realiza el pago mensual de sus servicios contratados(teléfono, internet, cable, equipos, etc) S/2500.00 soles , y cuenta con 15 sedes secundarias , no solo el operador contaría con una pérdida de S/2500.00 soles ya que siendo cliente realizaría la migración de todas sus sedes y servicios contratados al no contar con una buena calidad del servicio es decir mensualmente el operador contaría con una pérdida de alrededor de S/37,500 soles y anualmente tendría una pérdida de S/450.000 soles, es por ello que es vital contar con una mejora del servicio realizando así la migración del servicio de tecnología de última milla a tecnología GPON y con ellos el diseño de la red FTTO, teniendo como resultado la satisfacción del cliente y operador .

### **3.2 Implementación de la investigación**

Tenemos que tener en cuenta que para poder brindarle un servicio de calidad al usuario tenemos que analizar una tecnología que cumpla con lo requerido por el cliente es por ello que consideramos analizar la tecnología GPON.

Según la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) que es la organización de las Naciones Unidas en el rubro de las telecomunicaciones menciona que según ITU-T G.982 indica que la red de acceso óptico es recomendable para los servicios de usuarios empresariales y residenciales ya que las velocidades que estarían brindando llegan hasta las velocidades primarias RDSI el cual permite transmitir voz y datos mediante una misma conexión. La red de acceso óptico aprueba al operador de la red tener un mejor amoldamiento para acoplarse a las expectativas a futuro de los clientes.

También se menciona en la ITU-T G983.1 que la Red de acceso óptico cumple con el apoyo del servicio que necesiten una capacidad de banda ancha superior a la que corresponde a las velocidades básicas, también indica la capacidad que cuenta para transportar los diferentes servicios entre la interfaz de usuario-red y la interfaz de nodo de servicio.

El diseño de la red se basa en la ITU-T G983.1 que indica que el sistema de red de acceso podría ser punto a punto o punto a multipunto para este caso tendremos el diseño de punto a multipunto. Para el caso de escenario de FTTH considera ventajas como el mantenimiento es más accesibles, ya que solo lo necesitaran las fibras ópticas, y mencionan que los usos de fibra son más confiables que la combinación de fibra y metal. Así mismo consideran que económicamente es más accesible.

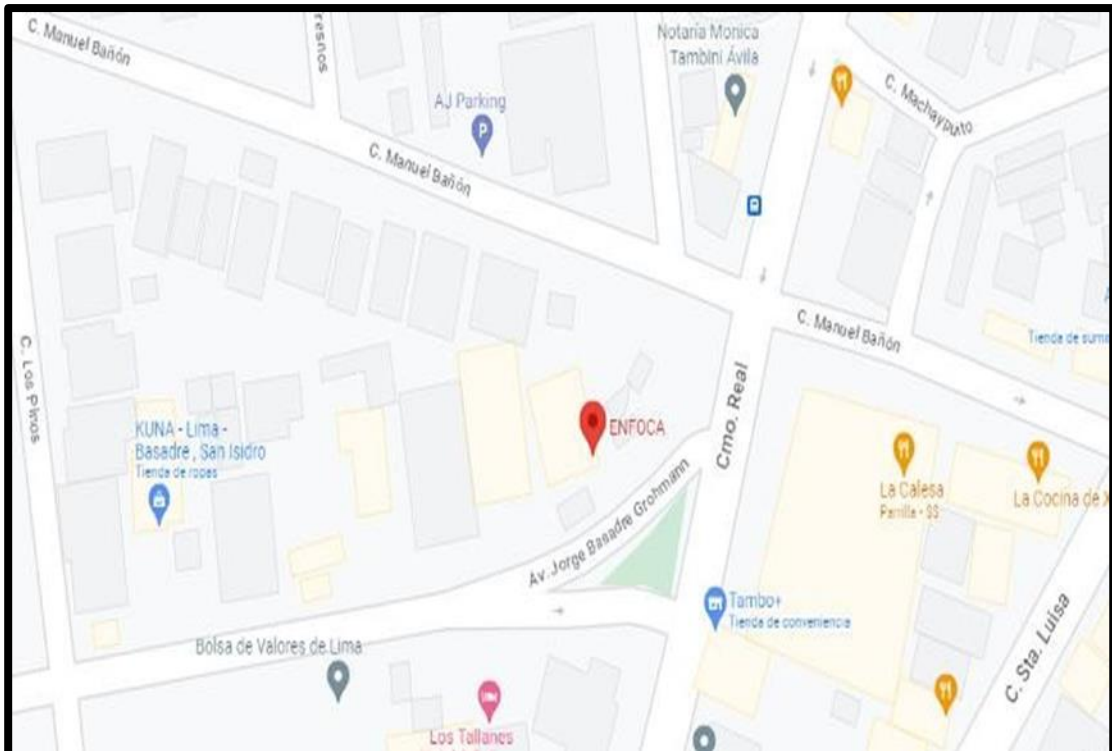
Por lo tanto, podemos concluir que efectivamente la tecnología GPON cumple con las expectativas del cliente ya que como se ha mencionado los estándares ITU garantizan un mejor ancho de banda y la reducción de costos en los recursos y mantenimientos de los equipos.

## Diseño de Despliegue

Para el diseño según ITU-T G984.1 indica que la tecnología GPON tiene una característica principal que es su terminación de línea óptica (OLT) y una terminación de red óptica (ONT). Es por ello que tendremos en cuenta la ubicación exacta del ONT (cliente) y OLT (site) ya que según la ITU-T G984.1 indica como distancia máxima entre el cliente y site debe ser entre 10km y 20km, entre 10km para velocidades superiores a 125Gbit/s.

Es por ello que el diseño comenzara a ejecutarse en el distrito de San isidro en la ciudad de Lima. El diseño de la red FTTO será asignada específicamente al cliente “ENFOCA” que se encuentra ubicada Av. Jorge Basadre 310.

**Figura 19** Ubicación del cliente



*Nota.* Ubicación exacta de la cliente plasmada en Google maps. Tomada de elaboración Propia.

### ***Características del cliente ENFOCA***

La zona en donde se realizará el diseño de la red es una zona empresarial donde está formado mayormente por empresas. En esta ocasión el diseño se centrará para edificios, no para hogares ya que en este caso es una red FTTO (Fiber to the office). En la figura 20 se muestra la fachada del cliente.

***Figura 20*** Fachada del cliente Enfoca

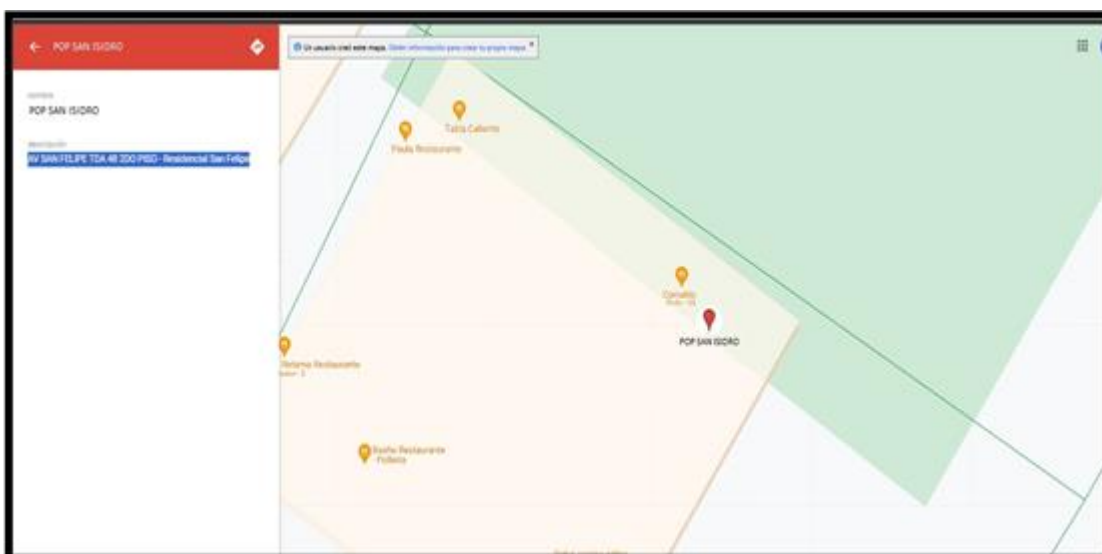


*Nota.* Vista panorámica del cliente Enfoca. Tomada de elaboración Propia.

### ***Ubicación del equipo terminal de línea (OLT)***

El OLT se encuentra en la Av. San Felipe TDA 48 2DO PISO - Residencial San Felipe. En la figura 21 se muestra el lugar donde se encuentra exactamente el site San Isidro (América Móvil).

***Figura 21*** Ubicación del site



*Nota.* Ubicación del site San isidro en la app de América móvil. Tomada de Elaboración Propia.

Para realizar el diseño del cliente se debe tener en cuenta dos áreas que son el área de planta externa y planta interna.

Para el caso del diseño exterior se va contar con el apoyo del área de planta externa el cual nos brinda los datos correspondientes del diseño. El cableado que realizan hasta la data center del cliente. Como veremos a continuación:

**Figura 22** Ubicación entre el site San Isidro y el cliente Enfoca.



*Nota.* Se puede visualizar en el perfil de elevación que la distancia entre el cliente y el site es 2.20km. Tomada de elaboración Propia.

Según estándar ITU-T G984.1 se está cumpliendo con el diseño de ubicación entre el OLT y el ONT ya que actualmente como se visualiza en la figura 22 no se supera los 20km.

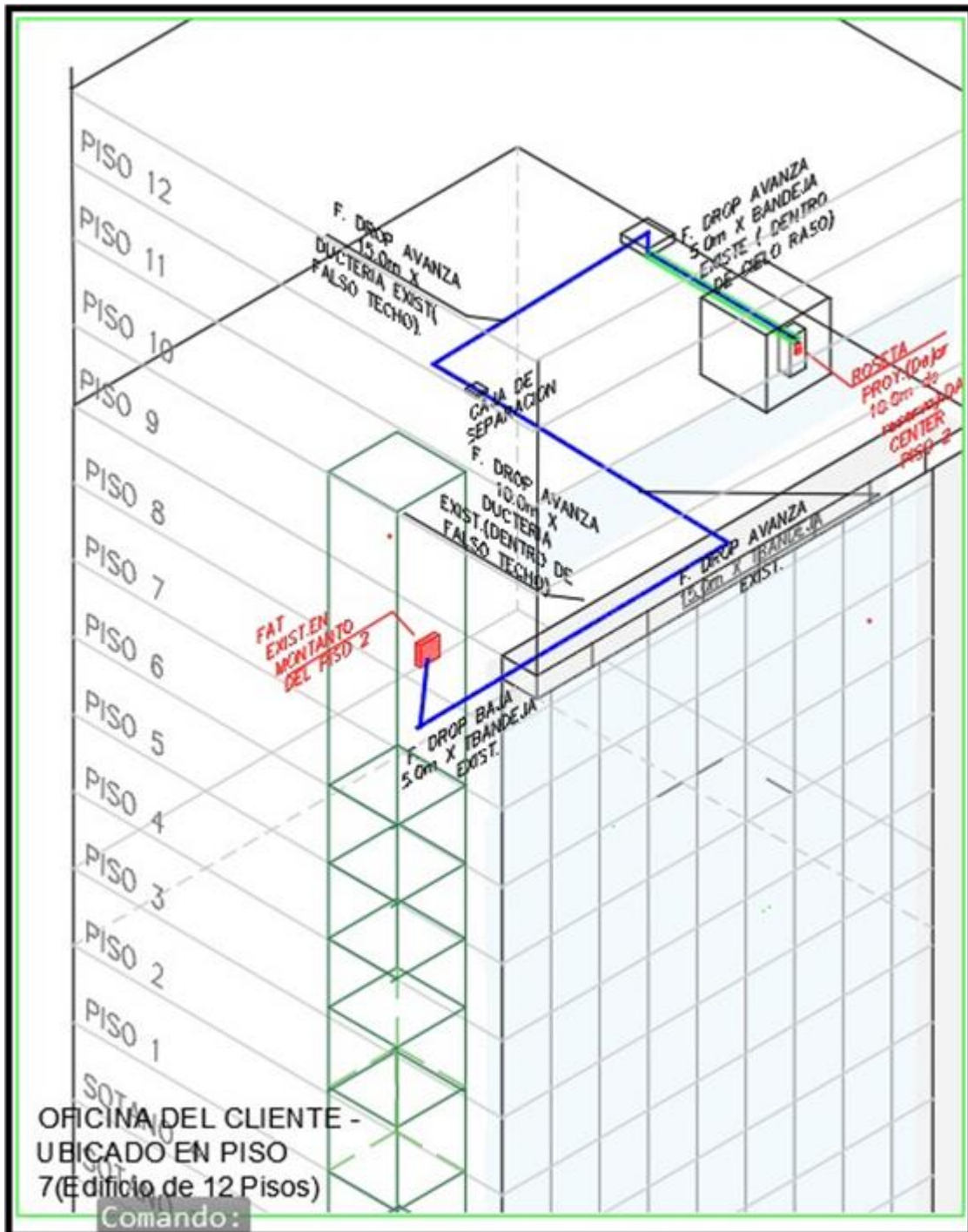
### **Diseño de planta externa**

Primero se debe plasmar el diseño en AutoCAD del recorrido de la fibra drop hasta la roseta del cliente, de manera inicial tenemos en cuenta las características del cliente. En este caso contamos con el cliente Enfoca que actualmente es un edificio de 12 pisos, la sala de cómputo del cliente será realizada en el piso 7 como se puede visualizar en la figura 23. También tendremos en cuenta las normas del ICG indica que para la canalización inferior se debe realizar la canalización mediante ductos, tuberías, canaletas, etc. Estos ductos se rigen al uso estricto para los servicios que brindan el rubro de telecomunicaciones. En este caso del diseño se opta por la canalización por ductos y debe ser en línea recta e instalar en zonas comunes de la sala de cómputo. Así mismo en las ICG indican el tipo de caja que deben contar y es del tipo B, ya que ese



sería específicamente para la canalización de interiores para cables cobre y fibra óptica.

*Figura 23* Vista Isometrica del cliente.



*Nota.* Se realizará el tendido de la fibra desde el piso 8 hasta el data center en el piso 7.

Se considera usar 60 metros. Tomada de elaboración Propia.

Realizando una visita técnica en el cliente se puede verificar el despliegue del diseño de la fibra drop mediante toma fotográfica.

**Figura 24** FAT existente ubicada en el 8 piso del cliente



*Nota.* FAT existente ubicada en el 8 piso del cliente (cuenta con 4 puertos disponibles). Tomada de elaboración Propia.

**Figura 25** Instalación de la fibra drop.



*Nota.* Fibra Drop baja internamente en dirección del piso 7 por la ducteria existente. Tomada de elaboración Propia.

**Figura 26** Instalación de la fibra drop.



*Nota.* Fibra Drop sube por ducteria existente a falso techo. Tomada de elaboración Propia.

**Figura 27** Instalación de la fibra drop.



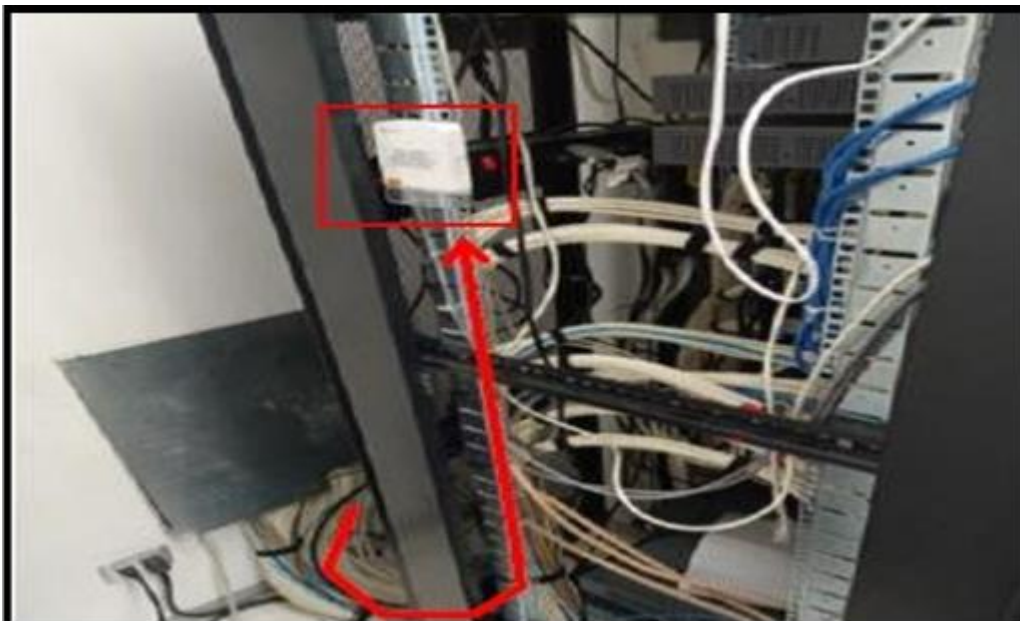
*Nota* Fibra Drop continúa su recorrido por ducteria existente dentro del falso techo. Tomada de elaboración Propia.

**Figura 28** Instalación de la fibra drop.



*Nota.* Fibra Drop finaliza su recorrido llegando a la data center del cliente ubicado en el piso 7 y sube al gabinete. Tomada de elaboración Propia.

**Figura 29** Instalación de la Roseta



*Nota.* Fibra Drop finaliza su recorrido concluyendo en la instalación de la roseta. Tomada de elaboración propia.

*Figura 30* Medición de la roseta instalada



*Nota.* Mediante el power meter validamos la potencia de recepción. Tomada de elaboración propia.

Como se puede visualizar en figura 30 que la potencia de recepción desde el OLT hasta el cliente es de -14.90 dBm se procede a medir en la onda de recepción 1310, para ello tenemos que tener en cuenta el equipo ONT HG8040H Bridge Terminal 4GE es un equipo pasivo el cual no trabaja con una potencia de salida por el contrario el recibe la potencia para que pueda establecer un buen enlace de fibra teniendo en cuenta que su sensibilidad de recepción es de -27 dBm. Podemos validar por parte de planta externa que el recorrido de la fibra drop e instalación de la roseta está dentro del parámetro mencionado. De igual manera también se cuenta con informe de parte del área de Planta externa de la validación de la conexión, como se puede visualizar en las siguientes figuras.

Figura 31 Reporte del Iolm

### Informe de iOLM ✓ Correcto

**Información general**

Nombre de archivo:	ENFOCA - SOCIEDAD ADMINISTRADORA DE FONDOS DE INVERSION S.A.		
Fecha de la prueba:	06/06/2023	Cliente:	ENFOCA - SOCIEDAD ADMINISTRADORA DE FONDOS DE INVERSION S.A
Hora de la prueba:	01:26:27 p.m.	Empresa:	CORYTEL
ID de trabajo:	56339263	Comentarios:	

Nota. Se visualiza la información básica del cliente. Tomada de elaboración propia

Figura 32 Reporte del enlace

### Resultados de iOLM

Longitud de tramo: 5.1086 km Estado de adquisición: Finalizada

Longitud de onda (nm)	Pérdida de tramo (dB)	ORL de tramo (dB)
1625	18.122	56.41

Nota. Se visualiza la longitud de onda 1625nm. Tomada de elaboración propia

Figura 33 Reporte del enlace

### Informe de iOLM ✓ Correcto

**Tabla de elementos**

Tipo	N.º	Pos./L. (km)	Pérdida (dB)		Refl. (dB)	At. (dB/km)	Pérdida acumul (dB)
			1625 nm	1625 nm	1625 nm	1625 nm	
Conector	1	0.0000	0.469	---	-83.0	---	0.469
Sección		0.0053	---	---	---	---	0.469
Divisor 1:4*	2	0.0053	7.036	---	-64.4	---	7.506
Sección		0.9869	0.192	---	---	0.194	7.697
Divisor 1:8*	3	0.9922	9.650	---	-69.3	---	17.347
Sección		4.1165	0.778	---	---	0.189	18.125
Conector*	4	5.1086	---	---	-40.5	---	---

\* Para caracterizar la pérdida e incluir el elemento en ORL y pérdida de tramo, se necesita una fibra de recepción.

Nota. Se visualiza la información del enlace. Tomada de elaboración propia.

### **Diseño de planta interna.**

En el caso de diseño de planta interna también se inicia con el lineamiento de ICG que menciona que el cuarto de telecomunicaciones o data center debe contar con aire acondicionado y que la tensión nominal mínima debe ser 220v.

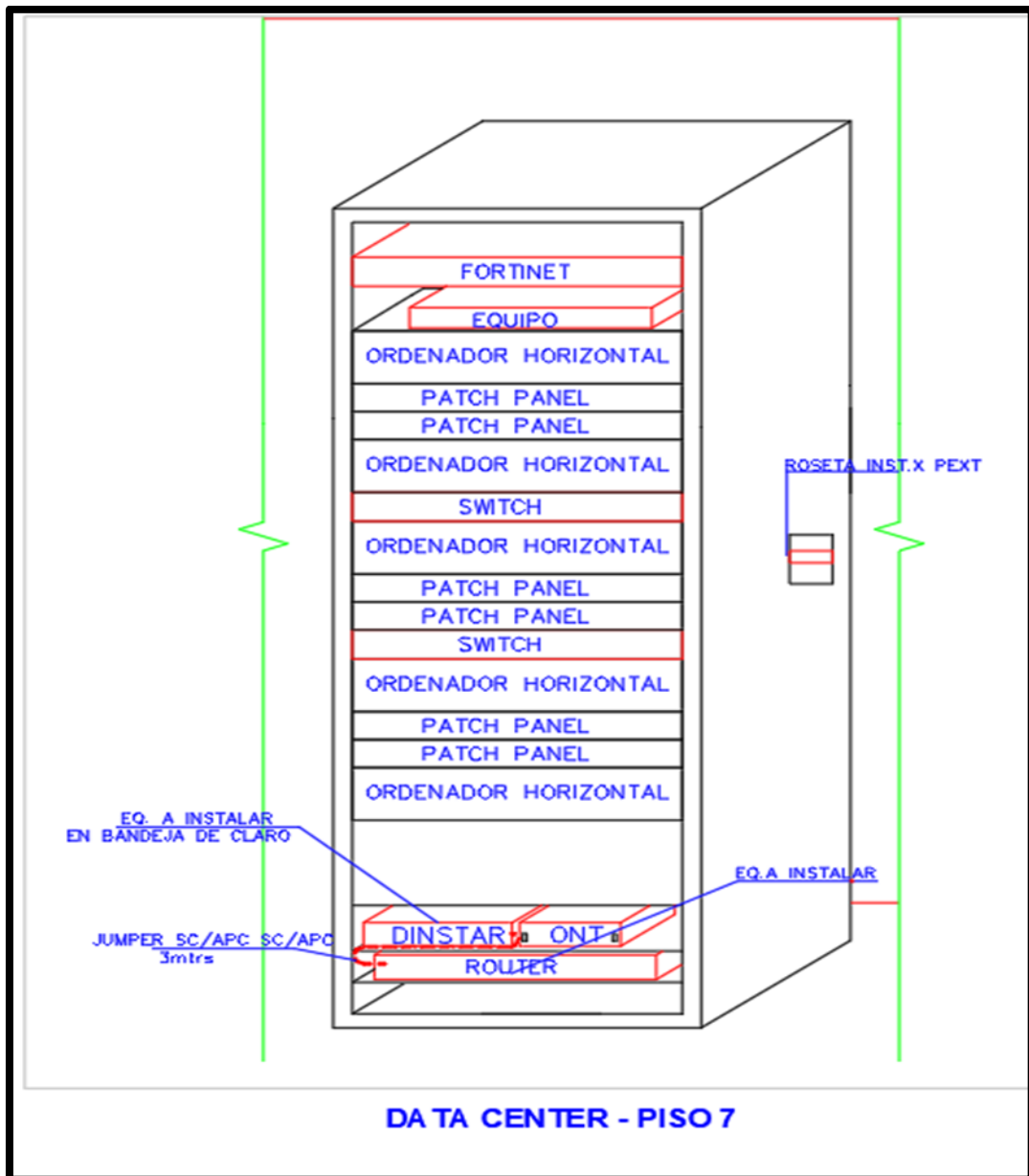
También conforme con la norma ISO/IEC 14763-2:2012 Implementación y operación de cableado en las instalaciones del cliente, indica que los gabinetes deben contar con radio de curvaturas que permita la instalación correcta de los cables de fibra óptica.

Es por ello que para comenzar con el diseño en AutoCAD en la data center una vez ubicado la roseta ya instalada por parte del equipo de planta externa, ya que desde ese punto se contará con el inicio del diseño.

Para el diseño de planta interna se tendrá en cuenta los equipos a instalar y que cumplan con lo requerido por el cliente características del equipo, marca y modelo. Se considera también el espacio que brindara y los tomacorrientes disponibles.

Como se puede visualizar en la figura 34 se muestra el diseño establecido donde se bosqueja la instalación a futuro del servicio.

Figura 34 Vista panorámica de la data center del cliente.



Nota. El diseño de la instalación de los equipos en la parte inferior del gabinete del cliente. Tomada de elaboración propia.



## **Análisis de equipos**

Para realizar el análisis con que equipos trabajaremos, se tendrá en cuenta el requerimiento del cliente, su antecedente y la mejora del servicio para brindarle un servicio de calidad.

Por los datos mencionados podemos decir que el cliente actualmente cuenta con un equipo CISCO 881-K9 y con 10 Mbps.

Los equipos que se propone son:

### **Router Cisco ISR 1121-4P**

Los routers ISR de servicios integrados cisco de la serie 1000 son enrutadores que cuentan con muchos beneficios, son pequeños equipos, pero potentes y cuentan con conexión de mayor ancho de banda, nivel de WAN cuenta con puertos de módulos y GigaEthernet. También con los ciscos ISR nos permitirá incrementar el ancho de banda para el servicio del cliente mejorando así la navegación de subida y bajada.

Para la configuración del router Cisco ISR 1121-4P, cuenta con puerto consola el cual nos permitirá ingresar al router mediante el cable consola, en esta ocasión lo realizaremos mediante el programa SecureCRT . En la siguiente tabla 6 se mostrará las características:

**Tabla 6** Características del Router CISCO ISR 1121-4P

	Características
<i>Fabricante</i>	<i>Cisco System</i>
<i>Dimensiones (H x W x D)</i>	<i>1.65 x 10.80 x 7.85 in.</i>
<i>Weight</i>	<i>3.43 lb (1.55Kg)</i>
<i>Memoria</i>	<i>DRAM:4GB FLASH:4GB</i>
	<ul style="list-style-type: none"><li>● <i>AC input voltage: Universal 100 to 240 VAC, 50 to 60 Hz</i></li></ul>
<i>Fuente de alimentación externa</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>● <i>Output voltage: 12 VDC</i></li><li>● <i>Maximum output power: 66W</i></li><li>● <i>Requires 150W power supply for optional PoE and PoE+</i></li><li>● <i>PoE output voltage of -53.5 VDC</i></li></ul>

*Nota.* Características del Router CISCO ISR 1121-4P. Tomado de (Cisco.com, 2023)

**Figura 35** Imagen panorámica del Cisco ISR 1121-4P



*Nota.* Se visualiza el cisco ISR1121-4P parte Frontal. Tomado de elaboración propia.

**Figura 36** Cisco ISR 1121-4P-



*Nota.* Se visualiza el cisco ISR1121-4P parte Posterior. Tomado de elaboración propia.

## ONT HG8040H Bridge Terminal 4GE

Es un ONT de tipo puente utilizada para brindar el acceso totalmente óptico de Huawei, con este modelo se implementará el acceso de banda ultraancho mediante la tecnología Gpon. El cual nos brindará 4 puertos GE, que nos permitirá contratar hasta 4 servicios internet, telefonía, cable, etc. También nos brindara una calidad de servicio ya que su capacidad de reenvió de alto rendimiento ofrecerá servicios de datos y video HD, garantizando a los usuarios soluciones con excelente calidad. En la siguiente tabla 7 se mostrará las características. Según las normas ITU-TG984.4 indica que la roseta ya instalada en la sala computo del cliente Enfoca está conectada mediante los conectores SC/APC con 8° de inclinación.

**Tabla 7** Características del ONT HG8040H

	Características
<i>Modelo</i>	<i>HG8040H</i>
<i>Dimensiones (Anx An xPr)</i>	<i>176mm x 138.5 mm x 28mm.</i>
<i>Weight</i>	<i>&lt;500 gramos</i>
<i>Potencia de Recepción</i>	<i>&lt;-27 dBm</i>
<i>Fuente de alimentación del sistema</i>	<i>11-14V DC, 1A.</i>
<i>Entrada del adaptador de corriente</i>	<i>100-240V CA,50-60hz.</i>

*Nota.* Características del ONT HG8040H BRIDGE. Tomado de (Cisco.com, 2023).

**Figura 37** Chasis del ONT HG8040H



*Nota.* Se visualiza el cisco ONT HG8040H parte Frontal. Tomado de elaboración propia.

**Figura 38** Chasis del ONT HG8040H



*Nota.* Se visualiza el cisco ONT HG8040H parte Posterior. Tomado de elaboración propia.

**Figura 39** Serie del equipo ONT



*Nota.* Se puede visualizar en la parte de atrás del equipo el punto de conexión de la fibra SC/APC y la roseta. Tomado de elaboración propia.

### **FIBRA OPTICA SC/APC**

La fibra G.652 es una fibra más requerida ya que tiene como característica dos longitudes de ondas 1310 nm y 1550 nm, Según las recomendaciones de UIT.T L.36 la terminación APC permitirá reducir a niveles bajos la potencia de reflejada. Los ángulos característicos son 8° o 9° para este tipo de fibra.

**Figura 40** Fibra óptica SC/APC



*Nota.* Fibra óptica SC/APC 3 mtrs. Tomado de elaboración propia

## **DINSTAR MTG 200**

El Dinstar MTG200 es uno de los equipos más rentables y comerciales en el mercado, es por ellos que su selección, permite enviar la señal E1 por la LAN hacia una central SIP, que se encuentre ubicada en otro lugar.

Este equipo Dinstar permite la distribución de varias centrales de un solo servicio de E1. También cuenta con un bajo consumo eléctrico que contribuye en el ahorro para el usuario y fácil instalación y reemplazo en centrales de alta producción.

**Figura 41** Equipo Dinstar – MTG 200



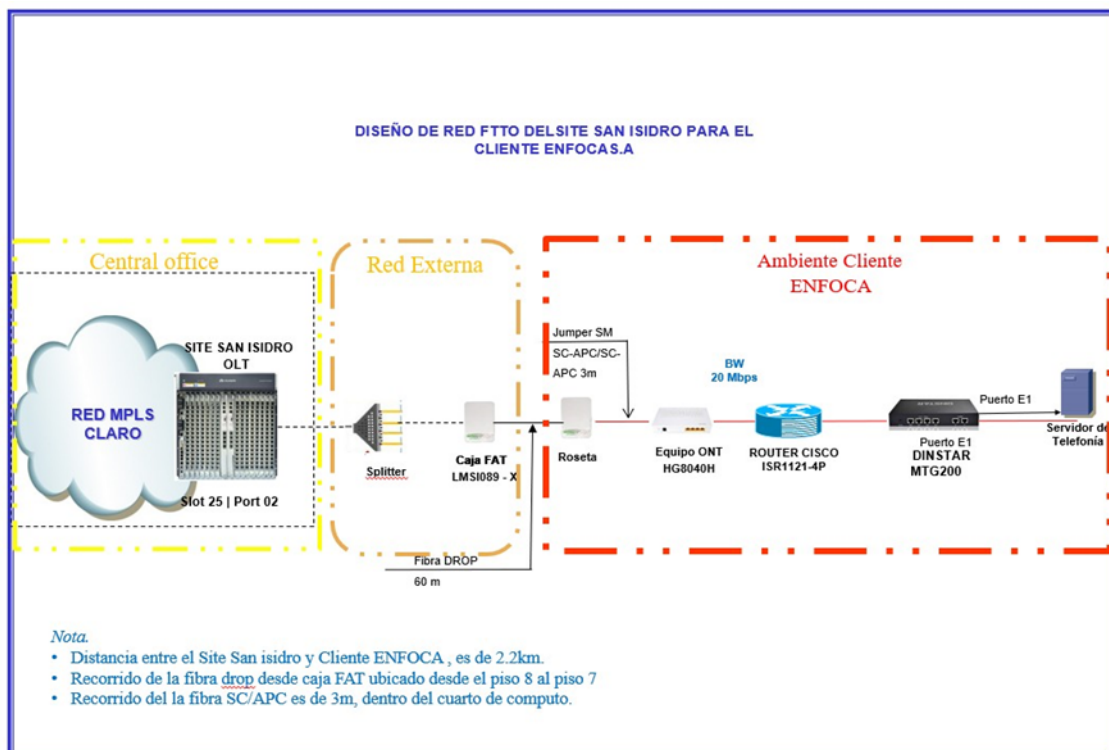
*Nota.* Dinstar modelo MTG200, parte frontal del equipo. Tomado de elaboración propia.

**Tabla 8** Características del DINSTAR MTG200

Puertos	Estado	Descripción
Power	Verde	Encendido
	Rojo	Apagado
ALM	Rojo	Puerto enlace no funciona.
	Apagado	Puerto enlace funciona
	Apagado	El puerto E1/T1 no está funcionando.
E1/T1	Verde	El puerto E1/T1 está funcionando correctamente.
	Flash	El puerto está conectado, pero no funciona correctamente.
	-	-
Consola	-	Se puede utilizar RJ45, RS2323.
RST	-	Botón de reseteo.

*Nota.* Dinstar modelo MTG200, parte frontal del equipo. Tomado de Dinstar (2011).

**Figura 42** Diseño de Red FTTO para el site San Isidro para el cliente ENFOCA.



*Nota.* Diseño final de la implementación con los equipos asignados. Tomado de elaboración propia.

### 3.2.1 Pruebas realizadas

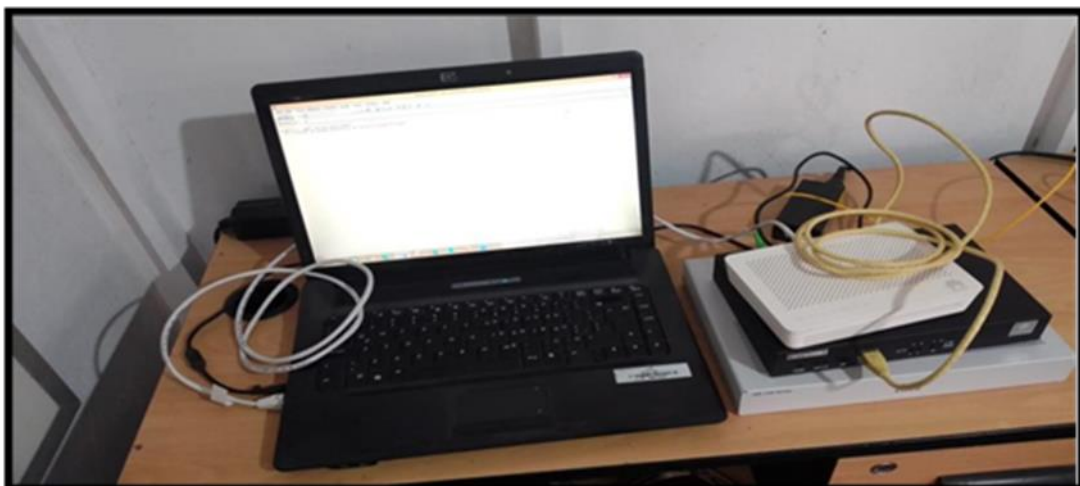
En esta oportunidad realizaremos la simulación en el laboratorio con el cliente piloto Enfoca para ello realizamos primero la instalación de los equipos como veremos a continuación.

**Figura 43** Instalación de los equipos Router



*Nota.* Conexión del Router al programa Secure CRT, mediante el cable Consola. Tomado de elaboración propia.

**Figura 44** Instalación de los equipos



*Nota.* Conexión de los equipos físicos para la configuración. Tomado de elaboración propia.



Una vez realizada la Conexión de los equipos empezamos con la configuración en el router como veremos a continuación.

**Comando 1:** Se utiliza para asignarle el nombre del router

- hostname Piloto1-Untels

**Comando 2:** Se utiliza para empezar el arranque y visualizar la versión del modelo cisco.

- boot-start-marker
- boot system flash c1100-universalk9.17.03.04a.SPA.bin
- boot-end-marker

**Comando 3:** Colocaremos la contraseña del servicio de internet que se maneja de forma universal.

- enable secret scylla&//

**Comando 4:** Empezaremos configurar el tacacs el cual nos permitirá tener el control de acceso del controlador de acceso a terminales.

- aaa new-model (Entramos a configurar el tacacs)
- aaa authentication login default group tacacs+ enable (Al ingresar configuramos la autenticación)
- aaa authentication enable default group tacacs+ enable
- aaa authorization commands 1 default group tacacs+ none (Sin privilegios, acceso al room del router es decir los comandos básicos).
- aaa authorization commands 15 default group tacacs+ none (Privilegiado, acceso a lectura, pero con mayor cantidad de comando en troubleshooting).
- aaa accounting exec default start-stop group tacacs (Al ingresar configuramos el conteo, es decir el número de veces que el usuario se iniciara sesión)
- aaa accounting commands 1 default start-stop group tacacs+
- aaa accounting commands 15 default start-stop group tacacs+
- aaa accounting network default start-stop group tacacs+ (Crea los grupos a nivel de red).
- aaa accounting connection default start-stop group tacacs+ (Se confirma la ejecución de los comandos).

- aaa session-id common (Salimos del Tacacs)

**Comando 5:** Ingresamos el comando IP VRF el cual nos permitirá partir de manera virtual en el router para tener la conexión entre el servicio de internet y telefonía.

- ip vrf 100 (Para LAN telefonía)
- ip vrf 19 (Nos permitirá conectar entre la WAN del Dinstar y la WAN de Claro de manera bridge es decir mediante un puente).
- ip vrf 4090 (Para WAN del servicio de telefonía).

**Comando 6:** Ingresamos los comandos DNS para que nos permita navegar, estas Ips son asignadas por Claro.

- ip name-server 200.62.191.11
- ip name-server 200.24.191.11
- ip name-server 200.62.191.12
- ip name-server 200.24.191.12

**Comando 7:** Ingresamos el comando para omitir los errores al digitar un comando erróneo.

- no ip domain lookup.

**Comando 8:** Configuramos el DHCP del cliente si en caso el cliente lo solicite para permitir que el cliente pueda conectar cualquier equipo y así poder navegar de manera automática.

- network 192.168.1.0 255.255.255.0 (Agregamos la IP del Router)
- default-router 192.168.1.1 (Agregamos la IP de LAN del Router)

**Comando 9:** Ingresamos los comandos DNS para que nos permita navegar, estas Ips son asignadas por Claro.

- ip name-server 200.62.191.11
- ip name-server 200.24.191.11
- ip name-server 200.62.191.12
- ip name-server 200.24.191.12

**Comando 10:** Creamos el puente de comunicación colocando como ID: 1 (El número del ID es aleatorio).

- bridge-domain 1

**Comando 11:** Creamos las VLAN

- vlan 19 (Creamos esta VLAN para permitir conectar entre la WAN del

Dinstar con la WAN de Claro de forma Bridge)

- name GESTION-DINSTAR
- Vlan 100 (Creamos esta VLAN para LAN del servicio de telefonía)
- name VLAN-E1

**Comando 12:** Configuramos las políticas que son la calidad del servicio asignamos COS5 para dar prioridad al servicio este puede ser telefonía o video.

Empezaremos con configuración del COS5 en este caso para el servicio de telefonía.

- class-map match-any P5\_E1 (Se crea P5 a nivel LAN)
- match ip dscp cs5 (Marca el tráfico del servicio de telefonía)
- match ip dscp cs6 (Marca cualquier tráfico a nivel de red de enrutamiento dinámico BGP)
- match access-group name qos5\_E1 (Se crea P5 a nivel WAN)
- class-map match-any qos5\_E1
- match ip dscp cs5 (Marca el tráfico del servicio de telefonía a nivel WAN)
- match ip dscp cs6 (Marca cualquier tráfico a nivel de red de enrutamiento dinámico BGP a nivel WAN)

**Comando 13:** Crea la política que se utilizara en la interfaz de LAN.

- policy-map SetDscpLan\_E1
- class P5\_E1 (Se realiza la creación de clases de Telefonía)
- set ip dscp cs5 (Marca el tráfico a nivel de IP)
- class class-default (Tráfico por default como prioridad)
- set ip dscp cs5 (Tráfico en prioridad es Cos5)

**Comando 14:** Crea la política y limita el ancho de banda que se le brindara al cliente para el uso exclusivo de telefonía.

- policy-map wan (Crea la política a nivel WAN)
- class qos5\_E1 (Ingresamos a la clase cos5 para configurar el ancho de banda que se utilizara el servicio de telefonía-2Mbps).
- police 2048000 384000 768000 conform-action transmit exceed-action drop (El tráfico permitido será de 2Mbps y si llegara a superar el ancho de banda limitado empezara a rechazar los paquetes).
- priority level 1 (Nos indica que la política de COS5 es la prioridad,

comando especialmente para cisco ISR).

- class class-default
- fair-queue (Ordena el tráfico en su cola adecuada).
- policy-map Shape2048\_E1 (Este comando inserta dentro de la interfaz WAN).
- class class-default
- shape average 2049000 (Indica el ancho de banda máximo).
- service-policy wan

**Comando 15:** Empezamos la configuración de la WAN a nivel físico, la configuración de los puertos dependerá de los puertos físicos disponibles.

- interface GigabitEthernet0/0/0 (En este caso configuramos puertos 0/0/0).
- description Interfaz Wan (Asignamos el nombre).
- load-interval 30 (Indica que cada 30 seg. hará un refresh del tráfico que hay a nivel de la interfaz de la WAN).
- media-type rj45 (Indica que utilizamos el puerto interfaz con Rj45)
- speed 100 (Indica la velocidad aplicada para la negociación del enlace físico).
- no negotiation auto (Se deshabilita la negotiation automática y nosotros colocamos manualmente).
- Speed 100, dúplex full

**Comando 16:** Creamos la instancia para el puenteo

- service instance 2 ethernet
- description BRIDGE-GESTION DINSTAR (Asignamos el nombre).
- encapsulation dot1q 19 (Encapsulamos la VLAN de gestión de telefonía).
- rewrite ingress tag pop 1 symmetric (Permite la encapsulación MPLS y etiquetado de la VLAN configurada).
- bridge-domain 1

**Comando 17:** Creamos la subinterfaz para el servicio de internet

- interface GigabitEthernet0/0/0.10 (Creación de la subinterfaz se le asigna 0/0/0.10)
- description Red Wan –Internet corporativo-20mbps-Piloto1(Asignando nombre)

- encapsulation dot1Q 507 (Encapsulando la VLAN que se usara para el servicio de Internet)
- ip address 190.223.1.163 255.255.255.248 (Asigna la ip de la WAN)
- no shutdown

**Comando 18:** Creamos la subinterfaz para el servicio de telefonía.

- description RED WAN | E1 PRI Sobre MPLS – Piloto1 (Descripción de telefonía nivel Wan)
- encapsulation dot1Q 4090 (Encapsulando la VLAN que se usara para el servicio telefonía)
- ip vrf forwarding 100 (Se ejecuta para servicio de telefonía)
- ip address 172.28.47.78 255.255.255.0 (Asigna la ip de telefonía nivel de la WAN)
- service-policy output Shape2048\_E1 (Indica la política de calidad del servicio de la telefonía).

**Comando 19:** Asignamos la interfaz física que se utilizara para conectar al DINSTAR a nivel LAN.

- interface GigabitEthernet 0/1/3
- description Interface Conectado a Dinstar
- switchport mode trunk (Se inserta la interfaz en modo troncal para que se pueda ingresar diferentes VLAN)
- switchport trunk allowed vlan 19,100 (El puerto de seteo de forma trunk por 19 (Gestión) y 100 (servicios LAN telefonía).
- speed 100 dúplex full (Para el envío y transmisión de datos por un solo canal entre el Router y el Dinstar).

**Comando 20:** Asignamos la interfaz de LAN para el servicio de internet.

- interface Vlan1
- description Interface LAN-Internet corporativo-20mbps-Piloto 1
- ip address 192.168.1.1 255.255.255.0 secondary (Indica la ip DHCP)
- ip address 190.119.233.89 255.255.255.248 (Indica la ip publica y principal de LAN del servicio de internet)
- load-interval 30 (Refresca el tráfico en un intervalo de tiempo de 30Seg.)

**Comando 21:** Ingresamos a la Vlan 19

- interface Vlan19
- no ip address
- service instance 2 ethernet (Aplica la instancia creada en la interfaz)
- description BRIDGE GESTION DINSTAR (Asignamos una descripción)
- encapsulation untagged
- bridge-domain 1 (Se llama al dominio creado anteriormente)

**Comando 22:** Ingresamos a la Vlan 100

- interface Vlan100
- description Red LAN | TELEFONIA E1-PRI| (Asignamos la descripción).
- ip vrf forwarding 100 (Se aplica el enrutamiento virtual para telefonía).
- ip address 172.28.48.53 255.255.255.252 (Se indica la IP de la conexión entre el Router y Telefonía).
- load-interval 30
- service-policy input SetDscpLan\_E1 (Se aplica la política a nivel de telefonía).

**Comando 23:** Enrutamiento estático

- ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 190.223.1.161 (Enrutamiento estático para Internet).
- ip route vrf 100 0.0.0.0 0.0.0.0 172.28.47.1 (Enrutamiento estático para Telefonía).

**Comando 24:** Agregamos la IP del Access list

- ip access-list extended qos5\_E1 (La lista de acceso para la calidad de servicio Telefónica)
- 10 permit ip 172.28.48.52 0.0.0.3 any (Indica que la IP mencionada es la IP origen hacia cualquier IP con calidad de servicio cos5 (Telefonía)).

**Comando 25:** Agregamos la IP del Access list para la red LAN

- ip access-list standard 10 (Indica la IP para la red LAN)
- 10 permit 192.168.1.0 0.0.0.255 (Permite el acceso a la red LAN).

**Comando 26:** Agregamos la IP del Access list para el servidor del tacacs y default Gateway

- ip access-list standard 25 (Para el servidor Tacacs y DG)

- 20 permit 200.14.241.43 (Para el servidor tacacs)
- 10 permit 190.223.1.161 (Para el DG del servicio de Internet)

**Comando 27:** Configuramos el Tacacs

- tacacs-server directed-request (Permite el Logeo)
- tacacs-server key 7 Panzerkampfwagen (Indica la contraseña que se ingresa para logearse)
- tacacs server 200.14.241.43 (IP Servidor Tacacs -primaria)
- address ipv4 200.14.241.43
- tacacs server 200.14.241.30 (IP servidor Tacacs - secundaria)
- address ipv4 200.14.241.30

**Comando 28:** Configuramos el Tacacs

- line 0
- session-timeout 10 output (Indica el tiempo de ausencia)
- password scylla&// (Menciona la contraseña)
- logging synchronous

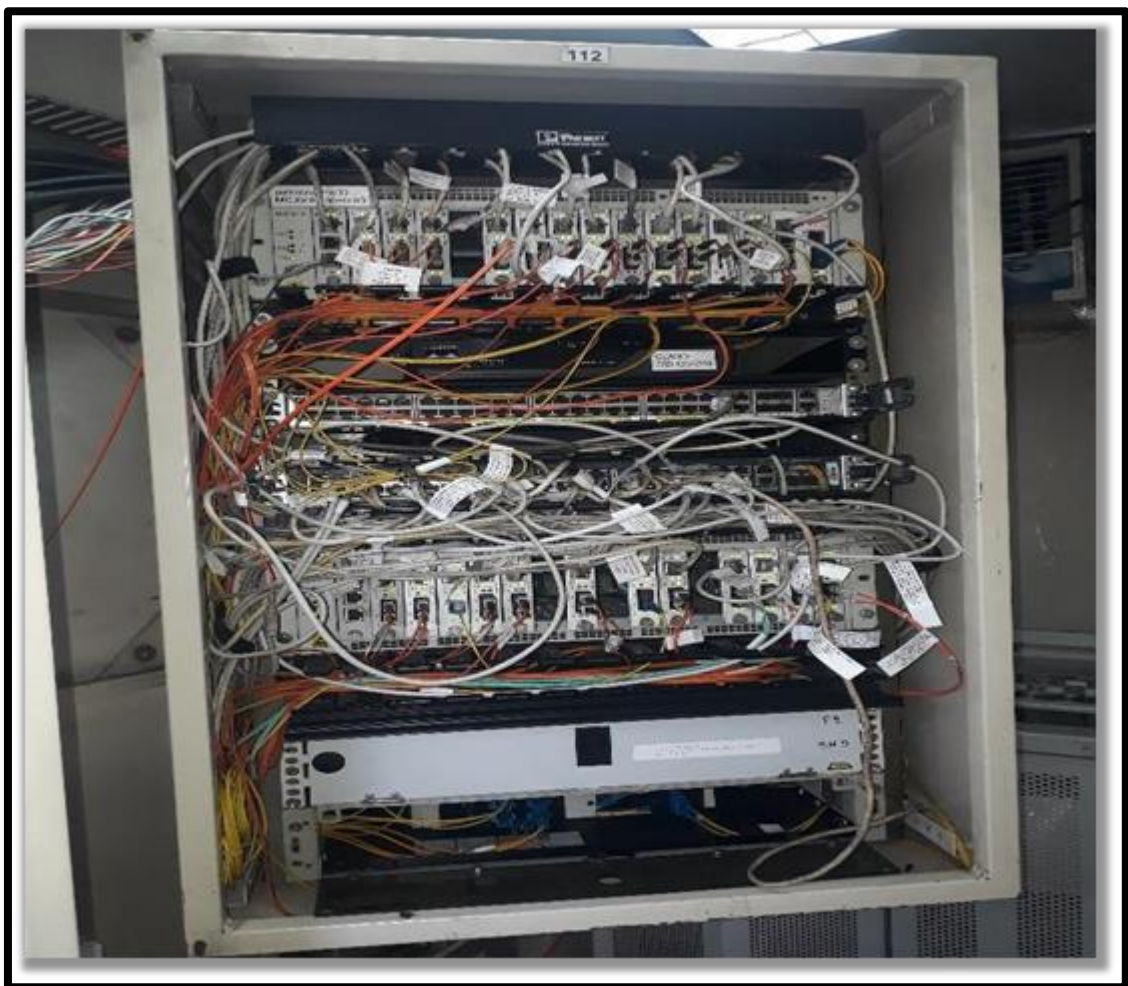
**Comando 29:** Configuramos el Tacacs

- line vty 0 4 (Indica las conexiones remotas)
- access-class 25 in (Access list 25 solo esas ip podrán ingresar)
- password scylla&//
- logging synchronous (Desactiva el registro a nivel de consola).
- transport input all (Tipo de conexión de entrada y salida permite que sean telnet ssh.etc)
- transport output all
- end
- wr (Guardamos finalmente la configuración)

### 3.3 Resultados

Para tener en consideración en el Site San Isidro, anteriormente se muestra la instalación de los clientes de última milla uno de los problemas actuales es la infraestructura en el site, ya que las instalaciones de clientes antiguos en los Sites cuentan con demasiadas conexiones físicas, instalaciones del cableado Ethernet al Cmetro asignado, cableados mediante reflejos como se puede visualizar en la figura 45 A su vez el servicio GPON es un beneficio para los operadores ya que para la instalación en el site del OLT es considerado con menor inversión en mano de obra, costos y ganancias ya que sin contar con demasiado espacio de infraestructura se puede realizar la instalación de los clientes GPON.

*Figura 45 Instalación del cableado de clientes de última milla*



*Nota.* Instalaciones de clientes de última milla en el Site. Tomado de Elaboración propia.



Mientras que al realizar instalaciones de cliente GPON, solo es necesario la instalación al OLT, alimentación del equipo y como se puede visualizar el cableado de fibra es directo y a su vez permite la instalación de mayor cantidad de clientes y el espacio de la infraestructura que se requiere es menor para los clientes GPON.

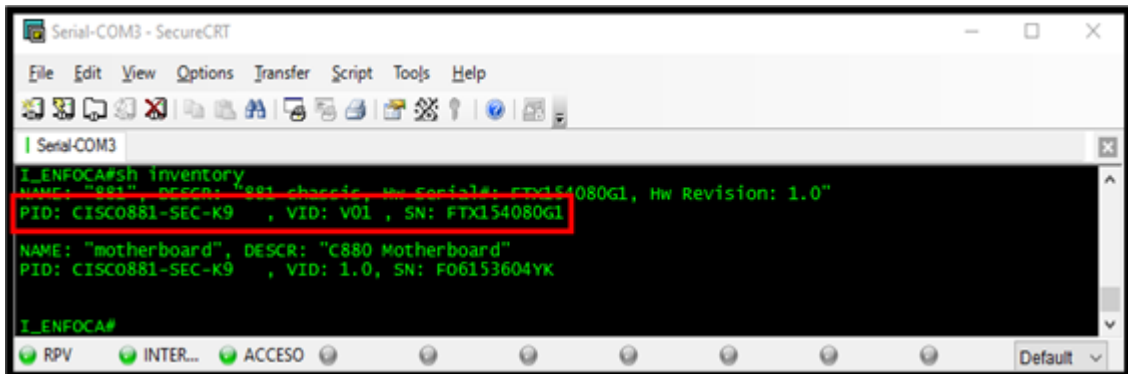
**Figura 46** Instalación de equipo OLT



*Nota.* Instalación y cableado estructura de OLT para clientes GPON. Tomado de elaboración propia.

Para validar la conexión con éxito, y la mejoría del servicio en cuando a equipos podemos indicar en primer lugar la versión del router el cual inicialmente el cliente cuenta como se visualiza en la figura 47 y el router actual que estamos usando para su mejora del servicio en la figura 48.

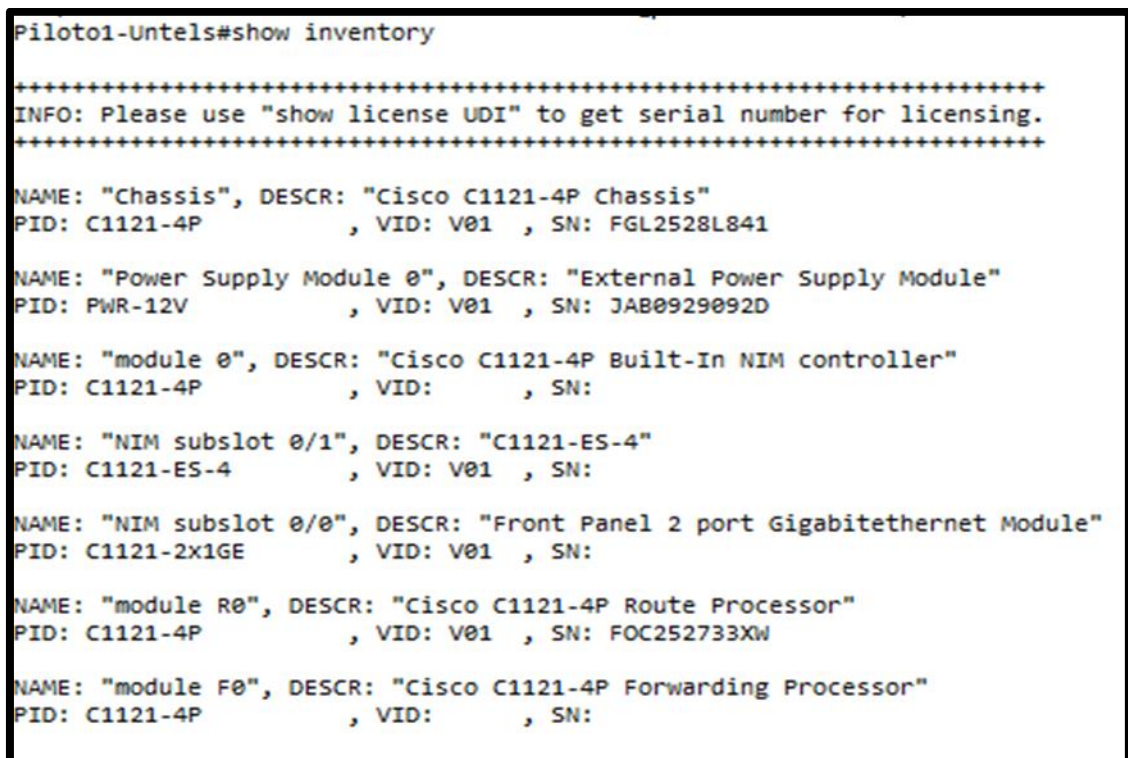
**Figura 47** Se visualiza la versión del router del cliente CISCO881



```
Serial-COM3 - SecureCRT
File Edit View Options Transfer Script Tools Help
Serial-COM3
I_ENFOCA#sh inventory
NAME: "881", DESCR: "881 chassis, Hw Serial: FTX154080G1, Hw Revision: 1.0"
PID: CISCO881-SEC-K9 , VID: V01 , SN: FTX154080G1
NAME: "motherboard", DESCR: "C880 Motherboard"
PID: CISCO881-SEC-K9 , VID: 1.0, SN: F06153604YK
I_ENFOCA#
RPV INTER... ACCESO
```

*Nota.* Como se puede visualizar con el comando Show inventory nos permite ver la marca CISCO y el modelo 881. Tomado de elaboración propia.

**Figura 48** Se visualiza la versión del Router actual es Cisco1121-4P



```
Piloto1-Untels#show inventory
*****
INFO: Please use "show license UDI" to get serial number for licensing.
*****
NAME: "Chassis", DESCR: "Cisco C1121-4P Chassis"
PID: C1121-4P , VID: V01 , SN: FGL2528L841
NAME: "Power Supply Module 0", DESCR: "External Power Supply Module"
PID: PWR-12V , VID: V01 , SN: JAB0929092D
NAME: "module 0", DESCR: "Cisco C1121-4P Built-In NIM controller"
PID: C1121-4P , VID: , SN:
NAME: "NIM subslot 0/1", DESCR: "C1121-ES-4"
PID: C1121-ES-4 , VID: V01 , SN:
NAME: "NIM subslot 0/0", DESCR: "Front Panel 2 port Gigabitethernet Module"
PID: C1121-2x1GE , VID: V01 , SN:
NAME: "module R0", DESCR: "Cisco C1121-4P Route Processor"
PID: C1121-4P , VID: V01 , SN: FOC252733XW
NAME: "module F0", DESCR: "Cisco C1121-4P Forwarding Processor"
PID: C1121-4P , VID: , SN:
```

*Nota.* Se visualiza en el nuevo router Marca: Cisco- Modelo: 1121-4P. Tomado de elaboración propia.

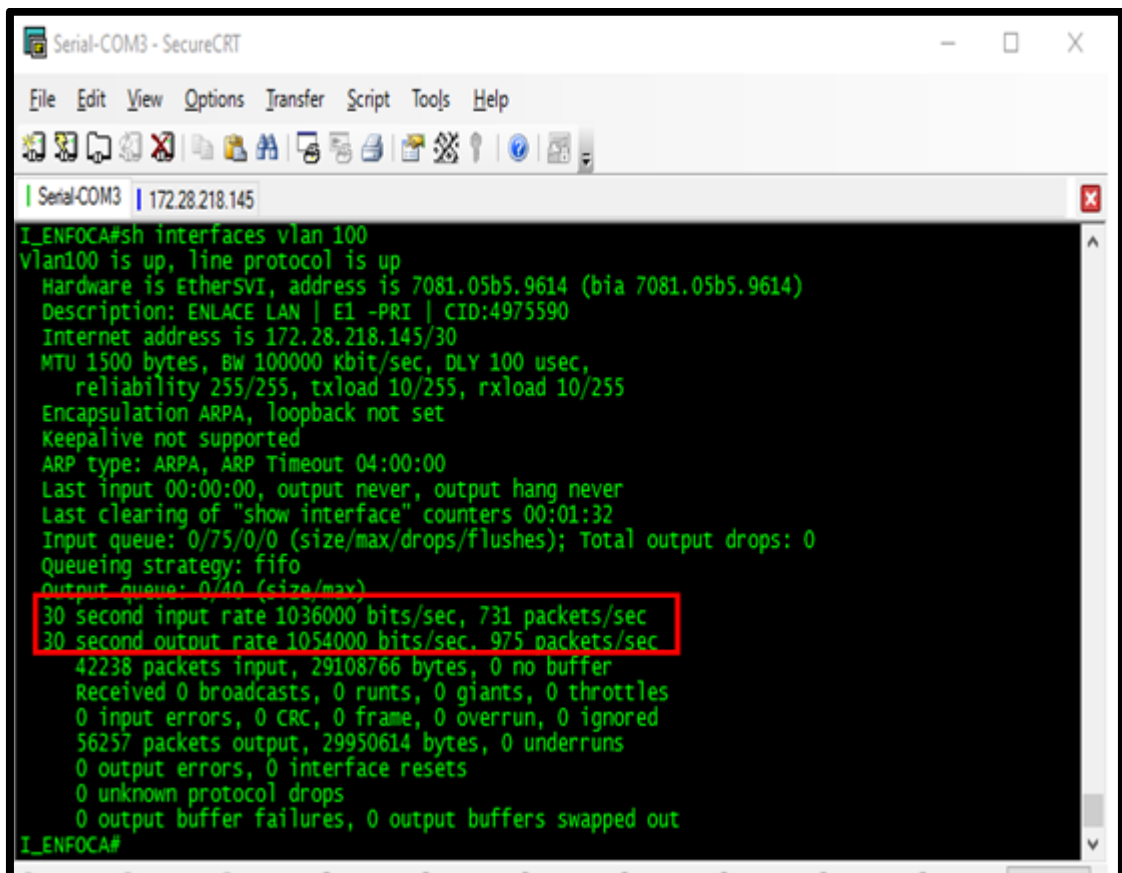




## Pruebas de saturación

Para realizar una comparación de la mejoría del servicio podemos realizando la saturación del servicio y el cual se puede visualizar en la figura 53 que muestra la saturación actual del cliente que solo cuenta 10Mbps y en la figura 54 podemos visualizar la saturación de los 20Mbps que se está realizando el incremento de la velocidad de navegación del servicio.

*Figura 53* Prueba de Saturación del servicio Actual del cliente.



```
Serial-COM3 - SecureCRT
File Edit View Options Transfer Script Tools Help
Serial-COM3 | 172.28.218.145
I_ENFOCA#sh interfaces vlan 100
Vlan100 is up, line protocol is up
Hardware is EthersVI, address is 7081.05b5.9614 (bia 7081.05b5.9614)
Description: ENLACE LAN | E1 -PRI | CID:4975590
Internet address is 172.28.218.145/30
MTU 1500 bytes, BW 100000 Kbit/sec, DLY 100 usec,
  reliability 255/255, txload 10/255, rxload 10/255
Encapsulation ARPA, loopback not set
Keepalive not supported
ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
Last input 00:00:00, output never, output hang never
Last clearing of "show interface" counters 00:01:32
Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
Queueing strategy: fifo
Output queue: 0/40 (size/max)
30 second input rate 1036000 bits/sec, 731 packets/sec
30 second output rate 1054000 bits/sec, 975 packets/sec
 42238 packets input, 29108766 bytes, 0 no buffer
  Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
  0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored
 56257 packets output, 29950614 bytes, 0 underruns
  0 output errors, 0 interface resets
  0 unknown protocol drops
  0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
I_ENFOCA#
```

*Nota.* Se puede visualizar el servicio antes de la migración realizando la saturación llega a 10Mbps. Tomado de Elaboración propia.

*Figura 54* Prueba de Saturación con la tecnología GPON.

```
Piloto1-Untels# show interface GigabitEthernet0/0/0
GigabitEthernet0/0/0 is up, line protocol is up
  Hardware is C1121-2x1GE, address is b811.4b9c.2f00 (bia b811.4b9c.2f00)
  Description: WAN
  MTU 1500 bytes, BW 1000000 Kbit/sec, DLY 10 usec,
    reliability 255/255, txload 43/255, rxload 51/255
  Encapsulation 802.1Q Virtual LAN, Vlan ID 1., loopback not set
  Keepalive not supported
  Full Duplex, 100Mbps, link type is force-up, media type is RJ45
  output flow-control is on, input flow-control is on
  ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
  Last input 00:00:01, output 00:00:01, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters never
  Input queue: 0/375/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
  Queueing strategy: Class-based queueing
  Output queue: 0/40 (size/max)
  30 second input rate 20063000 bits/sec, 1727 packets/sec
  30 second output rate 19980000 bits/sec, 2419 packets/sec
  567303 packets input, 630236326 bytes, 0 no buffer
  Received 535 broadcasts (0 IP multicasts)
  0 runts, 0 giants, 0 throttles
  0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored
  0 watchdog, 0 multicast, 0 pause input
  714599 packets output, 499340281 bytes, 0 underruns
  Output 7 broadcasts (0 IP multicasts)
  0 output errors, 0 collisions, 1 interface resets
  0 unknown protocol drops
  0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
  1 lost carrier, 0 no carrier, 0 pause output
  0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
```

*Nota.* Se puede visualizar que al realizar la saturación llega a 20Mbps en input y output después de realizar la simulación con la tecnología GPON. Tomado de elaboración propia.

Otro tipo de resultado también se puede visualizar mediante el test de velocidad de acceso a internet en el cual se podrá visualizar en que velocidad se realizará la descarga, carga y el ping. Podemos entender por velocidad de descarga el tiempo que demora la información desde el internet hasta el usuario, por velocidad de carga es el tiempo que demora desde el usuario a internet y ping se mide en milisegundos(ms) e indica el tiempo en cargar la navegación.

El enfoque de este proyecto es migrar todos los clientes que cuentan conexiones de última milla a clientes Gpon para brindar a si mayores velocidades de navegación, es por ello que se puede visualizar el test de velocidad actual del cliente con última milla y posteriormente con la tecnología Gpon.

La normativa de OSIPTEL que indica que el proveedor debe garantizar el 70% del servicio brindado.

**Figura 55** Prueba de test de Velocidad de cliente con última milla.



*Nota.* Se puede visualizar que el ping es 109 ms, es decir es el tiempo que tardara en cargar una página web. También visualizamos las velocidades de descarga y carga. Tomado de elaboración propia.

**Figura 56** Prueba de test de Velocidad.



*Nota.* Se puede visualizar que el ping es 1 ms, es decir es el tiempo que tardara en cargar una página web. También visualizamos las velocidades de descarga y carga. Elaboración propia

**Figura 57** Prueba de test de Velocidad.



*Nota.* Se puede visualizar las velocidades de descarga y carga que es de 20.54 y 19.88. Elaboración propia.

**Figura 58** Prueba de test de Velocidad.



*Nota.* Se puede visualizar las velocidades de descarga y carga que es de 19.44 y 19.18.



**Tabla 9** *Tabla de comparaciones Ultima milla V.S GPON*

Descripción	Última milla	GPON	Comparaciones
Velocidad	10 Mbps	20 Mbps	Según las normas ITU-T G.984.1 indica que las velocidades de transmisión de GPON puede llegar hasta 1.2Gbit/s up y 2.4 Gbit/s Down. Se visualiza la mejora del servicio en la velocidad.
Diseño de infraestructura.	Cableados en fibra óptica, cable ethernet, reflejos, etc.	Conexión directa mediante fibra óptica y equipos.	Según las normas UIT-T G983.1 indica la ventaja de implementación ya que solo la conexión puede ser de punto a punto o punto a multipunto, reduciendo así equipos, conexiones directas y como se pudo verificar que efectivamente que con la tecnología Gpon el cableado es directo y reducción de equipos y espacios, es más accesible.
Servicios	Con la tecnología Última milla es necesarios contratar servicios de forma independiente.	Con la tecnología GPON se puede visualizar que de un solo equipo ONT permite el envío de diferentes servicios.	Según las normas ITU-T G.984.2 indica ya que las velocidades estarían brindando llegan hasta las velocidades primarias RDSI el cual permite la transmisión de voz y datos a través de una misma conexión.

*Nota.* Se visualiza mediante esta tabla de comparaciones podemos ver las ventajas que trae realizar la migración a la tecnología GPON. Tomado de elaboración propia.

#### IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como se pudo visualizar los resultados obtenidos mediante el test de velocidad en la figura 55 y 56 que efectivamente hay un incremento de mejora en la velocidad de servicio brindando así una mejor calidad del servicio ya que a mayor velocidad ,mayor rapidez de navegación, también se puede apreciar hay una reducción de ping que es el tiempo que tardara en realizar la búsqueda de navegación con la tecnología Gpon es de 1ms mientras que con la tecnología última milla es de 109 ms, es decir tendrá una demora mayor la tecnología última milla. Según las normas ITU.G.982 indica que el tiempo máximo de transferencia de datos es de 1.5 ms en tecnología Gpon por lo que concluimos que efectivamente hay una mejora de calidad del servicio ya que mientras más rapidez tenga su navegación más satisfacción tendrá el usuario final.

También obtuvimos como resultando las velocidades de transmisión, teniendo en cuenta las normas ITU-T G.984.1 indica que las velocidades de transmisión de GPON puede llegar hasta 1.2Gbit/s up y 2.4 Gbit/s Down. En este caso podemos visualizar mediante la figura 52 la saturación del servicio mediante el software SECURE CRT tenemos como resultado en input 2006300 bits y en output 19980000 bits.

$$\text{Formula: } 1 \text{ bit/s} = 1.0 * 10^{-9} \text{ Gigabit/s}$$

*Input*

$$\text{Convertir: } \text{Gigabit/s} = 2006300x 1.0 x 10^{-9}$$

$$\text{Gigabit/s} = 0.0020063$$

$$\therefore 2006300 \text{ bit} = 0.0020063 \text{ Gbit}$$

*Output*

$$\text{Convertir: } \text{Gigabit/s} = 1998000x 1.0 x 10^{-9}$$

$$\text{Gigabit/s} = 0.001998$$

$$\therefore 1998000 \text{ bit} = 0.001998 \text{ Gbit}$$

Teniendo en cuenta la teoría de la tecnología Gpon consideramos como límite 1.2Gbit/s up y 2.4 Gbit/s Down. Realizando comparación de los resultados que obtuvimos sacando los cálculos y la teoría Gpon podemos validar que efectivamente se cumplió con el objetivo respetando los estándares ITU

## V. CONCLUSIONES

Como objetivo específico se indica que se debe Analizar y diseñar la tecnología GPON para brindar los servicios de telefonía e internet para el operador de América Móvil S.A.C. Efectivamente como se muestra en el análisis de acuerdo a los estándares UIT-T G.982 y UIT-T G.983.1 mostrados en la metodología ,realizando una comparación de tecnologías, se indica que la tecnología GPON es apta y garantiza la calidad del servicio ya que puede soportar una banda ancha mayor a las velocidades básicas , a su vez indica la ventaja que cuenta en transportar los diferentes servicios como telefonía, internet, cable, etc mediante un solo canal, brindando así mayores beneficios a los usuarios.

Tenemos como objetivo específico Desarrollar un estudio de las mejoras de los servicios de los clientes con tecnología de última milla y tecnología FTTO. Se logró demostrar mediante la tabla N°09 realizando un estudio de comparaciones y teniendo como resultados la mejora de servicios en velocidades ya que como se puede verificar hay un aumento de 10Mbps a 20 Mbps mejorando la velocidad de navegación, a su vez se logra demostrar el cambio en el site San Isidro mediante las evidencias de las figuras presentadas ya que como se pudo visualizar se reduce el espacio en el Site ya que solo se necesitaría un Gabinete para realizar la instalación del OLT que nos brindara la conexión hasta 64 clientes, reduciendo también costos de mantenimientos en los sites .

También como objetivo específico se indica que se debe Mostrar el diseño y análisis de implementación garantizando la calidad de los servicios de telefonía e internet que brinda la empresa América Móvil SAC en el site San Isidro. Se demuestra por el área de planta externa mediante la medición de potencia con el power meter que obtuvimos los resultados de potencia de recepción de -14.90dBm que es el recorrido desde el OLT hasta la roseta del cliente y se valida que está dentro de la sensibilidad de recepción del ONT que es -27 dBm,también se puede validar mediante las pruebas del iOLM donde se puede visualizar que los valores de las perdidas ,atenuación y refleccion están dentro del parámetros obteniendo resultados correctos. También se realiza validación por parte del área de planta interna mediante

la simulación de la implementación en el laboratorio que efectivamente los equipos que se propone brindarán un mejor servicio, también se realiza pruebas de conectividad y saturación que validan que los paquetes llegan en su totalidad, no cuentan con pérdidas y se puede visualizar mediante el test de velocidad que se brinda una mejor calidad de servicios. Se demuestra que efectivamente mediante los resultados obtenidos tanto del área de P. externa y P. interna que se garantiza brindar una buena calidad de los servicios de internet y telefonía.

Se concluye finalmente que se logró el Análisis y diseño una red de fibra óptica FTTO que le permita brindar una buena calidad de servicios de telefonía e internet al operador de América Móvil S.A.C a sus clientes mediante los resultados que se ha presentado en el desarrollo de la metodología.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M., Castagna, A., Cristiani, P., Zunino, P., Roldós, E., & Sandler, G. (2009). *Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH)*. revistas.um.edu.uy, 41.
- Almanza, & Callomamani. (2017). *Diseño de una red Metropolitana basada en tecnología GPON, para optimizarlos servicios tecnológicos de la municipalidad provincial Jorge Basadre, en beneficio de la población del distrito de Locumba Tacna*. Universidad privada de Tacna
- Alonso, G. R. (2021). *Propuesta de implementación de una red FTTH que brinda servicio de teléfono, internet y cable en la ciudad de Molleno, Arequipa, 2021. Piura, Perú: Universidad Católica los Ángeles Chimbote*.
- Alpha Telecom Solutions. (s.f.). *Redes GPON ¿Qué son? ¿Qué posibilidades ofrecen?* Recuperado el 24 de junio de 2023, de alpha telecom. <https://alphaingenieria.com/redes-gpon>
- Avila. (2017). *Estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicios de voz, video y datos para los habitantes de la ciudadela Margarita Ponce Gangotena del Canton Jipijapa, Ecuador: Universidad estatal del sur de Manabi*.
- Bestsol. (s.f.). *Gateway Dinstar MTG200*. <https://bestsol.pe/productos/dinstar-mtg200/>
- Cedillo, & Nieto. (2019). *Análisis para la optimización del presupuesto óptico sobre última milla, mediante pruebas dentro de la red Gpon de CNT en la ciudad de Azogues*. Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana.
- Chambergó. (2021). *Sistema de red FTTH utilizando la tecnología GPON para mejorar la calidad de servicio de internet en los clientes con red EOC de la empresa Cable RED*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del PERU.
- CISCO. (30 de Marzo de 2005). *Calcular la atenuación máxima para enlaces de fibra óptica*. [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/docs/optical-networking/ons-15454-sonet-multiservice-provisioning-platform-mspp/27042-max-att-27042.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/optical-networking/ons-15454-sonet-multiservice-provisioning-platform-mspp/27042-max-att-27042.html)
- Commscope. (2018). *FTTX fibra a la X Principios Básicos*. <https://www.commscope.com/globalassets/digizuite/2525-fiber-to-the-x-fundamentals-ebook-eb-112495-es.pdf?r=1>
- Cortes. (2019). *Planificación de las topologías de las redes de acceso Fiber to the Home con tecnologías Gigabit Passive Optical Network*. PRISMA TECNOLÓGICO, 10(1), 2.  
Doi: <https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2165>
- Dinstar (2011). *MTG200 VoIP Trunk Gateway* Obtenido de web <https://www.dinstar.com/WEB/files/15297/2018-09-06/MTG200%20VoIP%20Trunk%20Gateway%20Datashetv2.1.pdf>
- Edison, Q, & Nikolai, E. (2016). *Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x. Enfoque UTE, V7-N.4*, 16-30.
- Francisco, & Rojas. (2022). *Arquitectura de una red FTTH con tecnología GPON para habilitar el servicio de internet en el centro poblado de comatrana*. ICA. Universidad Nacional del Callao.
- FTTH countil. (2008). *Fibra a la casa*. <http://www.ieee.org.ar/downloads/FTTH->

- Primer.pdf
- Furukawa Solutions. (10 de mayo de 2021). *Divisor Óptico Modular*. Furukawa Solutions: <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/divisor-óptico-modular>
- Gavilán. (2013). *Redes de acceso*. Mundo azul: [http://mundoazul.ignaciogavilan.com/?pag=/microtutoriales/tec\\_pon.html](http://mundoazul.ignaciogavilan.com/?pag=/microtutoriales/tec_pon.html)
- Gonzales. (2021). *Propuesta de implementación de una red FTTH que brinda servicio de teléfono, internet y cable en la ciudad de Mollendo, Arequipa*. Piura. Universidad Católica de los Ángeles de Chimbote.
- HTF. (28 de mayo de 2020). *¿Qué son las redes ópticas activas (AON) y pasivas (PON)?* [transceivers.com/info/what-are-active-aon-and-passive-pon-optical-47338954.html](https://transceivers.com/info/what-are-active-aon-and-passive-pon-optical-47338954.html)
- Huawei. (s.f.). *Routers empresariales de la serie NetEngine 5G AR*. Huawei: <https://e.huawei.com/es/products/enterprise-networking/routers/new-ar-router>
- ITU G.984.6. (2008). *SERIES G: Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks*.
- ITU- T G.984.4. (2008). *SERIES G: Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks*.
- ITU- T G.984.5. (2022). *Series G: Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks*.
- ITU-T G.984.6. (2008). *SERIES G: Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks*.
- ITU-T Recommendations. (29 de Marzo de 2008). Itu.int. Recuperado el 30 de 07 de 2023, de <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=9379&lang=es#:~:text=984.1%20se%20d escribe%20una%20red,Gbit%2Fs%20en%20sentido%20ascendente>.
- ITU-T Recommendations. (29 de Marzo de 2008). Itu.int. Recuperado el 30 de 07 de 2023, de <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=9379&lang=es#:~:text=984.1%20se%20d escribe%20una%20red,Gbit%2Fs%20en%20sentido%20ascendente>.
- Telefonica. (2011). *Características Técnicas de las Interfaces de Telefonica de España,S.A.U.*
- Lopez, Moshim, & Rudge. (2009). Comparative Study of GPON and EPON Networks. *Scientia Et Technica*, 325.
- Martinez. (2021). *Diseño de una red de acceso Pon FTTH para un bloque de edificios por interior*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Martinez, T. (13 de Marzo de 2013). *¿FTTH O FTTB ? Esa es la cuestión*. Recuperado el 2023 de Julio de 16, de Telequismo: <https://www.telequismo.com/2013/03/ftth-fttb.html/>
- Notorio, P. (2015). *Nuevos estándares PON para sistemas*. *Telecom* , 63.
- OSIPTEL. (Octubre, 2023). *Reporte estadístico*. Recuperado el Octubre de 2023, OSIPTEL: [https://repositorio.osiptel.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12630/853/Reporte%20Estad% c3% adstico\\_OCTUBRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.osiptel.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12630/853/Reporte%20Estad%c3%adstico_OCTUBRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Osorio. (2004). *Redes GPON-FTTH, Evolución y Puntos Críticos para su despliegue en Argentina*. Obtenido de fiber-optical-transceivers: [http://www.fiber-optical- Argentina: Tesis de Mestria](http://www.fiber-optical-Argentina: Tesis de Mestria)
- Peralta. (13 de Noviembre de 2020). *Presume tu OLT (Huawei, ZTE, V-SOL,*

- WOLCK, TP-Link...). FOROISP: <http://foroisp.com/threads/1728-Presume-tu-OLT-%28Huawei-ZTE-V-SOL-WOLCK-TP-Link-%29?p=2291>
- pngwing. (s.f). *Fibra óptica.* de pngwing: <https://www.pngwing.com/es/search?q=fibra+optica+multimodo>
- Ponce, M. (2004). Extensible Routers for investigacion. *ECI Peru*, 63.
- Quezada. (2021). *Diseño de una red FTTH mediante el estandar GPON para la mejora de la calidad de servicio de internet en los hogares en el distrito de Chorrillos.* Callao:Universidad nacional del Callao.
- Staff Infochannel. (2019). *¿Cómo ha sido la evolución de la conectividad?* Obtenido de INFORCHANNEL: <https://infochannel.info/como-ha-sido-la-evolucion-de-la-conectividad/>
- Vandyke Software (s.f). *Secure CRT.* <https://www.vandyke.com/products/securecrt/>
- Villareal, L. (1997). *Sistemas de comunicación a través de fibra óptica.* San Nicolás de Garza:Tesis.
- Villatoro. (2020). *¿Redes de fibra óptico Huawei? ¿Qué es la era GPON? sus características, todas las ventajas que tiene el utilizar fibra óptica como medio de transmisión, y más.* Obtenido de web HUAWEI: <https://www.xweb.com.mx/blog/soluciones-gpon-huawei/>.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General</b> ¿Es factible analizar y diseñar una red de fibra óptica FTTO para brindar una buena calidad de servicio de telefonía e internet para el operador América Móvil SAC en el site San Isidro?</p> <p><b>Problema Específico 1</b> ¿Qué tecnología usaremos para el análisis y diseño de la red de fibra de servicios de telefonía e internet corporativo para el operador América Móvil SAC en el site San Isidro?</p> <p><b>Problema Específico 2</b> ¿Qué mejoras de calidad del servicio de voz y datos tendrá todo el operador América Móvil SAC en el site San Isidro?</p> <p><b>Problema Específico 3</b> ¿Cómo se validará el análisis y diseño de la red de fibra de servicios de telefonía e internet corporativo para el operador América Móvil SAC en el site San Isidro?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Analizar y diseñar una red de fibra óptica FTTO que le permita brindar una buena calidad de servicios de telefonía e internet al operador de América Móvil S.A.C a sus clientes.</p> <p><b>Objetivo Específico 1</b> Analizar y diseñar la tecnología GPON para brindar los servicios de telefonía e internet para el operador de América Móvil S.A.C.</p> <p><b>Objetivos Específicos 2</b> Desarrollar un estudio de las mejoras de los servicios de los clientes con tecnología de última milla y tecnología FTTO.</p> <p><b>Objetivos Específicos 3</b> Mostrar el diseño y análisis de implementación garantizando la calidad de los servicios de telefonía e internet que brinda la empresa América Móvil SAC en el site San Isidro</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> APLICADA</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> DESCRIPTIVA</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> NO EXPERIMENTAL</p>



## **Anexo 2: Glosario de términos**

PEXT: Se define como el área de Planta externa dedicados en realizar la instalación desde la central del operador (site) hasta el cliente.

PINT: Se define como área de planta interna especializado en conectar equipos de redes, realizar las configuraciones y dejar operativo al cliente dentro de una infraestructura.

AREA DISEÑO: Permite realizar una visita previa en el cliente para realizar mediciones, verificar espacios y toma fotográficos.

WAN: Red de área amplia, es el vínculo por el cual las empresas pueden conectarse a diferentes lugares

LAN: Área de red local. Es una red que permite conectarse entre diferentes dispositivos dentro de un mismo ambiente.

BANDA ANCHA: Es el medio por el cual se accede a internet mientras mayor es la banda ancha mayor velocidad tendrá el cliente.

ETHERNET: Es el medio por el cual permite conectar todos los dispositivos electrónicos

ONT: Terminal de red óptica. Es el medio por el cual existe la comunicación entre nuestro hogar y la calle.

OLT: Terminal de línea óptica. Es el punto de inicio de una red óptica el cual transmite señales multiplexar del dispositivo ONT.

MULTIPLEXACION: Es el factor por el cual permite combinar entre dos o más señales y transmitirla por un solo camino de comunicación

DEMULTIPLEXACION: Es el factor por el cual permite recuperar entre dos o más señales y transmitir por un solo camino de comunicación.

OAN: Optical Access Network

RDSI: Red digital de servicios integrados.

### Anexo 3: Presupuesto

Descripción	Cantidad	Precio
Licencia de Secure CRT	1 Unid	S/445.39
Licencia de Office	3 meses	S/232.00
Licencia AutoCAD	1 Unid	S/815.00
Laptop-8VR6SU1O	1 Unid	S/1399.00
Pasajes	-	S/320.00
Internet	-	S/99.90
Impresiones (documentación, permisos)	-	S/250.00
Asesoramiento técnico	1 técnico	S/850.00
<b>TOTAL</b>		<b>S/4301.29</b>

### Anexo 4: Cronograma de actividades

Actividades	1	2	3	4	5	6
Recolectar información , referencias ,bases teóricas para el trabajo de investigación						
Realizar la estructura del plan de tesis (Antecedentes ,problemas , justificación, bases teóricas ,etc.)						
Realizar la revisión, levantamiento de observación , y metodología						
Solicitar permisos y documentación necesaria para la elaboración						
Realizar pruebas y análisis para brindar la solución.						
Realizar las conclusiones y recomendaciones de la tesis.						
Realizar la sustentación de la tesis .						

## Anexo 5: Solicitud de Autorización

### SOLICITUD DE AUTORIZACION

Lima, 29 de Agosto de 2023

Srta.

María José Abramonte Bonifacio

Jefe de Área Operaciones, Empresa Integración & Proyectos S.A.C

Presente.

De mi consideración:

Yo, Karina Nataly Mendoza Tintaya, identificada con DNI 74746471, ante usted respetuosamente me presento y expongo:

Que actualmente cursando el taller de titulación para Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones en la "Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur", solicito a usted de la manera más comedida, se considere la petición de presentar un proyecto de tesis titulado "Análisis y diseño de una red FTTO para brindar servicios de telefonía e internet corporativo para el operador America Móvil S.A.C en el site San Isidro, 2023" que cuente con la información suficiente y necesaria para desarrollar de acuerdo a la necesidad requerida por la empresa.

Con saludos cordiales y a tiempo de agradecerle su atención a esta solicitud, aprovechando para reiterarle mi más alta consideración y estima.

  
-----  
MARIA JOSÉ  
ABRAMONTE BONIFACIO  
Ingeniera  
Electrónica y Telecomunicaciones  
CIP Nº 313176

María José Abramonte Bonifacio

## Anexo 6. Datasheet del router CISCO C1121-4P

<b>C1121-4P Specification</b>	
<b>Product Code</b>	C1121-4P
<b>Product Description</b>	ISR 1100 4P Dual GE SFP Router
<b>Memory (default and maximum)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•DRAM: 4 GB</li> <li>Only C1111X-8P,C1121X-8P,C1126X,C1127X, C1161X models have 8GB DRAM</li> <li>•Flash: 4 GB</li> <li>Only C1111X-8P,C1121X-8P,C1126X,C1127X, C1161X models have 8GB Flash</li> </ul>
<b>Console</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Micro USB console (Type A).</li> <li>•RJ45.</li> </ul>
<b>Micro-USB port (reserved)</b>	•Micro-USB port to support remote LTE diagnostics and monitoring tools (Qualcomm CAIT and Spirent UDM) (USB 3.0).
<b>WLAN interfaces</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Multiuser Multiple-Input Multiple-Output (MU-MIMO) allows transmission of data to multiple 802.11ac Wave 2-capable clients simultaneously to improve the client experience. Prior to MU-MIMO, 802.11n and</li> <li>•802.11ac Wave 1 access points could transmit data to only one client at a time, typically referred to as Single-User MIMO (SU-MIMO).</li> <li>•802.11ac Wave 2 with 2x2:2 MIMO technology uses two spatial streams when operating in SU-MIMO or MU-MIMO mode, offering 867-Mbps rates for more capacity and reliability than competing access points.</li> <li>•Flexible deployment through the Mobility Express solution is ideal for small to medium-sized deployments. Easy setup allows the 1000 Series (similar to 1815i) to be deployed on networks without a physical controller.</li> <li>•For more information, view the Cisco Aironet 1815i Access Point Data Sheet.</li> </ul>
<b>Maximum clients</b>	•Maximum number of associated wireless clients: 200 per Wi-Fi radio; in total 400 clients per access point. C1109-4PLTEP and C1109-4PLTEW models come with default dual W-ANTM2050D-RPSMA external antenna and all models have default 8.8 AP autonomous or Mobility Express release. Option to select 8.8 CAPWAP WLC image.
<b>Authentication and security</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•AES for Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2).</li> <li>•802.1X, RADIUS AAA.</li> <li>•802.11r and 802.11l.</li> </ul>
<b>802.11ac</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•2x2 SU-MIMO/MU-MIMO with two spatial streams.</li> <li>•Maximal Ratio Combining (MRC).</li> <li>•20-, 40-, and 80-MHz channels.</li> <li>•PHY data rates up to 866.7 Mbps (80 MHz on 5 GHz).</li> <li>•Packet aggregation: A-MPDU (Tx/Rx), A-MSDU (Rx).</li> <li>•802.11 Dynamic Frequency Selection (DFS).</li> <li>•Cyclic Shift Diversity (CSD) support.</li> </ul>
<b>Software</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Cisco IOS Software feature set: Universal Cisco IOS XE 16.6.1 Software image or later. C1112, C1113, and C1101 models support starting with IOS XE 16.8.1 Software image or later. C1118, C1111X-8P and C1109 models support with IOS XE 16.9.1 Software image or later.</li> <li>•Cisco IOS Software feature set: C1120 and C1160 models Universal Cisco IOS XE 16.11.1 Software image or later.</li> <li>•Cisco Unified Wireless Network Software with AireOS Wireless Controllers Release 8.5 (migration to 8.8 starting March, 2019 and 8.8 for 1101 and 1109 Models) MR1 or later.</li> </ul>
<b>Serial WAN interface and protocol</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Support for both synchronous and bisync modes.</li> <li>•Synchronous maximum speed of up to 8 Mbps.</li> <li>•Support for bisync modes.</li> <li>•Support for network clock synchronization.</li> <li>•EIA-232, EIA-449, EIA-530, EIA-530A, V.35, and X.21.</li> </ul>