

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA**

**TESIS:**

**DISEÑO DE UNA RED FTTH BASADO EN ARQUITECTURA GPON  
PARA LA CIUDAD DE HUACHO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
INFORMÁTICO**

**AUTOR:**

BACH. HENRY JOAQUIN, ROSAS LEIVA

**ASESOR:**

ING. JOSÉ GERMAN, SOTO LA ROSA

**HUACHO - PERÚ**

**2021**

DISEÑO DE UNA RED FTTH BASADO EN ARQUITECTURA GPON PARA LA  
CIUDAD DE HUACHO

**HENRY JOAQUIN, ROSAS LEIVA**

**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

Nota de autor:

Estudiante de la Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática, de la Escuela Profesional de Ingeniería Informática, presento mi trabajo de investigación, con el propósito de obtener el título profesional de Ingeniero Informático; la cual se desarrolló con el financiamiento propio del autor y así también, se reconoce la asesoría brindada por el ING. Jose German Soto La Rosa para la elaboración de la presente tesis.

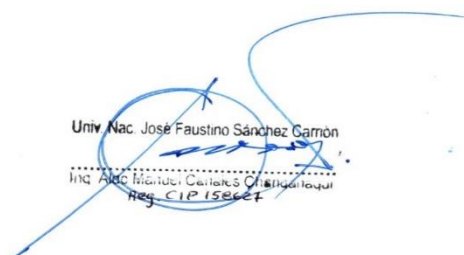
**MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR**



MOISÉS EMILIO ARMAS INGA  
INGENIERO INDUSTRIAL  
Reg. CIP. 19771

---

**Ing. Moisés Emilio Armas Inga**  
**PRESIDENTE**



Univ. Nac. José Faustino Sánchez Carrón  
ING. Aldo Manuel Canales Changanquí  
Reg. CIP 156621

---

**Ing. Aldo Manuel Canales Changanquí**  
**SECRETARIO**



PIERRE PAUL LONCAN SALAZAR  
ING. DE SISTEMAS  
Reg. Colegio de Ingenieros N° 9002\*

---

**Ing. Pierre Paul Loncan Salazar**  
**VOCAL**



José Germán Soto La Rosa  
INGENIERO INDUSTRIAL  
REG. CIP N° 29081

---

**Ing. Jose German Soto La Rosa**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

A mi Familia que es el motor de mi esfuerzo y dedicación constante por lograr mis objetivos con mucho valor y disciplina.

Henry Joaquin Rosas Leiva.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios y a mi familia por el absoluto apoyo a lo largo de mi carrera Universitaria y a todos mis docentes que dejaron muchas enseñanzas en mí.

Henry Joaquin Rosas Leiva.

<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>Pág.</b>
<b>PORTADA.....</b>	<b>i</b>
<b>CONTRAPORTADA.....</b>	<b>ii</b>
<b>MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE GRAFICOS .....</b>	<b>xix</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xx</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xxi</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xxii</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>23</b>
<b>1.1. Descripción de la realidad problemática .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2. Formulación del problema.....</b>	<b>24</b>
1.2.1. Problema general.....	24
1.2.2. Problemas específicos.....	24
<b>1.3. Objetivo de la investigación.....</b>	<b>24</b>
1.3.1. Objetivo general.....	24
1.3.2. Objetivos específicos.....	24
<b>1.4. Justificación de la investigación .....</b>	<b>25</b>
<b>1.5. Delimitación del estudio.....</b>	<b>26</b>

1.5.1. Delimitación espacial.....	26
1.5.2. Delimitación temporal.....	26
<b>1.6. Viabilidad del estudio.....</b>	<b>26</b>
1.6.1. Viabilidad técnica.....	26
1.6.2. Viabilidad operativa.....	26
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>27</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>27</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	27
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	29
<b>2.2. Bases teóricas.....</b>	<b>32</b>
2.2.1. Fibra óptica.....	32
2.2.1.1 Partes de la fibra óptica.....	32
2.2.1.2. Tipos de fibra óptica.....	34
2.2.2. Introducción a las redes FTTx.....	35
2.2.3. Tecnología de red de acceso FTTx.....	36
2.2.4. Fibra hasta el Hogar (FTTH).....	39
2.2.5. Arquitectura general de una red FTTH.....	42
2.2.5.1. Configuración punto a punto.....	42
2.2.5.2. Configuración Punto a Multipunto: PON.....	43
2.2.6. Funcionamiento genérico de una red PON.....	48
2.2.6.1. El OLT.....	48
2.2.6.2. ONT.....	52
2.2.6.3. El divisor óptico ( <i>Splitter</i> ).....	55

2.2.6.4. Instrucciones de funcionamiento para la red de transmisión PON.....	57
2.2.7. Redes pasivas ópticas (Redes PON).....	62
2.2.7.1. Tipos de redes PON.....	63
2.8. Servicios ofrecidos por la red fttth.....	69
2.2.8.1. Servicios de voz.....	70
2.2.8.2. Servicios de datos. ....	70
2.2.8.3. Servicios de video.....	72
2.2.9. Ventajas e inconvenientes de las redes PON. ....	73
2.2.9.1. Inconvenientes de las redes PON.....	74
2.2.9.2. Ventajas de las redes PON.....	74
2.2.10. Situación actual de la red FTTH y su futuro.....	76
2.2.11. Otra tesis. ....	80
<b>2.3. Definiciones conceptuales.....</b>	<b>80</b>

- **Streaming-** La retransmisión, retransmisión o transmisión en vivo, también llamada transmisión, transmisión, transmisión o transmisión por secuencias, es la distribución digital de contenido multimedia en una red informática en la forma en que el usuario utiliza el producto simultáneamente con la descarga. La palabra "transmisión" se refiere a un flujo continuo que fluye sin interrupción y generalmente se refiere a la transmisión de audio o video.

- **Ip-It** es la abreviatura de Protocolo de Internet. Es un estándar para enviar y recibir información a través de una red que recopila e intercambia paquetes de datos. La IP no puede confirmar que el paquete haya llegado a su destino.



- **Simétrico:** correspondencia de posición, forma y tamaño en relación con un punto, línea o plano de los elementos de un conjunto o de dos o más conjuntos de elementos entre sí.
- **La tecnología HFC** de fibra coaxial híbrida (HFC) es una combinación de cable y fibra. Los datos se transmiten por fibra óptica y luego se transmiten al cable que realmente llega a la casa del usuario.
- **Arquitectura de red:** es la forma más económica de desarrollar e implementar un conjunto coordinado de productos que se pueden interconectar. La arquitectura es el "proyecto" con el que se asocian los protocolos y otros programas de software.
- **Redes de cobre:** es una tecnología de telecomunicaciones de alta velocidad (gran ancho de banda) que permite que la información de voz, datos y video se transmita en formato digital por el par de cobre de varios pares.
- **Transferir** - Transferir al acto de enviar. Una transmisión es la transmisión de energía, ondas o información desde un punto de partida a otro punto de llegada y lo que se transmite en el camino puede o no cambiar.
- **Fibra óptica:** filamento hecho de material dieléctrico como vidrio o polímeros acrílicos que pueden guiar y transmitir pulsos de luz de un extremo al otro; permite la transmisión de teléfono, televisión, etc., a gran velocidad y distancia, sin necesidad de utilizar señales eléctricas.
- **Triple Play** -Se define como el paquete de contenidos y servicios audiovisuales (voz, banda ancha y TV).

- **Ancho de banda:** mide los recursos de comunicación y los datos disponibles o consumidos, expresados en bit / s o sus múltiplos, como Kbit / s, Mbit / s y Gigabit / s.
- **Banda ancha:** cualquier tipo de red con una alta capacidad para transmitir información se **denomina** banda ancha, lo que afectará su velocidad de transmisión.
- **UIT-T:** el Departamento de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) con sede en Ginebra (Suiza) es un organismo permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), responsable de estudiar el cobro de tasas sobre tecnologías operativas y la emisión de reglamentos para lograr estandarización global de telecomunicaciones. No se llamó Comité Asesor Internacional de Telegrafía y Teléfono (CCITT) hasta 1992.
- **Gbps** gigabits por segundo (generalmente abreviado como Gb / s, Gbit / s o Gbit / s) es la velocidad de transmisión de información en telemática y telecomunicaciones. No lo confunda con bits de unidad de información.
- **Mgpps:** llamado Mbps o Mbit / s, abreviado como 'megabits por segundo. 'Por ejemplo, Mbps o Mbit / s se usa para medir la velocidad de conexión (como Internet, redes Wi-Fi) o para medir la calidad del video.
- **DB decibel** (dB) es una unidad que se utiliza para medir la intensidad del sonido y otras cantidades físicas. El decibel es un décimo de Bell (B), y la unidad lleva el nombre de Graham Bell, el inventor del teléfono. Su escala logarítmica es suficiente para representar la amplitud del oído humano.

- La abreviatura **OLT**-English (Optical Line Terminal) es un tipo de telecomunicaciones cuya función es distribuir señales desde la red de acceso a la ONT.
- **ONT**-Es la abreviatura en inglés (terminal de red óptica), es el terminal de fibra óptica final y proporciona su interfaz a los usuarios.
- Abreviatura **ATM**-English (modo de transmisión asíncrona), modo de transmisión asíncrona, que utiliza multiplexación por división de tiempo.
- **APON**- (Red óptica pasiva de modo de transmisión asincrónica) Red óptica pasiva ATM, que utiliza el estándar ITU-T G. 983, que es el primer estándar desarrollado para la red PON, la transmisión descendente APON se basa en ráfagas de células ATM.
- **GPON**- (admite red óptica pasiva gigabit) es una red óptica pasiva que utiliza fibras ópticas para llegar al hogar. Utiliza el estándar ITU-T G. 984 y garantiza que la velocidad sea superior a 1 Gbps.
- **EPON**- (Red óptica pasiva Ethernet) Red óptica pasiva Ethernet, estándar IEEE 802.3ah. Transporta tráfico Ethernet en lugar de celdas en el cajero automático.
- **BPON**- (Red óptica pasiva de banda ancha) La red óptica pasiva de banda ancha es una evolución de la red APON y puede admitir otros servicios Ethernet, de vídeo y multiplexación (WDM).

- **WDM-WDM** (Inglés) (Multiplexación por división de longitud de onda) La abreviatura de WDM es una tecnología capaz de transmitir múltiples señales independientes a través de una sola fibra óptica a través de portadoras ópticas de diferentes longitudes de onda.

- **Topología de red:** es un diagrama de red físico o lógico que indica los segmentos de red. El diagrama debe tener capas.
- **ONU-** (Unidad de red óptica) es un dispositivo del lado del usuario que se utiliza para terminar el servicio transmitido por la OLT a través de la PON.

- **ADSL-** (Línea de abonado digital asimétrica) La línea de abonado digital asimétrica es una tecnología que proporciona conexiones a través de líneas de red.

- La abreviatura de **IEEE** para Instituto de Ciencia Nuclear Eléctrica y Electrónica (Instituto de Ciencia Nuclear Eléctrica y Electrónica) es una asociación de ingenieros dedicada a la estandarización y desarrollo de campos técnicos.

- Control remoto de usuario **URA**.

<b>2.4. Formulación de la hipótesis.....</b>	<b>84</b>
2.4.1. Hipótesis general.....	84
2.4.2. Hipótesis específicos.....	84
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>	<b>85</b>
<b>3.1. Diseño metodológico .....</b>	<b>85</b>
3.1.1. Tipo de la investigación.....	85

3.1.2. Nivel de Investigación .....	85
3.1.3. Diseño .....	85
3.1.3.1. Objetivo del diseño.....	86
3.1.3.2. Descripción técnica del proyecto.....	87
3.1.3.3. Escenario de proyecto.....	87
3.1.3.4. Ubicación de Armarios y cuadro de asignación. ....	91
3.1.3.5. Red del proyecto.....	91
3.1.3.6. Red troncal.....	94
3.1.3.7. Esquema físico de la red. ....	97
3.1.3.8. Atenuación de la red. ....	100
3.1.3.9. Estructura de red.....	102
3.1.3.10. Estado de la red FTTH/GPON.....	107
3.1.3.11. Elección de equipos. ....	110
3.1.3.12. Estudio general. ....	118
3.1.4. Enfoque.....	122
<b>3.2. Población y Muestra.....</b>	<b>122</b>
3.2.1. Población .....	122
3.2.2. Muestra .....	123
<b>3.3. Operacionalización de variables.....</b>	<b>125</b>
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>126</b>
3.4.1 Técnicas a emplear.....	126
3.4.2 Descripción de los instrumentos.....	126
<b>3.5. Técnicas para el procesamiento de la información.....</b>	<b>127</b>

<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>128</b>
<b>4.1. Presentación de Cuadros.....</b>	<b>128</b>
4.1.1 Gráficos e interpretaciones. ....	128
4.1.1.1. Analisis de la encuesta.....	128
4.1.1.2. Entrevista.....	140
4.1.2 Verificación de la Hipótesis.....	141
4.1.2.1. Planteamiento de hipótesis.....	141
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>145</b>
<b>5.1. Discusión.....</b>	<b>145</b>
<b>5.2. Conclusiones.....</b>	<b>146</b>
<b>5.3. Recomendaciones.....</b>	<b>147</b>
<b>CAPÍTULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>148</b>
<b>6.1. Fuentes Bibliográficas.....</b>	<b>148</b>
<b>6.3. Fuentes Documentales.....</b>	<b>152</b>
<b>6.4. Fuentes Electrónicas.....</b>	<b>153</b>
<b>ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....</b>	<b>155</b>
<b>ANEXO 02: ENCUESTA.....</b>	<b>156</b>
<b>ANEXO 03: ENTREVISTA.....</b>	<b>159</b>
<b>ANEXO 04: PLANOS.....</b>	<b>160</b>
<b>ANEXO 05: EQUIPOS.....</b>	<b>169</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Resumen de características de las tecnologías FTTx .....	36
<b>Tabla 2:</b> Tabla comparativa de los estándares xPON .....	68
<b>Tabla 3:</b> Tabla comparativa de los diferentes tipos de redes .....	75
<b>Tabla 4:</b> Atenuación.....	101
<b>Tabla 5:</b> Atenuación de Splitter.....	101
<b>Tabla 6:</b> Tabla estado de la red FTTH .....	107
<b>Tabla 7:</b> Tabla comparativa de los elementos de la red .....	121
<b>Tabla 8:</b> Población en la ciudad de Huacho.....	122
<b>Tabla 9:</b> Operacionalizacion de variables.....	125
<b>Tabla 10:</b> Analisis de resultado pregunta 1 .....	129
<b>Tabla 11:</b> Analisis de resultado pregunta 2 .....	130
<b>Tabla 12:</b> Analisis de resultado pregunta 3 .....	131
<b>Tabla 13:</b> Analisis de resultado pregunta 4 .....	132
<b>Tabla 14:</b> Analisis de resultado pregunta 5 .....	134
<b>Tabla 15:</b> Analisis de resultado pregunta 6 .....	135
<b>Tabla 16:</b> Analisis de resultado pregunta 7 .....	136
<b>Tabla 17:</b> Analisis de resultado pregunta 8 .....	137
<b>Tabla 18:</b> Analisis de resultado pregunta 9 .....	139
<b>Tabla 19:</b> Datos observados .....	142
<b>Tabla 20:</b> Datos esperados .....	143
<b>Tabla 21:</b> Calculo del Chi-cuadrado .....	143
<b>Tabla 22:</b> Tabla de distribucion de Chi-cuadrado .....	144

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Partes de la fibra óptica.....	33
<b>Figura 2:</b> Fibra Monomodo .....	34
<b>Figura 3:</b> Fibra multimodo .....	34
<b>Figura 4:</b> Arquitectura general de la tecnologías FTTx .....	38
<b>Figura 5:</b> Mapa conceptual FTTH .....	41
<b>Figura 6:</b> Esquema genérico de una red PON.....	44
<b>Figura 7:</b> Arquitectura en estrella o en árbol .....	46
<b>Figura 8:</b> Arquitectura de bus .....	47
<b>Figura 9:</b> Arquitectura de anillo.....	48
<b>Figura 10:</b> Funcionamiento del OLT a nivel global .....	51
<b>Figura 11:</b> Funcionamiento del protocolo de difusión en una red PON .....	53
<b>Figura 12:</b> Funcionamiento interno de un ONT.....	54
<b>Figura 13:</b> Funcionamiento genérico de un divisor óptico.....	56
<b>Figura 14:</b> Funcionamiento general de una red PON para FTTH.....	61
<b>Figura 15:</b> Arquitectura básica de una red APON.....	63
<b>Figura 16:</b> Arquitectura básica de una red BPON.....	64
<b>Figura 17:</b> Arquitectura básica de una red GPON.....	66
<b>Figura 18:</b> Arquitectura básica de una red GEAPON .....	67
<b>Figura 19:</b> Evolución del mercado FTTH/B.....	78
<b>Figura 20:</b> Evolución de FTTH/B en Perú .....	79
<b>Figura 21:</b> Esquema de instalacion de una red FTTH desde la cabecera hasta el abonado.....	86
<b>Figura 22:</b> Plano de ubicación catastral Haucho.....	88
<b>Figura 23:</b> Zona G01-P01 .....	89
<b>Figura 24:</b> Zona G02-P02.....	89
<b>Figura 25:</b> Zona G03-P03.....	90
<b>Figura 26:</b> Zona G04-P04.....	90



<b>Figura 27:</b> Cuadro de asignación de la red FTTH.....	91
<b>Figura 28:</b> Vista frontal de acceso.....	92
<b>Figura 29:</b> Vista central de acceso.....	93
<b>Figura 30:</b> Esquema lógico de la red FTTH/GPON .....	93
<b>Figura 31:</b> Perfil y asignacion de Fibra Óptica (1/3).....	94
<b>Figura 32:</b> Perfil y asignacion de Fibra Óptica (2/3).....	95
<b>Figura 33:</b> Perfil y asignacion de Fibra Óptica (3/3).....	96
<b>Figura 34:</b> DIVICAU G2021-G2012 FTTH/GPON.....	97
<b>Figura 35:</b> Esquema G04/128 Fibras (DIVICAU G2021) .....	98
<b>Figura 36:</b> Esquema G04/128 Fibras (DIVICAU G2012) .....	99
<b>Figura 37:</b> Atenuación G04/128 Fibras (DIVICAU G2012).....	100
<b>Figura 38:</b> Cuarto de telecomunicaciones (Armarios) .....	102
<b>Figura 39:</b> Red aérea de despliegue de la red. ....	103
<b>Figura 40:</b> Segmentación de la red.....	103
<b>Figura 41:</b> Conjunto de empalme óptico (DIVICAU) Aéreo/Subterráneo.....	104
<b>Figura 42:</b> Caja de Terminal Óptico - CTO.....	104
<b>Figura 43:</b> CTO Instalado.....	105
<b>Figura 44:</b> Distribuidor General Óptico.....	106
<b>Figura 45:</b> Conexión de CTO para FTTH. ....	106
<b>Figura 46:</b> Status de acabados por Divicau. ....	107
<b>Figura 47:</b> Status de Ctos .....	108
<b>Figura 48:</b> Status de instalacion de Divicau Huacho.....	108
<b>Figura 49:</b> Avance porcentual de construccion FTTH Huacho .....	109
<b>Figura 50:</b> Rotulacion CTO.....	109
<b>Figura 51:</b> Rotulacion DIVICAU.....	109
<b>Figura 52:</b> GPON FK-OLT-G2500 .....	110
<b>Figura 53:</b> GPON FK-ONT-G400R .....	111

<b>Figura 54:</b> Splitter óptico PL 1XN NC/SC-APC .....	112
<b>Figura 55:</b> FK-CTO-16MC (CTO).....	113
<b>Figura 56:</b> Cable fibra óptica .....	114
<b>Figura 57:</b> Roseta óptica .....	115
<b>Figura 58:</b> Duo - Kit de alta para FTTH/GPON .....	116
<b>Figura 59:</b> Trio - Kit de alta para FTTH con triplexor.....	116
<b>Figura 60:</b> Kit de herramientas FTTH/GPON .....	117
<b>Figura 61:</b> Pirámide poblacional de la ciudad de Huacho 2015 - INEI.....	123

## ÍNDICE DE GRAFICOS

<b>Grafico 1:</b> Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 1.....	129
<b>Grafico 2:</b> Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 2.....	130
<b>Grafico 3:</b> Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 3.....	131
<b>Grafico 4:</b> Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 4.....	133
<b>Grafico 5:</b> Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 5.....	134
<b>Grafico 6:</b> Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 6.....	135
<b>Grafico 7:</b> Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 7.....	137
<b>Grafico 8:</b> Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 8.....	138
<b>Grafico 9:</b> Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 9.....	139

## RESUMEN

**Objetivo:** La presente tesis denominada El “DISEÑO DE UNA RED FTTH SOBRE LA ARQUITECTURA GPON PARA LA CIUDAD DE HUACHO” tiene como objetivo mejorar los servicios de Telecomunicaciones para un mayor acceso a Internet para la ciudad de Huacho. El objetivo principal es acercar un gran volumen de información a los hogares y por tanto una tecnología considerada que satisfaga las necesidades de los usuarios con un menor costo de diseño e implementación y cumplimiento de las normas técnicas **Método:** Cuando diseñar una red basada en redes pasivas implica conocer las estándares, parámetros normativos y operación de equipos de este tipo de tecnologías el trabajo de investigación constará de capítulos en el capítulo I el planteamiento del problema se cumplirá este punto permitirá consolidar los objetivos alcanzados por el diseño de esta red El capítulo II desarrollará el marco teórico con conceptos básicos necesarios para el diseño de la red. El Capítulo III implementará la metodología ya sea que el diseño del proyecto considere o los conceptos anteriores; así como el objetivo de lograr escenarios y despliegue online **Resultados:** Ha sido posible cumplir con los objetivos propuestos por la empresa para mejorar los servicios debido a su capacidad de brindar un buen servicio, se realizó una encuesta y entrevista de los involucrados; También permitió conocer y comprender el funcionamiento de la red propuesta. Los datos obtenidos se realizaron mediante la concepción estadística Chi-cuadrado para aceptar o rechazar la hipótesis y su influencia. **Conclusión:** Se concluye que el diseño de una red FTTH basada en la arquitectura GPON si influye de manera significativa en los servicios de telecomunicaciones ya que es una solución a los problemas presentados por los servicios contratados.

**Palabras Claves:** Fibra Óptica, FTTH, GPON, OLT, ONT.

## ABSTRACT

**Objective:** The present thesis called The "DESIGN OF A FTTH NETWORK ON THE GPON ARCHITECTURE FOR THE CITY OF HUACHO" aims to improve Telecommunications services for greater access to the Internet for the city of Huacho. The main objective is to bring a large volume of information to homes and therefore a considered technology that meets the needs of users with a lower cost of design and implementation and compliance with technical standards **Method:** When to design a network based on passive networks It implies knowing the standards, normative parameters and operation of equipment of this type of technology. The research work will consist of chapters in Chapter I. The problem statement will be fulfilled. This point will allow the consolidation of the objectives achieved by the design of this network. Chapter II will develop the theoretical framework with basic concepts necessary for the design of the network. Chapter III will implement the methodology whether the project design considers or the previous concepts; as well as the objective of achieving scenarios and online deployment **Results:** It has been possible to meet the objectives proposed by the company to improve services due to its ability to provide good service, a survey and interview of those involved was carried out; It also allowed to know and understand the operation of the proposed network. The data obtained were performed using the Chi-square statistical conception to accept the hypothesis and its influence. **Conclusion:** It is concluded that the design of a FTTH network based on the GPON architecture does significantly influence telecommunications services since it is a solution to the problems presented by the contracted services.

**Keywords:** Fiber Optic, FTTH, GPON, OLT, ONT.

## INTRODUCCIÓN

La tecnología esta tan influyente hoy en día mucho en nuestras vidas, ya que sin ellas nos volvemos seres inertes ya que en cada momento el ser humano interactúa con un tipo de servicio que hace de nuestras vidas mucho más fácil, dichas tecnologías ayudan a satisfacer una o muchas necesidades de los usuarios. La red FTTH (Fiber to the Home) se utiliza en combinación con tecnología o arquitectura GPON (Gigabit Passive Optical Network). Esta tecnología es un estándar para redes pasivas y es adecuada para satisfacer las necesidades de los usuarios o suscriptores de servicios de banda ancha. Esta tecnología está diseñada con bajo costo Ventaja, que nos permite cumplir con los objetivos marcados por la empresa.

Las mejoras del servicio de internet se han convertido en una necesidad con la demanda de banda ancha por el consumo de datos tales como de televisión, telefonía, Internet, Streaming de video, servicios OTT (Netflix y YouTube) y redes sociales (whatsapp, Instagram y Facebook), por otro lado el incremento de la demanda de banda ancha hace que los operadores tengan que garantizar estabilidad y confiabilidad de sus servicios y dar una mejor respuesta a sus abonados, también representa una respuesta para cubrir futuras demandas de servicios.

El estudio 'Diseño de una red FTTH basada en arquitectura GPON para la ciudad de Huacho' presentará la formulación del problema, los objetivos, la metodología, las hipótesis y el diseño del proyecto.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Ante la necesidad de cubrir nuevos servicios de telecomunicaciones, muchas empresas se encuentran actualmente desplegando una red a lo largo de nuestro territorio, este proyecto tiene la finalidad de dar mejor servicio con más capacidad de transmisión y que garantice estabilidad del mismo, ya que en la actualidad no se ha estado cumpliendo con la demanda de los abonados, que necesitan un mayor número de servicios a través de IP (protocolo de internet), esto obliga a las empresas dar un servicio de mayor calidad.

Para solucionar este problema se utilizan redes FTTH con arquitectura GPON ya que pueden brindar servicios con menor interferencia, mayor conectividad, más velocidad y con mayor ancho de banda, mejorando así la calidad de los servicios, reduciendo costos en mantenimiento para la empresa.

#### **¿Porque red GPON?**

Porque las redes GPON son capaces de transmitir mediante IP a velocidades simétricas, tanto de bajada y de subida hasta 1.25 Gbps, podemos tener una velocidad no simétrica de bajada hasta de 2.5 Gbps. Permitiendo dar cobertura de red a los abonados de hasta 20Km de la central cosa que no se podía hacer con las arquitecturas anteriores (ADSL o HFC), debido a que usan topologías de árbol o estrella ya que reduce el consumo y el equipamiento de cabeceas es mucho más sencillo y en el mantenimiento de la red es mínimo y la calidad es mayor.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿De que manera el diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON mejoraría los servicios de Telecomunicaciones para la ciudad de Huacho?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿De qué manera el diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON mejoraría los servicios por las interferencias?
- ¿De qué modo el diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON puede mejorar los servicios para mayor conectividad?
- ¿De qué forma el diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON mejorará los servicios para más velocidad?

## **1.3. Objetivo de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Analizar cómo el diseño de una red FTTH basada en la arquitectura GPON puede mejorar los servicios de telecomunicaciones en la ciudad de Huacho.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Analizar como el diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON mejoraría los servicios con menor interferencia.
- Analizar cómo el diseño de la red FTTH basado en la arquitectura GPON puede mejorar los servicios para mayor conectividad.
- Analizar cómo el diseño de la red FTTH basado en arquitectura GPON mejorará los servicios para más velocidad.



#### 1.4. Justificación de la investigación

La investigación se justifica ya que es una necesidad hoy en día mejorar los servicios de telecomunicaciones, a nivel de LATINOAMERICA hay una desigualdad comparado con Europa, Asia y América del norte ya que nos lleva casi una década por delante en el proceso de despliegue de redes óptica que proporcionan banda ancha, el Perú es uno de los últimos países en adecuarnos a estos tipos de tecnologías a partir D.S. N°014-2013- MTC de la ley N° 29904 "*Promoción de la Banda Ancha y construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra óptica*" que promueve el despliegue de infraestructura para el servicios de banda ancha.

El diseño de una red va mucho más allá de dar servicios de banda ancha, sino que nos favorece en un desarrollo económico y social, ya que va mejorar nuestras vidas a diario tales como en educación, salud, seguridad y múltiples plataformas de información que están a la disposición del abonado, nuestra ciudad como sede del Gobierno Regional de Lima - Provincias no debe estar ajeno o de simple espectador ya que en otras ciudades a nivel nacional ya cuentan con este tipo de tecnologías.

Esto también tiene sentido, porque jugará un papel importante en el diseño futuro, porque revela los problemas, conceptos, operación y despliegue de equipos en el diseño de redes pasivas, por otro lado, este es el diseño de esta arquitectura.

## **1.5. Delimitación del estudio**

Esta investigación incluirá principalmente "Diseño de red FTTH basada en arquitectura GPON para la ciudad de Huacho".

### **1.5.1. Delimitación espacial**

El diseño comprenderá en la ciudad de Huacho y alrededores. Central de Movistar Huacho (Proveedor de Banda ancha ADSL/Fibra y Tv digital) – Av. San Martín 793 Huacho- Huaura - Departamento de Lima.

### **1.5.2. Delimitación temporal**

El momento de este estudio se realizó en 2017 - 2018 (octubre - mayo).

## **1.6. Viabilidad del estudio**

### **1.6.1. Viabilidad técnica**

- Hay información sobre el tema.
- Fácil acceso a datos e información.

### **1.6.2. Viabilidad operativa**

- La empresa autoriza el proyecto.
- Soporte profesional disponible dentro y fuera de la empresa.
- El autor de la investigación comprende los problemas reales de la empresa, ya que actualmente actúa como director técnico.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Poma (2017), en su investigación que denominó *"Análisis y diseño de una red de fibra para el hogar FTTH (Fiber To The Home), para el área de Cusicancha"*, realizada para la Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia, para obtener el título de ingeniero electrónico, tuvo las siguientes conclusiones:

Las nuevas aplicaciones que surgen constantemente generan una demanda que supera la velocidad de las telecomunicaciones, razón por la cual ha comenzado a explorar al máximo las redes convencionales de cobre utilizando tecnologías que contienen cada vez más información. Uno de los principales problemas en la velocidad de transmisión de las telecomunicaciones se debe a los "cuellos de botella" provocados por la transmisión de flujos de datos en medios de diferente capacidad de transmisión, en el ciclo de suscripción final. La tecnología FTTH ofrece una solución estable a este problema al cambiar el medio de transmisión a través de la fibra óptica y con la incorporación de tecnologías xPON lo que nos ofrece una mejora significativa en los anchos de banda disponibles y atenuaciones.

Si bien la tecnología FTTH reduce en gran medida la inversión en equipos, infraestructura y personal bien capacitado, todavía está muy cerca de nuestra realidad. La realización de fibra óptica en servicios de banda ancha triple play (voz, datos y video) puede alcanzar una

distancia de 20 km, y debido al uso de tipos de componentes pasivos también se minimizan los problemas de ruido, atenuación e interferencia.

Heredia (2016), en su tesis titulada "*Diseño de una red FTTH para la utilización de servicios de los operadores de telecomunicaciones en la ciudad de Cuenca*", realizada por la Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador, para obtener el grado de Título de Magister, llegó a la siguiente conclusión:

Para diseñar una red de telecomunicaciones, es necesario utilizar un método que permita obtener un mejor método sobre el costo de inversión. En este estudio, se determinará qué métodos se pueden utilizar en el método geográfico para realizar el trabajo anterior. El concepto de "ciudad inteligente" requiere una tecnología potente que no sea un obstáculo para el crecimiento de la comunidad. Los factores económicos son de gran valor para las empresas proveedoras de Internet. El diseño de la red reduce los costos de inversión y, por lo tanto, demuestra la racionalidad de su implementación. El aumento en la capacidad para brindar mayor ancho de banda se enfoca solo en los dispositivos activos que utilizan esta tecnología, es decir, si se desea aumentar a un mayor ancho de banda global, no es necesario cambiar la parte pasiva de la red propuesta. Se considera necesario invertir en Operadores cuyas redes se actualicen a la tecnología GPON se beneficiarán enormemente de los costos de implementación reducidos. Cuenca, al igual que otras ciudades del país, necesita redes GPON para brindar servicios de telecomunicaciones. El uso de Internet y otros servicios técnicos se considera ahora un deber básico de las personas.

Barrera (2014), en su trabajo de investigación "*Red de fibra óptica con tecnología GPON para el mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones de la empresa Puntonet SA en la ciudad de Ambato*", realizado por la Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador Obtener el título de ingeniero electrónica y comunicaciones llego a la siguiente conclusión:

El diseño de la red de fibra óptica con tecnologías GPON para la ciudad de Ambato necesita de equipos idóneos para la transmisión de la información tomando en cuenta su infraestructura, recomendaciones y normas de la ITU – T esto implica un análisis de la ruta. Por tanto, el uso de la tecnología GPON para mejorar la red de fibra óptica de los servicios de telecomunicaciones requiere una gran inversión, por lo que se requiere un diseño de tamaño adecuado. El nuevo modelo de la red debe ser escalable y flexible, es decir que debe ajustarse a cualquier tipo de servicios y/o aplicaciones ya sean actuales o a futuro para los usuarios, además que pueda ir aumentando su capacidad de red sin la necesidad de hacer cambios rigurosos en la misma.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Chayña (2017), en su trabajo de investigación denominada "*Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa Amitel S.A.C, Puno*", realizado por la Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú, para obtener el grado Ingeniero Electrónico, llego a la siguiente conclusión:

Las redes de acceso son una parte indispensable para los operadores de telecomunicaciones porque transfieren los servicios prestados a los suscriptores, por lo que las redes de acceso deben diseñarse simplemente cumpliendo con los estándares propuestos por las agencias reguladoras. La

tecnología FTTH es una buena opción para la implementación de la red de acceso, ya que utiliza fibra óptica de extremo a extremo y no hay componentes de alta eficiencia en el medio, lo que causará problemas con el tiempo, y debido a que la fibra óptica es un tipo de fibra óptica, la tecnología FTTH es técnicamente Todavía válido. Actualmente no existe un medio de transmisión alternativo. Cada vez que surge un nuevo operador que proporciona mayor ancho de banda y nuevos servicios, los diseñadores de plantas externos deben mantener la última tecnología para diseñar simultáneamente redes escalables y convergentes.

López (2016) fue denominado en su trabajo de investigación "Red de fibra óptica diseñada para implementar servicios de banda ancha en Coishco (Ancash)", el cual fue realizado por la Universidad de Ciencias y Humanidades de Lima-Perú. Mencioné la electrónica en las telecomunicaciones Como ingeniero, llegué a la siguiente conclusión:

Después de revisar, analizar e investigar, durante muchos años, los servicios de telecomunicaciones necesitan más ancho de banda. Después de determinar la nueva tecnología para usar el ancho de banda estándar de 2.5 Gbps, los residentes de Coishco necesitan aproximadamente este valor. Se ha determinado que los elementos de red utilizados son necesarios para la realización de una red de fibra óptica doméstica. Se encuentra que la pérdida de energía es de 24.55dB, lo que significa que el usuario más lejano tendrá servicio de banda ancha. En las cercanías se encontró que el costo de instalación de equipos de red fue de aproximadamente 232896,449 soles y la duración del proyecto fue de 94 días hábiles.

Arias (2015), en su trabajo de investigación titulado *'Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar'*, realizado por la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú, para obtener el título de Ingeniero de Telecomunicación. Llego a la siguiente conclusión: e

En comparación con el mercado de carga (19 Mbps) y el mercado de descarga (31 Mbps), se pueden proporcionar velocidades más altas. Se proyectó una red económica porque el precio del servicio es de 300 barcos. Debido a que la red eléctrica tiene una arquitectura de anillo, se genera una red redundante que ayudará a la red a dañar la fibra óptica; es decir, si la fibra óptica está dañada, se activará el puerto pasivo del módulo OLT. Para el 2021 se recuperará la inversión en diseño de red, en el caso de brindar servicios a solo 128 personas, los fondos se recuperarán en 3 años y 3 meses. La tecnología FTTH está actualmente desplegada en diferentes ciudades del mundo. Esta tecnología se ha convertido en parte de nuestra realidad. La tasa de penetración del ancho de banda fijo y las velocidades de carga y descarga en nuestro país está por debajo del promedio, por lo que esta brecha digital debe reducirse. El costo de la banda ancha fija es superior al promedio en Latinoamérica, por lo que para reducir el costo de los servicios de banda ancha es necesario desplegar redes FTTH.

## 2.2. Bases teóricas

En el siguiente punto señalaremos los conceptos básicos de esta investigación alusivo a el diseño una red FTTH basado en una arquitectura GPON y los servicios que se ofrece, se detallara aspectos referentes a una red óptica y su funcionamiento de este tipo de redes.

### 2.2.1. Fibra óptica.

Castro (2019) nos dice que la fibra óptica:

Es un recurso físico que suele transmitir información en redes de datos y telecomunicaciones. Consiste en pequeños filamentos de vidrio o plástico a través de los cuales pasan pulsos de láser o LED. O filamentos de plástico que contienen los datos transmisibles.

Además, proporciona una mejor velocidad y distancia que otros medios de transmisión (cobre e inalámbricos). (p25)

#### 2.2.1.1 Partes de la fibra óptica.

Como se muestra en la Fig. 1, la fibra óptica consta de tres partes que describiremos a continuación:

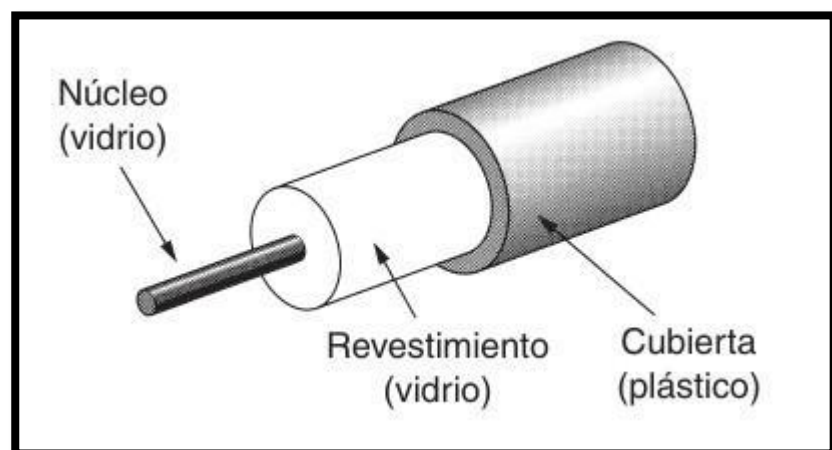
- La parte interna del núcleo (núcleo) donde la señal óptica de la fuente viaja a través del núcleo. Consiste en materiales como el cuarzo, el plástico o el silicio o el dióxido de titanio. Para ajustar su índice de refracción, se dopa con materiales como  $P_2O_5$  (óxido de fósforo),  $GeO_2$  (óxido de germanio) y  $B_2O_3$  (óxido de boro) para ajustar su índice de refracción. (p.25)
- **El revestimiento** (*cladding*) Parte de la fibra que esta entre el núcleo y el recubrimiento. Esta estructura tiene un índice de refracción menor al del núcleo de forma que actúe como una capa reflectante,



consiguiendo que las ondas luminosas se reflejen y de esta forma se transmitan a lo largo de la fibra. Se fabrica a altas temperaturas y generalmente son de cuarzo o plástico transparente. Se le suelen añadir varias capas de plástico para absorber los posibles golpes o estiramientos que pueda recibir la fibra y como protección para doblamientos excesivos. (p.25)

- **El recubrimiento** (*coating*) Parte más externa de la fibra y que protege al núcleo y al revestimiento de posibles daños y agentes externos. Estos agentes externos que pueden perjudicar las características de la fibra pueden ser tales como humedad, aplastamiento, roedores y otros riesgos del entorno. (p.25).

Diseñado para ser fácil de cortar para empalmar, hace que el diámetro fijo de la fibra óptica sea generalmente de 125, 250, 500 o 900  $\mu\text{m}$ . (p.26)



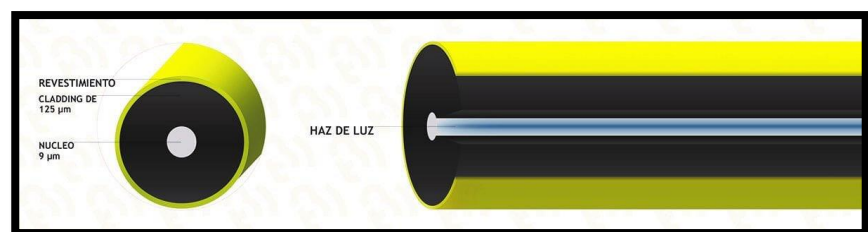
**Figura 1:** Partes de la fibra óptica

**Fuente:** <https://www.pandaancho.mx/plds/articulos/froala/fibra-optica-partes-405x215-316021649.jpg>

### 2.2.1.2. Tipos de fibra óptica.

Se pueden clasificar diferentes tipos de fibras ópticas, pero según el mecanismo interno de propagación de la luz, se pueden dividir en dos tipos:

- **La fibra Monomodo** Permite la transmisión de información a grandes distancias (superiores a 10 km) y una buena tasa de transmisión al reducir el diámetro del núcleo de la fibra, propagando así directamente la luz monomodo sin reflejos. (p.26)



*Figura 2:* Fibra monomodo.

*Fuente:* <https://beyondtech.us/blogs/beyondtech-en-espanol/diferencias-entre-cables-de-fibra-optica-monomodo-y-multimodo>

- **Fibra multimodo** Esto permite que el rayo se propague en más de una forma (más de mil formas diferentes), aumentando el margen de error. Por lo tanto, no se recomienda para conexiones remotas. Este tipo de fibra se prefiere para comunicaciones de corto alcance (hasta 10 km). (p.26)



*Figura 3:* Fibra multimodo

*Fuente:* <https://beyondtech.us/blogs/beyondtech-en-espanol/diferencias-entre-cables-de-fibra-optica-monomodo-y-multimodo>

### 2.2.2. Introducción a las redes FTTx.

Galeano (2009) nos señaló que:

La red FTTH pertenece a la familia de sistemas de transmisión FTTx en el campo de las telecomunicaciones. Estas redes, que se consideran de banda ancha, tienen la capacidad de transmitir grandes cantidades de datos e información a velocidades de bits muy altas hasta que están cerca del usuario final.

La serie FTTx contiene un conjunto de tecnologías basadas en la transmisión de señales digitales a través de fibra óptica como medio de transmisión. Dependiendo de qué tan cerca esté la fibra del usuario final, existen diferentes niveles de alcance, que son causados por el alto o bajo costo de estos sistemas.

Todas las redes FTTx aceptan configuraciones lógicas de árbol o estrella, redes de bus y anillo, y en todas estas redes, los componentes activos siempre se pueden utilizar según la ubicación del usuario final o cliente.

(Página 20) Nombre y características, según penetración tabla 1

**Tabla 1***Resumen con las características de las tecnologías FTTx*

Denominación	Alcance	Distancia métrica
FTTN	Fiber To The Node (fibra hasta el nodo)	La distancia de la fibra FTTN a la fibra del nodo desde el centro hasta el edificio es de 1,5 a 3 km
FTTC	Fiber To The Curb (fibra hasta la acera)	La fibra FTTC al bordillo (fibra óptica al bordillo) es de 300 a 600 m desde el centro hasta el edificio
FTTB	Fiber To The Building or Bussiness (fibra hasta el edificio o negocio)	Fibra óptica FTTB a un edificio o empresa (desde fibra óptica hasta un edificio o empresa) La fibra óptica desde el centro del edificio hasta la sala de telecomunicaciones no incluye el cableado hasta la casa.
FTTH	Fiber To The Home (fibra hasta el hogar)	Fibra FTTH al hogar (fibra al hogar) Fibra PTR del centro a la casa

*Fuente:* (Galeano, 2009). (p.21)

### 2.2.3. Tecnología de red de acceso FTTx

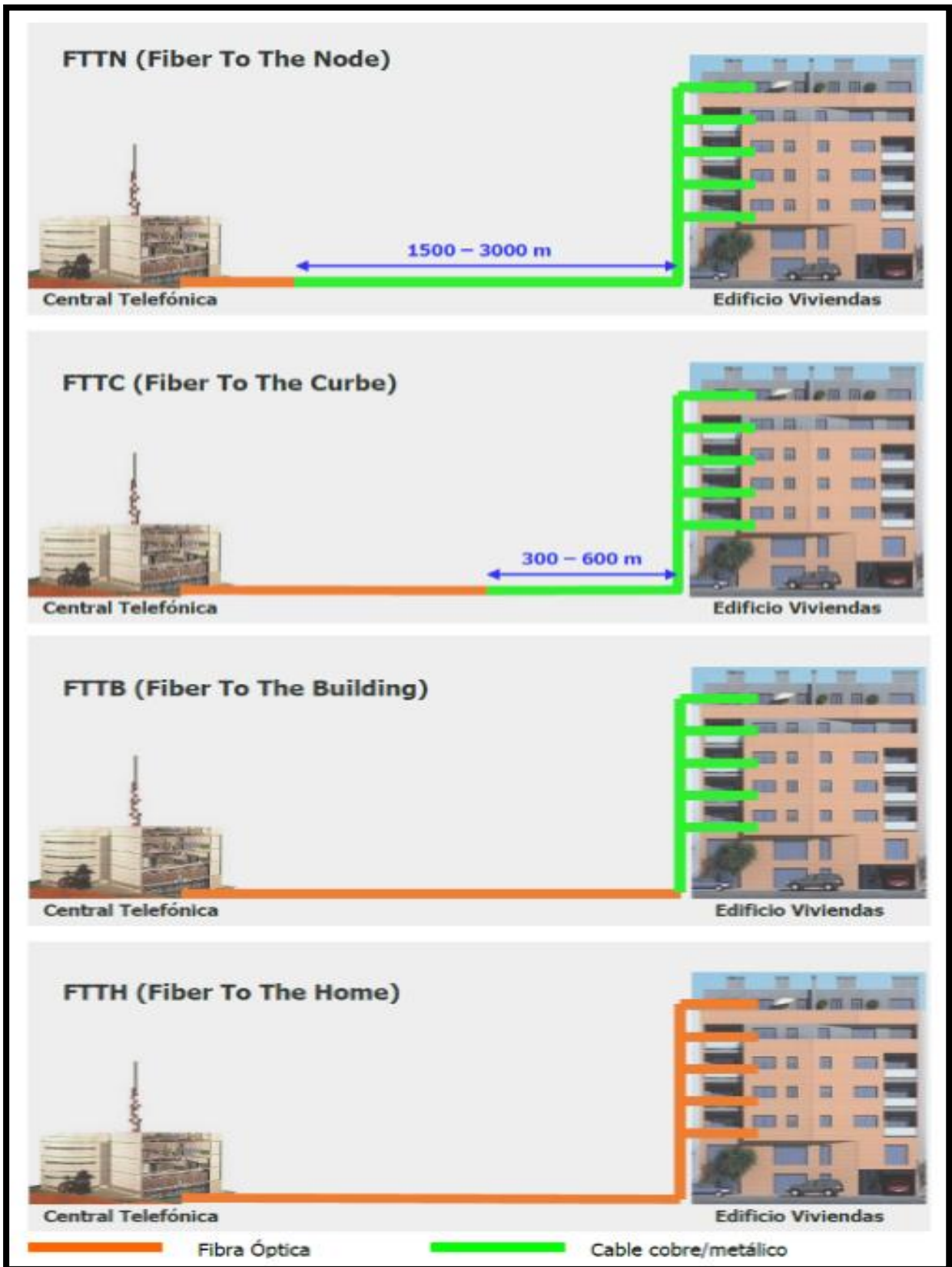
Keiser (2006) nos menciona 4 principales tipos de tecnologías FTTx:

La tecnología FTTx es un término genérico utilizado para distinguir cualquier acceso para proporcionar mayor ancho de banda a los usuarios u hogares, basados en fibra óptica. El acrónimo FTTx es empleado para distinguir los diferentes alcances por fibra óptica. Los principales tipos de tecnología FTTx son:

- **FIBER-TO-THE-BUSINESS (FTTB):** Fibra para la empresa. Esta tecnología se basa en la instalación en el exterior del edificio de la empresa, que se ubica dentro o cerca del edificio, desde donde se distribuye la fibra a otras ubicaciones.
- **FIBER-TO-THE-CURB (FTTC):** Fibra a la acera. Esto incluye colocar el cable de fibra óptica instalado en la base del nodo u oficina más cercano a la

casa o edificio más cercano, y distribuirlo desde la base a través de un divisor óptico.

- **FIBER TO THE HOME (FTTH):** Fibra hasta el hogar. Es el sistema de cable de fibra que llega a los hogares de los usuarios. El trabajo actual se basa en esta tecnología ya que se enfoca en el área residencial, por lo que se discutirá con más detalle en la **Sección 2. 2. 4.**
- **FIBER-TO-THE-NODE (FTTN):** Fibra al nudo. Es este cable de fibra que comienza en el nodo del operador, en el que se centraliza cierta parte del equipo para distribuir el servicio. Por lo general, este nodo despachador se encuentra a cierta distancia, dependiendo del equipo que se utilice. Todas estas tecnologías también fueron citadas por Heredia (2016) (p.4)



*Figura 4* : Arquitectura general de las tecnologías FTTx

*Fuente:* (Galeano, 2009) (p.22)

El uso de fibra óptica como conductor de transmisión de la casa asegura que la red esté totalmente adaptada a las necesidades actuales y futuras. El propósito del equipo de fibra óptica que satisface las necesidades de los usuarios es proporcionar una mejor velocidad de transmisión de datos y reducir el costo de diseño, implementación y mantenimiento para los operadores, recuperando así los costos de implementación de dicha red.

#### **2.2.4. Fibra hasta el Hogar (FTTH).**

Heredia (2016) nos manifiesta que:

Debido a las necesidades de los usuarios de Internet de banda ancha, se han desarrollado redes FTTH. Las características de la red FTTH incluyen: alta velocidad de transmisión (superior a 1 Gbps), banda ancha por usuario superior a 100 Mbps, velocidad de datos simétrica, acceso de fibra única, mayor alcance en kilómetros, alta capacidad de actualización, sistema de gestión centralizado, asignación dinámica de recursos y protección básica integrada.

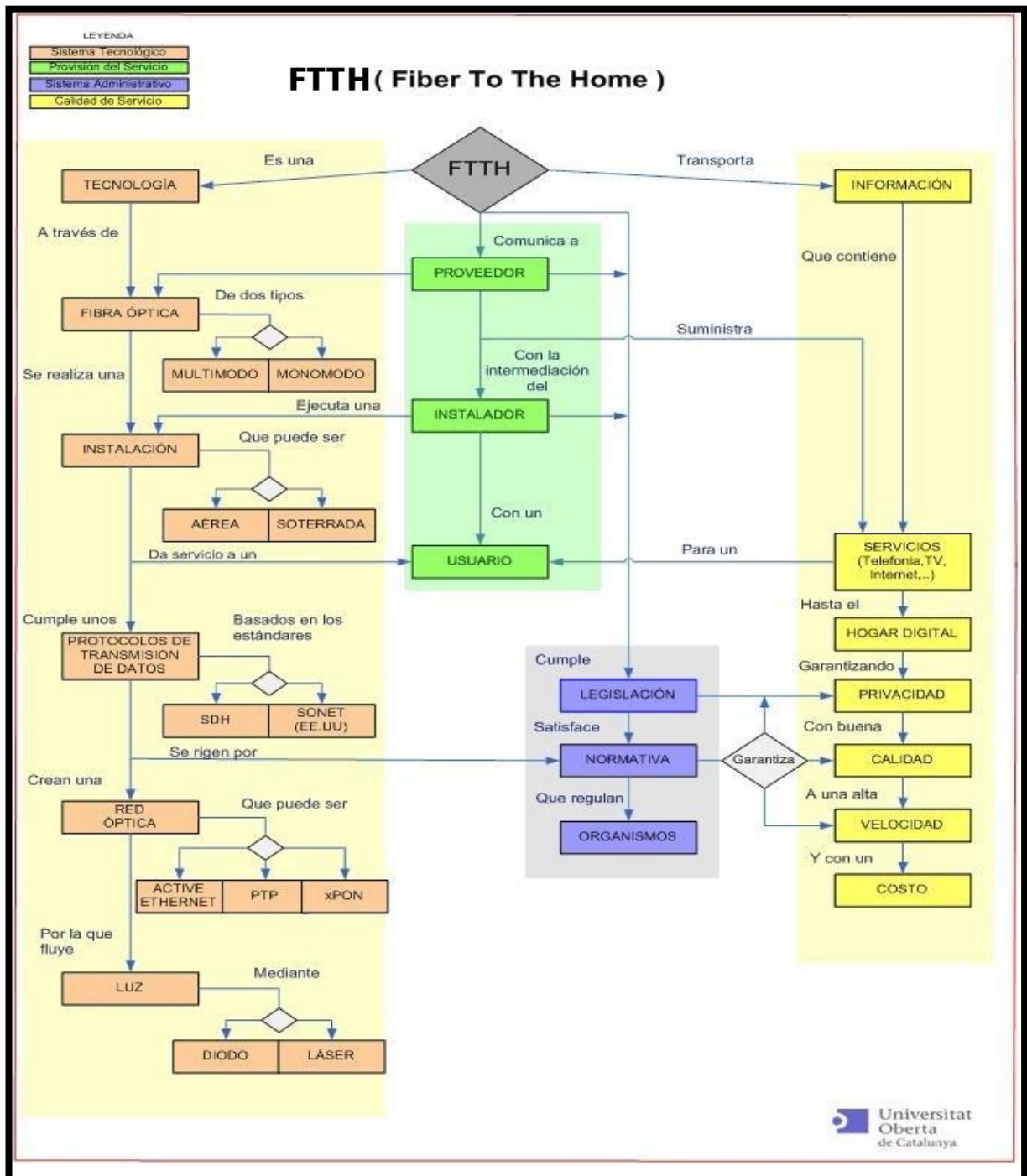
Esta tecnología puede admitir una gran cantidad de contenido y alta calidad en términos de video, canales de alta definición y el uso de almacenamiento en la nube. En otras palabras, los beneficios del triple play en casa. En la arquitectura FTTH se utilizan dos tipos de distribución: punto a punto o centralizada y punto a multipunto o cascada. El tipo de fibra utilizado depende en gran medida del tipo de distribución utilizado, porque afecta la ubicación de la red de fibra dividida. La distribución y distancia del divisor de haz o divisor de haz son factores que afectan su expansión.

La distribución punto a punto (también conocida como punto a punto) se basa en la arquitectura de la red de distribución óptica (ODN), y la fibra óptica comienza en el nodo central y llega directamente al usuario final. Cada usuario puede conectarse directamente a la oficina central y la fibra óptica puede llegar directamente al punto de conexión del usuario. La ruta desde la oficina central consta de varias partes. La fibra óptica se conectará mediante un empalme o conector, proporcionando así una ruta óptica continua desde el nodo hasta el hogar. Sin embargo, debido a su mayor alcance de implementación, esta distribución de muestra es costosa.

La configuración punto a multipunto o punto a multipunto (P2MP) proporciona una única fibra de alimentación desde la oficina central o el nodo de despacho a otro nodo de sucursal para el usuario. Se utiliza un dispositivo óptico pasivo llamado divisor en el punto de conexión. Debido al uso de estos dispositivos, esta configuración también se conoce como red PON. (pp.29-30)



En la siguiente imagen se detalla un flujo grama del sistema FTTH.



**Figura 5:** Mapa conceptual FTTH

**Fuente:** (Universidad Oberta , 2017)

### **2.2.5. Arquitectura general de una red FTTH.**

Galeano (2009) nos dice que:

La tecnología FTTH se implementa en fibra óptica en toda la red global (incluida la red troncal de la aerolínea). En cuanto al bucle usado que tiene que gestionar, propuso conectar la fibra óptica de la central telefónica a cada vivienda que necesite servicio. Para cualquier tipo de red FTTH, independientemente de su configuración y arquitectura final, se recomienda utilizar un recurso físico desde el centro a cada usuario mediante multiplexación por longitud de onda (WDM). La conexión entre el usuario final y el nodo de distribución que prestará el servicio se puede lograr mediante diversas configuraciones físicas, que se describirán en detalle a continuación:

#### **2.2.5.1. Configuración punto a punto.**

La tecnología FTTH se implementa en fibra óptica en toda la red global (incluida la red troncal de la aerolínea). En cuanto al bucle usado que tiene que gestionar, propuso conectar la fibra óptica de la central telefónica a cada vivienda que necesite servicio. Para cualquier tipo de red FTTH, independientemente de su configuración y arquitectura final, se recomienda utilizar un recurso físico desde el centro a cada usuario mediante multiplexación por longitud de onda (WDM).

BNLa conexión entre el usuario final y el nodo de distribución que prestará el servicio se puede lograr mediante diversas configuraciones físicas, que se describirán en detalle a continuación. (p.24)

### 2.2.5.2. Configuración Punto a Multipunto: PON

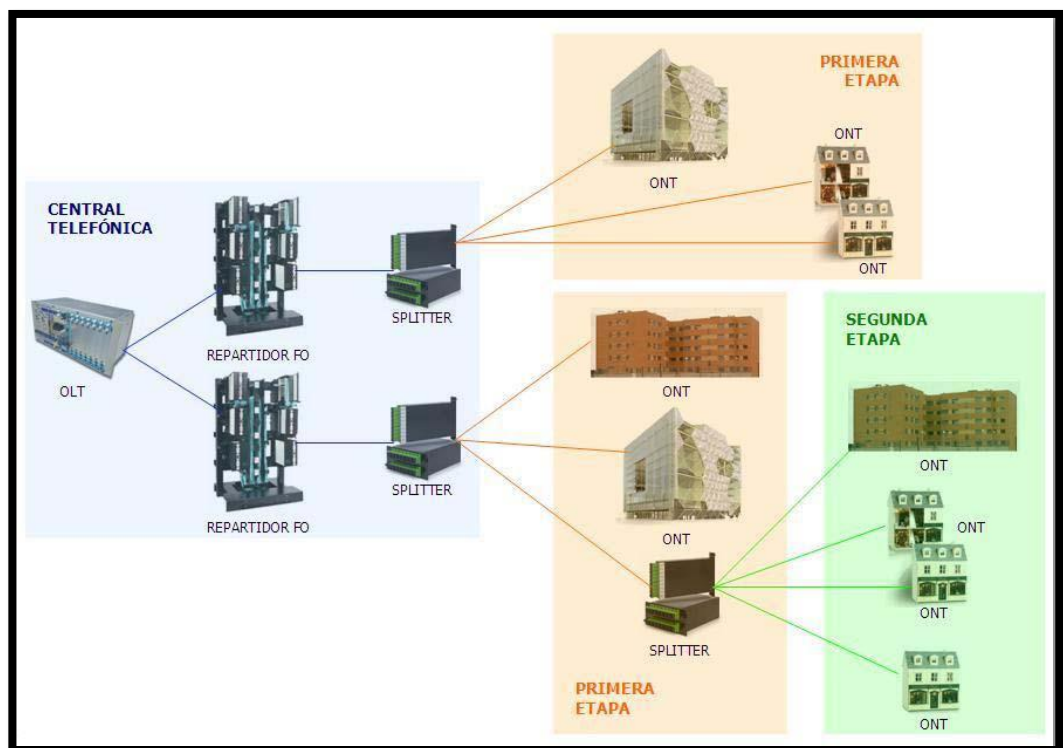
Cuando se trata de fibra óptica, la configuración punto a multipunto se basa en la red FTTH. Esta configuración a menudo se conoce como PON (red óptica pasiva) o red óptica pasiva. A lo largo del proyecto, la configuración punto a multipunto se denominará PON. La arquitectura basada en la red PON o red óptica pasiva se define como un sistema global que carece de componentes electrónicos activos en el bucle de abonado.

Cada red PON contiene los siguientes componentes pasivos:

- Red de distribución de fibra óptica ODN. Consiste en la propia red, que distribuye la señal de la centralita a la casa. Consiste en cables de fibra óptica, distribuidores pasivos y paneles y gabinetes de distribución de energía de fibra óptica.
- **OLT:** Terminal de línea óptica. Consiste en componente activos ubicados en la cabecera de la red o conmutador, generalmente uno para cada fibra.
- **ONT:** Terminal de red óptica. Consiste en elementos pasivos ubicados en las instalaciones del usuario final. Normalmente hay hasta 32
- **Divisor:** Divisor óptico pasivo. Se considera el componente principal de la red, ya que se encarga de dirigir las señales de los dispositivos activos en la red a cada usuario. El principio general de esta arquitectura es compartir el costo de un mismo cable óptico entre diferentes terminales, de manera que se pueda reducir el número de fibras ópticas, reduciendo así los costos de implementación y mantenimiento de la red. De esta forma, con el divisor óptico, varios usuarios comparten el mismo canal físico. El funcionamiento del separador es muy básico. Dependiendo de

la dirección del haz en un extremo, divide el haz incidente en varios haces, los distribuye a través de varias fibras o los combina en la misma fibra. Entonces, por ejemplo, la misma señal de video se puede transmitir a múltiples usuarios.

Los elementos que componen una red PON general se muestran en la siguiente figura (páginas 24-25).



**Figura 6 :** Esquema genérico de una red PON

**Fuente:** (Galeano, 2009). (p. 25)

Como puede verse en la figura anterior, una sola OLT es suficiente como cabeza de la red y puede proporcionar servicios para múltiples ONT involucradas. El enlace tradicional consiste en un dispositivo OLT conectado a una fibra óptica mediante un divisor de fibra óptica que organiza el canal de información. La señal óptica del OLT se divide

pasivamente en muchas fibras ópticas que acceden al usuario final directa o indirectamente a través del divisor de cabeza o del primer divisor de fase. Entre ellos, hay una ONT que brinda servicios. Cada vez que la señal del extremo frontal pasa a través del divisor de frecuencia, se dividirá en tantas señales como la fibra de salida conectada, como el divisor de frecuencia de la primera etapa, producirá la fibra óptica ubicada cerca del OLT y producirá la conexión de la primera etapa.

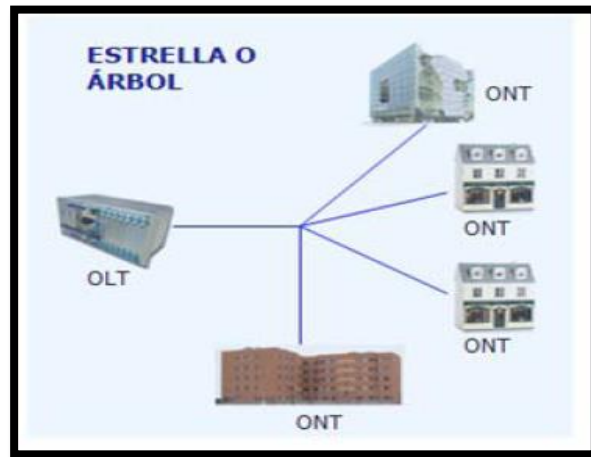
La conexión de la primera etapa puede estar compuesta por ONT, por lo que se conecta directamente al OLT a través del divisor de la primera etapa. De lo contrario, puede haber más divisores de frecuencia responsables de subdividir la señal del divisor de frecuencia anterior nuevamente. Estos divisores de voltaje se denominan divisores de voltaje de segunda etapa y provocan una conexión de segunda etapa. y muchos más. Esta arquitectura crea una estructura arbolada, formando así una red con gran flexibilidad y sencillez, reduciendo así sus costos de operación y mantenimiento. Sin embargo, esta topología no es única. La topología lógica de la red FTTH también debe realizarse configurando la estructura de transmisión en la red de bus y anillo: la OLT es la cabecera de la red y la ONT es el elemento auxiliar que cuelga de la red. Sin embargo, estas configuraciones no son comunes cuando se trata de un diseño de ingeniería efectivo.

Arias (2015) nos muestra las siguientes topologías:

✓ **Arquitectura en estrella o en árbol.**

Como se muestra en la Figura 7, debido a su bajo costo y alta eficiencia, las estructuras en estrella o árbol se utilizan más en

las redes FTTH. La estructura consta de una sola parte desde la OLT hasta el nodo óptico, en la que habrá un divisor óptico, y el dispositivo pasivo distribuirá la señal y la enviará al usuario correspondiente. (Página 31)

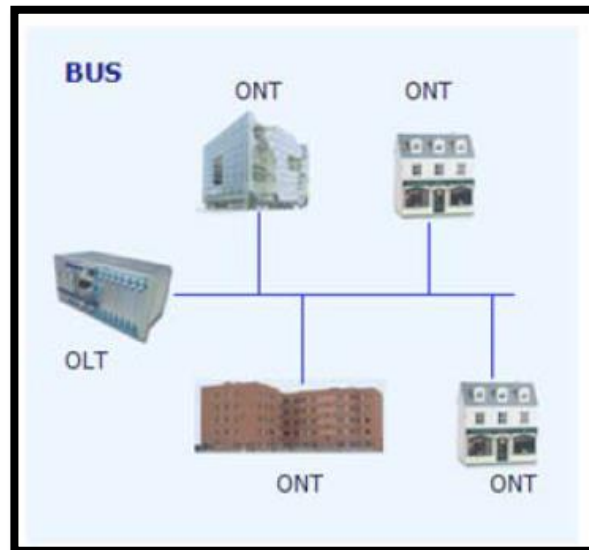


*Figura 7:* Arquitectura en estrella o en árbol.

*Fuente:* (Galeano, 2009). (p. 26)

#### ✓ **Arquitectura en bus.**

La arquitectura del bus que se muestra en la Figura 8 usa un solo enlace. Esta conexión se conecta a la ONT de la red a través de un nodo central. Evidentemente, el mayor inconveniente de esta red es la fiabilidad de la transmisión. Porque la interrupción de la red imposibilitará la comunicación con todos los usuarios en el período posterior a la interrupción del cable. (Página 31)

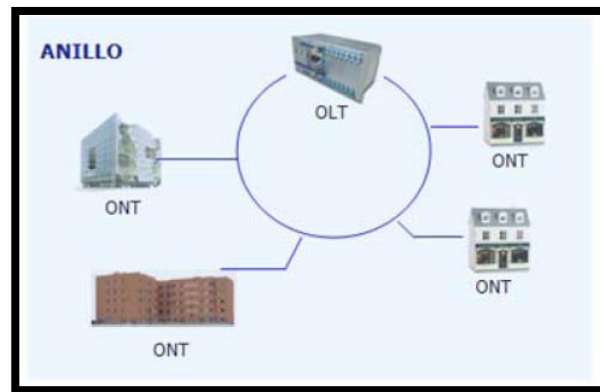


*Figura 8: Arquitectura en bus.*

*Fuente:* (Galeano, 2009). (p. 26)

#### ✓ **Arquitectura en anillo.**

La arquitectura de anillo que se muestra en la Figura 9 es la más utilizada. Porque su arquitectura es confiable. Hay dos técnicas de protección que el anillo puede utilizar para restablecer la comunicación después de una falla: protección de camino y restablecimiento de enlace / nodo. El primero es encaminar el tráfico OLT en la dirección opuesta. La segunda técnica es similar, pero en este caso el tráfico se redirige al nodo / enlace donde ocurrió la falla. (Página 32)



*Figura 9: Arquitectura en anillo.*

*Fuente:* (Galeano, 2009). ( p. 26)

## 2.2.6. Funcionamiento genérico de una red PON

Galeano (2009) refiere que:

Como se mencionó en el apartado anterior, las redes ópticas pasivas siempre transmiten entre OLT y diferentes ONT a través de divisores ópticos que multiplexan o demultiplexan las señales según su origen y destino. Así, aparecen en la red tres números distintos: OLT, ONT y divisor, todos con las funciones prioritarias necesarias en redes PON pasivas. Sus respectivas funciones y características generales son las siguientes.

### 2.2.6.1. El OLT

La OLT sirve como elemento principal de la red PON y es responsable de gestionar los usuarios de la ONT o el flujo de información de los mismos. Además, también actúa como puente con otras redes externas, permitiendo la comunicación de datos con el exterior. Cada OLT obtiene datos de tres fuentes de información diferentes y actúa como centro de toda esta información. Por lo tanto, la extensión OLT anterior se conectó a la siguiente red.



- **PSTN** (Red telefónica pública conmutada) o **RTB** (Red telefónica básica) para servicios de voz; OLT utiliza la interfaz correspondiente **MGCP** (Protocolo de controlador de puerta de enlace de medios) o **Protocolo de controlador de puerta de enlace de medios** para conectarse a través de un enrutador de voz o puerta de enlace de voz.
- **Internet**, utilizado para datos o servicios VoIP, OLT utiliza **IP encapsulado en ATM** y se conecta a través de un enrutador de voz IP / ATM o puerta de enlace.
- **Transmisión de video** o **VoD** (Video on Demand), utilizado para servicios de transmisión de video, OLT conectado directa o indirectamente a través de enrutadores ATM o puertas de enlace.

(Página 27)

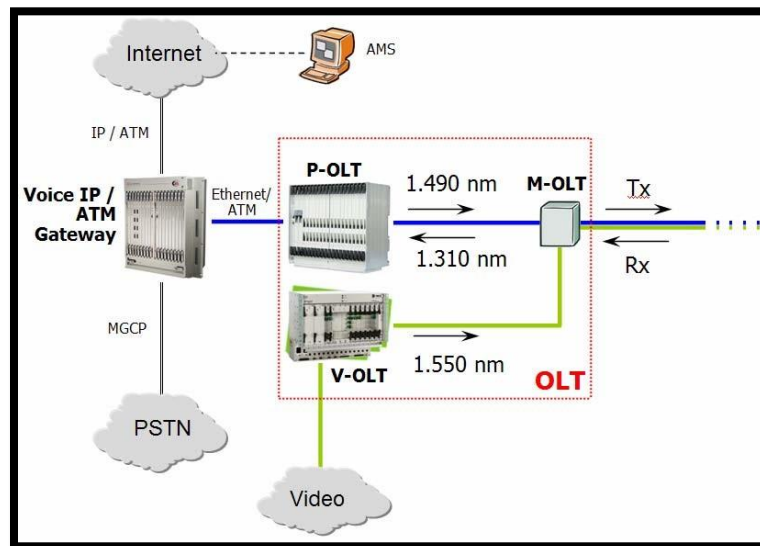
Sin embargo, la OLT no es una sola pieza de hardware, sino que se subdivide en tres módulos o dispositivos diferentes, y cada módulo o dispositivo es responsable de administrar el tráfico específico. Por tanto, OLT tiene tres subtipos:

- ✓ **P-OLT**, Proveedor de OLT (proveedor de OLT). Este equipo tiene dos tareas básicas:  Encargado de recolectar tramas de voz infinitas y datos agregados de RTB y red de internet dirigidos a la red PON, y difundirlos vía protocolo TDM, convirtiéndolos en señales inyectables en diferentes ramas de usuarios. O multiplexación por división de tiempo (multiplexación por división de tiempo). Para ello, utiliza una longitud de onda dedicada, a saber, 1490 nm.
- ✓ Absorber todos los marcos de voz y datos de la ONT del usuario y concentrarlos en la ruta de escape de acuerdo con la naturaleza de los

datos recibidos. Por lo tanto, el tráfico de voz se redirigirá a RTB y el tráfico de datos se redirigirá a Internet. Para esto, se usa una longitud de onda diligente, especialmente 1310 nm.

Además de centralizar la información y compartirla según su naturaleza (datos de voz), el P-OLT también es responsable de los canales de enlace descendente multicanal a través del enlace descendente (a ONT) y el enlace ascendente (a OLT). Misma fibra

- ✓ V-OLT, Video-OLT (Video-OLT). Este dispositivo es responsable únicamente de transmitir videos y cuadros de VD visuales a pedido desde la red de transmisión de video al ONT del usuario. Para ello, las imágenes de vídeo en todas las ramas de los usuarios (retransmisiones) se convierten en señales inyectables, que se propagan a una diligente longitud de onda de 1550 nm.
- ✓ M-OLT, multiplexor OLT (multiplexor OLT). Es un multiplexor WDM que permite multiplexar y demultiplexar entre señales P-OLT y V-OLT. (Página 28) El funcionamiento de la OLT completa se muestra gráficamente a continuación y establece un enlace a varias redes de voz (PSTN), video (transmisión de video) y datos (Internet). (Página 28)



**Figura 10:** Funcionamiento del OLT a nivel global.

**Fuente:** (Galeano, 2009). (p. 29)

Por tanto, la tarea de cada OLT es utilizar dos longitudes de onda superpuestas diferentes para evitar interferencias entre los contenidos del canal descendente y el canal ascendente. Para ello, utiliza la tecnología WDM (multiplexación por división de longitud de onda), basada en el uso de filtros ópticos: multiplexación por división de longitud de onda. Por último, cabe destacar que la OLT también dispone de un telémetro que permite calcular la diferencia de distancia entre el usuario final y la centralita. Esta función está directamente relacionada con la potencia de transmisión de la OLT a una ONT determinada. El OLT no transmitirá la misma potencia óptica a todos los ONT de la misma manera, sino que depende de su distancia del panel de control. De esta forma, los usuarios cercanos al centro necesitarán menos energía para la explosión del contenido,

mientras que los usuarios alejados del centro necesitarán más energía. (Página 29)

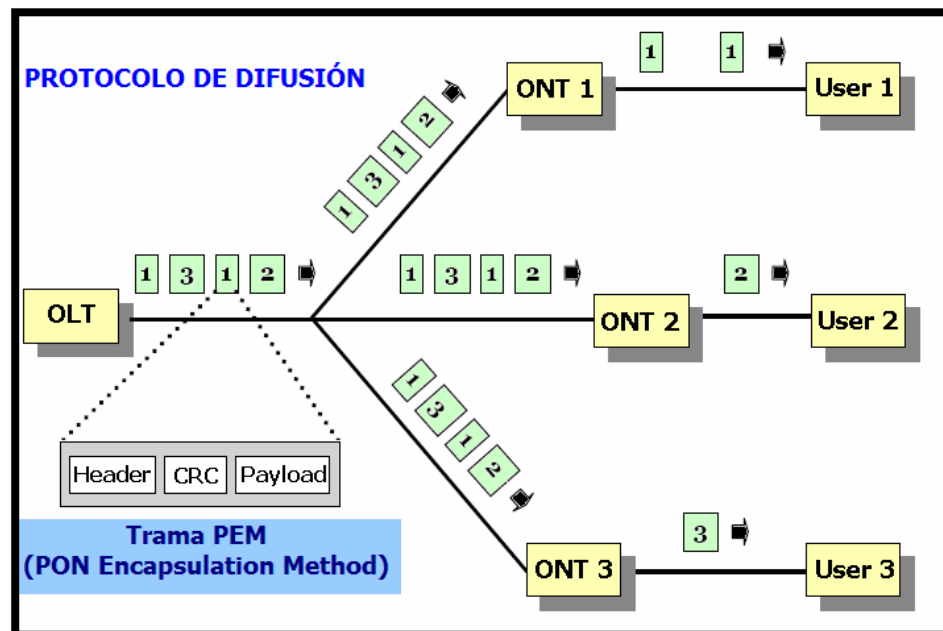
#### 2.2.6.2. ONT

La ONT es un elemento que puede filtrar información asociada a un usuario específico de la OLT. Además, tienen la función de encapsular la información del usuario y enviarla a la OLT front-end para redirigirla a la red apropiada. Suelen instalarse en viviendas con las correspondientes rosetas ópticas. Dependiendo de su función, la ONT es de dos tipos:

- **H-ONT, u ONT** doméstica, que está lista para ser instalada en casa y brinda servicios a usuarios específicos. En este caso, la fibra regresa a la casa y entra en el despliegue FTTH.
- **Edificio B-ONT u ONT**, listo para ser instalado en R. I. T. I. O la sala de comunicaciones de un edificio o empresa privada que pueda dar servicio a múltiples usuarios que estén conectados a él a través de un despachador. En este caso, la fibra no llega a la casa, sino al edificio, que se denomina FTTB. (Página 30)

Cada ONT recibe todas las señales enviadas por su correspondiente encabezado ONT, así como otros ONT del mismo nivel. La información OLT se transmite a través de TDM Broadcast de modo que, en promedio, llega a todos los ONT. El trabajo de la ONT, sin embargo, es filtrar la información que solo se aborda por sí misma dentro de un cierto intervalo de tiempo. La denominada trama PEM (proceso de encapsulación PON) se utiliza para filtrar información a nivel de protocolo Ethernet. La propiedad incluye tres áreas:

- **Título:** este campo contiene información sobre la sincronización de cuadros.
- **CRC:** puede determinar si la información enviada llega al objetivo correctamente.
- **Payload:** son los datos a enviar. (Página 30) La operación de filtrado de transmisión de TDM se muestra en la siguiente figura.



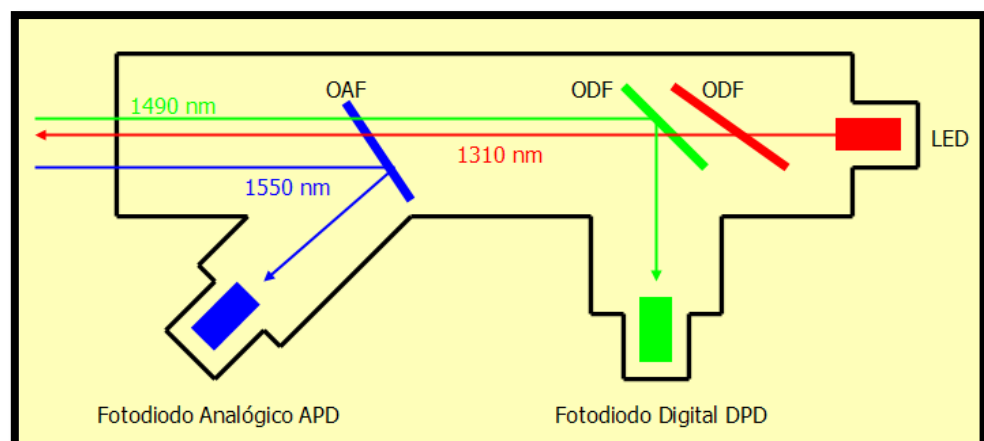
*Figura 11:* Funcionamiento del protocolo de difusión en una red PON

*Fuente:* (Galeano, 2009). (p. 31)

Después de filtrar la información de interés, la ONT distingue entre la señal de video V-OLT y las tramas de voz y datos P-OLT. Para realizar este segundo filtrado, el módulo electroóptico dispone de dos fotodiodos: un APD (fotodiodo analógico) analógico y otro DPD (fotodiodo digital) digital. Los filtros ópticos son:

- **OAF**, filtro óptico analógico, la señal de vídeo de 1550 nm se demultiplexa con la longitud de onda de este filtro y ataca el fotodiodo APD analógico para la conversión de frecuencia.
- **ODF**, Optical Digital Filter (Filtro óptico digital), este filtro demultiplexa señales de voz y datos con una longitud de onda de 1490 nm y, por tanto, ataca el fotodiodo digital DPD. Además, la ONT no solo recibe y filtra información de la OLT, sino que también envía información a la OLT con una longitud de onda dedicada de 1310 nm.

La ONT tiene un LED que se encarga de enviar señales ópticas a la OLT. Para evitar conflictos de información entre usuarios, utilizan el protocolo TDM (Time Division Multiplexing) para administrar la OLT y asignar ranuras de tiempo para cada ONT. (Página 31) A continuación se muestra un diagrama operativo gráfico de un ONT basado en filtros ópticos y LED transmitidos.



**Figura 12:** Funcionamiento interno de un ONT

**Fuente:** (Galeano, 2009). (p. 32)

### 2.2.6.3. El divisor óptico (*Splitter*).

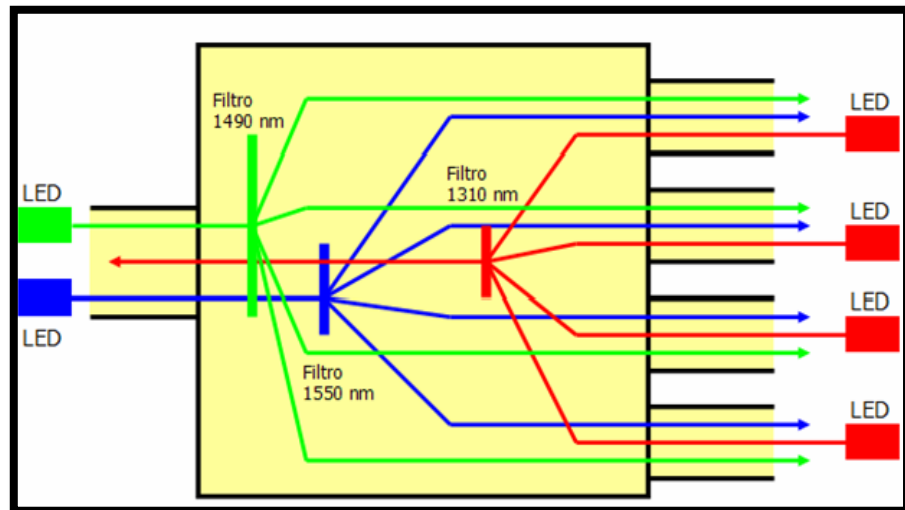
Son divisores de potencia pasivos que permiten la comunicación entre el OLT y los respectivos ONT a los que sirve. Sin embargo, no solo se dedican a multiplexar o demultiplexar señales, sino que también combinan potencia: son dispositivos de distribución óptica bidireccionales, con una entrada y varias salidas:

- La señal que entra por el puerto de entrada (downlink) proviene del OLT dividido entre múltiples puertos de salida.
- Las señales que acceden a las salidas (uplink) provienen de los ONT (u otros divisores) y se combinan en la entrada.

El hecho de ser elementos totalmente pasivos les permite funcionar sin necesidad de energizaciones externas, abaratando los costos de implementación, operación y mantenimiento. Solo introducen pérdidas de potencia óptica en las señales de comunicación, que son inherentes a su propia naturaleza. (p. 32) Existe una relación matemática inversa entre las pérdidas introducidas por el divisor y el número de salidas del mismo, siendo este:

$$\text{Atenuación}_{\text{SPLITTER}} = 10 \log \frac{1}{N}$$

Por tanto, un divisor de potencia con dos salidas, en el peor de los casos, pierde 3 dB (la mitad de la potencia) en cada salida. Gráficamente, la operación de un divisor se puede expresar mediante la siguiente figura.



**Figura 13:** Funcionamiento genérico de un divisor óptico

**Fuente:** (Galeano, 2009). (p. 33)

Los tipos de divisores son diferentes porque no todos los divisores están contruidos con la misma tecnología. Sin embargo, los divisores más comunes son de dos tipos:

- Para dispositivos con una gran cantidad de salidas (32 salidas), use un divisor basado en tecnología plana.
- Para dispositivos con menos salida (32 salidas), use un divisor de voltaje que consta de un acoplador de doble cono con fusible. (Página 32-33)



#### 2.2.6.4. Instrucciones de funcionamiento para la red de transmisión PON

Después de haber descrito en detalle todos los elementos que componen la red PON, es necesario comprender cómo funciona el sistema en su conjunto. Por tanto, desde la cabecera de la red OLT hasta el usuario ONT, el comportamiento de la red de todos los elementos interconectados entre sí, y viceversa. Básicamente, el funcionamiento general de la red debe destacarse es que hay dos canales, uno sube y la otra baja. Sin embargo, ambos se transmiten (generalmente) a través del mismo medio físico, por lo que la tecnología WDM (CWDM / DWDM) se utiliza para permitir que los datos en los canales descendentes no entren en conflicto con los datos en los canales en vivo. río arriba. Por ello, en función del volumen de tráfico se asignan a cada canal distintas longitudes de onda, debiendo coexistir al menos tres longitudes de onda distintas en la misma fibra óptica: una para el servicio de vídeo del canal upstream y otra. para el servicio de canal ascendente. Los datos. Alto y bajo respectivamente. (p. 33)

Los dos canales de transmisión se analizarán con más detalle.

- **Canal descendente.**

El canal descendente es la dirección de la información de la OLT del operador a las ONT ubicadas en los usuarios finales.

El canal descendente es la dirección de la información del operador OLT al ONT del usuario final. En este canal, la red PON se comporta como una red punto a multipunto. La OLT recopila un número ilimitado de tramas de voz y datos dirigidas

a la red PON a través de P-OLT (voz y datos) y V-OLT (video). Los fotogramas recogidos por estos dispositivos los convierten en señales inyectables en diferentes ramas del usuario. Estas ramas constan de una o dos fibras ópticas que transportan señales bidireccionales o unidireccionales y están acopladas pasivamente a través de un divisor de potencia. El divisor de potencia permite la unión de todas las ONT de la red sin regeneraciones intermedias de señal (evitar el uso de componentes activos). (Página 34) Estos distribuidores tienen la tarea de recibir información de la OLT, filtrar el contenido que se le dirige y enviarla al usuario final. En este proceso, se utiliza un protocolo de transmisión basado en multiplexación por división de tiempo (TDM) para enviar la información de cada usuario en diferentes momentos. La OLT tiene varios intervalos de tiempo predeterminados, y cada intervalo de tiempo corresponde a un usuario específico, de esta manera, según cada período de tiempo, la ONT de cada usuario filtrará la información que se le brinde. Un aspecto importante a considerar es la longitud de onda ( $\lambda$ ) a la que la OLT transmite información a la ONT. Estas longitudes varían dependiendo de si la conexión de rama de árbol o ONT es una conexión de fibra única o una conexión de dos fibras:

- Voz y Datos:  $\lambda_D = 1310$  nm.
- Video:  $\lambda_V = 1550$  nm.

Cuando la conexión entre el divisor y el ONT se realiza mediante fibra óptica, se utiliza el mismo canal para enviar y recibir, y a cada canal se le asigna una longitud de onda específica. Cuando se trata de un canal de enlace descendente, son los siguientes

- Voz y Datos:  $\lambda D = 1490 \text{ nm}$
- Video:  $\lambda V = 1550 \text{ nm}$

- **Canal ascendente.**

El canal ascendente es la dirección de la información desde el ONT del usuario final al OLT del operador. En este canal, la red PON se comporta como una red punto a punto. Cada ONT recopila tramas de voz y datos agregados de cada usuario y las transmite a la OLT. En este punto, la ONT realiza la misma operación que la OLT en el canal descendente, es decir, convierte la trama en una señal inyectable en una fibra asignada al usuario. El divisor de cada etapa es responsable de recopilar información de todos los ONT correspondientes, multiplexarlos en una sola salida de fibra y dirigirlos al OLT del operador. Para transportar información de diferentes ONT en el mismo canal, TDMA debe usarse como en el canal descendente, de modo que cada ONT transporta información en diferentes intervalos de tiempo bajo el control de la unidad OLT.

En cuanto a la longitud de onda operativa, cabe señalar que la longitud de onda operativa del canal upstream es siempre la misma, ya sea que la conexión entre el ONT y el splitter sea de doble fibra o de una sola fibra. La información (voz y / o datos) enviada por el usuario siempre se envía a:

- Voz y Datos:  $\lambda D = 1310 \text{ nm}$

Usando el sistema anterior, se construye una red integrada en una estructura de árbol o estrella que tiene posibilidades físicas y lógicas ilimitadas para brindar servicios a los usuarios. Debido al uso de fibra óptica como medio de transmisión y al uso de separadores ópticos para diseminar y concentrar información, la red PON permite a los usuarios a 60 millas de distancia enviar y recibir información con velocidades de hasta 2.5 Gbps. Del centro. (Página 33-35) La Figura 12 muestra un diagrama esquemático del funcionamiento general de la red PON aplicada a FTTH.

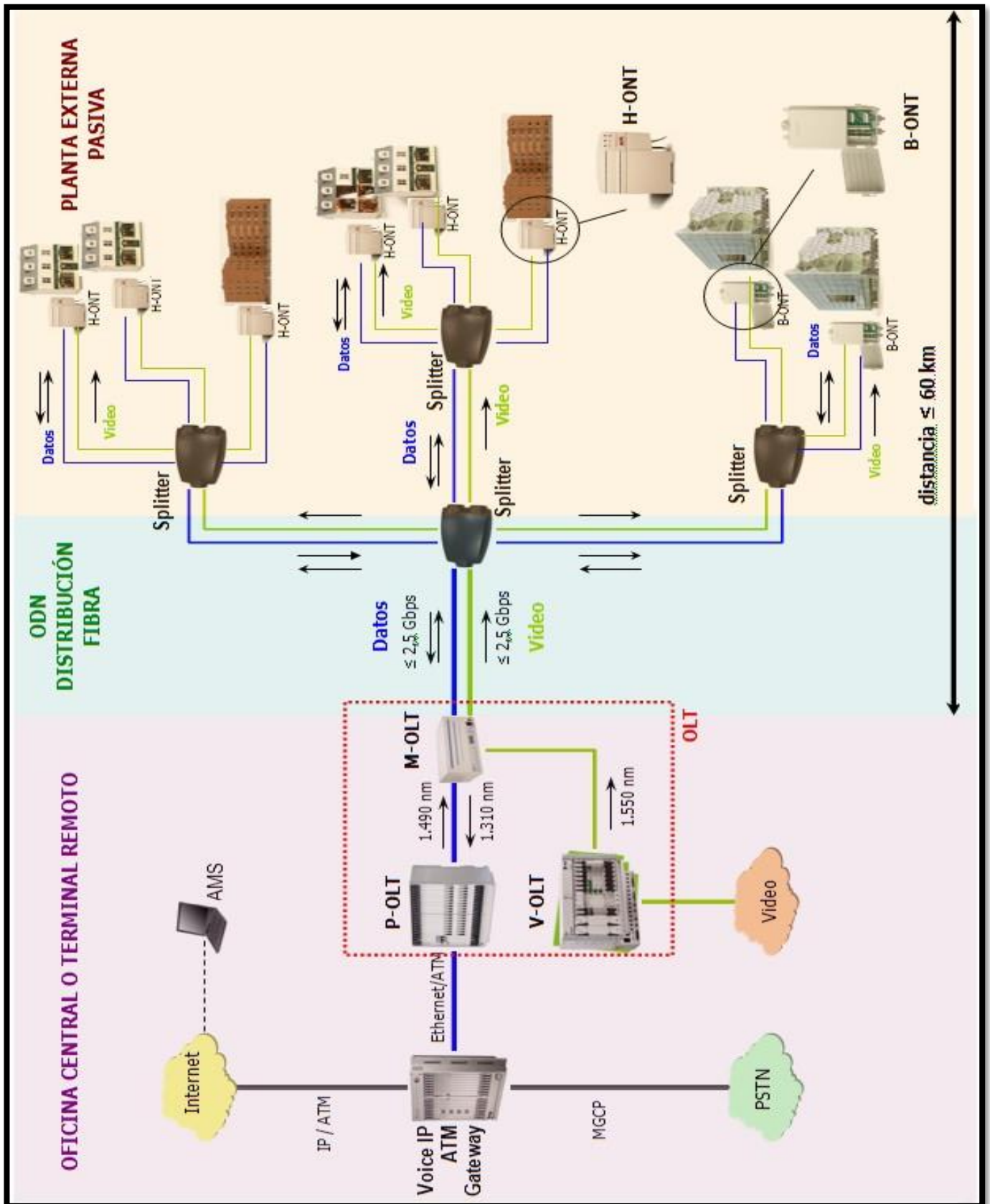


Figura 14: Funcionamiento general de una red PON para FTTH

Fuente: (Galeano, 2009). (p. 36)

### **2.2.7. Redes pasivas ópticas (Redes PON).**

Carbajal (2018) indico que:

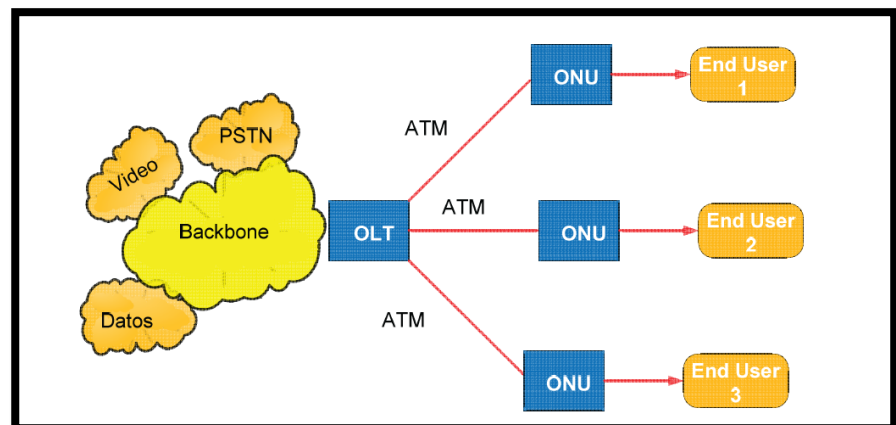
La red óptica pasiva (Passive Optical Network) está basada en fibras de vidrio y permite reemplazar todos los componentes activos existentes de una red entre el cliente central y el final por componentes ópticos pasivos (separadores ópticos pasivos) elementos principales para manejar el tráfico a través de la red. Solo elementos activos en la central y en el usuario final. Una ventaja de este tipo de red es que el uso de componentes pasivos en más del 50% de la red reduce los costos de implementación y mantenimiento.

Sin embargo, sus desventajas incluyen que el ancho de banda no está dedicado a los usuarios, sino que se comparte entre un grupo de usuarios que se conectan a la misma fibra. Dependiendo de la solución tecnológica utilizada, la infraestructura de la red óptica pasiva se puede implementar de dos formas: topología punto a punto (el enlace entre el centro de control y el participante es dedicado) y la topología punto a punto (el enlace entre el Exchange y el suscriptor) Se divide por divisores ópticos, lo que permite utilizar un cable de menor capacidad, este último es el más utilizado. Este tipo de red se usa más comúnmente para implementar infraestructuras FTTH. (p.36)

### 2.2.7.1. Tipos de redes PON

Castro (2019) nos indica los tipos de redes PON:

- **APON** (Red óptica pasiva en modo de transferencia asincrónica) La red óptica pasiva ATM se define en la revisión del estándar ITU-T G. 983, que fue el primer estándar desarrollado para redes PON. Basa su transmisión en un canal descendente en ráfagas de células ATM con una velocidad máxima de 155 Mbps que se distribuye entre el número de ONU conectadas. Su principal inconveniente es la imposibilidad de manejar video, debido a la falta de longitud de onda asignada para este efecto. (p.33)

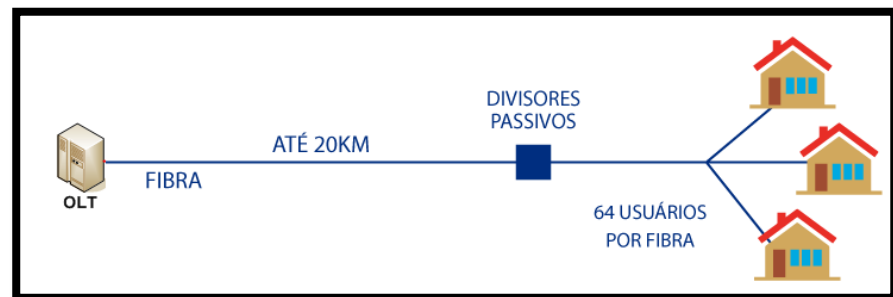


*Figura 15:* Arquitectura básica de una red APON

*Fuente:* (Guevara, 2010). (p. 1)

- **BPON** (Broadband Passive Optical Network) La Red Óptica Pasiva de Banda Ancha es una mejora de la tecnología APON, para obtener más acceso a servicios como Ethernet, VPL, distribución de video y multiplicación de longitud de onda (WDM), logrando así un mejor ancho de banda. Admite tráfico

asimétrico en el canal descendente de 622 Mbps y el canal ascendente de 155 Mbps y tráfico de canal ascendente y descendente simétrico de 622 Mbps. Otra característica de esta tecnología es que tiene un alcance de 20 km y puede tener un máximo de 64 usuarios por puerto BPON p.33-34)



**Figura 16:** Arquitectura básica de una red BPON

*Fuente:* Eleboración propia

- **EPON** (red óptica pasiva Ethernet)

IEEE estableció un grupo de investigación de Ethernet llamado "The Last Mile" en enero de 2001. Este grupo de trabajo generó una nueva especificación para redes ópticas pasivas llamada Ethernet PON (EPON). La diferencia entre esta nueva arquitectura y la arquitectura anterior es que no transmite células ATM, sino que transmite tráfico Ethernet local directamente. Utiliza el estándar 8b / 10b (codificación de línea) y mantiene fielmente el espíritu de las recomendaciones 802.3 siempre que sea posible, incluido el uso de acceso a medios full-duplex. En comparación con la ineficiencia de las alternativas tradicionales basadas en ATM, el principal atractivo de esta tecnología es que optimiza el tráfico IP. Además, la interconexión de la isla EPON es más simple que la



interconexión APON / BPON GPON, porque no requiere una arquitectura SDH para realizar la transmisión WAN. En comparación con los sistemas APON y BPON anteriores, sus principales ventajas son:

- ✓ Ofrece calidad de servicio (QoS) tanto upstream como downstream. El equipo conectado a la interfaz Ethernet es económico.
  - ✓ Hace que la fibra óptica sea mucho más fácil de llegar al usuario.
  - ✓ La gestión y la orientación de la red se basan en el protocolo SNMP, lo que reduce la complejidad del sistema de gestión para otras tecnologías. (Página 34)
- GPON (Gigabit Passive Optical Network) La tecnología perteneciente a la arquitectura PON ha sido aprobada por el ITU-T en cuatro recomendaciones que incluyen G. 984. 1, G. 984. 2, G. 984. 3 y G. 984. 4 El objetivo principal de GPON es proporcionar un mayor ancho de banda que sus productos anteriores y mejorar la eficiencia de transmisión de los servicios IP. La velocidad de manejo de la tecnología es mucho más rápida, el canal de bajada proporciona 2. 488 Gbps y el canal de subida proporciona 1. 244 Gbps. Esta tecnología no solo ofrece mayores velocidades, sino que también permite a los proveedores de servicios seguir brindando sus servicios tradicionales sin tener que cambiar de equipo para que sea compatible con la tecnología. Esto se debe a que GPON utiliza su propio método de

empaquetado (método de empaquetado GEM o GPON), lo que le permite soportar diferentes servicios. GPON también permite OAM avanzado para una excelente gestión y mantenimiento desde la planta hasta la conexión.

Por tanto, tiene las siguientes características:

- ✓ En cuanto a arquitectura, se basa en BPON y además proporciona: soporte multiservicio global en voz, Ethernet 10/100 y ATM.
- ✓ El área de cobertura se extiende hasta 20 kilómetros.
- ✓ Seguridad a nivel de protocolo. Admite flujo de transmisión: 622 Mbps simétrico y 1,25 Gbps. Y el desplazamiento descendente de 2,5 Gbps y el desplazamiento ascendente de 1,25 Gbps. (Página 35-36)

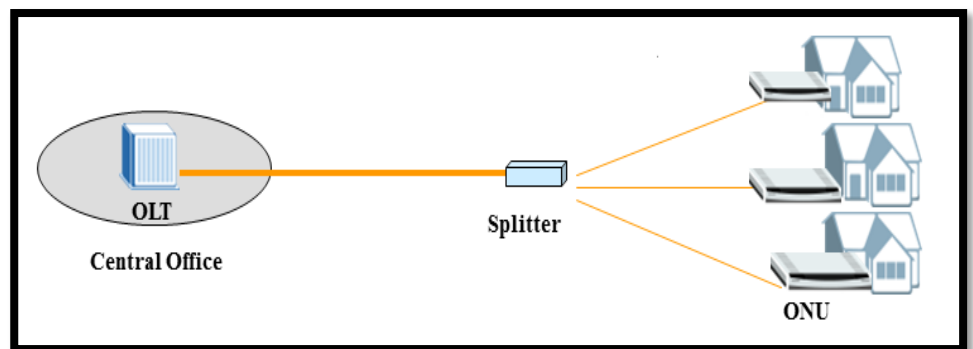


**Figura 17:** Arquitectura básica de una red GPON

**Fuente:** Eleboración propia

- **GEPON** (Gigabit Ethernet Passive Optical Network)

Es un sistema diseñado para telecomunicaciones, que combina Gigabit Ethernet y tecnología de red óptica pasiva. Este sistema facilita enormemente que la fibra óptica llegue al usuario, ya que cuando se utiliza la interfaz Ethernet, el equipo con el que se accede es más económico. (Página 36)



*Figura 18:* Arquitectura básica de una red GEPON

*Fuente:* <https://cotes.net.bo/public/index.php/gpon>

Como se muestra en la Figura 15, la red GEPON se distribuye de la siguiente manera: OLT (Optical End Line) está conectado en un extremo a una red IP u otras redes, y luego hay una ODN (Optical Distribution Network). Estos pueden ser accedidos por la ONU (Unidad de Red Óptica), que brinda servicios para cada participante.

Algunas de las principales ventajas de utilizar GEPON son las siguientes:

- ✓ Para un ancho de banda seguro de varios servicios, ya que el número de usuarios por ruta de fibra es de hasta 32. El área de contacto entre los

dispositivos de distribución y los participantes es muy amplia (20 kilómetros).

- ✓ Soporte Soporte para datos, voz y video.
- ✓ Varios usuarios pueden utilizar una fibra para ahorrar costes. Cuando se utilizan dispositivos de fibra óptica pasivos y pasivos, los costos de mantenimiento y administración de la red son bajos. Sin embargo, la velocidad correspondiente a cada estándar xPON se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2

*Tabla comparativa de los estándares xPON.*

CARACTERÍSTICA	BPON	EPON	GPON
Estándar	ITU-T G.983.x[	IEEE 802.2ah	ITU-T G.984.x
Velocidades de Transmisión (Mbps)	Down: 155, 622, 1244 Up: 155, 622 Mbps	Down: 1244 Down: 1244	Down: 1244, 2488 Up: 155, 622, 1244, 2488
Tipo de Fibra	Monomodo (ITU-T G.652)	Monomodo (ITU-T G.652)	Monomodo (ITU-T G.652)
Número de Fibras por ONT	1 ó 2	1	1 ó 2
Longitudes de onda de funcionamiento	Para 1 Fibra:		Para 1 Fibra:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Down: 1480-1500 nm</li> <li>• Up: 1260-1360 nm</li> <li>• Video: 1550 nm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Down: 1480-1500 nm</li> <li>• Up: 1260-1460 nm</li> <li>• Video: 1550-560 nm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Down: 1480-1500 nm</li> <li>• Up: 1260-1360 nm</li> <li>• Video: 1550-1560 nm</li> </ul>
	Para 2 Fibras:		Para 2 Fibras:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Down: 1260-1360 nm</li> <li>• Up: 1260-1360 nm</li> <li>• Video: 1550-1560 nm</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Down: 1260-1360 nm</li> <li>• Up: 1260-1360 nm</li> <li>• Video: 1550-1560 nm</li> </ul>
Nº máximo splitters por OLT	32	16	128
Alcance Máximo Entre OLT-ONT	20 km	10 (prev. 20) km	60 km
Distancia máxima entre ONTs	20 km	10 (prev. 20) km	20 km
Pérdidas de inserción máxima	0 dB	15/20 dB	15/20/25 dB
Modo de Tráfico entre OLT y ONT	ATM	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM
Arquitectura de transmisión	Asimétrica, Simétrica	Ethernet (simétrica)	Asimétrica, Simétrica
Ráfaga		Laser ON/OFF: 512 ns Conf. AGC y CDR: 400 ns	Guarda: 25.6 ns Preámbulo: 35.2 ns

**Fuente:** (Galeano, 2009). (p. 27)drger

## 2.8. Servicios ofrecidos por la red ftth

Galeano (2009) nos indica que:

Como se mencionó en las secciones anteriores, la red FTTH es una solución al problema de la convergencia de la red. Ofrece servicios en un solo medio físico. Por esta razón, las redes FTTH deben responder a esta solicitud y brindar servicios convergentes. A diferencia de otras redes de telecomunicaciones, en FTTH cada servicio se transmite en diferentes canales o con diferentes protocolos de transmisión, mientras que FTTH brinda servicios integrados convencionales de voz, datos y video en la plataforma IP (IPTV). Este servicio integrado generalmente se denomina triple play. Por tanto, se define triple play como el paquete de servicios y contenidos audiovisuales (voz, banda ancha y televisión) sobre un mismo soporte físico (fibra óptica) y toda la información encapsulada en datagramas IP. Se trata de la venta de servicios de telefonía vocal y acceso de banda ancha, incluidos los servicios audiovisuales (televisión y canales de pago). La plataforma brinda a los usuarios servicios más personalizados, porque los clientes pueden obtener los servicios y el contenido que desean usar en el momento adecuado. Mejorar la calidad del servicio y alcanzar la calidad digital del hogar; finalmente, brinda nuevas posibilidades para el teléfono y reduce el acceso a Internet. (Página 67)

A continuación, se describen los servicios generales ofrecidos por *Triple Play* bajo FTTH:

### 2.2.8.1. Servicios de voz.

El servicio de voz proporcionado por la red FTTH depende de la extensión del contrato del cliente final y varía ampliamente. Los más importantes son:

- **POTS** (servicio telefónico común) o servicio de voz tradicional, línea única o dúplex.
- **VoIP**, proporcionado a una velocidad de 0,5 Mbps, este es el ejemplo más típico. Aunque está en uso, es relativamente nuevo. Con la ayuda de la red IP simultánea, la gestión de llamadas entre conmutadores se realiza mediante paquetes de datos IP.
- Proporciona voz de alta calidad de 0,5 Mbps (avanzado). El ancho de banda mínimo consumido por los servicios de voz incluidos en el triple play es de 1,5 Mbps, lo que significa hasta tres líneas de voz diferentes de alta calidad en total. (Página 68)

### 2.2.8.2. Servicios de datos.

El servicio de datos proporcionado por la red FTTH es un servicio de banda ancha. Por tanto, Internet está disponible a muy alta velocidad, ofreciendo muchas posibilidades. lo más importante es:

- Servicios de entretenimiento digital, incluidas descargas de música y videos de alta velocidad. A medida que aumenta la complejidad del sistema operativo, la descarga de videos o programas pesados disminuirá con el tiempo. Dada la alta velocidad de la red, se ha vuelto casi transparente para los usuarios.

- Teniendo en cuenta la complejidad del software o el número de usuarios conectados al mismo tiempo, los juegos en línea o los servicios de juegos requieren un gran ancho de banda.
- Servicio P2P basado en compartir archivos multimedia.
- Obtenga información de manera rápida y eficiente. El acceso a redes informáticas como Internet, la red de trabajo remoto de la empresa o la propia red del proveedor de servicios aumentará su velocidad a un alto nivel.
- Servicios de correo electrónico y mensajería instantánea con gran cantidad de contenido informativo. Si bien la posibilidad y la calidad de los servicios entre los usuarios continúan mejorando, aplicaciones como MSN Messenger, Yahoo Messenger, AOL o Skype aún ofrecen estos servicios.
- Cable de datos dedicado, incluso en interiores.
- Servicios de vigilancia y seguridad de rutina. A través de estas redes, las instalaciones se pueden monitorear de forma remota. El control remoto de este equipo doméstico o de automatización industrial requiere mucho ancho de banda, dependiendo de la nueva resolución de la cámara de grabación y del punto a controlar.

La cantidad total de consumo de ancho de banda de datos varía ampliamente, por lo que es difícil evaluar su consumo. Sin

embargo, el consumo medio por usuario de estos servicios es de unos 3 Mbps. (páginas 68-69.)

### **2.2.8.3. Servicios de video.**

Desde un punto de vista doméstico, los servicios de video proporcionados por las redes FTTH son casi los más atractivos y los operadores prestan la máxima atención. Por lo tanto, los servicios de video más importantes son: • SDTV (televisión de definición estándar) o video de definición estándar en IPTV. Proporciona servicios de transmisión de TV con más de 30 canales diferentes.

- HDTV (televisión de alta definición) o video HD sobre IPTV. Para este tipo de transmisión de video se utiliza codificación MPEG-4 a 7.5 Mbps. O codificación WM9 (10 Mbps), que brinda servicios con más de 10 canales diferentes.
- VoD (video bajo demanda) o video bajo demanda o video bajo demanda. El sistema permite a los usuarios acceder a contenido multimedia de forma personalizada. Los usuarios pueden elegir los programas que quieren ver en cualquier momento sin tener que depender de un horario fijo. Puede interrumpir el programa de la misma manera y reanudarlo cuando lo desee.
- PPV (Pay Per View) o servicio de pago por evento o pago por evento. Es una forma de televisión de pago en



la que el suscriptor paga para pagar los distintos eventos que quiere ver. Estos pueden ser eventos deportivos, películas recién estrenadas, conciertos de música a gran escala, etc.

- FM, AM y otros servicios de transmisión.
- La videograbadora utilizada para la grabación tiene su propio sintonizador y función de programa automático.
- Cada familia puede grabar hasta 4 servicios de video diferentes (SDTV o HDTV) al mismo tiempo, lo que significa que el consumo total es de hasta 14 Mbps.
- La videoconferencia, gracias a su alta capacidad de red, le permite transmitir más imágenes por segundo, alcanzando la velocidad de transmisión de la TV tradicional, y tiene mayor resolución y calidad de audio.
- Otros servicios que rara vez se implementan en nuestro país, como el e-learning, que se basa en la educación a distancia o la educación a distancia en el hogar sin asistir o ir a un centro educativo; o telemedicina, que se puede diagnosticar sin salir ni consultar fuera del paciente. (Página 69-70)

### **2.2.9. Ventajas e inconvenientes de las redes PON.**

Arias (2015) nos dice que:

En esta sección, se mencionarán las ventajas y desventajas de las redes ópticas pasivas.

### **2.2.9.1. Inconvenientes de las redes PON.**

- La introducción de divisores pasivos traerá pérdidas al sistema. Por lo tanto, aumentar el nivel del divisor óptico en la red aumentará la pérdida del sistema. Otra causa de pérdidas en el sistema es el aumento de usuarios en la red. Porque al aumentar el número de usuarios, se requerirá un divisor de mayor capacidad, por lo que se requerirá una mayor atenuación.
- La información se transmite a través del mismo canal físico, lo que aumenta la posibilidad de escuchas, lo que reduce la seguridad de la red. Por este motivo, se debe establecer un alto grado de cifrado.
- El usuario está conectado a la OLT del mismo canal físico, por lo que, si se interrumpe el canal físico, el usuario interrumpido perderá temporalmente el servicio. Como solución a este problema, se recomienda un divisor óptico de dos etapas.

La primera es una arquitectura de anillo y la segunda es una arquitectura de árbol. Por lo tanto, si alguna parte de la red falla, brindará servicios de dos maneras. (pp.37-38)

### **2.2.9.2. Ventajas de las redes PON.**

- El uso de componentes pasivos puede reducir el costo de implementación y mantenimiento de la red.
- En comparación con la tecnología existente que brinda servicios en el mercado, el alcance es mayor. La distancia máxima entre OLT y ONT es de 20 km; en otros lugares, su alcance máximo es de 3 km.

- La velocidad del enlace descendente del usuario puede alcanzar los 2,5 Gbps. Por lo tanto, puede brindar servicios de triple play (datos, video y teléfono). (p.38)

A la vez Galeano (2009) nos dice que:

Tabla 3

*Tabla comparativa de los diferentes tipos de redes*

Tipo de Red	Aspectos Positivos	Aspectos Negativos
Punto a Punto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta Capacidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo de implementación</li> </ul>
Estrella Activa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta Capacidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo de implementación</li> <li>• Altos costos de operación y mantenimiento</li> </ul>
Punto a Multipunto (PON)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilice elementos pasivos (reduzca la inversión)</li> <li>• Bajos costos de operación y mantenimiento</li> <li>• Flexibilidad y escalabilidad</li> <li>• Todos los servicios están integrados</li> <li>• Estandarización ITU G.983.3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere métodos de protección para evitar daños</li> <li>• Grave impacto en la falla del panel de control OLT</li> </ul>

*Fuente:* (Galeano, 2009). (p. 37)

Para entender por qué la arquitectura FTTH se basa en la red PON, es necesario hacer una comparación directa entre las redes pasivas punto a punto, pasivas punto a multipunto y activas punto a multipunto. A continuación, se muestra una tabla de comparación, que enumera las ventajas y desventajas de cada una de las tres configuraciones de red anteriores, y en comparación con otras configuraciones, la tabla

demuestra claramente que es razonable usar una red PON en FTTH

#### **2.2.10. Situación actual de la red FTTH y su futuro.**

La Revista Fiber Broadband (2019) nos menciona que:

En los últimos años, el mercado latinoamericano viene presentando una demanda creciente para servicios de banda ancha. El tráfico crece continuamente en la región, gracias al consumo de datos provocado por el acceso a streaming de vídeo, servicios OTT - como Netflix y YouTube - y redes sociales, tales como el Instagram y el Facebook.

Con la demanda por banda ancha en alta en la región, la tecnología asume un rol importante en la entrega de buenos tiempos de respuesta. Por eso, la fibra ha sido vista en muchas áreas del mundo como la solución más completa brindar servicios de banda ancha, y se pueda garantizar la escalabilidad y la flexibilidad necesarias para cambiar y ampliar las redes, reduciendo su latencia y aumentando su confiabilidad.

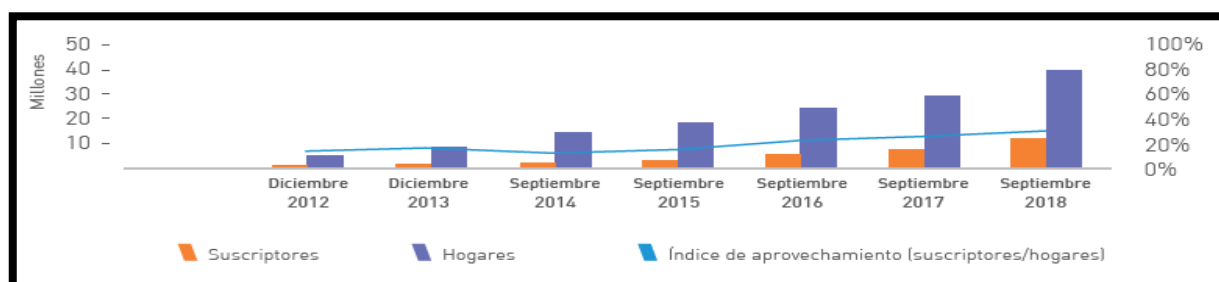
En este contexto, América Latina, como región emergente, también es parte de la evolución global en la adopción de la fibra. “No por casualidad, la región ha vivido un crecimiento expresivo en los últimos años, tanto en el desarrollo de redes FTTH, como de redes FTTB”, afirma Eduardo Jedruch, Presidente de la Fiber Broadband Association LATAM Chapter. Según el estudio anual realizado por FBA, estas redes alcanzaron, en septiembre del año pasado, casi 40 millones de hogares, lo que representó un crecimiento del 37% sobre el mismo período de

2017. Brasil y México permanecen líderes en la región, con destaque para el primero, que ha visto un crecimiento del 59% entre septiembre de 2017 y septiembre de 2018.

El año pasado también se ha caracterizado por la expansión de las redes FTTH/B en toda la región, principalmente por los grandes players de telecomunicación. Además, se observó una fuerte evolución de iniciativas locales, con pequeños y medianos proveedores y servicios creando sus propias redes para alcanzar áreas no atendidas. Esto fue uno de los factores que hizo que el número de suscriptores de redes FTTH/B llegase a 12,2 millones en septiembre de 2018, o un 54,8% más que en 2017.

Una vez que se haya implementado la red, el principal desafío de los operadores es convencer a su base de clientes a migrar a la nueva tecnología. En este sentido, la región ha alcanzado buenos resultados, con una adopción cada vez mayor de soluciones FTTH/B. Tanto que la tasa de utilización de nuevas tecnologías llegó al 30,2% en septiembre de 2018, 3,5 puntos porcentuales por encima del 26,7% registrado en septiembre del año pasado.

Grandes mercados como Brasil, México y Chile continuaron sus movimientos de expansión en el uso de redes FTTH/B, tal como en los años anteriores. La novedad está en mercados más pequeños, como Perú, Bolivia y Colombia, que ampliaron significativamente sus proyectos basados en FTTH/B. (p.11)



**Figura 19:** Evolución del mercado FTTH/B

**Fuente:** (Revista Fiber BroadBand, 2019). (p. 11)

- **Crecimiento:**

El estudio de FBA apunta que la tecnología FTTH ha sido la principal opción para el desarrollo de redes FTTx. Los países identificados como los de mayor expansión en el desarrollo de fibra entre septiembre de 2017 y septiembre de 2018 se dedicaron principalmente al desarrollo de resultados completos para el consumidor final. De esta manera, el 93% de las redes de fibra de la región ha sido desarrolladas en tecnología FTTH, contra el 7% en FTTB.

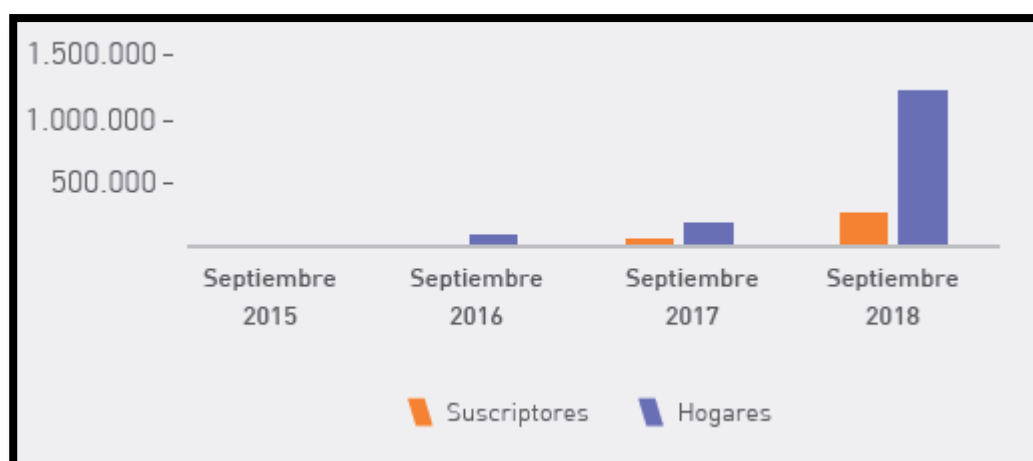
“Los *players* en América Latina entendieron los beneficios de una solución FTTH y de optar el desarrollo de arquitecturas completas de fibra”, dice Jedruch, recordando que algunos operadores de cable de la región optaron por las soluciones FTTH como el paso siguiente para las redes DOCSIS 3.0, en lugar de las redes DOCSIS 3.1. las redes PON (*Passive Optical Network*) se han utilizado en más del 96% de los accesos FYYH/B, mientras que el resto se realiza vía soluciones P2P Ethernet. (p.12)

A continuación, se muestra el rendimiento de nuestro país:

➤ **PERU:**

Telefónica ha liderado la evolución del país en los últimos años, pero hay otros *players*, como Claro y Voy, empeñados en el proceso de extender redes de fibra. En septiembre de 2018, el mercado de redes FTTH/B en Perú estaba compuesto por 1,2 millón de residencias atendidas por redes de fibra, lo que significa un crecimiento del 513% en septiembre de 2017.

Con tantas redes en ejecución, la expectativa es que el número de suscriptores FTTH/B tenga un fuerte crecimiento en los próximos años. En septiembre de 2018, eran 284 mil suscriptores en el país, o un crecimiento del 246% con respecto al año anterior. Con estos números, Perú es uno de los países de la región con mayor dinamismo en términos de crecimiento.



**Figura 20:** Evolución de FTTH/B en Perú

**Fuente:** (Revista Fiber BroadBand, 2019). (p. 17)

### 2.2.11. Otra tesis.

En 2015, se implementó en Lima un proyecto de tesis titulado "Diseño de Red FTTH Usando Estándar GPON en la Región Magdalena-Del Mar". Recibió el título de Ingeniero de Comunicaciones de Arias (2015).

### 2.3. Definiciones conceptuales.

- **Telecomunicaciones** - Es el envío y recepción de señales de cualquier naturaleza, electromagnéticas, que contengan caracteres, sonidos, imágenes o, en definitiva, cualquier tipo de información que se quiera comunicar a cierta distancia.
- **Streaming**- La retransmisión, retransmisión o transmisión en vivo, también llamada transmisión, transmisión, transmisión o transmisión por secuencias, es la distribución digital de contenido multimedia en una red informática en la forma en que el usuario utiliza el producto simultáneamente con la descarga. La palabra "transmisión" se refiere a un flujo continuo que fluye sin interrupción y generalmente se refiere a la transmisión de audio o video.
- **Ip-It** es la abreviatura de Protocolo de Internet. Es un estándar para enviar y recibir información a través de una red que recopila e intercambia paquetes de datos. La IP no puede confirmar que el paquete haya llegado a su destino.
- **Simétrico**: correspondencia de posición, forma y tamaño en relación con un punto, línea o plano de los elementos de un conjunto o de dos o más conjuntos de elementos entre sí.
- **La tecnología HFC** de fibra coaxial híbrida (HFC) es una combinación de cable y fibra. Los datos se transmiten por fibra óptica y luego se transmiten al cable que realmente llega a la casa del usuario.



- **Arquitectura de red:** es la forma más económica de desarrollar e implementar un conjunto coordinado de productos que se pueden interconectar. La arquitectura es el "proyecto" con el que se asocian los protocolos y otros programas de software.
- **Redes de cobre:** es una tecnología de telecomunicaciones de alta velocidad (gran ancho de banda) que permite que la información de voz, datos y video se transmita en formato digital por el par de cobre de varios pares.
- **Transferir** - Transferir al acto de enviar. Una transmisión es la transmisión de energía, ondas o información desde un punto de partida a otro punto de llegada y lo que se transmite en el camino puede o no cambiar.
- **Fibra óptica:** filamento hecho de material dieléctrico como vidrio o polímeros acrílicos que pueden guiar y transmitir pulsos de luz de un extremo al otro; permite la transmisión de teléfono, televisión, etc., a gran velocidad y distancia, sin necesidad de utilizar señales eléctricas.
- **Triple Play** -Se define como el paquete de contenidos y servicios audiovisuales (voz, banda ancha y TV).
- **Ancho de banda:** mide los recursos de comunicación y los datos disponibles o consumidos, expresados en bit / s o sus múltiplos, como Kbit / s, Mbit / s y Gigabit / s.
- **Banda ancha:** cualquier tipo de red con una alta capacidad para transmitir información se denomina banda ancha, lo que afectará su velocidad de transmisión.
- **UIT-T:** el Departamento de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT

(UIT-T) con sede en Ginebra (Suiza) es un organismo permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), responsable de estudiar el cobro de tasas sobre tecnologías operativas y la emisión de reglamentos para lograr estandarización global de telecomunicaciones. No se llamó Comité Asesor Internacional de Telegrafía y Teléfono (CCITT) hasta 1992.

- **Gbps** gigabits por segundo (generalmente abreviado como Gb / s, Gbit / so Gbit / s) es la velocidad de transmisión de información en telemática y telecomunicaciones. No lo confunda con bits de unidad de información.
- **Mgpps:** llamado Mbps o Mbit / s, abreviado como 'megabits por segundo. 'Por ejemplo, Mbps o Mbit / s se usa para medir la velocidad de conexión (como Internet, redes Wi-Fi) o para medir la calidad del video.
- **DB** decibel (dB) es una unidad que se utiliza para medir la intensidad del sonido y otras cantidades físicas. El decibel es un décimo de Bell (B), y la unidad lleva el nombre de Graham Bell, el inventor del teléfono. Su escala logarítmica es suficiente para representar la amplitud del oído humano.
- **La abreviatura** OLT-English (Optical Line Terminal) es un tipo de telecomunicaciones cuya función es distribuir señales desde la red de acceso a la ONT.
- **ONT**-Es la abreviatura en inglés (terminal de red óptica), es el terminal de fibra óptica final y proporciona su interfaz a los usuarios.
- **Abreviatura** ATM-English (modo de transmisión asíncrona), modo de transmisión asíncrona, que utiliza multiplexación por división de tiempo.
- **FTTH**-Esta es una tecnología de telecomunicaciones FTTH (Fiber to the Home),

que utiliza un protocolo de transferencia de archivos, que es una red pasiva

- **Abreviatura PON-English** (red óptica pasiva), una red óptica pasiva que permite los usuarios tienen un acceso superior al ancho de banda y la prestación de servicios a través de fibra
- **APON-** (Red óptica pasiva de modo de transmisión asincrónica) Red óptica pasiva ATM, que utiliza el estándar ITU-T G. 983, que es el primer estándar desarrollado para la red PON, la transmisión descendente APON se basa en ráfagas de células ATM
- **GPON-** (admite red óptica pasiva gigabit) es una red óptica pasiva que utiliza fibras ópticas para llegar al hogar. Utiliza el estándar ITU-T G. 984 y garantiza que la velocidad sea superior a 1 Gbps.
- **EPON-** (Red óptica pasiva Ethernet) Red óptica pasiva Ethernet, estándar IEEE 802.3ah. Transporta tráfico Ethernet en lugar de celdas en el cajero automático.
- **BPON-** (Red óptica pasiva de banda ancha) La red óptica pasiva de banda ancha es una evolución de la red APON y puede admitir otros servicios Ethernet, de vídeo y multiplexación (WDM).
- **WDM-WDM** (Inglés) (Multiplexación por división de longitud de onda) La abreviatura de WDM es una tecnología capaz de transmitir múltiples señales independientes a través de una sola fibra óptica a través de portadoras ópticas de diferentes longitudes de onda.
- **Topología de red:** es un diagrama de red físico o lógico que indica los segmentos de red. El diagrama debe tener capas. • **ONU-** (Unidad de red óptica) es un dispositivo del lado del usuario que se utiliza para terminar el servicio transmitido

por la OLT a través de la PON.

- **ADSL-** (Línea de abonado digital asimétrica) La línea de abonado digital asimétrica es una tecnología que proporciona conexiones a través de líneas de red.
- La abreviatura de **IEEE** para Instituto de Ciencia Nuclear Eléctrica y Electrónica (Instituto de Ciencia Nuclear Eléctrica y Electrónica) es una asociación de ingenieros dedicada a la estandarización y desarrollo de campos técnicos.
- Control remoto de usuario **URA**.
- Distribución de fibra óptica **ODF**

## **2.4. Formulación de la hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON influiría en los servicios de Telecomunicaciones para la ciudad de Huacho.

### **2.4.2. Hipótesis específicos**

- El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON influiría en los servicios por las interferencia.
- El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON influye en los servicios para mayor conectividad.
- El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON influirá en los servicios para más velocidad.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Diseño metodológico**

#### **3.1.1. Tipo de la investigación**

Esta investigación es un diseño no experimental, porque describirá y analizará el problema dentro de un cierto período de tiempo, y luego desarrollará una solución, porque resuelve la demanda del servicio, por lo que pertenece al tipo de aplicación.

#### **3.1.2. Nivel de Investigación**

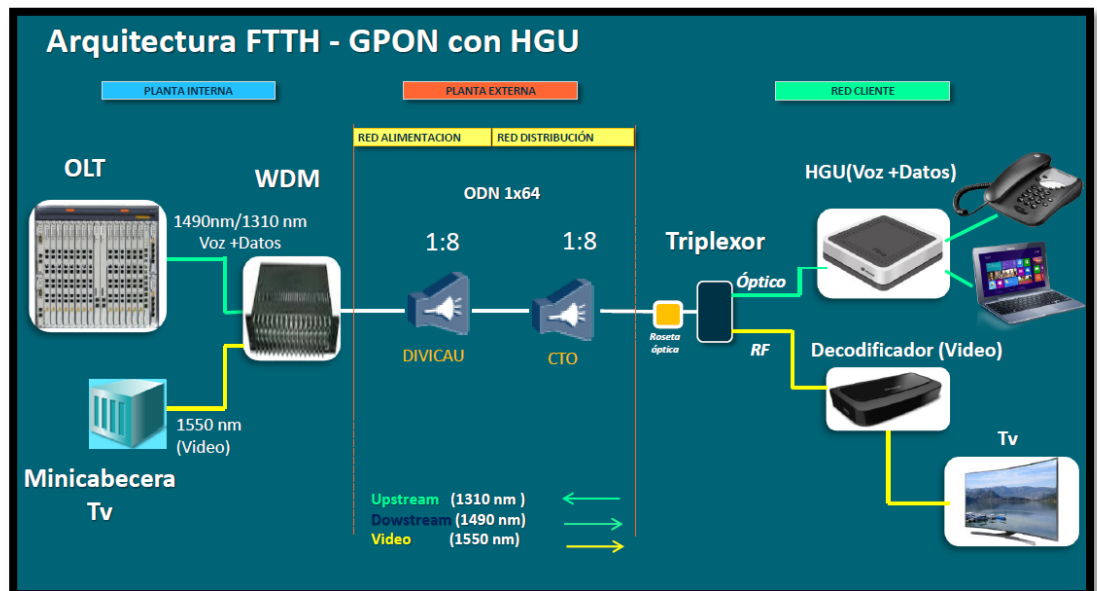
La exploración es de nivel explicativa ya que se describen las variables y su correlación, además busca encontrar la causa efecto entre las variables.

#### **3.1.3. Diseño**

El punto actual propone el diseño de despliegue de redes FTTH (desde fibra hasta casa) para diferentes empresas. Por ejemplo, debido a que los usuarios necesitan brindar servicios a través de IP para brindar servicios de mayor calidad, este diseño se desarrollará considerando las necesidades de sus suscriptores. La red PON puede brindar servicios con menos interferencia de ruido y mayor ancho de banda, logrando así una mejor calidad del producto, reduciendo costos y aumentando la velocidad y capacidad de los servicios entregados a los usuarios.

Como dijimos antes, actualmente las redes FTTH están instaladas por diferentes operadores. Son redes GPON con un factor de división de 1:64. Están divididas en 2 niveles. Cada nivel tendrá una división diferente, por lo que Dividir por 1: 8, que dividirá el registro de la cámara, y lo dividiremos por 1:64, por la segunda capa a través de la caja de conexiones del cable óptico (CTO).

### Ejemplo de la propuesta:



**Figura 21:** Esquema de Instalación de una Red FTTH desde la cabecera hasta el abonado

**Fuente:** (Telefonica, 2017)

#### 3.1.3.1. Objetivo del diseño.

Este objetivo principal es poder dar cobertura a los abonados desplegando la red FTTH/GPON desde la cabecera en la central hasta el hogar del abonado.

El diseño del proyecto tanto en lo planificado del despliegue y tanto en lo técnico como el diseño se verá reflejado en los resultados alcanzados.

Los objetivos del diseño son los siguientes:

- Seleccionar la investigación para diseñar y planificar la arquitectura de red FTTH de la red GPON y la viabilidad del proyecto.
- Mejorar los servicios para evitar menor interferencia, mas conectividad, más velocidad y mayor ancho de banda mejorando así la calidad de los servicios.

- Tener todos los equipos e instalaciones utilizados para desplegar la infraestructura óptica de la red FTTH, desde el divisor óptico en el cabezal del puerto OLT hasta la guirnalda óptica ONT en el hogar del usuario.
- La evaluación económica debe estar basada en los criterios del proyecto y separada por las siguientes partes: centro de equipos, red de distribución, red de acceso y red de terminales.

El equipamiento en la instalación estará a cargo de la empresa Telefónica del Perú - CAM que dará el servicio al abonado, la misma que se ocupará del mantenimiento de toda su red a través de constantes pruebas de calidad.

### **3.1.3.2. Descripción técnica del proyecto.**

Ya definido el propósito del diseño de red FTTH, es preciso conocer el escenario del despliegue de la red para tomar ciertas consideraciones para el proyecto, y proveer ciertas limitaciones de la red.

Al iniciar el proyecto tenemos que tomar medias como antecedentes y realizar un punto de partida con pautas y los estudios realizados en la recolección de datos para proceder a dar solución a la problemática y establecer la red FTTH en las zonas seleccionadas.

### **3.1.3.3. Escenario de proyecto.**

Para iniciar el diseño para el proyecto tenemos que tener definido el área geográfica donde se va desplegar la red, y tomar las consideraciones pertinentes de la situación poblacional de la ciudad de Huacho descrita en la sección **3.2.1**, se tomó por separar las zonas de estudio que ahora en adelante serán denominadas en 4 zonas **G01-P01**, **G02-P02**, **G03-P03** y **G04-P04**, en las cuales desarrollaremos el despliegue de la red FTTH.

A continuación, se muestra el plano de ubicación catastral de la ciudad de Huacho y la clasificación de las zonas donde se desarrollará la red.

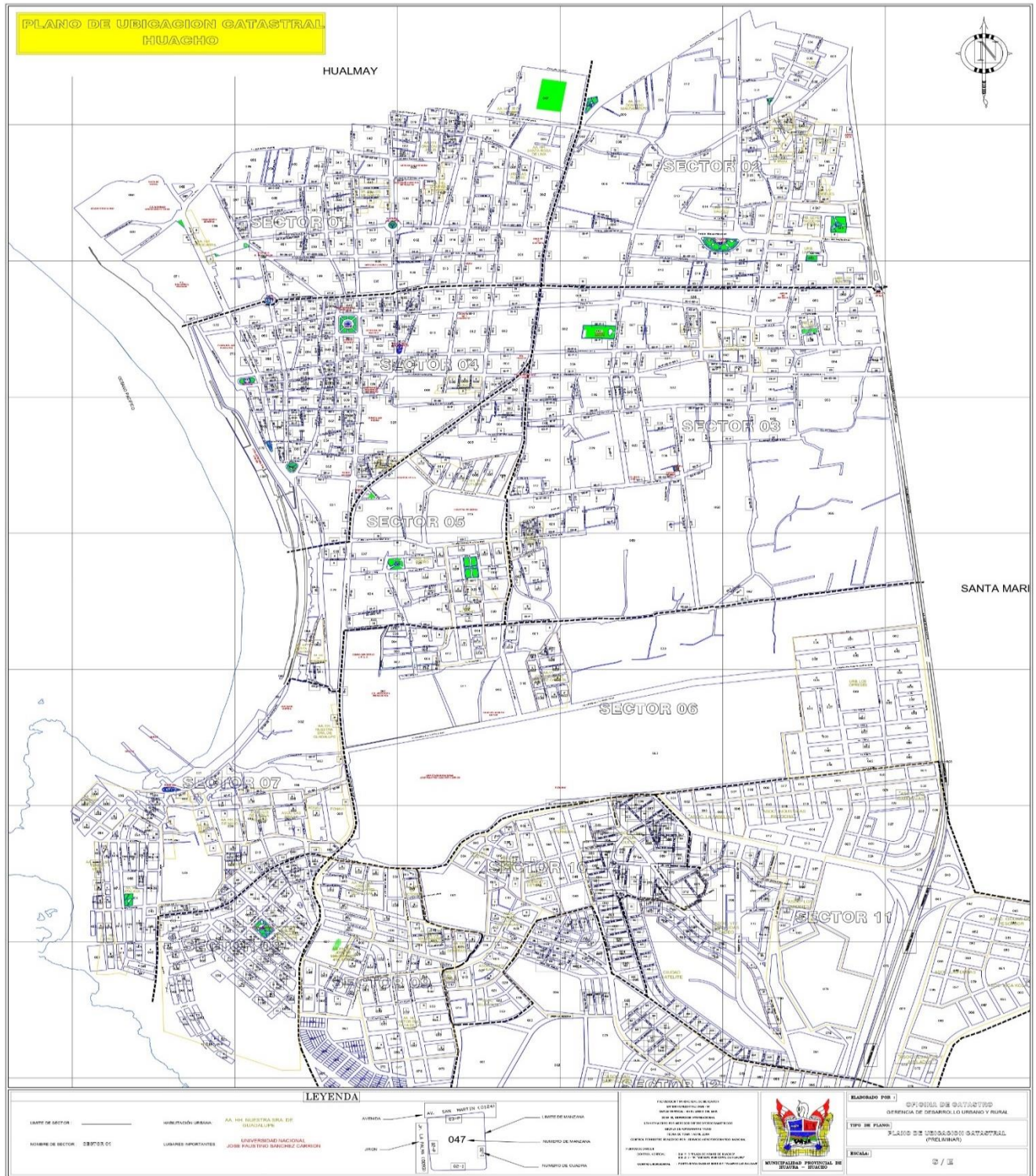


Figura 22: Plano de ubicación catastral Huacho

Fuente: (Municipalidad Provincial Huaura - Huacho, 2013)



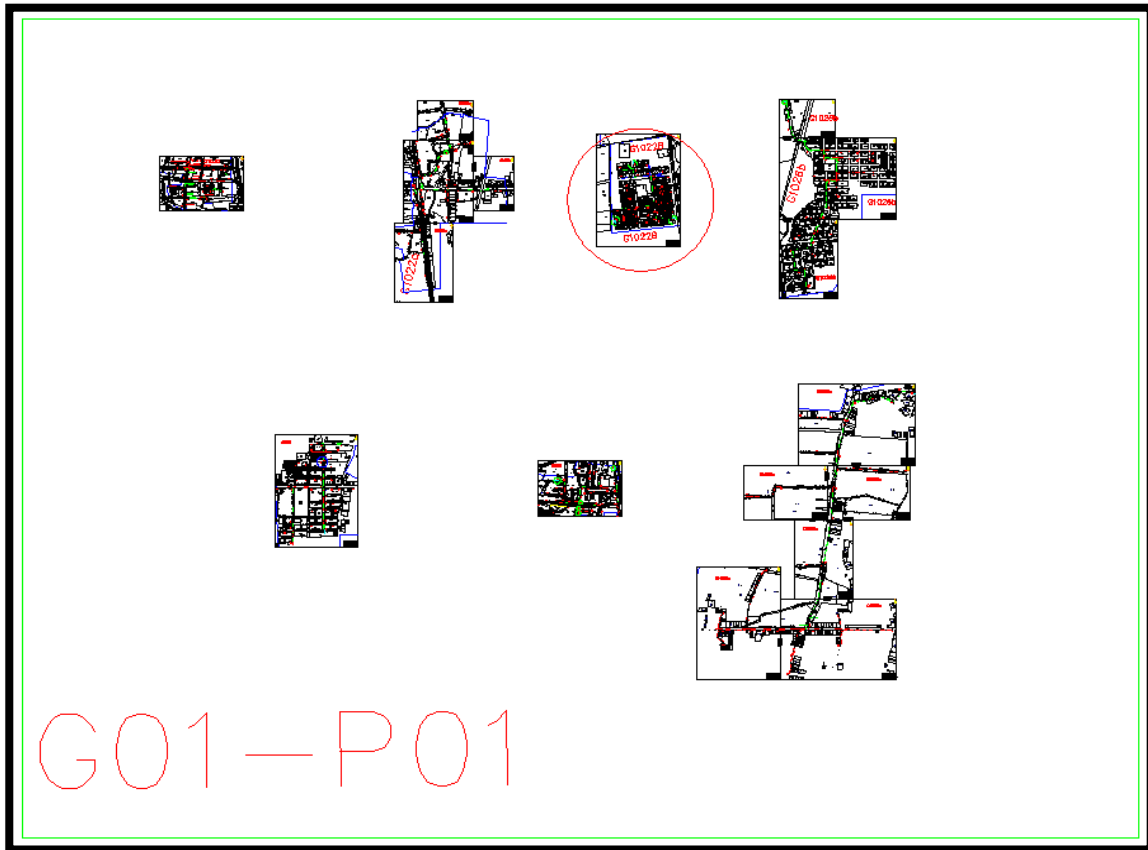


Figura 23: Zona G01-P01.

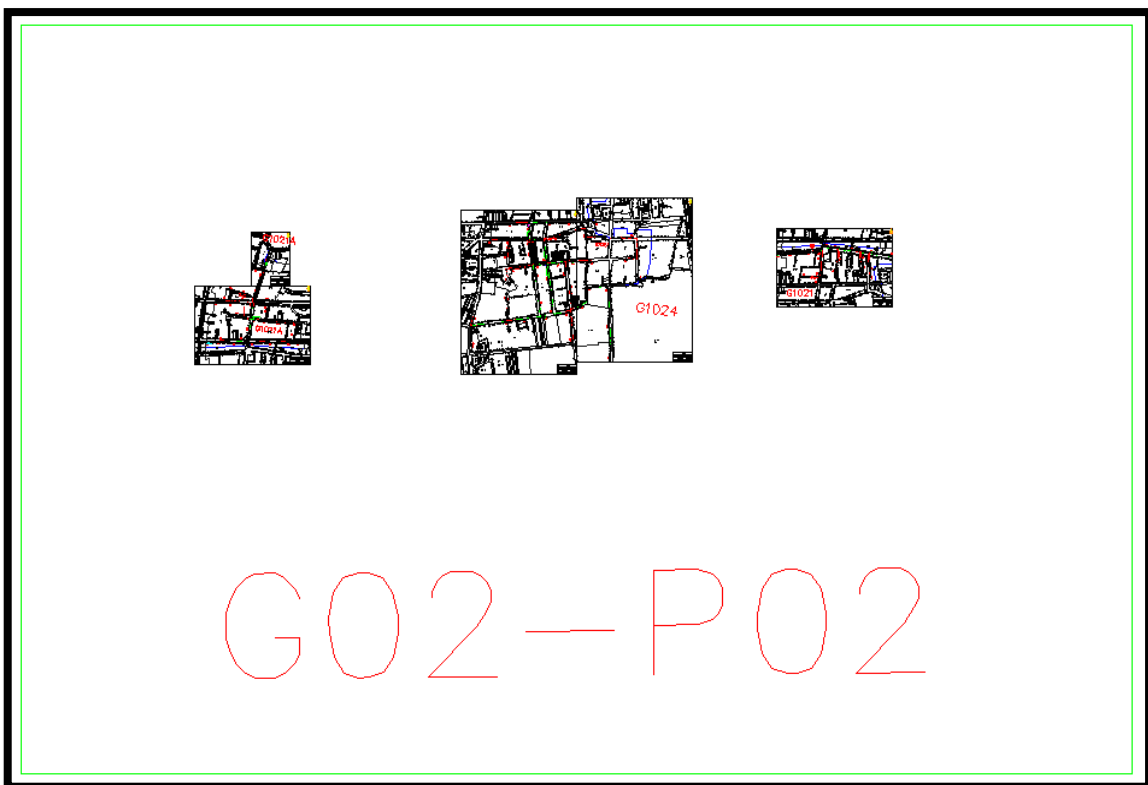


Figura 24: Zona G02-P02

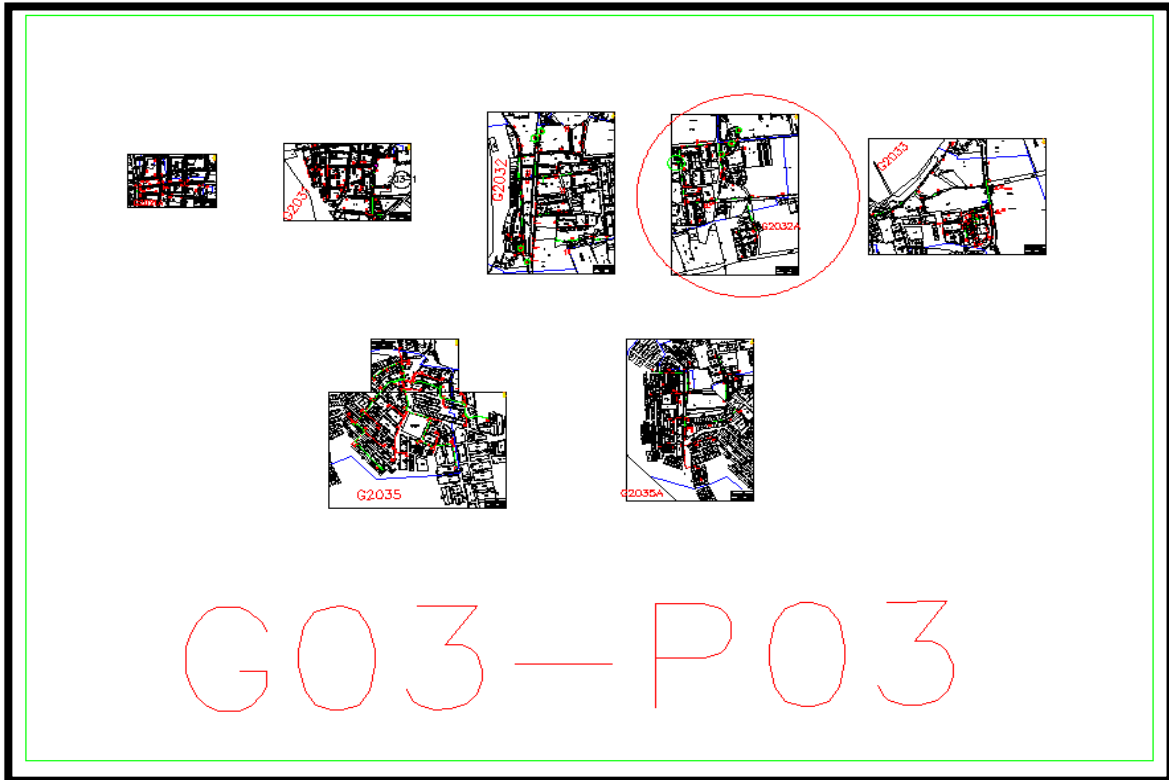


Figura 25: Zona G03-P03.

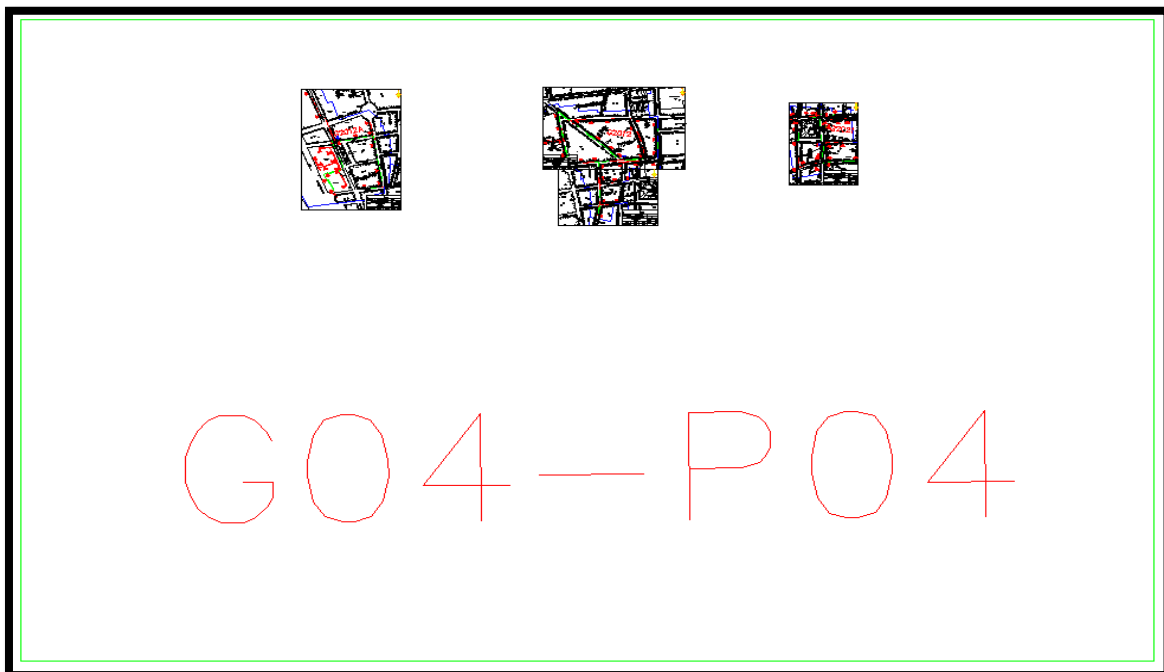


Figura 26: Zona G04-P04.

### 3.1.3.4. Ubicación de Armarios y cuadro de asignación.

En la siguiente figura se va mostrar la ubicación de Armarios (OLT) y el cuadro de asignación de las FO y las FO de reserva.

ITEM	CABLES	TIPO CABLE	BANDEJAS	CUADRO DE ASIGNACIONES				FO ASIGNADAS	
				ARMARIOS	DIVICAO	CTO	DIVISORES	FO ASIGNADAS	FO DE RESERVA
				ODF 3 FTTH HUACHO					
1	G01	CABLE DE 256 FIBRAS	BANDEJA 1	G1026A	GH G001	37	5	1-5	6-32
2				G1026	GH G002	38	5	33-37	38-64
3				G1026B	GH G003	28	4	65-68	69-128
4			BANDEJA 2	G1022B	GH G004	33	5	129-133	134-160
5				G1022A	GH G005	35	5	161-165	166-192
6				G1025	GH G006	45	6	193-198	199-224
7				G1022	GH G007	31	4	225-228	229-256
9	G02	CABLE DE 128 FIBRAS	BANDEJA 3	G1024	GH G008	42	6	1-6	7-32
10				G1021A	GH G009	31	4	33-36	37-64
11				G1021	GH G010	23	3	65-67	68-128
13	G03	CABLE DE 256 FIBRAS	BANDEJA 4	G2035A	GH G011	30	4	1-4	5-32
14				G2035	GH G012	41	6	33-38	39-64
15				G2033	GH G013	33	5	97-101	102-128
16			BANDEJA 5	G2032A	GH G014	31	4	129-132	133-160
17				G2032	GH G015	38	5	161-165	166-192
18				G2031	GH G016	32	4	193-196	197-224
19				G2021A	GH G017	30	4	225-228	229-256
21	G04	CABLE DE 128 FIBRAS	BANDEJA 6	G2012A	GH G018	22	3	1-3	4-32
22				G2021	GH G019	23	3	33-35	36-64
23				G2012	GH G020	30	4	65-68	69-128
						653	89		

*Figura 27: Cuadro de asignación de la red FTTH.*

### 3.1.3.5. Red del proyecto.

La **Figura 30** mostrará el esquema lógico de red diseñado con base en la centralita telefónica ubicada en la Avenida San Martín-Huacho ODF (Distribución de Fibra Óptica), y las mostrará en forma de cuatro distribuciones en el área. Como se muestra en la Figura 31, el contorno y distribución de la fibra óptica, La primera hacia el este, **G01 / 2017 / 256F / 1760.0** descrita en **azul**, partiendo de la Avenida San Martín, continuando por la Avenida Maris Castilla por la Avenida Túpac Amaru y extendiéndose hasta el Distrito de Santa María, la siguiente distribución es La descripción de la verde **G02 / 2017 / 128F / 910.0**,

partiendo de la Avenida San Martín, siguiendo la Avenida Mariscal Castilla y continuando hasta Túpac Amaru, pasando por Augusto B. Legía (Av. Augusto) BLeguía), conduzca hacia las calles pintadas por Ernesto Ausejo y llegue a las calles de Los Olivos. La siguiente distribución coincide con la descripción **G03/2017/256F/2190.0** de color **rojo**, Se parte de la Avenida San Martín, cruza la Avenida Ausejo Salas, baja hasta la Av. De 28 de Julio, se dirige hacia el sur hasta la Avenida Echenique y luego continúa por la Av. Conduzca por la avenida Mercedes Indacochea, la última descrita como **G04 / 2017 negra /128F/910.0**, desde la avenida San Martín, cruce la calle Ausejo Salas, baje hasta la Av de 28 de Julio, luego cruce la calle Sucre y luego diríjase hacia el oeste hasta la calle Colón. En cada distribución se pueden observar características como DIVICAU (caja de empalme FO), generación de empalmes, fibra de proyección de surco, fibra de proyección aérea y conector tipo FC / SPC.



*Figura 28:* Vista frontal de acceso



3.1.3.6. Red troncal.

En la **figura 31** se mostrará el recorrido de la red troncal general de la ciudad de Huacho.

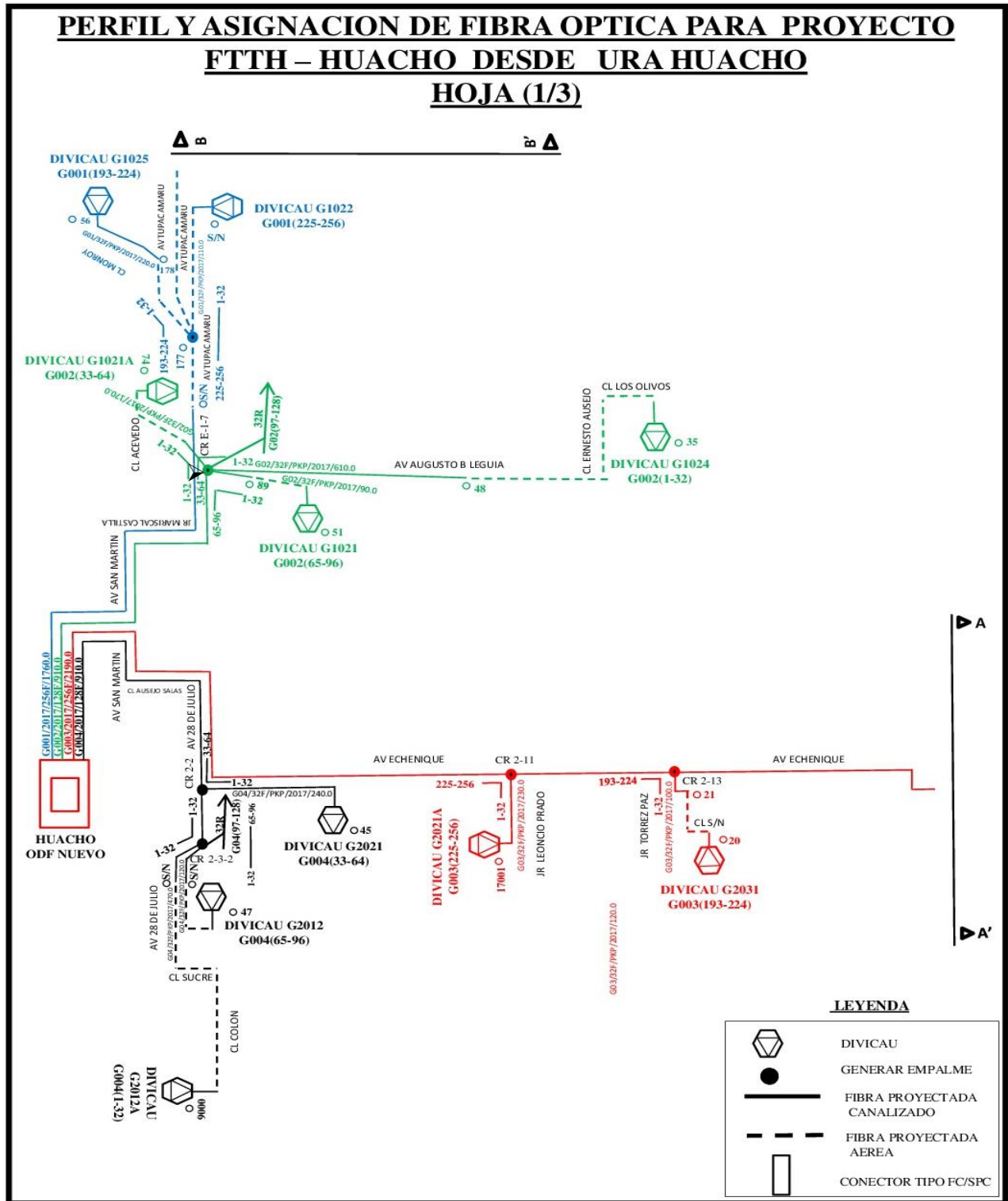
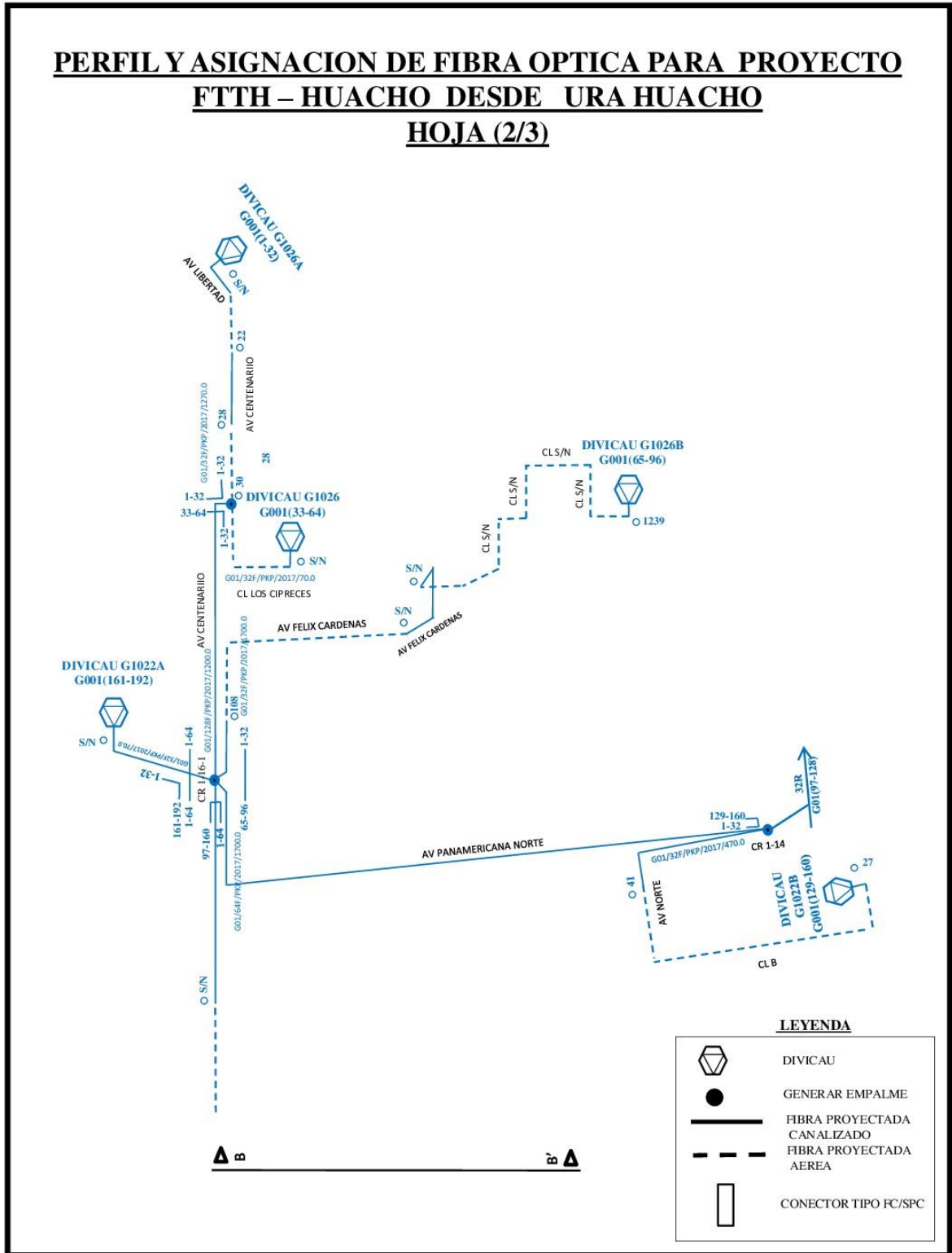


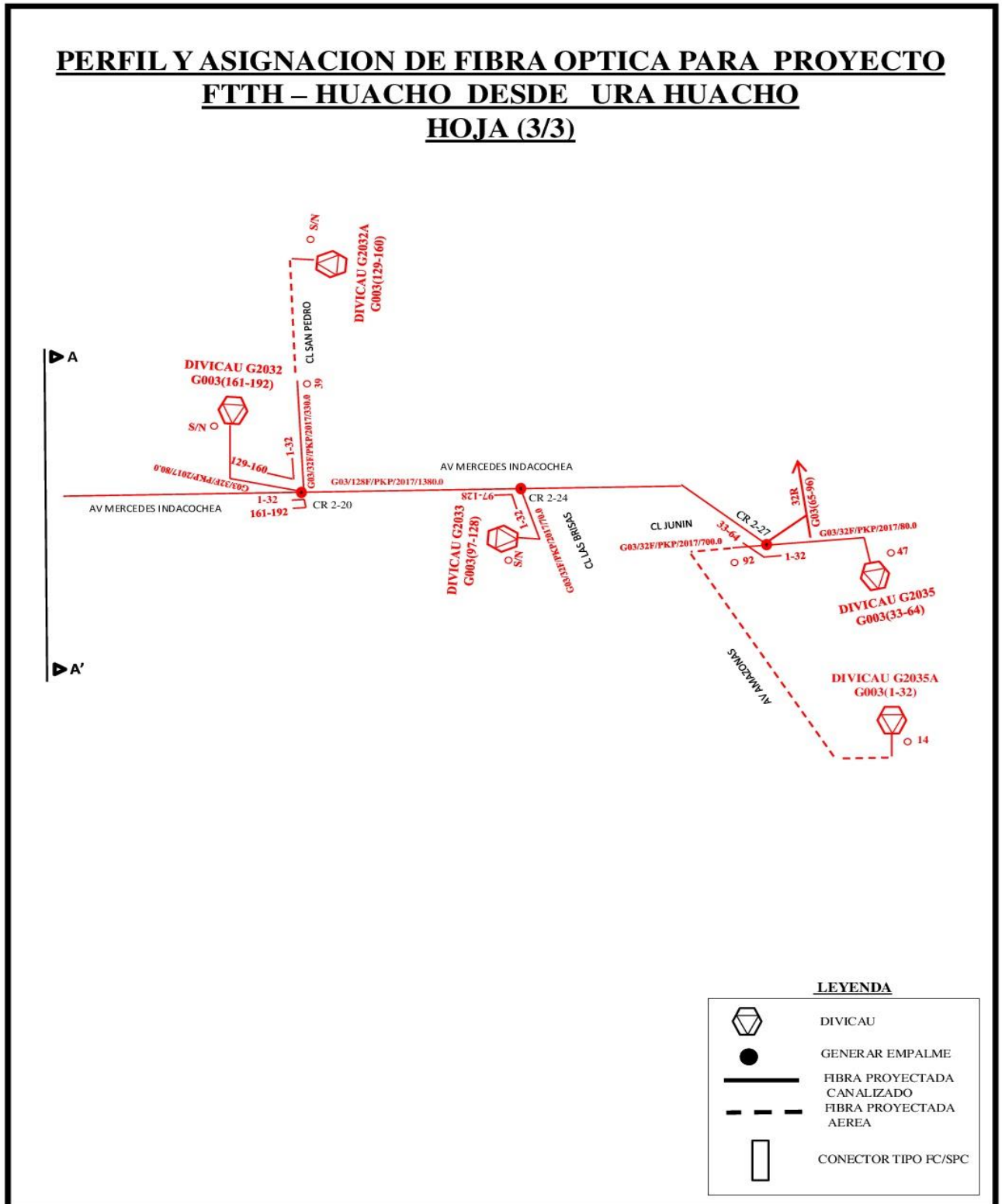
Figura 31: Perfil y asignación de Fibra Óptica (1/3).

Despliegue de la red hacia el Este de la ciudad de Huacho distrito de Santa María su perfil y asignación en la siguiente **figura 32**.



**Figura 32:** Perfil y asignación de Fibra Óptica (2/3).

Despliegue de la red hacia el sur de la ciudad de Huacho, su perfil y asignación en la siguiente **figura 33**.

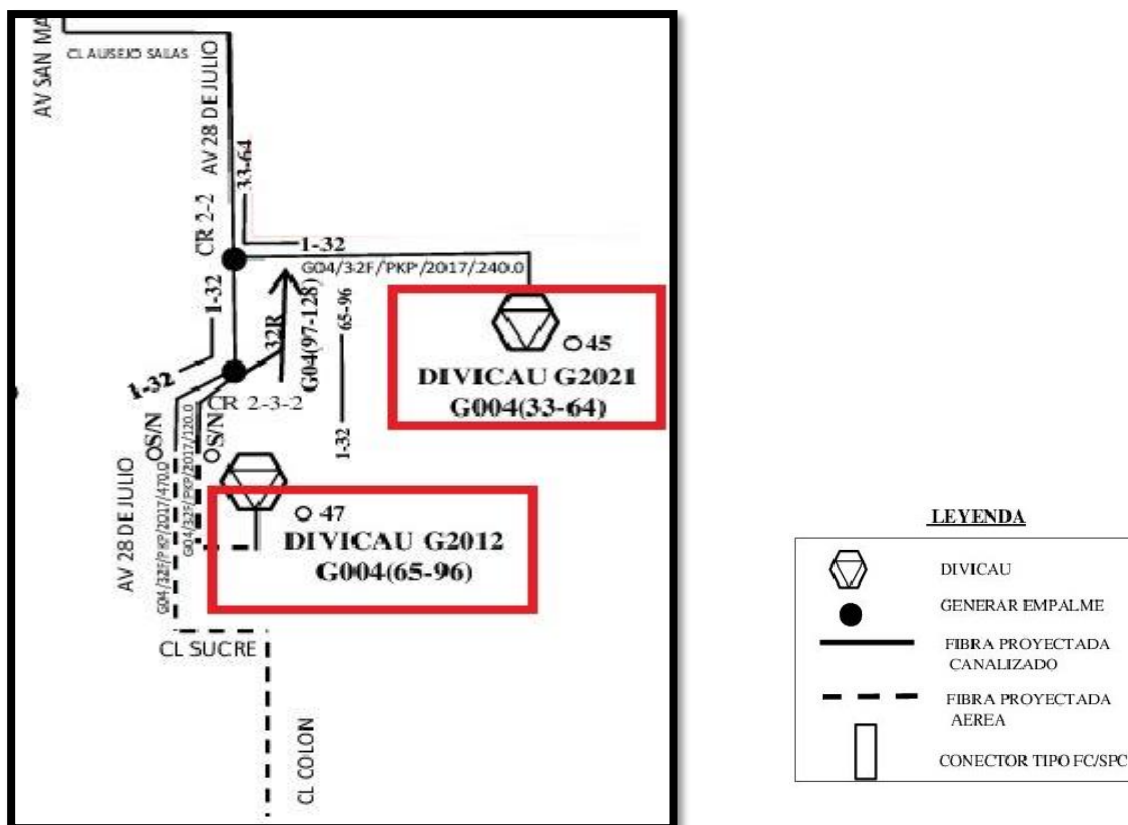




*Figura 33:* Perfil y asignación de Fibra Óptica (3/3).

### 3.1.3.7. Esquema físico de la red.

En la **figura 34** se mostrara la distribución de red y el trayecto de la fibra que inicia desde el armario (OLT) y que llegan hasta las cajas de Terminal Óptico (CTO), en el proyecto del distrito Huacho se demostrara con un ejemplo el diseño de la red FTTH/GPON, el tesista anexara al final del presente proyecto los planos físicos en archivo de AutoCAD (**Anexo 04**) donde se detallara el esquema lógico de la red, por su gran magnitud de armarios 20 en total hemos seleccionado dos de ellas para hacer el ejemplo **G004** cable de **128 fibras** de la bandeja 6, armarios **DIVICAU G2021** y **DIVICAU G2012** que son armarios que están en el centro de la ciudad de Huacho y también tal como lo muestra la **figura 34** y la vez se mostraran sus esquemas de dichos armarios.



*Figura 34:* DIVICAU G2021-G2012 FTTH/GPON



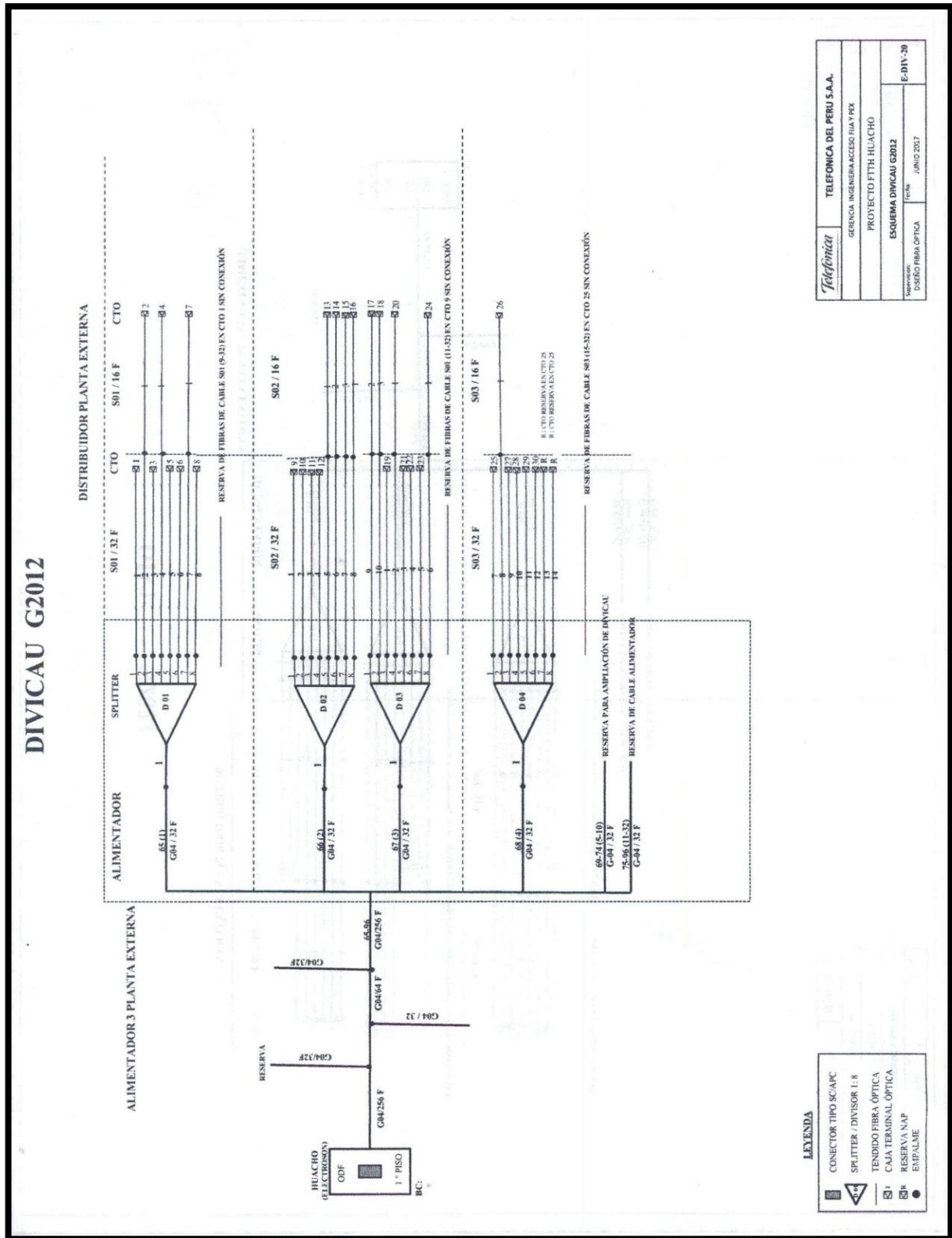


Figura 36: Esquema G04/128 Fibras (DIVICAU G2012)

### 3.1.3.8. Atenuación de la red.

Ya sabiendo la ubicación de los OLT (armarios) y Splitter de primer nivel se procederá a calcular la atenuación para confirmar la viabilidad y alcance del despliegue de la red, para ello se tomará como inicio el punto más lejano de la OLT y un armario de distribución para ver si hay pérdida de señal en decibelios (dB), se mostrara su recorrido en la **figura 37**.

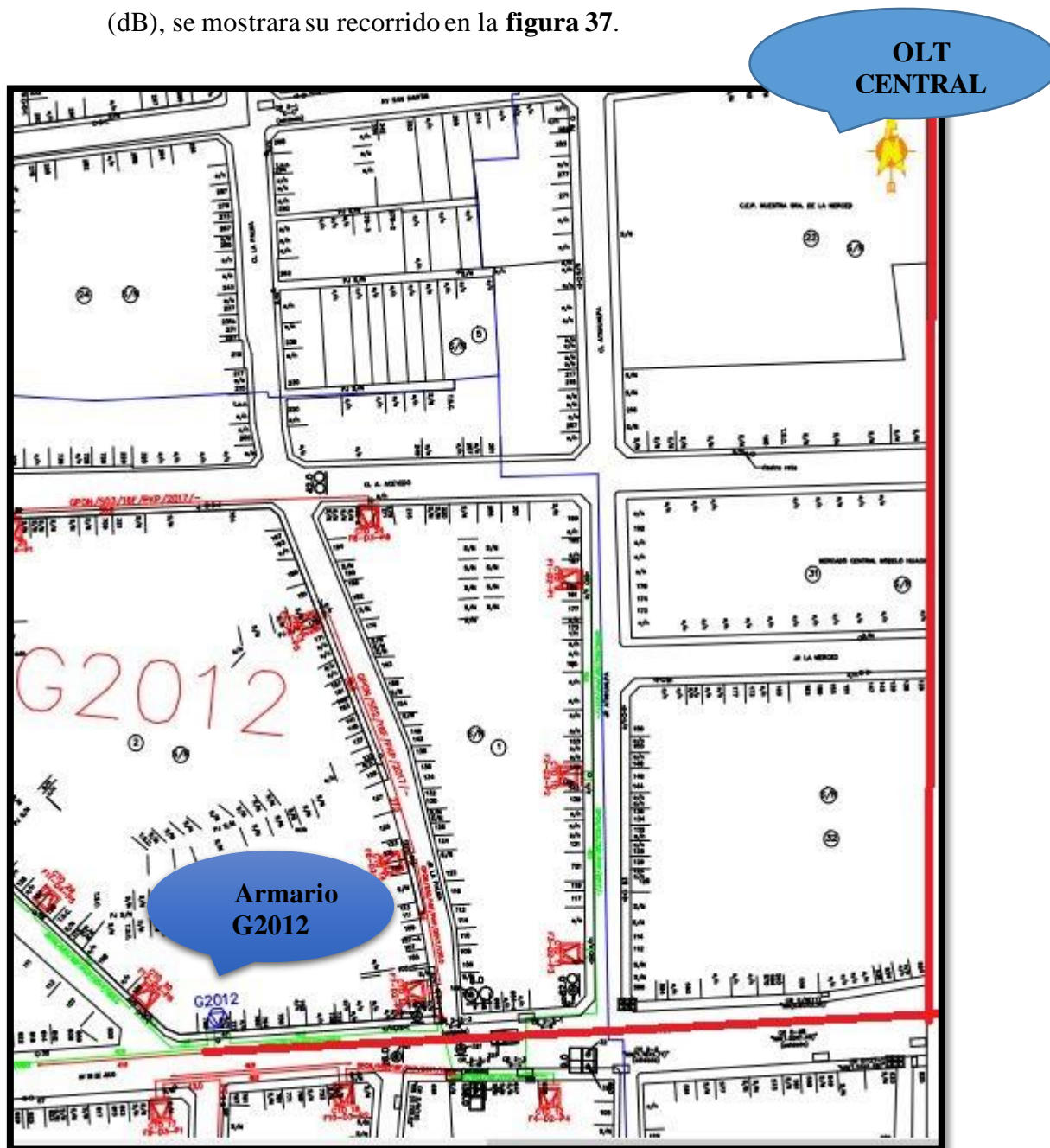


Figura 37: Atenuación G04/128 Fibras (DIVICAU G2012)

En la **tabla 4** se mostrará los niveles de atenuación de la red por pérdidas de intensidad de la señal.

Tabla 4

*Atenuación*

Elementos	Atenuación
Perdida por Km de FO(1490)	0.3 dB frecuencia de bajada (downstream)
(1310)	0.5 Db frecuencia de subida (upstream)
Perdida por empalmes	0.1 por empalme
Perdida por conectores	0.5 por conector

*Fuente:* Manual de capacitación personal Técnico (Telefonica, 2017)

En la **tabla 5** se mostrará la atenuación por Splitter para realizar las divisiones de pérdida de la red.

Tabla 5

*Atenuación por Splitter*

Tipo de Splitter	Atenuación
1x2	3 dB
1x4	6 dB
1x8	9.03 dB
1x16	12.4 dB
1x32	15.05 dB
1x64	18.06 dB

*Fuente:* Manual de capacitación personal Técnico (Telefonica, 2017)

Potencias de recepción óptimas en casa del abonado:

En 1490 nm (Datos y VoIP)  
-20 dBm < Potencia 1490  
Ejemplo -19.9 dBm,-19.8 dBm,-19.7 dBm, -18 dBm

En 1550 nm(Video )  
-3.5dBm < Potencia 1550  
Ejemplo -3.4 dBm,-3.3dBm ,-3.2dBm ,-2.5dBm ,-2.6 dBm

### 3.1.3.9. Estructura de red.

La red se desplegará desde la central ODF (fibra óptica de distribución) mediante OLT y llega individualmente a la casa de cada abonado con una fibra, pasando por splitter ópticos que son los responsables por la transición de los diferentes modularidades de cables ópticos.

Estos splitter pueden estar de acuerdo con la aplicación de la red, cajas de empalmes (DIVICAU), cajas de terminación óptica (CTO), que sirven al último tramo ya dentro del domicilio. La señal se pone a disposición a través de un receptor óptico ONU (Unidad de red óptica) del abonado.



*Figura 38:* Cuarto de Telecomunicaciones (Armarios)

## DESPLIEGUE

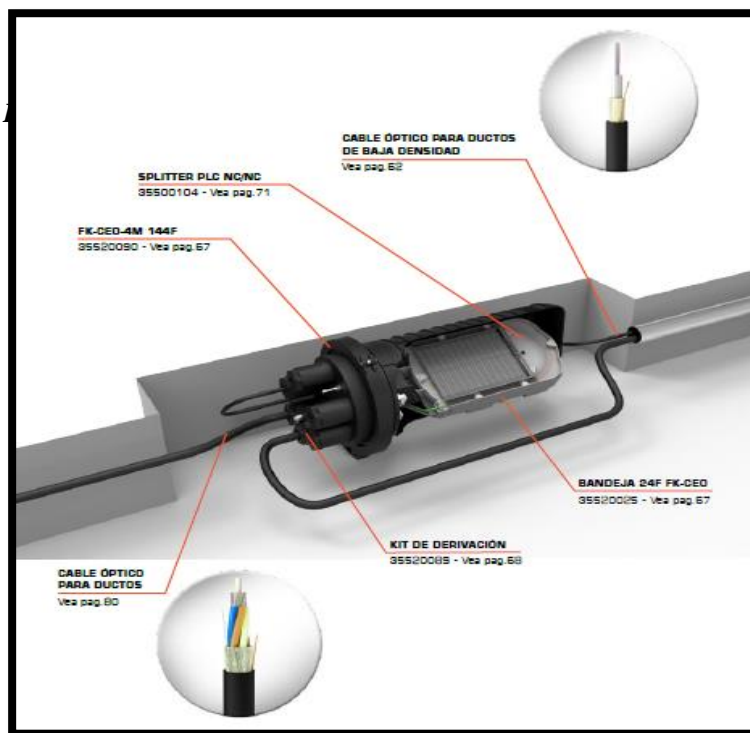


*Figura 39: Red aérea de despliegue de la red.*



*Figura 40: Segmentación de la red.*

### Red de Distribución



eo.



Figura 42: Caja de Terminal Óptico - CTO



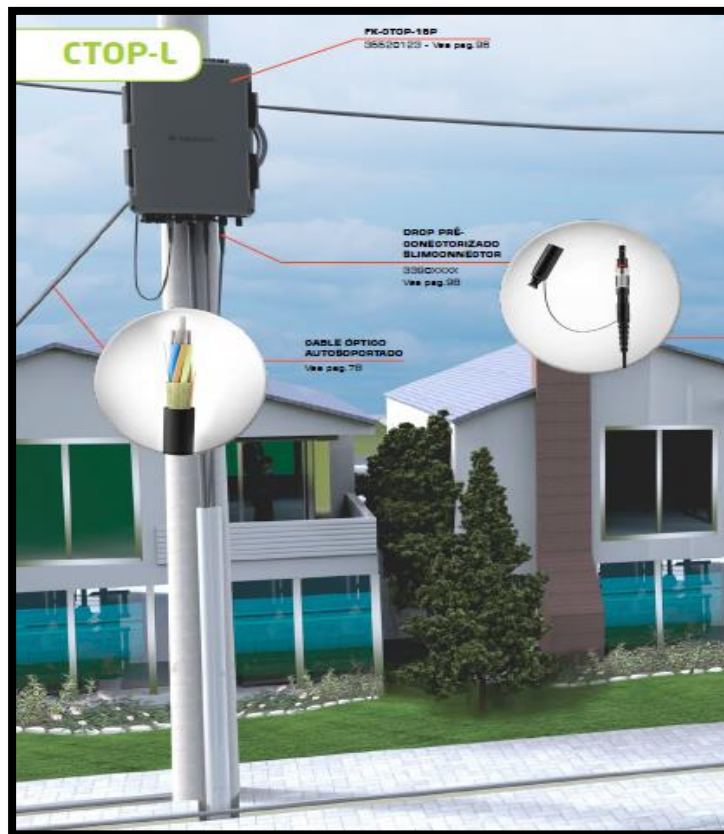
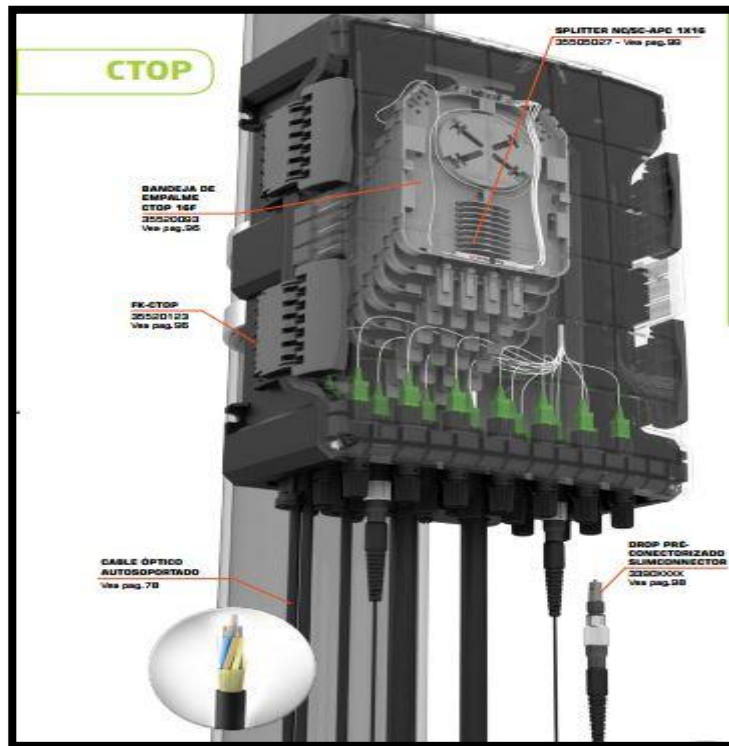
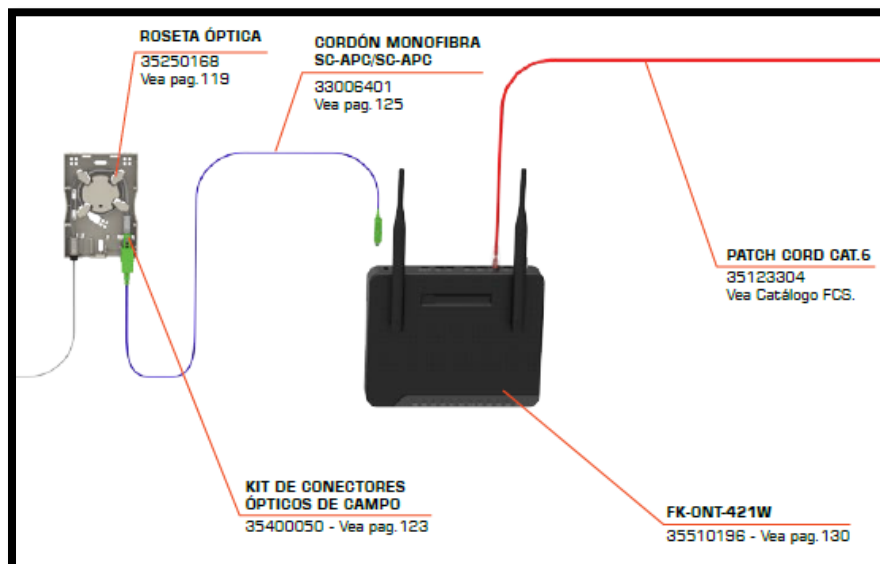
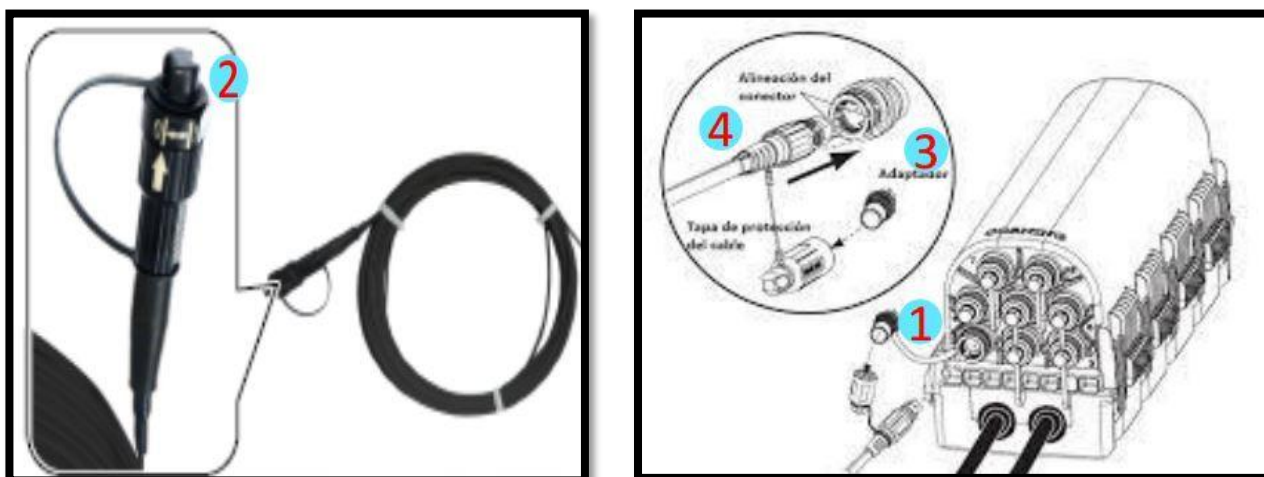


Figura 43: CTO Instalado.

## Red de Terminación



*Figura 44:* Distribuidor General Óptico.



*Figura 45:* Conexión de CTO para FTTH.

Indicaciones para la conexión de CTO:

- 1.- Retira la tapa de protección del CTO (girar lado izquierdo)
- 2.- Retirar la tapa externa del cable
- 3.- Retirar la tapa interno del conector
- 4.- Conectar el cable y girar lado derecho.

### 3.1.3.10. Estado de la red FTTH/GPON.

En la siguiente sección se va hacer una revisión técnica del estado actual de la red FTTH/GPON, resumen de acabados y los avances realizados por el diseño de la red. Las siguientes figuras lo demostraran.

#### Estado de la Red FTTH

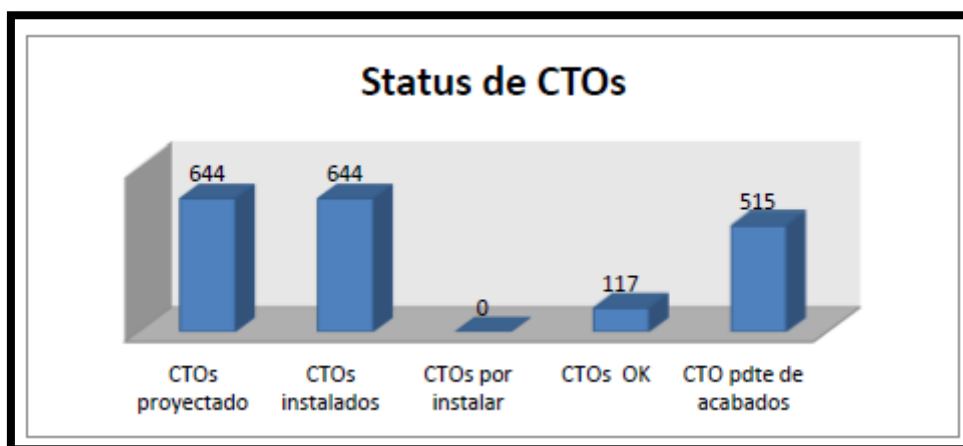


Figura 46: Status de acabados por Divicau.

		20	645	117	0	56	423	36	Status por Divicau Acabados			Status de Divicau para pruebas sin contar rotulado	
Pasivos				Trabajos pdtes en red FTTH					Status por Divicau Acabados			Status de Divicau para pruebas sin contar rotulado	
Primario	Armarios	Divicau	CTOs	CTOs OK	Pdte instalacion	Todos los acabados	Rotular	Ferreteria	CTOs pdtes inst	Total de acabados Pdtes	Divicau OK para recepción	Acabados para IOLM	OK para IOLM
P1	1026-A	G001	37	0	0	0	37	0	0%	100%	0%	0%	100%
	1026	G002	38	0	0	0	38	0	0%	100%	0%	0%	100%
	1026-B	G003	28	0	0	0	28	0	0%	100%	0%	0%	100%
	1022-B	G004	33	0	0	0	33	0	0%	100%	0%	0%	100%
	1022-A	G005	35	0	0	0	35	0	0%	100%	0%	0%	100%
	1025	G006	45	45	0	0	0	0	0%	0%	100%	0%	100%
	1022	G007	31	0	0	7	5	19	0%	100%	0%	84%	16%
	1024	G008	42	41	0	1	0	0	0%	2%	98%	2%	98%
P2	1021-A	G009	31	31	0	0	0	0	0%	0%	100%	0%	100%
	1021	G010	23	0	0	7	7	9	0%	100%	0%	70%	30%
	2035-A	G011	30	0	0	25	5	0	0%	100%	0%	83%	17%
	2035	G012	41	0	0	0	41	0	0%	100%	0%	0%	100%
	2033	G013	33	0	0	0	33	0	0%	100%	0%	0%	100%
	2032-A	G014	29	0	0	5	23	0	0%	97%	3%	17%	83%
	2032	G015	38	0	0	3	35	0	0%	100%	0%	8%	92%
	2031	G016	32	0	0	4	28	0	0%	100%	0%	13%	88%
P3	2021-A	G017	27	0	0	0	27	0	0%	100%	0%	0%	100%
	2012-A	G018	22	0	0	0	10	0	0%	45%	55%	0%	100%
	2021	G019	20	0	0	0	20	0	0%	100%	0%	0%	100%
	2012	G020	30	0	0	4	18	8	0%	100%	0%	40%	60%

Tabla 6: Tabla de estado de red FTTH.

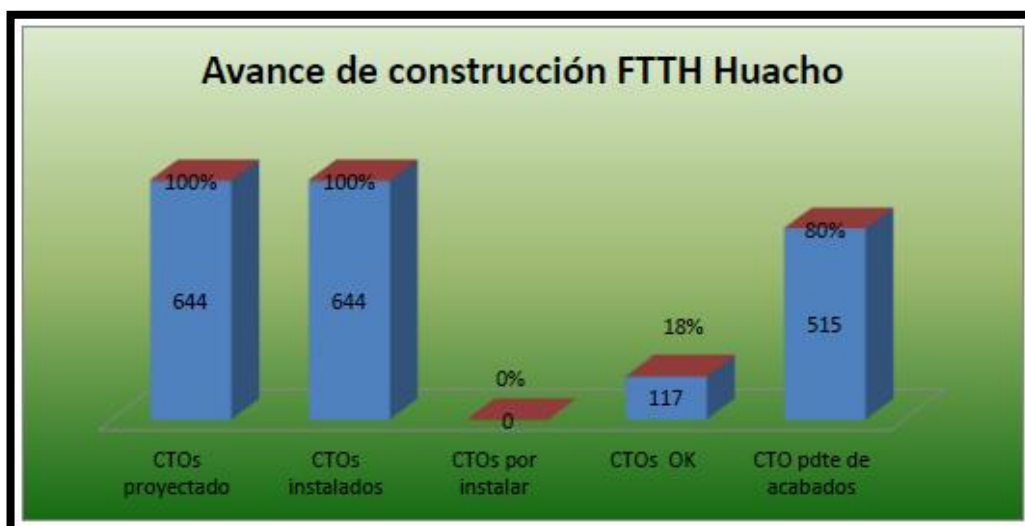
### Resumen de Acabados



*Figura 47:* Status de Ctos.

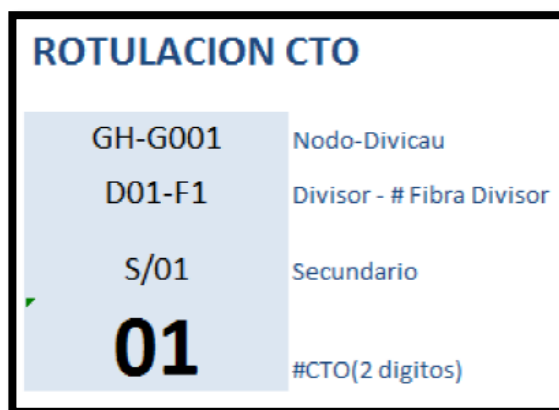
Status de instalación de CTOs HUACHO		
CTOs proyectado	644	100%
CTOs instalados	644	100%
CTOs por instalar	0	0%
CTOs OK	117	18%
CTO pdte de acabados	515	80%
Instalados	20	100%
Instalación pdte	0	0%
Instalación OK	19	95%
instalación pdte x falta de poste	0	0%
Instalación pdte x Falta de permisos, cala	0	0%
Falta acondicionado	0	0%
Faltan todos los acabados(fijar Divicau,ferretería y bajada a sifón)	0	0%
Falta ferretería	1	5%

*Figura 48:* Status de Instalación de Divicau Huacho.



*Figura 49: Avance porcentual de construcción FTTH Huacho.*

### Rotulación de DIVICAU y CTO para FTTH/GPON



*Figura 50: Rotulación CTO.*



*Figura 51: Rotulación DIVICAU*

### 3.1.3.11. Elección de equipos.

Después de haber visto todo el esquema del diseño y sus diferentes características se procederá a elegir el equipamiento para la red, OLT, ONT, splitter, Cto's, fibra óptica, roseta óptica y armarios de distribución que lo suministrará el proveedor de la red.


#### ➤ OLT (Optical Line Termination)

Los terminales ópticos (OLT) son equipos activos desde donde nace la fibra óptica hacia los usuarios de la red, a su vez gestiona todo el tráfico de la red que viene desde la ONT. Nos brinda 10 Slots de servicio para 4 puertos GPON que puede dar servicio máximo a 64 abonados, tiene alimentación AC/DC redundante y con capacidad de hasta 5129 ONTs.


**CHASIS GPON FK-OLT-G2500**


Chasis GPON OLT con 10 slots de servicio y alimentación AC/DC redundante. Capacidad para hasta 5120 ONTs.

**TRANSCEIVER XFP 10GE**



**TRANSCEIVER SFP GPON OLT**





Características Constructivas	
<b>Alimentación</b>	-48 VDC redundante (Hasta dos módulos de Alimentación DC)
<b>Temperatura de operación</b>	0° C a 50° C
<b>Dimensiones</b>	Altura 310 mm
	Ancho 444 mm
	Profundidad 285 mm (7 Us)
<b>Consumo</b>	390 W
<b>Módulos</b>	Hot Swappable

Características Técnicas	
<b>Aplicación</b>	Concentrador de abonados utilizado en centrales de redes FTTx que usen la tecnología GPON.
<b>Interfaces</b>	10 slots para módulos de servicio
	Módulo de Servicio con 4 Puertos GPON SFP
<b>Interfaces</b>	Módulo de Servicio con 4 Puertos GPON SFP Redundantes
	2 slots para módulo de uplink
	Módulo de Uplink con 4 puertos SFP GbE y 2 puertos XFP 10 GbE
	2 slots para módulo de switching y control
	2 slots para fuente de alimentación -48 VDC

Codificación	
35510205	Chasis Concentrador Óptico GPON FK-OLT-G2500
35510181	Fuente de Alimentación DC para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510182	Panel Ciego - Fuente DC para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510207	Módulo de Switch y Gestión para Chasis Concentrador Óptico FK-OLT-G2500
35510184	Panel Ciego - Módulo de Switch y Control para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510185	Módulo de Uplink 2 Puertos 10GE + 4 Puertos GE SFP para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510186	Panel Ciego - Módulo de Uplink para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510187	Módulo de Servicio 4 Puertos GPON SFP para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510188	Módulo de Servicio 4 Puertos GPON SFP con Redundancia para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510189	Panel Ciego - Módulo de Servicio para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510187	Modem Óptico GPON FK-ONT-G420R
35510186	Modem Óptico GPON FK-ONT-G420W
35510188	Modem Óptico GPON FK-ONT-G421W
35510197	Transceiver SFP GPON OLT Clase B+ para Concentrador Óptico

Figura 52: GPON FK – OLT - G2500

➤ ONT (Optical Network Termination)


Este equipo se ubica en el domicilio del abonado, es un modem óptico ofrece una interfaz óptica GPON SC/APC, otra de sus características es que tiene 4 interfaces Gigabit Ethernet RJ-45 como se muestra en la **figura 54**.

**GPON FK-ONT-G400R**

Modem óptico GPON modelo FK-ONT-G400R (4 puertos Gigabit Ethernet).

**Características Constructivas**

<b>Alimentación</b>	12 VDC con adaptador AC/DC full-range incluido	
<b>Temperatura de operación</b>	0 °C hasta 50 °C	
<b>Dimensiones</b>	Altura	40 mm
	Ancho	160 mm
	Profundidad	125 mm



**Características Técnicas**

<b>Interfaces</b>	1 interfaz óptica GPON SC-APC 4 interfaces metálicas Gigabit Ethernet RJ-45
<b>GPON</b>	Estándar GPON ITU-T G.984 2.5 Gbps de downstream y 1.25 Gbps de upstream 20 km de alcance (80 km de alcance lógico máximo) Múltiples T-CONTs y GEM Ports
<b>Layer 2</b>	Hasta 128 direcciones MAC Hasta 16 grupos VLAN
<b>Layer 3</b>	Cliente PPPoE NAT y NAPT Servidor DHCP
<b>QoS</b>	Ancho de banda configurable por la OLT 8 filas de prioridad por puerto
<b>Gerencia</b>	Gerencia y provisioning a través de la OLT Descubrimiento automático Provisionamiento vía RADIUS Actualización remota de firmware
<b>Multicast</b>	IGMP snooping
<b>Longitud de onda de transmisión</b>	1310 nm
<b>Longitud de onda de recepción</b>	1490 nm
<b>Potencia óptica de transmisión</b>	0.5 dBm ~ +5 dBm
<b>Potencia óptica de recepción</b>	-8 dBm ~ -27 dBm

**Codificación**

35510155	Modem Óptico GPON FK-ONT-G400R
35510228	Fuente de Alimentación para Modem Óptico Padrón NEMA
35510229	Fuente de Alimentación para Modem Óptico Padrón Argentina

*Figura 53: GPON FK – ONT - G400R*

➤ **SPLITTER (Divisor óptico)**

El divisor es un divisor óptico, que realiza la función de dividir la señal de entrada en "n" salidas. El divisor puede ser principal (2xn) o auxiliar (1xn), dependiendo de su color en la red. Divisores de potencia de semiconductores (PLC) Fibra óptica estándar G.657A con conector SC / APC en la salida.

**SPLITTER ÓPTICO PLC 1XN NC/SC-APC**

Divisor de potencia óptica fabricado con tecnología de semiconductor (PLC) con conectores SC/APC en las salidas, fibra estándar G.657A.



**Características Constructivas**

<b>Diámetro de los cordones</b>	0.9 mm
<b>Largo cordón de entrada</b>	1.5 m
<b>Largo cordón de salida</b>	60 cm

**Codificación**

35505025	Divisor de Señal Óptico PLC 1X2 G.657A NC/SC-APC 1.500.9/0.600.9 sin Breakout
35505004	Divisor de Señal Óptico PLC 1X4 G.657A NC/SC-APC 1.500.9/0.600.9 sin Breakout
35505005	Divisor de Señal Óptico PLC 1X8 G.657A NC/SC-APC 1.500.9/0.600.9 sin Breakout
35505027	Divisor de Señal Óptico PLC 1X16 G.657A NC/SC-APC 1.500.9/0.600.9 sin Breakout
35505028	Divisor de Señal Óptico PLC 1X32 G.657A NC/SC-APC 1.500.9/0.600.9 sin Breakout

*Figura 54: Splitter óptico PLC 1XN NC/SC-APC*

➤ **Cajas Terminales Ópticos (CTO)**

Las cajas de terminal óptico (CTO) son componentes de la red instalados en postes o también existen cajas terminales subterráneas, las cajas terminales es donde se conecta el usuario con la red de distribución, son



cajas de terminación óptica conectorizadas para redes de acceso y terminación.

**CAJA DE TERMINACIÓN ÓPTICA FK-CTO-16MC**  
Caja de terminación óptica conectorizada, para redes de acceso y terminación. Aplicación aérea.



**Características Constructivas**


<b>Dimensiones</b>	Alcuna	300 mm
	Ancho	220 mm
	Profundidad	100 mm
<b>Material del cuerpo</b>	Termoplástico reforzado	
<b>Color</b>	Negro	
<b>Diámetro del cable de entrada</b>	8 hasta 11,5 mm	
<b>Diámetro del cable de derivación</b>	8 hasta 8 mm (2 derivaciones)	
<b>Diámetro de los cables de salida</b>	Circulares:	16 cables de 4,5 hasta 5,3 mm
	Flat:	16 cables de 2,0 x 3,0 mm
<b>Codificación</b>		
35520031	Caja de Terminación Óptica - Módulo Básico	
35520094	Caja de Terminación Óptica - 1 Bandeja de empalme, 1 Bandeja con 16 adaptadores SC-APC sin shutter y splitter 1x16 ND/SC-APC	
35520061	Caja de Terminación Óptica - 1 Bandeja de empalme, 1 Bandeja con 8 adaptadores SC-APC sin shutter y splitter 1x8 ND/SC-APC	
35520018	Bandeja de Empalme para Caja de Terminación Óptica FK-CTO-16-MC	
35520036	Bandeja con 16 Adaptadores SC-APC sin Shutter (FK-CTO-16MC y FK-CTO6-16P)	
35520035	Bandeja con 8 Adaptadores SC-APC sin Shutter (FK-CTO-16MC y FK-CTO6-16P)	
35520064	Kit de Grommets y Soporte de Cable DROP para Caja de Terminación Óptica FK-CTO-16-MC	
35520063	Kit de Grommets de Cable Circular para Caja de Terminación Óptica FK-CTO-16-MC	
35520065	Kit de Instalación en Cordaje (FK-CTO-16-MC)	

Figura 55: FK-CTO-16MC (CTO)

➤ **Fibra óptica.**

Son componentes que hacen el contacto entre el OLT y ONT, la fibra óptica es un medio que transmite pulsos de luz de un lado a otro, su principal función transmitir datos a gran velocidad de distancias, está hecho de vidrio o acrílicos.

**CABLE ÓPTICO ADSS**



**Descripción**

Cable óptico dieléctrico con fibras ópticas agrupadas en unidades básicas (tubo loose). Núcleo protegido contra penetración de humedad y revestimiento externo en material termoplástico resistente a intemperies.

**Aplicación**

Ambiente de instalación: externo  
Ambiente de operación: aéreo autosoportado.

**Características Constructivas**

<b>Tipos de fibras</b>	Monomodo (S/125)	G.652D
	Monomodo NZD (S/125)	G.655 y G.656
	Multimodo (SQ/125)	OM4, OM3 y OM2
	Multimodo (B2.5/125)	OM1

**Cantidad de fibras**: ÓS hasta 144


**Elemento central**: Material no metálico

**Tipo de núcleo**: Núcleo relleno (G), seco (S) o totalmente seco (TS)


**Cubierta externa**: Polietileno de color negro con o sin retardo a llama (IRC o NRI)

Número de fibras ópticas	Cantidad de fibras por tubo	Core type	Vano 80 m			Vano 120 m			Vano 200 m		
			Diámetro externo nominal (mm) ±0.2	Masa líquida (kg/km)	Carga máxima de operación (N)	Diámetro externo nominal (mm) ±0.2	Masa líquida (kg/km)	Carga máxima de operación (N)	Diámetro externo nominal (mm) ±0.2	Masa líquida (kg/km)	Carga máxima de operación (N)
8 a 36	8	G	11.4	100	2100	11.4	102	2950	12.2	109	5000
		S	11.5	95	2050	11.5	96	2850	11.9	102	5000
		TS	10.0	71	1055	10.0	72	1440	10.4	75	2250
48	12	G	12.8	128	2400	13.2	130	3450	13.8	140	8050
		S	11.9	117	2500	11.9	120	3400	12.3	125	5900
		TS	11.2	92	1390	11.2	93	1890	11.8	98	2940
80 a 72	12	G	12.8	128	2400	13.2	130	3450	13.8	140	8050
		S	12.9	119	2500	12.9	122	3400	13.3	127	5900
		TS	11.2	92	1390	11.2	93	1890	11.8	98	2940
96	12	G	14.8	189	3050	14.8	172	4350	15.8	180	7250
		S	14.0	139	3000	14.2	141	3900	14.8	147	8300
		TS	13.0	120	1800	13.0	121	2420	13.4	130	3900
144	12	G	18.2	255	3950	18.4	260	5900	19.0	274	9950
		S	18.2	230	3950	18.2	232	5150	18.8	242	9000
		TS	16.8	190	2850	16.6	192	3840	17.0	199	5970

Fuerza de tracción sin aumento de atenuación (N)		Carga de compresión (N/10 cm)	Radio mínimo de curvatura	
Vano (m)	Carga máxima de operación		Durante la instalación	Después de instalado
80	1.5 x peso/km	1 x peso/km (Mínimo 1000)	20 x diámetro del cable	10 x diámetro del cable
120	2 x peso/km			
200	3 x peso/km			



CPOA-X-ASY-G



CPOA-X-ASY-S 36 FIBRAS


Figura 56: Cable fibra óptica.

➤ **Roseta óptica.**

Punto de terminación del cable de acometida de la red óptica, utilizado para hacer la transición entre el cable de fibra óptica del ambiente externo con el cordón óptico que llevara la señal hasta el equipo final a ser utilizado en el ambiente interno, capacidad de terminación de hasta 2 fibras y compatible con conector de campo hecho de plástico de alta resistencia.

**ROSETA ÓPTICA - PUNTO DE TERMINACIÓN**

Punto de terminación de la red óptica (4x2 pulgadas) utilizado para hacer la transición entre el cable de fibra óptica del ambiente externo para el cordón óptico que llevará la señal hasta el equipo final a ser utilizado en el ambiente interno. Capacidad de terminación de hasta 2 fibras y compatible con conector de campo. Hecho en plástico de alta resistencia.



**Características Constructivas**

<b>Dimensiones</b>	Altura	114.9 mm
	Ancho	79.8 mm
	Profundidad	22.5 mm
<b>Color</b>	Blanco	
<b>Tipo de conector</b>	SC	
<b>Tipo de pulimento</b>	APC o PC (UPC o SPC)	
<b>Tipo de cable</b>	Tight buffer, loose tube y micromódulo	
<b>Tipo de fibra</b>	Monomodo G-652B, G-652D o G-657A	
<b>Cantidad de posiciones</b>	2 posiciones para empalmes ópticos por fusión o mecánicas	
	2 posiciones para adaptador óptico SC simplex o LC dúplex	
<b>Material del cuerpo del producto</b>	Plástico ABS	

**Codificación**

35250168	Roseta Óptica 2P 4x2 Superposición - Blanco
35250036	Roseta Óptica 2P 4x2 Superposición con 1 Adaptador SC-APC Shutter - Blanco
35250037	Roseta Óptica 2P 4x2 Superposición con 2 Adaptadores SC-APC Shutter - Blanco

*Figura 57:* Roseta óptica.

### DUO - KIT DE ALTA PARA FTTH/GPON

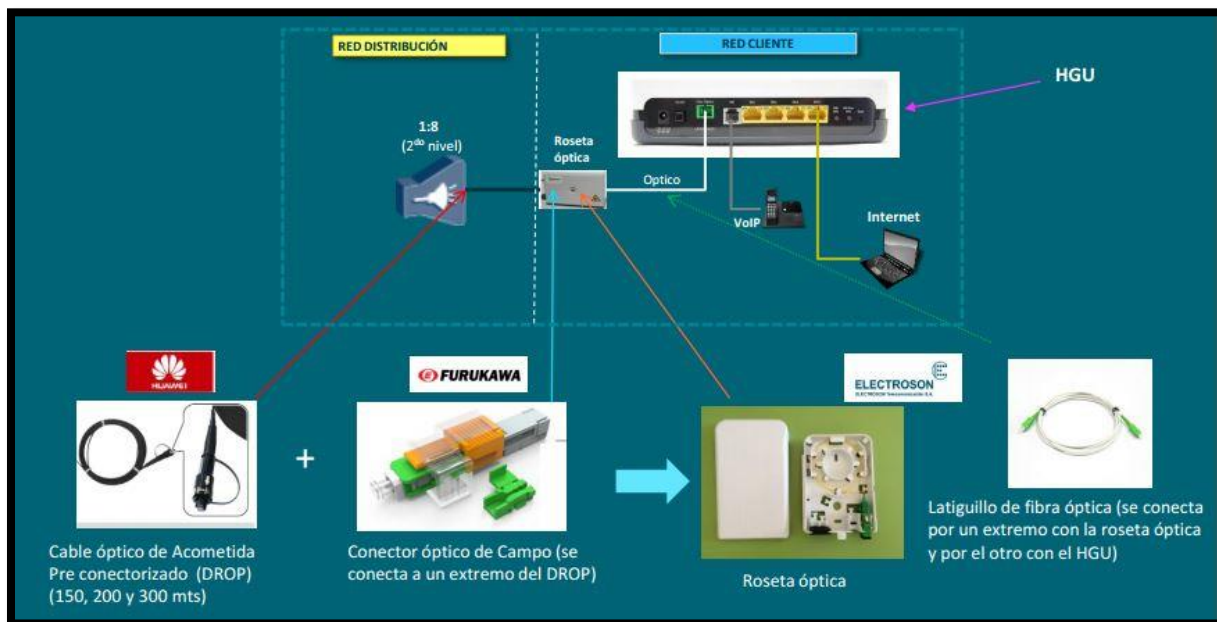


Figura 58: (Telefonica, 2017)

### TRIO - KIT DE ALTA PARA FTTH CON TRIPLEXOR

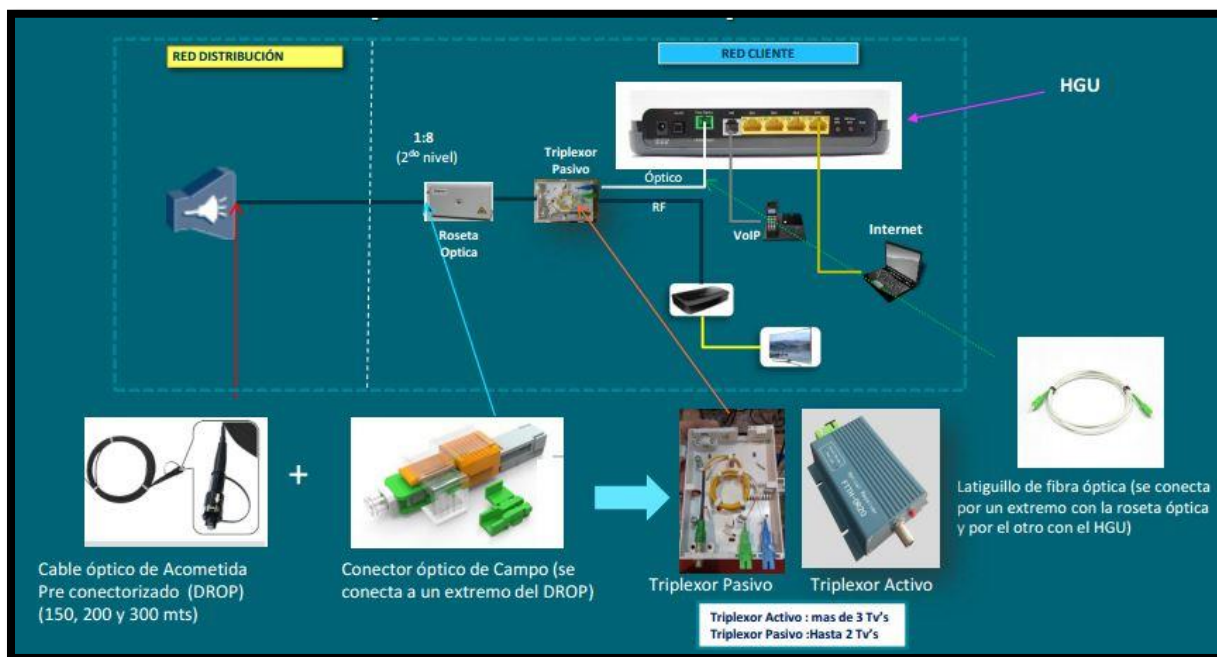


Figura 59: (Telefonica, 2017)



### 3.1.3.12. Estudio general.

El diseño se desarrollará desde el repartidor desde la central ODF con los splitter de primer nivel que se instalaran en los CTO en las cámaras o postes para su empalme, esta red de fibra óptica tiene varios cables de fibra desde 128 hasta 256 y cuenta con conectores y empalmes. El recorrido de alimentación o troncal se desarrollará tanto de manera aérea como subterránea de las líneas ya existentes y si fuese el caso necesario se ejecutaría obra civil para el tendido de la red esto siempre y cuando este en el proyecto para su viabilidad.

Para esta red de alimentación se ha tomado la topología de **estrella** por su separación para llegar al abonado y por la distribución de la red se requiere que los empalmes o fusiones sean mínimas para no tener atenuación de red, ya con la planificación del proyecto se procederá a la instalación de equipos porque a pesar que la red FTTH sea una red pasiva, los equipos tales como OLT y ONT son equipos activos que tienen la necesidad de una buena señal, por eso se requiere que los empalmes o fusiones sean mínimos para no tener atenuación de la red, se realizaran pruebas de calidad de señal para recién poder instalar las ONT en los usuarios que requieren el servicio.

A continuación, definiremos ciertas características importantes:

➤ Cobertura:

Ya teniendo definido el área de trabajo para el despliegue de la red se desarrollara ramificaciones y se tomaran otras ramas ya existentes para así facilitar el proceso de diseño y despliegue de la red, desde la central de comunicaciones se realizará las divisiones para poder llegar a las diferentes zonas seleccionadas y poder cubrir mayor número de hogares, habrán problemas en el proceso ya sean físicos como lógicos pero se tiene

que haber previsto esos inconvenientes existentes para poder darle solución.

El diseño debe cumplir ciertos requisitos específicos para su funcionamiento y serán los siguientes a continuación:

- El diseño debe soportar por lo menos dos etapas de división y debe estar bien distribuida para no tener atenuaciones.
- Las divisiones dependerán de las necesidades que se desea cubrir de los abonados.
- Se tomará la infraestructura existente para la acometida de cables y así minimizar los costos de implementación.
- Tener todo el equipamiento conforme para la implementación de la red.

➤ Viabilidad:

La red FTTH necesita de un análisis de viabilidad para comprender el estado de la red y poder definir las zonas donde se realiza la implementación de la red.

Se tomará las siguientes recomendaciones:

- Para la viabilidad se debe constatar que los datos del estudio sean los correctos y realizar un mapeo de la ubicación de viviendas, zonas, canalizaciones, cámaras, redes de acceso, redes existentes, cables ya instalados, etc.
- Se tiene que evaluar la rapidez del servicio para un análisis a corto y a largo plazo.

- Las canalizaciones aéreas y subterráneas de la red inician desde la central y se unen a otras canalizaciones en las zonas donde se encuentra el objetivo del proyecto.
- Los componentes de la red deben optimizar al máximo el servicio, a medida que no pueda haber atenuaciones o mínimas de ser el caso.
- Establecer distancias y atenuaciones mínimas de pérdidas.
- Elección de fibra se recomienda monomodo por su baja atenuación y su capacidad de transmisión

➤ Instalación:

Se pueden realizar la instalación de la red mediante 3 formas que tendrán sus ventajas y desventajas las mismas que tendrán características diferentes, a continuación, las mencionaremos:

- En canalizaciones subterráneas.
- Aéreas en postes.
- Enterradas mediante ductos.

➤ Comparación:

Mostraremos una tabla comparativa donde nos muestra 3 diferentes alternativas con los elementos de la red para la estructura de red FTTH con arquitectura GPON.



Tabla 7

*Tabla comparativa de los elementos de red*

Características Generales			
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Equipo terminal óptico	olt gpon fk-olt- g2500, 10 ranuras para módulos de servicio, 2 ranuras para módulos de enlace ascendente, 2 ranuras para módulos de gestión, cada interfaz GPON puede acomodar hasta 64 usuarios con un alcance de 20 km ( El rango lógico es de 60 km	SmartAX MA5600T, 16 slots para módulo de servicio, cada slot de servicio tiene 8 puertos GPON, hasta 128 usuarios, alcance máximo de 20 Km.	Alcatel-Lucent 7360 ISAM FX 16, 16 slots, 128 puertos GPON por shelf, 8 puertos por cada slot, total manejo desde Alcatel-Lucent 5520 AMS.
Divisor óptico	Divisor óptico Furukawa 2X4: tiene una atenuación de 7.3dBm. Divisor óptico Furukawa 1X16: tiene una atenuación de 13.7dBm.	Divisor óptico Optronics 2X4: tiene una atenuación de 7.4 dBm. Divisores ópticos Optronics 1X16: tiene una atenuación de 13.5 dBm.	Divisor óptico FibreFab 2X4: tiene una atenuación de 7.8 dBm. Divisores ópticos FibreFab 1X16: tiene una Atenuación de 13.7 dBm.
Equipo terminal de red	gpon fk-ont- g400r, 1 interface óptica GPON SC-APC, 4 interfaces metálicas RJ-45, 10/100/100Base-T (GbE), transmisor de 1.244Gbps y receptor de 2.488 Gbps, potencia de recepción de -27dBm.	Zhone's indoor 2600 Series GPON ONT, Conector SC/APC, 4 o 8 puertos RJ-45 10/100/100Base-T, potencia de recepción de -28dBm, transmisor de 1.25 Gbps y recepción de 2.5Gbps	G420i GPON ONT, SC/APC puerto GPON, 2 puertos FXS vía RJ-11, Códec G.729, 4 puertos Ethernet 10/100, soporta la aplicación IPTV, alcance máximo de transmisión de 20 Km
Cable de fibra óptica	BendBright Single-Mode Optical Fiber Draka, atenuación máxima de 0.35 dBm/Km.	Optronics 9/125 ITU-T G.657A Reduced Bend Sensitivity Singlemode Optical Fibre, máxima atenuación de 0.38dBm/km	fibra óptica Huber Suhner monomodo G.657A, tiene una atenuación máxima de 0.4dBm/Km
Roseta óptica	roseta óptica Furukawa, tipo de conector SC, tipo de pulido APC o PC, 2 posiciones para empalmes ópticos por fusión mecánica, 2 posiciones para adaptador óptico SC simplex o LC duplex	Roseta óptica AM-RO-10, hasta dos acopladores SC/APC, no incluye pigtail ni adaptador óptico.	Roseta óptica Optronics, compatible con módulos de Jacks RJ45, disponible en 1 y 2 puertos.

**Fuente:** (Arias, 2015). (p.53)

### 3.1.4. Enfoque

El enfoque de la investigación es cuantitativo, ya que se presentó el desarrollo de los datos obtenidos de las fuentes directas, también se muestra la utilización de herramientas estadísticas e informáticas para alcanzar los resultados trazados.

## 3.2. Población y Muestra

### 3.2.1. Población

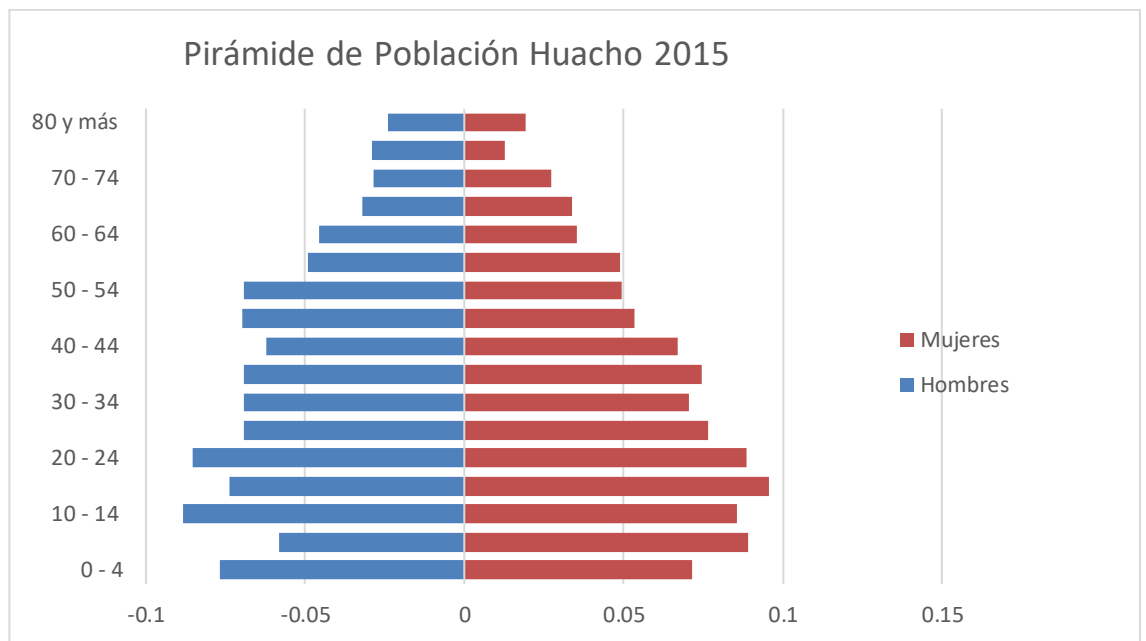
La población de la investigación está compuesta por todos elementos y personas que se involucran en esta necesidad en un determinado tiempo y espacio, en este caso la población de la ciudad Huacho, donde se desarrollara este diseño para cubrir la necesidad del mejoramiento del servicio de internet con esta red.

Actualmente la población de la ciudad de Huacho alcanza a 92,027 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) es la estimación y proyección de población total por sexo en el año 2015, como se observará en la **Tabla 8** donde predomina las mujeres sobre los hombres en la tasa de población.

Tabla 8  
*Población en la ciudad de Huacho*

Sexo	Población	Porcentaje
Hombre	45.229	49.00%
Mujer	46.798	51.00%
Total	92.027	100%

*Fuente:* (INEI, 2015)



**Figura 61:** Pirámide poblacional de la Ciudad de Huacho 2015 - INEI

**Fuente:** Elaboración propia

La población de la ciudad de Huacho es 92,027 habitantes según el INEI del año 2015, de esta población la empresa Telefónica cuenta con 30 mil clientes en la ciudad de Huacho y para poder realizar nuestro estudio del mejoramiento del servicio he tomado parte de una red troncal (**G04/2017 negra /128F/910.0**) siendo población de la misma de **144 clientes** para el estudio.

### 3.2.2. Muestra

La muestra utilizada para esta investigación la determinaremos mediante la siguiente formula:

$$n = \frac{NpxqxZ^2}{e^2x(N - 1) + pxqxZ^2}$$

**Donde:**


---

<b>n</b>	Tamaño de muestra
<b>N</b>	Tamaño de Población
<b>e</b>	Margen de error admitido 5%
<b>p</b>	Parámetro estadístico de la población (0.5)
<b>q</b>	Parámetro estadístico de la población (0.5)
<b>Z</b>	Número de desviaciones estándar con respecto a P. Para 95%
	$z=1.96$

---

$$n = \frac{144 \times 0.5 \times 0.5 \times 1.96^2}{0.05^2 \times (144 - 1) + 0.5 \times 0.5 \times 1.96^2} = \mathbf{104.937}$$

$$n = 105$$

Tamaño de muestra obtenida es de **105** personas.

### 3.3. Operacionalización de variables

Tabla9

*Operacionalización de variables*

Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Definición Operacional	Indicador	Ítems
FTTH(Fiber To The Home) Fibra hasta el hogar	Es una tecnología de telecomunicación es FTTH (Fiber to the Home) que utiliza tecnología de protocolo de transferencia de archivos, es una red pasiva.	Transmisión	Mayor capacidad de resección de datos.	Capacidad	¿Cuáles son los medios de transmisión?
		Equipos	Flexibilidad en los equipos y una mayor escala.	Flexibilidad y escala	¿Qué tipo de Equipos utiliza?
		Servicios	Estandarización para el correcto funcionamiento de los red en diferentes puntos.	Estandarización	¿Qué servicios brinda?
GPON (Gigabit Passive Optical Network) Red óptica pasiva Gigabit	Gbps. GPON-(Support Gigabit Passive Optical Network) es una red óptica pasiva que utiliza fibra óptica para llegar al hogar. Utilice el estándar ITU-T G.984 y garantice una velocidad superior a 1Gbps.	Tecnología	Tecnología adecuada que nos garantizara una mejor calidad de señal y ahorro de tiempo.	Ahorro de tiempo	¿Cuál es el tipo de tecnología que utiliza la empresa?
		Estructura	Conjunto de elementos de una determinada realidad, tiene que garantizar el orden y funcionamiento de las partes.	Mayor alcance	¿Cuál es la estructura de la red?
		Topología	Conjunto integral organizado de funciones propias de comparar objetos y se clasifica múltiples atributos.	Taza descendente (datos, video y telefonía)	¿Qué tipo de topología se utilizará?

*Fuente:* Elaboración Propia

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1 Técnicas a emplear

Las tres principales técnicas de recolección de datos son:

- Encuesta
- Entrevista
- Análisis de documentos

#### 3.4.2 Descripción de los instrumentos

La investigación utilizará diferentes herramientas que permitirán recolectar datos para que se resuelva la pregunta de investigación, que a su vez representa las variables que tiene el investigador.

• **Encuesta:**

Carrasco (2005) nos dice que esta encuesta es una excelente técnica de investigación social por su practicidad, versatilidad, sencillez y objetividad para la obtención de datos. (Página 314)

• **Entrevista:**

La entrevista es un medio directo con un determinado fin para el interrogador que obtiene en la recolección de los datos las respuestas relacionadas con el problema de la investigación.

• **Análisis documental:**

Consiste en revisar los diversos documentos relacionados al proyecto, donde se obtendrá datos sobre los diversos aspectos a evaluar los cuales tendrán que ser examinados a detalle para poder lograr los objetivos del proyecto.

### 3.5. Técnicas para el procesamiento de la información

Para procesar la información de este manual, se utilizan las siguientes herramientas:

- **Análisis descriptivo:** Realización de tablas, gráficos y figuras en el programa Excel 2016.
- **Análisis inferencial:** Herramienta estadística software SPSS - 2017.

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **4.1 Presentación de Cuadros.**

En este capítulo se mostrará el análisis de los resultados proporcionados por el abonado y el personal a cargo del proyecto.

Se recolecto la información mediante encuesta y entrevista que se encuentran en el **Anexo 2** ,se procedio a cuantificarlo y organizarlo que consto de 9 Items.

#### **4.1.1 Gráficos e interpretaciones.**

Procederemos a realizar la interpretación de nuestro estudio mediante cuadros estadísticos o comparativos del servicio de la de la red FTTH y de su rendimiento.

##### **4.1.1.1. Analisis de la encuesta.**

La encuesta fue realizada a los clientes del servicio, con una muestra de encuestados de **105** personas, el análisis de la encuesta será detallada como datos estadísticos basándose en números matemáticos en cada pregunta y teniendo en cuenta a los objetivos y variables de la hipótesis encontrada. Las preguntas se tomaron de la encuesta del **ANEXO 02**.

#### **Pregunta 1:**

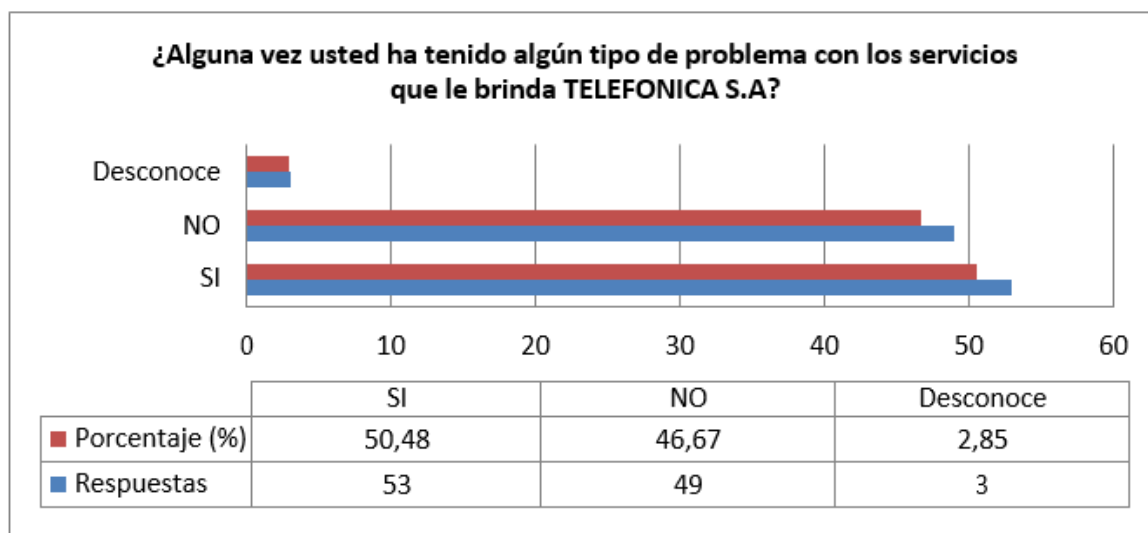
¿Alguna vez usted ha tenido algún tipo de problema con los servicios que le brinda TELEFONICA S.A ?



Ítem	Frecuencia	Porcentaje (%)
SI	53	50,48
NO	49	46,67
Desconoce	3	2,85
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>	<b>100</b>

*Tabla 10:* Análisis de Resultados Pregunta 1

*Elaboración:* Propia



*Grafico 1:* Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 1

*Fuente:* Encuesta Realizada

*Elaboración:* Propia

### **Analisis**

Según la encuesta del 100%, el 50,48% que corresponde a 53 personas la respuestas manifiesta que si ha tenido problemas con el servicio que posee, el 46,67% es decir 49 personas la respuestas indica que no ha tenido problemas con el servicio, mientras que existen 3 personas que su respuestas indica que desconoce y corresponde al 2.85%.

### **Interpretación**

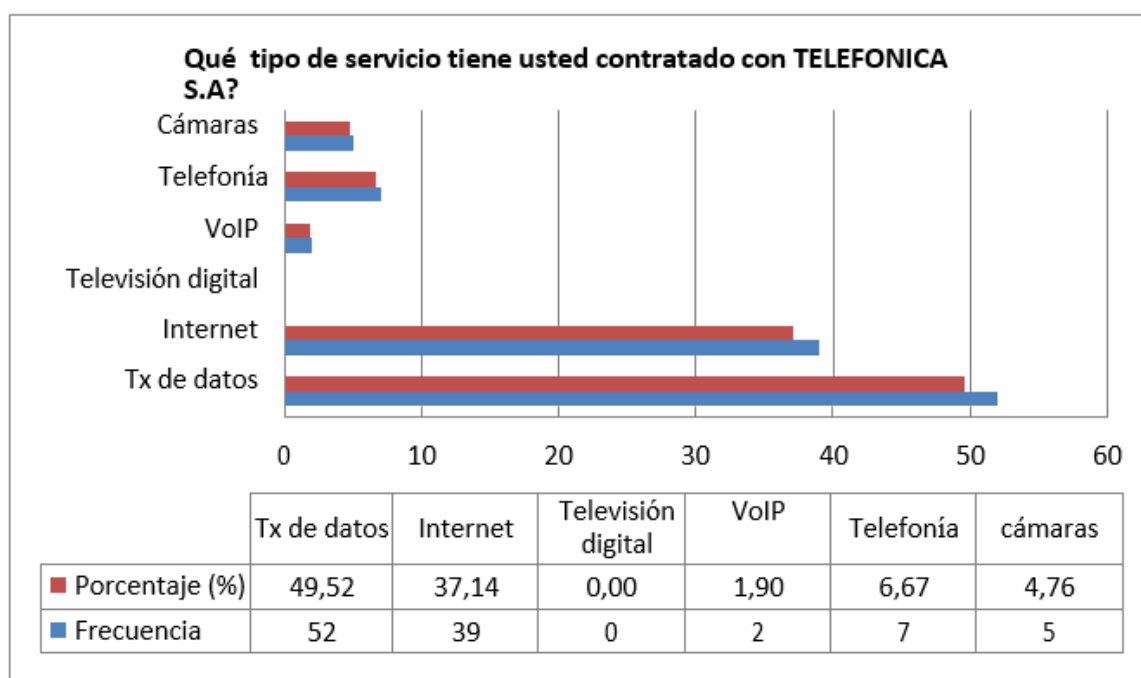
Por lo que se puede concluir que más de la mitad de los abonados han sufrido algún tipo de problema con el servicio que le brinda TELEFONICA S.A.

**Pregunta 2:**

¿Qué tipo de servicio tiene usted contratado con TELEFONICA S.A ?

Ítem	Frecuencia	Porcentaje (%)
Transmisión de datos	52	49,52
Internet	39	37,14
Television digital	0	0,00
VoIP	2	1,90
Telefonía	7	6,67
Camaras	5	4,76
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>	<b>100</b>

*Tabla 11:* Análisis de Resultados Pregunta 2  
*Elaboración:* Propia



**Grafico 2:** Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 2

**Fuente:** Encuesta Realizada

*Elaboración:* Propia

**Analisis**

En esta pregunta el 49,52% y 37,14% de las personas encuestadas indican que contratan el servicio para la transmisión de datos e internet, mientras que el 6.67% y 4.76% poseen el servicio para telefonía y cámaras IP.

### Interpretación

La información que se obtiene mediante esta pregunta es que los servicios que más demanda tienen son los de internet y transmisión de datos para la comunicación entre sucursales de los negocios, mientras que la minoría utiliza servicios de cámaras y telefonía, esto conlleva a que estos servicios deben poseer un gran ancho de banda y buena velocidad ya que son de gran utilidad para empresas, instituciones bancarias, entre otras.

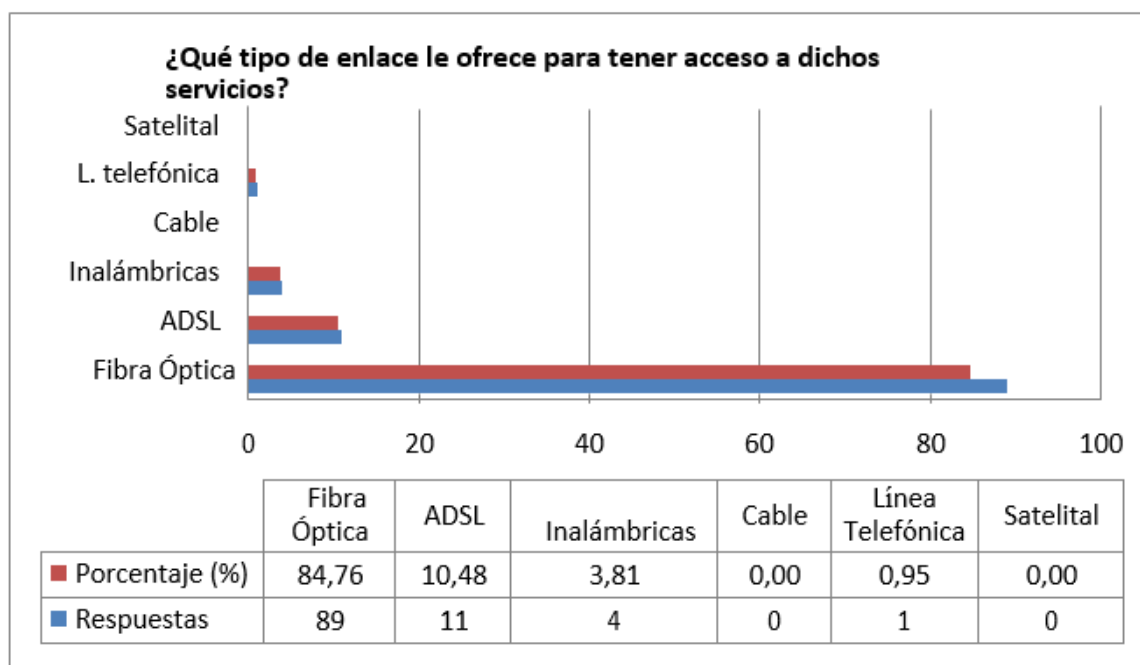
### Pregunta 3:

¿Qué tipo de enlace le ofrece para tener acceso a dichos servicios ?

Ítem	Frecuencia	Porcentaje (%)
Fibra óptica	89	84,76
ADSL	11	10,48
Inalámbricas	4	3,81
cable	0	0,00
Línea Telefónica	1	0,95
Satelital	0	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>	<b>100</b>

*Tabla 12:* Análisis de Resultados Pregunta 3

*Elaboración:* Propia



**Grafico 3:** Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 3*Fuente:* Encuesta Realizada*Elaboración:* Propia**Analisis**

De los resultados obtenidos el 84.76% de los encuestas poseen acceso a los servicios por medio de la fibra óptica , mientras que el 10.48% y el 3.81% tienen acceso mediante ADSL o inalambrico, no obstante existe otros medios de comunicación los cuales no han sido solicitados por los encuestados.

**Interpretación**

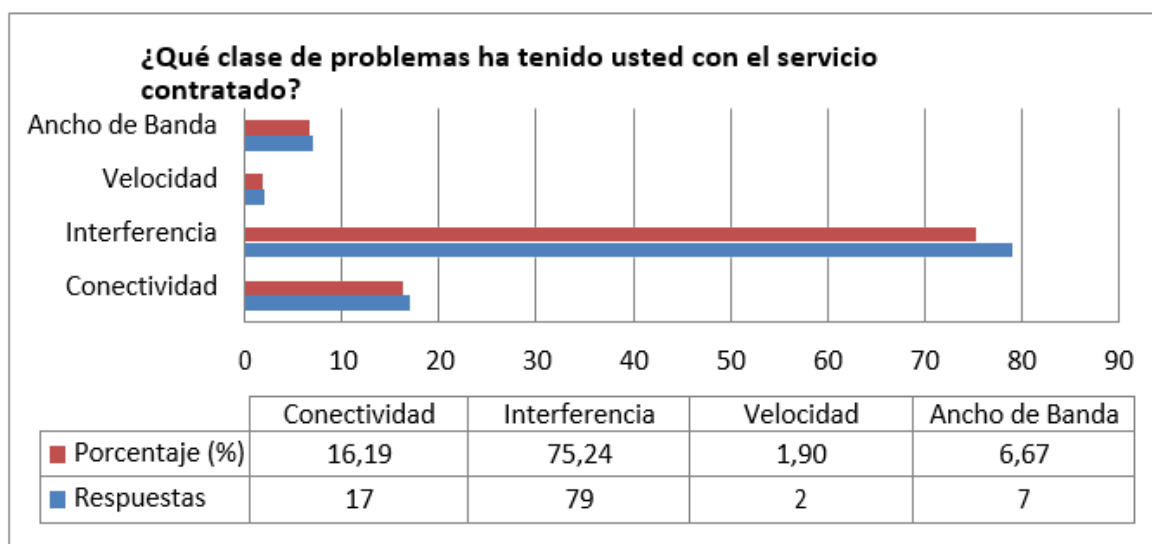
Se concluye que la mayor parte de abonados posee acceso a los servicios mediante un fibra optica , mientras que unos pocos poseen otros medios, esto implica problemas ya que en la ciudad existe gran cantidad de proveedores que brindan servicio mediante radiofrecuencia causando interferencia e inconvenientes a los clientes causando malestar en los mismos.

**Pregunta 4:**

¿Qué clase de problemas ha tenido usted con el servicio contratado ?

<b>Ítem</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Conectividad	17	16,19
Interferencia	79	75,24
Velocidad	2	1,90
Ancho de Banda	7	6,67
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>	<b>100</b>

*Tabla 13:* Análisis de Resultados Pregunta 4*Elaboración:* Propia



**Grafico 4:** Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 4

**Fuente:** Encuesta Realizada

**Elaboración:** Propia

### Analisis

En esta pregunta con un 75,24% de los encuestados manifiesta que la mayoría de los problemas presentados es debido a interferencia, mientras que el 16.19% y 6.67% presentan problemas de conectividad y ancho de banda, aunque con el 1.9% dice tener problemas de velocidad.

### Interpretación

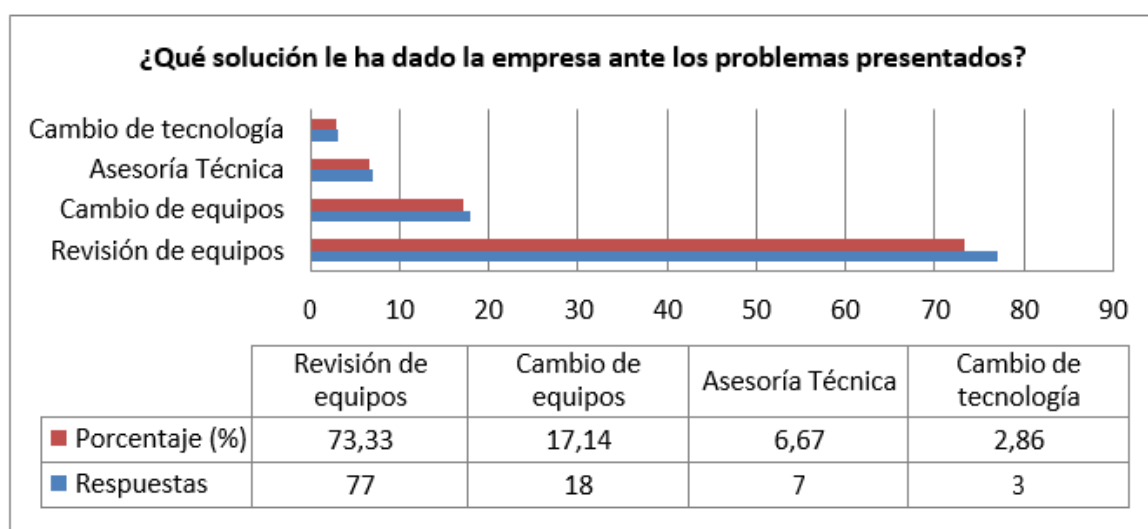
En esta pregunta se concluye que la mayoría presenta problemas de interferencia debido a que en la ciudad existe gran cantidad de proveedores que dan servicio por este tipo de medio, problema que logra solventar temporalmente ya que esto se ve también reflejado en la velocidad y ancho de banda para la transmisión de información, mientras que los problemas de conectividad son causados por los proveedores internacionales q posee la empresa.

**Pregunta 5:**

¿Qué solución le ha dado la empresa ante los problemas presentados ?

Ítem	Frecuencia	Porcentaje (%)
Revisión de equipos	77	73,33
Cambio de equipos	18	17,14
Asesoría Técnica	7	6,67
Cambio de tecnología	3	2,86
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>	<b>100</b>

*Tabla 14:* Análisis de Resultados Pregunta 5  
*Elaboración:* Propia



*Grafico 5:* Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 5  
*Fuente:* Encuesta Realizada  
*Elaboración:* Propia

**Análisis**

El 73.33% de los encuestados respondió a esta pregunta que las soluciones que más se les brinda la empresa cuando se tiene algún tipo de problema es la revisión equipos, el 17.18% respondió cambio de equipos, un porcentaje menor 6.67 y 2.86% se les brinda asesoría técnica y cambio de tecnología cuando esta es posible.

### Interpretación

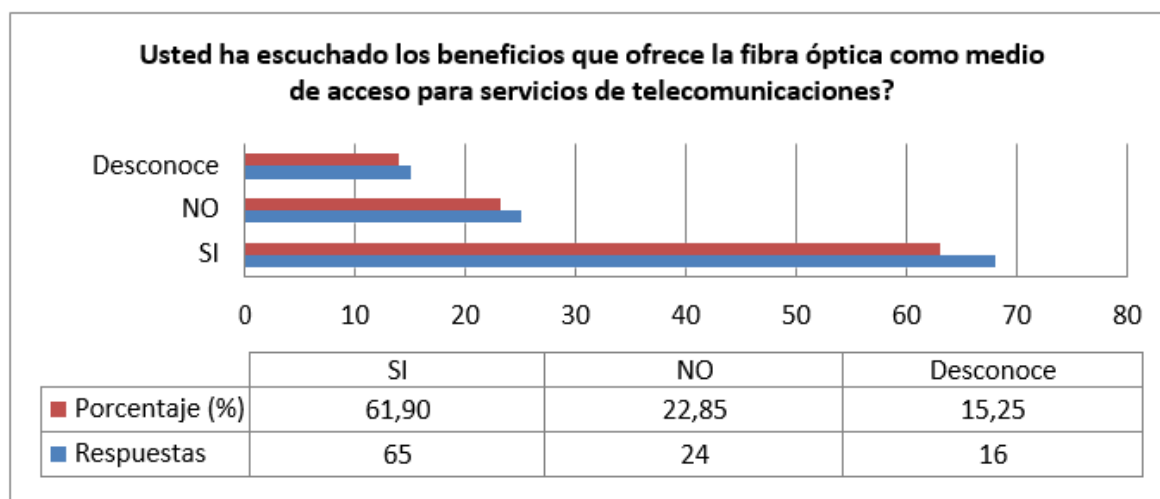
A pesar de que se brinda soluciones ante problemas presentados por los abonados estos no son suficientes ya que por el momento la empresa no cuenta con otro medio de acceso, es decir que si los problemas persisten se mantendría una irregularidad en los problemas antes mencionados.

### Pregunta 6:

¿Usted ha escuchado los beneficios que ofrece la fibra óptica como medio de acceso para servicios de telecomunicación?

Ítem	Frecuencia	Porcentaje (%)
SI	65	61,90
NO	24	22,85
Desconoce	16	15,25
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>	<b>100</b>

*Tabla 15: Análisis de Resultados Pregunta 6  
Elaboración: Propia*



*Grafico 6: Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 6  
Fuente: Encuesta Realizada  
Elaboración: Propia*

### Analisis

Los resultados de esta pregunta reflejan claramente que el 61.90% de los encuestados si han escuchado sobre los beneficios de la fibra óptica en telecomunicaciones, mientras que un 22.85% no ha escuchado y con un porcentaje de 15.25% admite desconocer del tema.

### Interpretación

Esta pregunta demuestra claramente que la mayoría sabe o tiene conocimiento sobre fibra óptica como medio de acceso y las ventajas que tiene la misma, esto implica que la empresa debe realizar un esfuerzo para cambiar su actual medio de acceso para que de esta manera poder acaparar la mayor parte de clientes que solicitan los servicios por este tipo de medio.

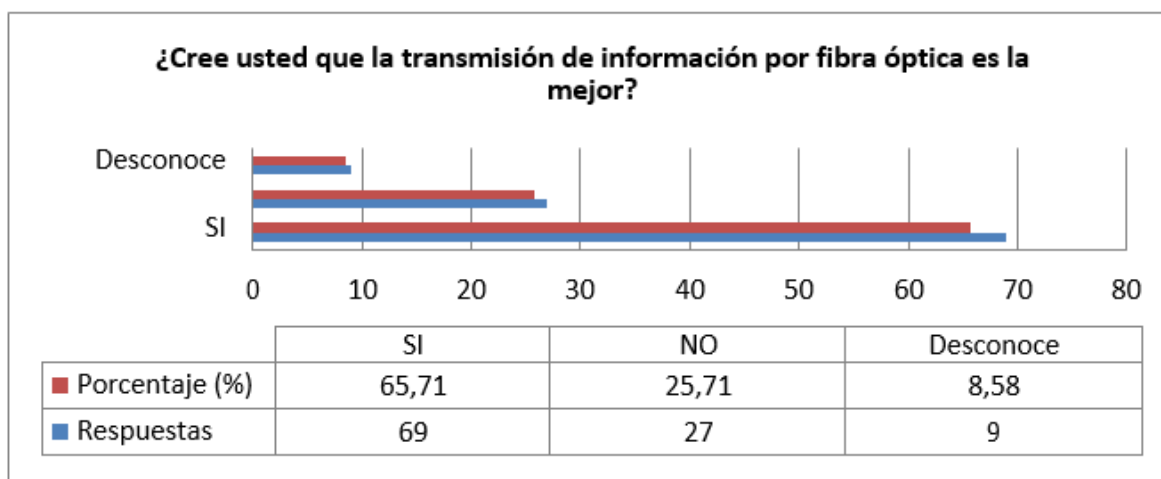
#### Pregunta 7:

¿Cree usted que la transmisión de información por fibra optica es la mejor?

Ítem	Frecuencia	Porcentaje (%)
SI	69	65,71
NO	27	25,71
Desconoce	9	8,58
<b>TOTAL</b>	105	100

*Tabla 16:* Análisis de Resultados Pregunta 7  
*Elaboración:* Propia





**Grafico 7:** Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 7

*Fuente:* Encuesta Realizada

*Elaboración:* Propia

### Analisis

En esta pregunta el 65.71% de los encuestados comentan que si creen que la fibra óptica es el mejor medio de transmisión, mientras que el porcentaje restante dijo que no conoce o no sabe que la fibra óptica es un medio de trasmisión.

### Interpretación

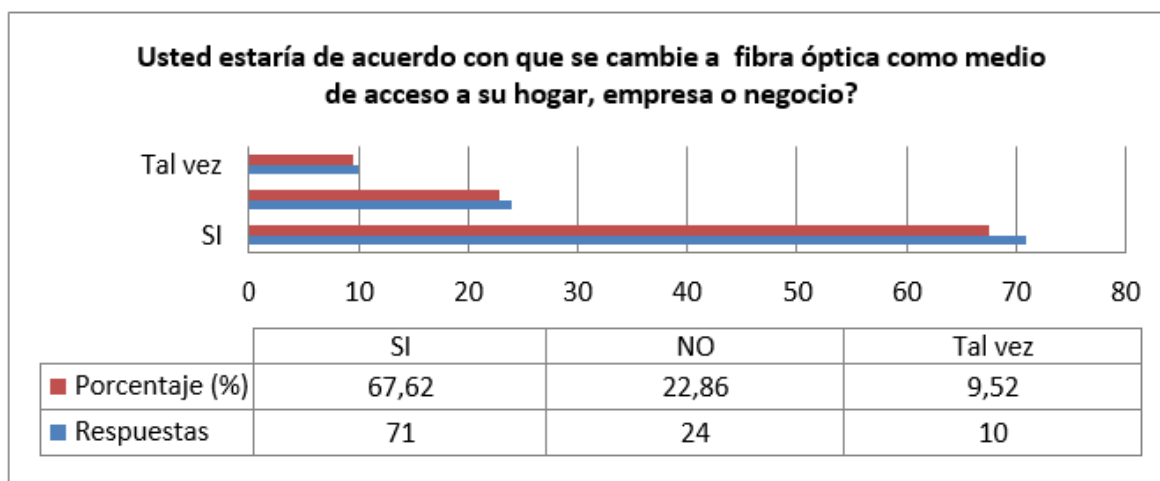
Esto demuestra que la mayoría esta consiente que la fibra óptica es el mejor medio de transmisión y que su uso sería de gran beneficio para los negocios o empresas.

### Pregunta 8:

¿Usted estaría de acuerdo con que se cambie a fibra óptica como medio de acceso a su hogar, empresa o negocio?

Ítem	Frecuencia	Porcentaje (%)
SI	71	67,62
NO	24	22,86
Tal vez	10	9,52
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>	<b>100</b>

**Tabla 17:** Análisis de Resultados Pregunta 8  
*Elaboración:* Propia



**Grafico 8:** Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 8  
*Fuente:* Encuesta Realizada  
*Elaboración:* Propia

### Analisis

En esta pregunta el 67.62% de los encuestados manifiestan que si estarían de acuerdo en que se cambie su actual medio de acceso a fibra óptica para sus negocios, mientras que el 22.86% de los encuestados están indecisos ya que no conocen que es la fibra óptica y un 9.52% no están de acuerdo en que se cambie su actual medio de acceso.

### Interpretación

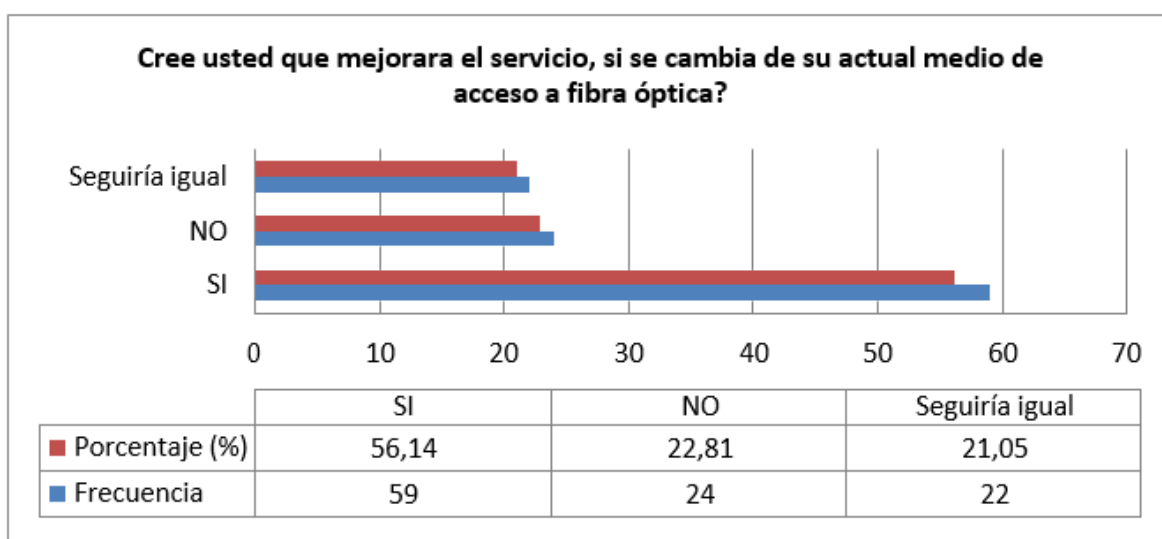
Esto demuestra que la mayoría de los encuestados si están de acuerdo en cambiar su actual medio de acceso a fibra óptica, demostrando que es factible un cambio de infraestructura de red en la ciudad de huacho y es que proponemos.

**Pregunta 9:**

¿Cree usted que mejorará el servicio, si se cambia de su actual medio de acceso a fibra óptica?

Ítem	Frecuencia	Porcentaje (%)
SI	59	56,14
NO	24	22,81
Seguiría igual	22	21,05
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>	<b>100</b>

*Tabla 18:* Análisis de Resultados Pregunta 8  
*Elaboración:* Propia



*Grafico 9:* Análisis Grafico de Porcentajes Pregunta 9  
*Fuente:* Encuesta Realizada  
*Elaboración:* Propia

**Análisis**

En esta pregunta el 56.14% manifiesta que el cambio a fibra óptica como medio de acceso mejoraría la calidad de servicio, mientras que el 22.81% de los encuestados dice no mejorara el servicio y el 21.05% manifiesta que el servicio seguiría igual.

**Interpretación**

Esto demuestra que la mayor parte de los encuestados están convencidos que un cambio de tecnología si mejoraría la situación actual del servicio, a pesar de que también hay una parte de los encuestados que no creen que esto sea posible.

**4.1.1.2. Entrevista.**

La entrevista se realizo al jefe técnico regional zonal de TELEFONICA S.A. Ing. Vitor Tamay Responsable supervisor, el cual expreso lo siguiente

**1. ¿Por qué es importante la implementación de un diseño de red en la ciudad de Huacho?**

La permanente evolución tecnológica en la que nos hallamos inmersos, hace que el mercado de las Telecomunicaciones constituya actualmente un factor diferenciador de éxito para las Empresas, es así como TELEFONICA continuamente desarrolla nuevas soluciones de conectividad acordes a la demanda nacional.

**2. ¿Quiénes se encargaran de la administración de esta nueva red?**

La implementación de nuevos servicios y el compromiso de nuestro personal han sido nuestros mayores desafíos a lo largo de este tiempo. Es así como en la actualidad contamos con cobertura, servicios, personal y herramientas de soporte necesarias para convertirnos no sólo en un proveedor de servicios sino en un aliado tecnológico.

### **3. ¿Por qué se opta por la tecnología GPON?**

Hasta hace poco tiempo, la penetración de circuitos con tecnología de Fibra Óptica estaba limitada exclusivamente a un estatus alto, sin embargo, la convergencia y desarrollo de tecnologías y con el objetivo de ampliar nuevos mercados y cumplir con los nuevos desafíos corporativos, TELEFONICA mantiene en crecimiento una RED DE FIBRA OPTICA FTTH.

### **4. ¿Cómo funciona este tipo de red de fibra óptica?**

La red GPON (GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK), ha permitido masificar los accesos de Fibra Óptica basados en una topología de distribución de los sistemas por medio del uso de multiplexores ópticos. Es decir la red física se ramifica sucesivamente desde el backbone troncal hasta llegar al usuario final.

### **5. ¿Cree que con este nuevo modelo de red FTTH se lograra mas acogida de clientes?**

Claro, gracias a la plataforma de backbone (troncales de red) activa ratificamos la confianza hacia nuestros clientes sobre la investigación y desarrollo tecnológico permanente que nos caracteriza.

## **4.1.2 Verificación de la Hipótesis.**

### **4.1.2.1. Planteamiento de hipótesis.**

El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON influiría en los servicios de Telecomunicaciones para la ciudad de Huacho.

### HIPÓTESIS NULA (H0)

El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON influiría en los servicios de Telecomunicaciones para la ciudad de Huacho.

$$H_0: O - E = 0 \rightarrow O = E$$

Dónde:

O: Datos Observados

E: Datos Esperados

### HIPÓTESIS ALTERNA (H1)

El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON influiría en los servicios de Telecomunicaciones para la ciudad de Huacho.

$$H_0: O - E \neq 0 \rightarrow O \neq E$$

Dónde:

O: Datos Observados

E: Datos Esperados

### DATOS OBSERVADOS(O)

Son los datos que se obtuvieron en la encuesta aplicada según el **Anexo 2**.

<b>DATOS OBSERVADOS</b>				
<b>PREGUNTA</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>DESCONOCE</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Pregunta 1</b>	53	49	3	<b>105</b>
<b>Pregunta 9</b>	59	24	22	<b>105</b>
<b>TOTAL</b>	112	73	25	<b>210</b>

*Tabla 19:* Datos observados  
*Elaboración:* Propia

### DATOS ESPERADOS(E)

Son los datos que se esperan de acuerdo a los totales de las encuestas realizadas según el **Anexo 2**.

<b>DATOS ESPERADOS</b>				
<b>PREGUNTA</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>DESCONOCE</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Pregunta 1</b>	56	36,5	12,5	<b>105</b>
<b>Pregunta 9</b>	56	36,5	12,5	<b>105</b>
<b>TOTAL</b>	112	73	25	<b>210</b>

*Tabla 20:* Datos esperados  
*Elaboración:* Propia

A partir de las tablas anteriores se procede a calcular el **chi-cuadrado** mediante la fórmula:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O - E)^2}{E}$$

Dónde:

$X^2$ : Chi-cuadrado

$O$ : Datos Observados

$E$ : Datos Esperados

<b>RESPUESTAS</b>	<b>O</b>	<b>E</b>	<b>(O -E)</b>	<b>(O -E)<sup>2</sup></b>	<b>(O -E)<sup>2</sup>/E</b>
<b>Si Pregunta 1</b>	53	56	-3	9	0,161
<b>No Pregunta 1</b>	49	36,5	12,5	156,25	4,281
<b>Desconoce Pregunta 1</b>	3	12,5	-9,5	90,25	7,220
<b>Si Pregunta 9</b>	59	56	3	9	0,161
<b>No Pregunta 9</b>	24	36,5	-12,5	156,25	4,281
<b>Desconoce Pregunta 9</b>	22	12,5	9,5	90,25	7,220
<b>TOTAL</b>	<b>210</b>	<b>210</b>			<b>23,323</b>

*Tabla 21:* Calculo del Chi-cuadrado  
*Elaboración:* Propia

Se obtiene un chi-cuadrado de  $X^2 = 23,323$ , ahora para determinar cuál de las dos hipótesis es la adecuada se calculan los grados de libertad (GL).

$$GL = (F-1) * (C-1)$$

Dónde:

F: Número de filas

C: Número de columnas

$$GL = (2-1)*(3-1)$$

$$GL = 2$$

Una vez calculados los grados de libertad se procede a observar la tabla de chi- cuadrada, en la fila grados de libertad igual a dos. Y como se ve en la misma, se tienen valores de alfa ( $\alpha$ ), este dato está relacionado con el nivel de confianza, si se quiere un nivel de confianza del **95%** entonces  $\alpha=0.05$ , es decir el complemento del nivel de confianza, entonces:

$$X^2 = 23,323$$

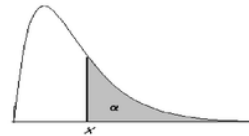
$$GL = 2$$

$$NC = 95\%$$

$$\alpha=0.05$$

Tabla de la distribución chi-cuadrado.

La tabla contiene los valores  $x$  tales que  $p[\chi_n^2 \geq x] = \alpha$  en función de los grados de libertad ( $n$ ).



$n$	0,99	0,98	0,975	0,95	0,90	0,80	0,50	0,20	0,10	0,05	0,025	0,02	0,01	0,001
1	0,0002	0,0006	0,0010	0,0039	0,0158	0,0642	0,4549	1,6424	2,7055	3,8415	5,0239	5,4119	6,6349	10,8274
2	0,0201	0,0404	0,0506	0,1026	0,2107	0,4463	1,3863	3,2189	4,6052	5,9915	7,3778	7,8241	9,2104	13,8150
3	0,1148	0,1848	0,2158	0,3518	0,5844	1,0052	2,3660	4,6416	6,2514	7,8147	9,3484	9,8374	11,3449	16,2660
4	0,2971	0,4294	0,4844	0,7107	1,0636	1,6488	3,3567	5,9886	7,7794	9,4877	11,1433	11,6678	13,2767	18,4662
5	0,5543	0,7519	0,8312	1,1455	1,6103	2,3425	4,3515	7,2893	9,2363	11,0705	12,8325	13,3882	15,0863	20,5147
6	0,8721	1,1344	1,2373	1,6354	2,2041	3,0701	5,3481	8,5581	10,6446	12,5916	14,4494	15,0332	16,8119	22,4575
7	1,2390	1,5643	1,6899	2,1673	2,8331	3,8223	6,3458	9,8032	12,0170	14,0671	16,0128	16,6224	18,4753	24,3213
8	1,6465	2,0325	2,1797	2,7326	3,4895	4,5936	7,3441	11,0301	13,3616	15,5073	17,5345	18,1682	20,0902	26,1239
9	2,0879	2,5324	2,7004	3,3251	4,1682	5,3801	8,3428	12,2421	14,6837	16,9190	19,0228	19,6790	21,6660	27,8767
10	2,5582	3,0591	3,2470	3,9403	4,8652	6,1791	9,3418	13,4420	15,9872	18,3070	20,4832	21,1608	23,2093	29,5879
11	3,0535	3,6087	3,8157	4,5748	5,5778	6,9887	10,3410	14,6314	17,2750	19,6752	21,9200	22,6179	24,7250	31,2635
12	3,5706	4,1783	4,4038	5,2260	6,3038	7,8073	11,3403	15,8120	18,5493	21,0261	23,3367	24,0539	26,2170	32,9092
13	4,1069	4,7654	5,0087	5,8919	7,0415	8,6339	12,3398	16,9848	19,8119	22,3620	24,7356	25,4715	27,6882	34,5274
14	4,6604	5,3682	5,6287	6,5706	7,7895	9,4673	13,3393	18,1508	21,0641	23,6848	26,1189	26,8727	29,1412	36,1239
15	5,2294	5,9849	6,2621	7,2609	8,5468	10,3070	14,3389	19,3107	22,3071	24,9958	27,4884	28,2595	30,5780	37,6978
16	5,8122	6,6142	6,9077	7,9616	9,3122	11,1521	15,3385	20,4651	23,5418	26,2962	28,8453	29,6332	31,9999	39,2518
17	6,4077	7,2550	7,5642	8,6718	10,0852	12,0023	16,3382	21,6146	24,7690	27,5871	30,1910	30,9950	33,4087	40,7911
18	7,0149	7,9062	8,2307	9,3904	10,8649	12,8570	17,3379	22,7595	25,9894	28,8693	31,5264	32,3462	34,8052	42,3119
19	7,6327	8,5670	8,9065	10,1170	11,6509	13,7158	18,3376	23,9004	27,2036	30,1435	32,8523	33,6874	36,1908	43,8194
20	8,2604	9,2367	9,5908	10,8508	12,4426	14,5784	19,3374	25,0375	28,4120	31,4104	34,1696	35,0196	37,5663	45,3142
21	8,8972	9,9145	10,2829	11,5913	13,2396	15,4446	20,3372	26,1711	29,6151	32,6706	35,4789	36,3434	38,9322	46,7963
22	9,5425	10,6000	10,9823	12,3380	14,0415	16,3140	21,3370	27,3015	30,8133	33,9245	36,7807	37,6595	40,2894	48,2676
23	10,1957	11,2926	11,6885	13,0905	14,8480	17,1865	22,3369	28,4288	32,0069	35,1725	38,0756	38,9683	41,6383	49,7276
24	10,8563	11,9918	12,4011	13,8484	15,6587	18,0618	23,3367	29,5533	33,1962	36,4150	39,3641	40,2703	42,9798	51,1790
25	11,5240	12,6973	13,1197	14,6114	16,4734	18,9397	24,3366	30,6752	34,3816	37,6525	40,6465	41,5660	44,3140	52,6187
26	12,1982	13,4086	13,8439	15,3792	17,2919	19,8202	25,3365	31,7946	35,5632	38,8851	41,9231	42,8558	45,6416	54,0511
27	12,8785	14,1254	14,5734	16,1514	18,1139	20,7030	26,3363	32,9117	36,7412	40,1133	43,1945	44,1399	46,9628	55,4751
28	13,5647	14,8475	15,3079	16,9279	18,9392	21,5880	27,3362	34,0266	37,9159	41,3372	44,4608	45,4188	48,2782	56,8918
29	14,2564	15,5745	16,0471	17,7084	19,7677	22,4751	28,3361	35,1394	39,0875	42,5569	45,7223	46,6926	49,5878	58,3006
30	14,9535	16,3062	16,7908	18,4927	20,5992	23,3641	29,3360	36,2502	40,2560	43,7730	46,9792	47,9618	50,8922	59,7022

Tabla 22: Tabla de distribución del Chi-cuadrado

Elaboración: Propia



## **CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Discusión.**

De los valores de chi-cuadrado, los grados de libertad, el nivel de confianza y la tabla de distribución de chi-cuadrado que se observó en la tabla **22**; para aceptar la hipótesis nula, chi-cuadrado pudo haber válido hasta **5,9915** pero como se obtuvo un valor de **23,323** que es mayor, se desecha la hipótesis nula y se **acepta la hipótesis alternativa**.

Por tal razón se puede concluir lo siguiente:

**“El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON si influiría en los servicios de Telecomunicaciones para la ciudad de Huacho”**

## 5.2 Conclusiones.

Tenemos las siguientes conclusiones para esta investigación de acuerdo a los objetivos propuestos:

1. Se logro obtener el resultado a través de la prueba de hipótesis que el diseño de una red FTTH basada en la arquitectura GPON si influye de manera significativa en los servicios de telecomunicaciones ya que es una solución a los problemas presentados por las servicios contratados.
2. Desde la Implementación del diseño de una red FTTH basada en la arquitectura GPON, si logro reducir la **interferencia** tomando en cuenta su infraestructura, recomendaciones y normas de la ITU-T, esto incluye análisis de la ruta, selección de equipos y técnicas para el tendido de fibra óptica.
3. El diseño de una red FTTH basada en la arquitectura GPON debe ser escalable y flexible, para una **mayor conectividad** es decir que debe adaptarse a cualquier tipo de servicio y/o aplicaciones ya sean actuales o a futuro para los usuarios, además que pueda ir incrementando su capacidad de red sin la necesidad de realizar cambios severos en la misma.
4. El diseño de la red FTTH/GPON mejoró los niveles de **velocidad** de datos de su capacidad, la empresa telefonía en huacho ofrece a sus abonados planes de servicios de internet con cobertura de velocidades superiores a los 30 Mbps y el servicio de fibra que brinda es de 1 Gb para sus abonados, la empresa telefónica es líder del mercado local ofreciendo planes familiares, empresariales y corporativos

### 5.3 Recomendaciones

Para esta investigación, tenemos las siguientes sugerencias:

1. Recopilar la mayor cantidad de información sobre los datos de la red FTTH / GPON para usarla como soporte para la expansión futura del proyecto.
2. Los técnicos deben estar capacitados y tener suficiente experiencia en instalación, mantenimiento y administración de redes, los técnicos deben cumplir con las condiciones y estándares marcados por la empresa para resolver posibles problemas y poder responder rápidamente a las emergencias del servicio.
3. En cada etapa de la metodología se debe proponer el diseño y asegurar que el desarrollo cumpla con las expectativas y requerimientos de la empresa, en segundo lugar, el diseño debe tener las características técnicas adecuadas. En tercer lugar, la red diseñada optimiza continuamente su rendimiento, seguridad y gestión.
4. Con el fin de lograr mejores resultados en el mercado local, se recomienda implementar una estrategia publicitaria que permita a los suscriptores comprender los beneficios de la tecnología y tener valor agregado en la distribución de servicios de Internet para generar lealtad a los servicios de la empresa.

## CAPÍTULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN

### 6.1. Fuentes Bibliográficas

- Arias, J. (2015). Instituto Tecnológico de Lima, Perú, región Magdalena del Mar (obra de ingeniería), diseño de red FTTH basado en el estándar GPON de la Universidad Católica de Cataluña.
- Barrera, R. (2014). La red de fibra óptica con tecnología GPON se utiliza para mejorar los servicios de telecomunicaciones de Puntonet S.A. de Ambato. Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador (Tesis de Ingeniería).
- Carbajal I. (2018). La tecnología FTTH es una forma de acceder a los servicios de Internet proporcionados por Red Intercable Perú SAC en Huancayo. Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional Central del Perú (Tesis de Ingeniería), Departamento de Ingeniería, Huancayo Ssistemas, Perú.
- Carrasco, D. (2005). Métodos de investigación agudos. San marcos.
- Río Castro (2019). La red FTTH basada en el estándar GPON está diseñada para conectar cámaras en la zona de San Martín de Pores. Departamento de Ingeniería, Universidad de Ciencias Aplicadas del Perú (Tesis de Ingeniería), Lima-Perú.
- Chayña, J. (2017). Utilice el estándar GPON de Amitel S.A.C Puno para diseñar la red de acceso FTTH. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Mecánica de Sistemas, Universidad de Puno, Perú, Maestría en Ingeniería, Universidad de Alte Plano.
- Cortés, A. (2016). Planificación y diseño de red FTTH basada en partición y servicio.
- Cruz, J.W. (2015). Lima: Red FTTH diseñada por PONTIFICIA UNIVERSIDADCATÓLICADELPERÚ que utiliza el estándar GPON.
- De Quintal F, C. y Fernandez R, H. (2012). El diseño de la red de transmisión de fibra óptica puede aumentar el tráfico de la red del operador móvil. Caracas, Venezuela.

- Galeano, J. (2009). Diseño e instalación de redes FTTH. Universidad Carlos III de Madrid (Tesis de Ingeniería), Madrid, España, Ingeniería en Tecnología de Telecomunicaciones.
- Guevara, J. (2010). Tecnología de red PON. Ver tecnología de red PON.
- Heredia, V. (2016). Los operadores de telecomunicaciones de Cuenca utilizan el diseño de redes FTTH. (Tesis de Ingeniería), Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Cuenca, Ecuador.
- INEI. (2015). Estimaciones y previsiones de la población total de las principales ciudades. Perú Huacho.
- INEI. (2015). Población estimada y proyectada por sexo y tasa de crecimiento según el año calendario. Perú.
- Keizer, G. (2006). El concepto y la aplicación de FTTH. Nuevo Jersey: John Wiley & Sons.
- López, E. (2016). Red de fibra óptica diseñada para implementar servicios de banda ancha en Coishco (Ancash). Lima, Perú, Facultad de Ciencias y Humanidades e Ingeniería, Maestría en Ingeniería (Tesis de Ingeniería).
- Marchukov, Y. (2011). Desarrollar aplicaciones gráficas para el diseño de infraestructura FTTH. (Universidad Politécnica de Valencia, Tesis de Ingeniería), Sistema de Telecomunicaciones de Valencia, España.
- El municipio de la provincia de Huaura-Huacho. (2013). Mapa catastral de Huacho. Perú Huacho. Consíguelo en [https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/plano-catastral-de-huacho\\_94212/](https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/plano-catastral-de-huacho_94212/)
- Poma, O. (2017). Análisis y diseño de fibra al hogar FTTH (Fibra al hogar) al área de Cusicancha. (Trabajo de ingeniería), Alcalde de San Andrés, Instituto Politécnico de Bolivia, La Paz.
- Ponce Soldevilla, M. (Diciembre de 2016). Proyecto Regional de Fibra Óptica. Peru.

Revista Fiber BroadBand. (2019). Fibra Óptica Conectando América Latina. *LATAM*

*CHAPTER*, 48.

Telefonica. (2017). FTTH-GPON. 3. Lima, Perú.

Universidad Oberta . (2017). Mapa conceptual FTTH. Cataluña, España.

Carrión, W., Cevallos, D. (2011) investigaron y diseñaron una red de fibra óptica para aplicaciones de triple play en la ruta Cuenca-Girón-Pasaye. Cuenca del Ecuador.

Tinoco, J. (2011). Investigar y diseñar red de fibra óptica FTTH, brindar servicios de voz, video y datos para la urbanización de Toctesol en Azogues y Los Olivos en Parroquia

Borrero. Cuenca del Ecuador. Fernández, I. , Pablo, S. (2018). Diseño de redes ópticas FTTH para edificios. Valladolid: España

De Quintal, C., Fernández H. (2012). El diseño de la red de transmisión de fibra óptica puede aumentar el tráfico de la red del operador móvil. Caracas, Venezuela

Morillo, A., Sánchez, H. (2017). Brindar sugerencias de implementación de servicios triple play a la provincia de Nono-Pihincha a través de la tecnología GPON. Quito, Ecuador.

Rancel, E. (2013). *Diseño de la red para el proyecto de banda ancha Juliaca – San Gaban.*

### **Juliaca: Perú**

Gutierrez, E. (2014). *Estudio de factibilidad para la implementación de una red de fibra óptica entre Desaguadero y Moquegua.* Moquegua: Perú

## 6.2 Fuentes Hemerográficas

- **Título:** Diseño de una red de fibra óptica FTTH para un bloque de edificios.  
**Autor:** Ismael Fernández López, Santiago Pablo Gómez  
**Edición:** Trimestral.  
**País:** España.  
**URL:** <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/28906/1/TFG-P-742.pdf>
  
- **Título:** Investigación y diseño de red de fibra óptica FTTH para brindar servicios de voz, video y datos para la urbanización de Los Olivos en el distrito Toctesol de Borrero, Azogues.  
**Autor:** Juan Diego Tinoco Alvear  
**Versión:** cada temporada. País de Ecuador.  
**Sitio web:** <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1076/12/UPS-CT002134.pdf>
  
- **Título:** Diseño e Instalación de una Red FTTH  
**Autor:** Jesús Galeano Corchero  
**Edición:** Trimestral  
**País:** España  
**URL:** <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/8702#preview>

### 6.3. Fuentes Documentales

- Criollo, L. (2015). Convergencia del diseño de redes de fibra óptica para interconectar los campus de la American University. (Tesis de posgrado). Ecuador Universidad Católica del Ecuador.
- Ojeda, A. (2009). Investigar y diseñar redes FTTH en campus universitarios y áreas residenciales (tesis de grado). Universidad Católica del Perú, Perú.
- Fernández (2013). Diseño de redes de banda ancha en Cajamarca (tesis de grado). Universidad Católica del Perú, Perú.
- Chang, A. (2014). Diseño e implementación de sistema de detección, localización y alerta temprana de fallas para redes de fibra óptica de fábricas externas en grandes ciudades en base a información de referencia geográfica (tesis de grado). Universidad Católica del Perú, Perú.
- Barrera, R. (2014). La red de fibra óptica con tecnología GPON se utiliza para mejorar los servicios de telecomunicaciones de Puntonet S.A en la ciudad de Ambato (tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Ambato.



#### 6.4. Fuentes Electrónicas

- Ponce, M. (2016). Proyecto regional de fibra óptica:  
[http://www.up.edu.pe/UP\\_Landing/ieee-tems-  
 /pdf/Proyecto%20Regional%20de%20Banda%20Ancha%20UP%202016.pdf](http://www.up.edu.pe/UP_Landing/ieee-tems-/pdf/Proyecto%20Regional%20de%20Banda%20Ancha%20UP%202016.pdf) Díaz, S  
 (2014). Diseño y comparación de redes HFC y FTTH  
[http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12222/fichero/PFC\\_Sergio\\_Diaz.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12222/fichero/PFC_Sergio_Diaz.pdf) Millán, R.  
 (2007). Red óptica GPON Gigabit pasiva.  
<http://www.ramonmillan.com/documentos/gpon.pdf> (2008) TELNET intercambiado por  
 Inteligentes S.A GPON-OLT.  
[http://www.telnetri.es/fileadmin/user\\_upload/hojas\\_producto/BANDA\\_A\\_NCHA/GPON-  
 OLT\\_ES\\_V1.5.pdf](http://www.telnetri.es/fileadmin/user_upload/hojas_producto/BANDA_A_NCHA/GPON-OLT_ES_V1.5.pdf)  
 TELNET-RI <http://www.telnet-ri.com.es> Ciudad Provincial de Huaura-  
 Huachowww.munihuacho.gob.pe/  
 Telefónica del Perú  
<https://www.telefonica.com.pe/>  
 Empresa CAM PERU S.A  
<http://www.cam-la.com/inicio>  
 HONDAO  
<http://www.hondao-optic.com/>

# **ANEXOS**

**ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**  
**“DISEÑO DE UNA RED FTTH BASADO EN ARQUITECTURA GPON PARA LA CIUDAD DE HUACHO”**

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
<b>Problema general:</b>	<b>Objetivo general:</b>	<b>Hipótesis general:</b>	<b>Independiente</b> Red FTTH con Arquitectura GPON	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad</li> <li>- Flexibilidad y escala</li> <li>- Estandarización</li> </ul>	Diseño metodológico: Diseño no experimental Tipo: Investigación aplicada Nivel: Explicativa Enfoque: Cuantitativo  Población: La población de la ciudad de Huacho es 92,027 habitantes según el INEI del año 2015, de esta población la empresa Telefónica cuenta con 30 mil clientes en la ciudad de Huacho y para poder realizar nuestro estudio del mejoramiento del servicio he tomado parte de una red troncal (G04/2017 negra /128F/910.0) siendo población de la misma de 144 clientes para el estudio. Muestra: La muestra obtenida es de 105 personas.
¿De que manera el diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON mejoraría los servicios de Telecomunicaciones para la ciudad de Huacho?	Analizar cómo el diseño de una red FTTH basada en la arquitectura GPON puede mejorar los servicios de telecomunicaciones en la ciudad de Huacho.	El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON influiría en los servicios de Telecomunicaciones para la ciudad de Huacho.			
<b>Problemas específicos:</b>	<b>Objetivos específicos:</b>	<b>Hipótesis específicas:</b>	<b>Dependiente</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio de Telecomunicación</li> <li>• Minimizar costo de servicio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ahorro de costos</li> <li>- Alcance mayor</li> <li>- Taza descendente(datos, video y telefonía)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿De qué manera el diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON mejoraría los servicios por las interferencias?</li> <li>• ¿De qué modo el diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON puede mejorar los servicios para mayor conectividad?</li> <li>• ¿De qué forma el diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON mejorará los servicios para más velocidad?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar como el diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON mejoraría los servicios con menor interferencia.</li> <li>• Analizar cómo el diseño de la red FTTH basado en la arquitectura GPON puede mejorar los servicios para mayor conectividad.</li> <li>• Analizar cómo el diseño de la red FTTH basado en arquitectura GPON mejorará los servicios para más velocidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON influiría en los servicios por las interferencia.</li> <li>• El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON influye en los servicios para mayor conectividad.</li> <li>• El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON influiría en los servicios para más velocidad.</li> </ul>			



## ANEXO 02: ENCUESTA

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, SISTEMAS E INFORMÁTICA  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA INFORMÁTICA

La presente encuesta está dirigida al personal colaborador de Telefónica S.A. de la ciudad de Huacho, y también a abonados de la ciudad.

### Instrucciones:

**Objetivo.**- Determinar los problemas presentados en el diseño de la red FTTH de la empresa Telefónica S.A en la ciudad de Huacho en la Transmisión de información.

**Instructivo.**- Marque su respuesta en cada pregunta

### Pregunta general:

**Pregunta 1:** ¿Alguna vez usted ha tenido algún tipo de problema con los servicios que le brinda TELEFONICA S.A?

- a) SI ( )
- b) NO ( )
- c) Desconoce ( )

**Pregunta 2:** ¿Qué tipo de servicio tiene usted contratado con TELEFONICA S.A?

- a) Transmisión de datos ( )
- b) Internet ( )
- c) Televisión Digital ( )
- d) VoIP ( )
- e) Telefonía ( )
- f) Camaras ( )

**Pregunta 3:** ¿Qué tipo de enlace le ofrece para tener acceso a dichos servicios?

- a) Fibra Óptica ( )
- b) ADSL ( )
- c) Inalámbricas ( )
- d) Cable ( )
- e) Línea Telefónica ( )
- f) Satelital ( )

**Pregunta 4:** ¿Qué clase de problemas ha tenido usted con el servicio contratado?

- a) Conectividad ( )
- b) Interferencia ( )
- c) Velocidad ( )
- d) Ancho de Banda ( )

**Pregunta 5:** ¿Qué solución le ha dado la empresa ante los problemas presentados?

- a) Revisión de equipos ( )
- b) Cambio de equipos ( )
- c) Asesoría Técnica ( )
- d) Cambio de tecnología ( )

**Pregunta 6:** ¿Usted ha escuchado los beneficios que ofrece la fibra óptica como medio de acceso para servicios de telecomunicaciones?

- a) SI ( )
- b) NO ( )
- c) Desconoce ( )

**Pregunta 7:** ¿Cree usted que la transmisión de información por fibra óptica es la mejor?

- a) SI ( )
- b) NO ( )
- c) Desconoce ( )

**Pregunta 8:** ¿Usted estaría de acuerdo con que se cambie a fibra óptica como medio de acceso a su hogar, empresa o negocio?

- a) SI ( )
- b) NO ( )
- c) Desconoce ( )

**Pregunta 9:** ¿Cree usted que mejorara el servicio, si se cambia de su actual medio de acceso a fibra óptica?

- a) SI ( )
- b) NO ( )
- c) Seguiría igual ( )

## ANEXO 03: ENTREVISTA



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, SISTEMAS E INFORMÁTICA  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA INFORMÁTICA

ENTREVISTA AL JEFE TECNICO REGIONAL ZONAL DE TELEFONICA S.A.

### PREGUNTAS

1. ¿Porque es importante la implementación de un diseño de red en la ciudad de Huacho?

.....  
.....

2. ¿Quiénes se encargarán de la administración de esta nueva red?

.....  
.....

3. ¿Porque se opta por la tecnología GPON?

.....  
.....

4. ¿Cómo funciona este tipo de red de fibra óptica?

.....  
.....

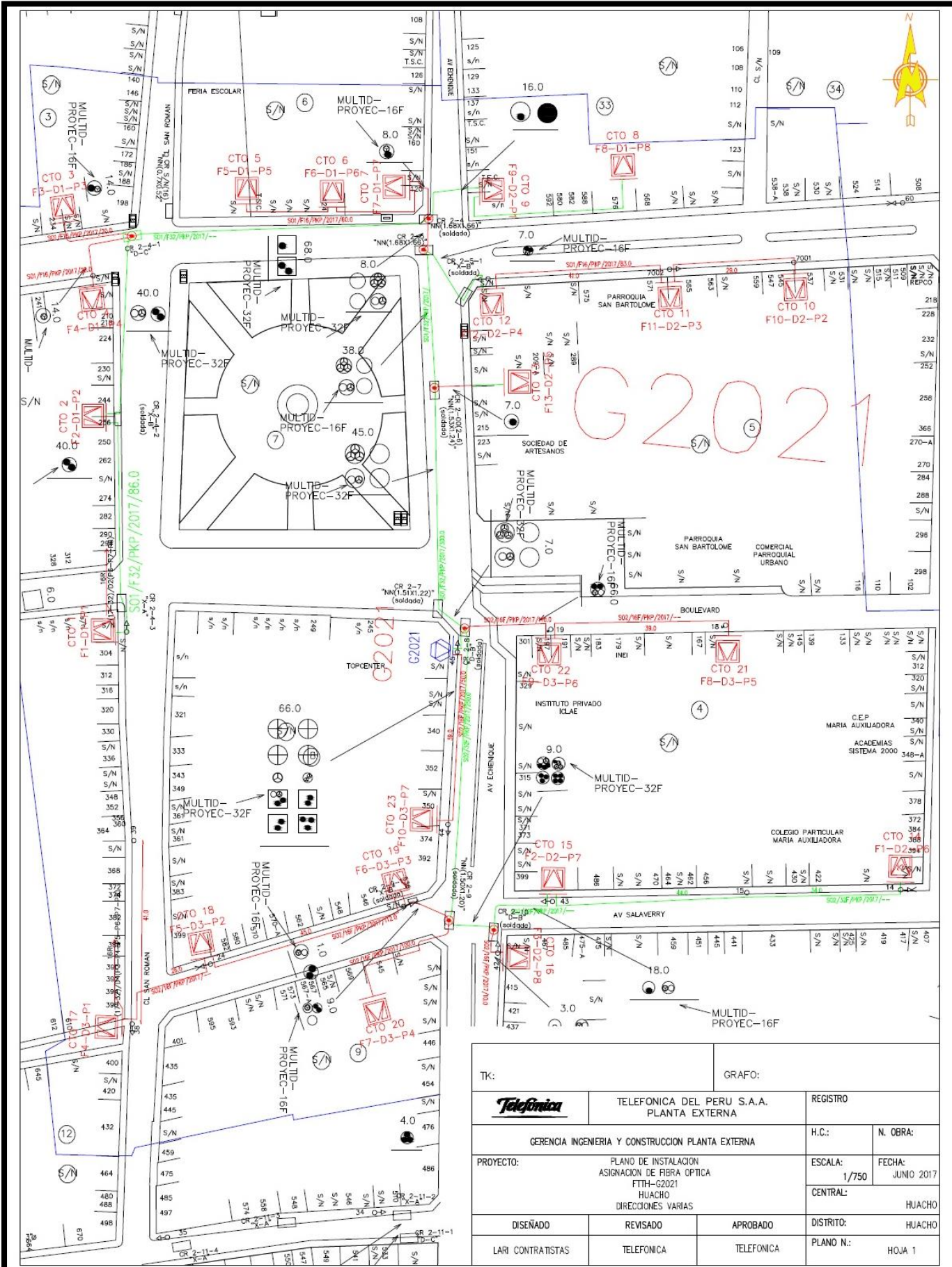
5. ¿Cree que con este nuevo modelo de Red FTTH se lograra más acogida de clientes?

.....  
.....












TK:	GRAFO:	
<b>Telefónica</b>	TELEFONICA DEL PERU S.A.A. PLANTA EXTERNA	REGISTRO
PROYECTO:	GERENCIA INGENIERIA Y CONSTRUCCION PLANTA EXTERNA	H.C.: N. OBRA:
	PLANO DE INSTALACION ASIGNACION DE FIBRA OPTICA FTTH-G2021 HUACHO DIRECCIONES VARIAS	ESCALA: 1/750 CENTRAL: FECHA: JUNIO 2017
DISEÑADO	REVISADO	APROBADO
LARI CONTRATISTAS	TELEFONICA	TELEFONICA
		DISTRITO: HUACHO
		PLANO N.: HOJA 1

## ROTULADO DE LA EMPRESA

TK:	GRAFO:		
	TELEFONICA DEL PERU S.A.A. PLANTA EXTERNA	REGISTRO	
GERENCIA INGENIERIA Y CONSTRUCCION PLANTA EXTERNA		H.C.:	N. OBRA:
PROYECTO:	PLANO DE INSTALACION ASIGNACION DE FIBRA OPTICA FTTH-G2021 HUACHO DIRECCIONES VARIAS	ESCALA: 1/750	FECHA: JUNIO 2017
DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	CENTRAL: HUACHO
LARI CONTRATISTAS	TELEFONICA	TELEFONICA	DISTRITO: HUACHO
		PLANO N.:	HOJA 1

	PROYECTO:	SUPERVISION INSTALACION RED FTTH			
	LUGAR:	Huacho	FECHA:	02-nov	
	RESPONSABLE TdP:	Victor Tamay			
	Supervisor general de CAM:	Carlos Gil			
	Supervisor de LARI	Alex Giraldo			
	Supervisor de campo CAM	Henry Rosas Leiva			

DATOS DE LA CUADRILLA			
EMPALMADORES		CELADORES	
SUPERVISOR:	MIGUEL ALBORNOZ	CELULAR:	934650324
TECNICO 1:	DAVID CONCEPCION	TECNICO 4:	
TECNICO 2:		TECNICO 5:	
TECNICO 3:		TECNICO 6:	


TRABAJOS PROGRAMADOS			
DVICAU	GH-G019		
CANTIDAD DE CTO	20		
FIBRA (METROS)	PRIMARIO	65-68	SECUNDARI 69-96
CAPACIDAD DE FIBRA			

TRABAJOS REALIZADOS		OBSERVACIONES	
DVICAU	GH-G019		
CANTIDAD DE CTO	20		
FIBRA (METROS)	PRIMARIO	65-68	SECUNDARI 69-96
CAPACIDAD DE FIBRA			

DETALLE	
REPORTE FOTOGRAFICO	
	(-11.108113, -77.610079)

**REPORTE FOTOGRAFICO**



	PROYECTO:	SUPERVISION INSTALACION RED FTTH		
	LUGAR:	Huacho	FECHA:	15-sep
	RESPONSABLE TdP:	VÍCTOR TAMAY		
	Supervisor general de CAM:	Carlos Gil		
	Supervisor de LARI:	Alex Giraldo		
	Supervisor de campo CAM:	Henry Rosas Leiva		



**DATOS DE LA CUADRILLA**

EMPALMADORES		CELADORES	
SUPERVISOR:	MIGUEL ALBORNOZ	CELULAR:	934650324
TECNICO 1:	DAVID CONCEPCION	TECNICO 4:	
TECNICO 2:		TECNICO 5:	
TECNICO 3:		TECNICO 6:	

**TRABAJOS PROGRAMADOS**

DVICAU	G1021 - EMPALMADO			
CANTIDAD DE CTO	23			
FIBRA (METROS)	PRIMARIO	33-35	SECUNDARIO	36-64
CAPACIDAD DE FIBRA				

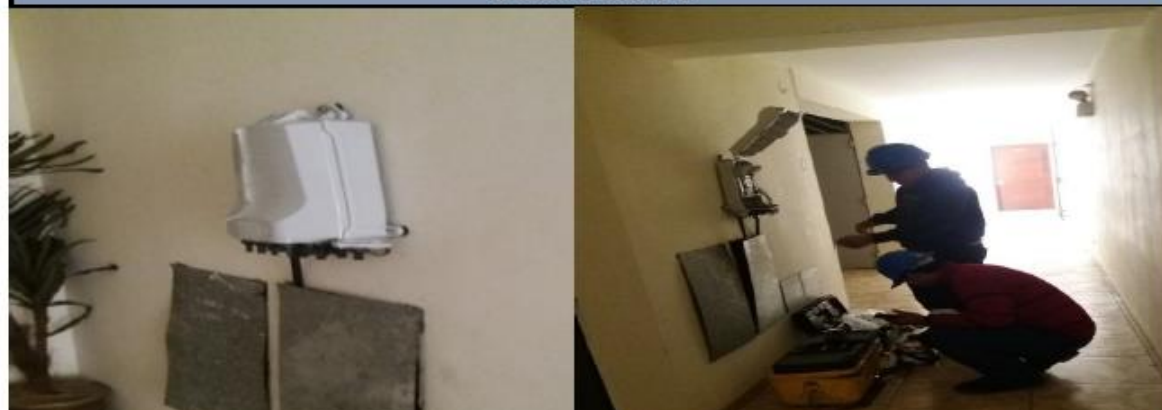
**TRABAJOS REALIZADOS**



DVICAU	G1021 - EMPALMADO			
CANTIDAD DE CTO	23			
FIBRA (METROS)	PRIMARIO	33-35	SECUNDARIO	36-64
CAPACIDAD DE FIBRA				

**DETALLE**

*EMPALMADO DE CTOS 15, 16, 17	

**REPORTE FOTOGRAFICO**



	PROYECTO:	SUPERVISION INSTALACION RED FTTH			
	LUGAR:	Huacho	FECHA:	26-sep	
	RESPONSABLE TdP:	Victor Tamay			
	Supervisor general de CAM	Carlos Gil			
	Supervisor de LARI	Alex Giraldo			
	Supervisor de campo CAM	Henry Rosas Leiva			

DATOS DE LA CUADRILLA			
EMPALMADORES		CELADORES	
SUPERVISOR:	MIGUEL ALBORNOZ	CELULAR:	934650324
TECNICO 1:	DAVID CONCEPCION	TECNICO 4:	
TECNICO 2:		TECNICO 5:	
TECNICO 3:		TECNICO 6:	

TRABAJOS PROGRAMADOS			
DVICAU	G2021 - EMPALMADO		
CANTIDAD DE CTO	23		
FIBRA (METROS)	PRIMARIO	33-35	SECUNDARIO 36-64
CAPACIDAD DE FIBRA			

TRABAJOS REALIZADOS		OBSERVACIONES	
DVICAU	G2021 - EMPALMADO		
CANTIDAD DE CTO	23		
FIBRA (METROS)	PRIMARIO	33-35	SECUNDARIO 36-64
CAPACIDAD DE FIBRA			

DETALLE	
*EMPALMADO DE CTO	
*SANGRADO DE CAJA DE EMPALME HACIA MUNICIPALIDAD	

**REPORTE FOTOGRAFICO**



Telefonica

PROYECTO:	SUPERVISION INSTALACION RED FTTH		
LUGAR:	Huacho	FECHA:	25-ago
RESPONSABLE TdP:	Alex Giraldo		
Supervisor general de CAM:	Carlos Gil		
Supervisor de LARI:	Miguel Albornoz		
Supervisor de campo CAM:	Henry Roxas Leiva		



DATOS DE LA CUADRILLA

EMPALMADORES		CELADORES	
SUPERVISOR:		CELULAR:	
TECNICO 1:		TECNICO 4:	
TECNICO 2:		TECNICO 5:	
TECNICO 3:		TECNICO 6:	

TRABAJOS PROGRAMADOS

VICAU	G2012			
CANTIDAD DE CTO	30			
BRA (METROS)	PRIMARIO	65-68	SECUNDARIO	69-96
CAPACIDAD DE FIBRA				

TRABAJOS REALIZADOS

OBSERVACIONES

VICAU	G2012			
CANTIDAD DE CTO	30			
BRA (METROS)	PRIMARIO	65-68	SECUNDARIO	69-96
CAPACIDAD DE FIBRA				

DETALLE

*SIFON DE CTO EN MAL ESTADO Y SIN ACONDICIONAR (FALTA DE CINTA BANDI)	*CTOs MAL UBICADOS, POR PRESENCIA DE CAJA DE MULTIPAR
*CTOs SIN ROTULAR (SOLO 6 ROTULADOS) QUEDAN 24 PENDIENTES	*CABLE DE EMPALME AUN PENDIENTE SIN CRUCETA
*SENO DE CTOs MUY CORTOS	

REPORTE FOTOGRAFICO



EMPALMADO PENDIENTE, FALTA CRUCETA (-11.107658, -77.710202) AV. 28 DE JULIO

NO ACONDICIONADO Y EN MAL ESTADO (-11.106381, -77.610228) CL. ADAM

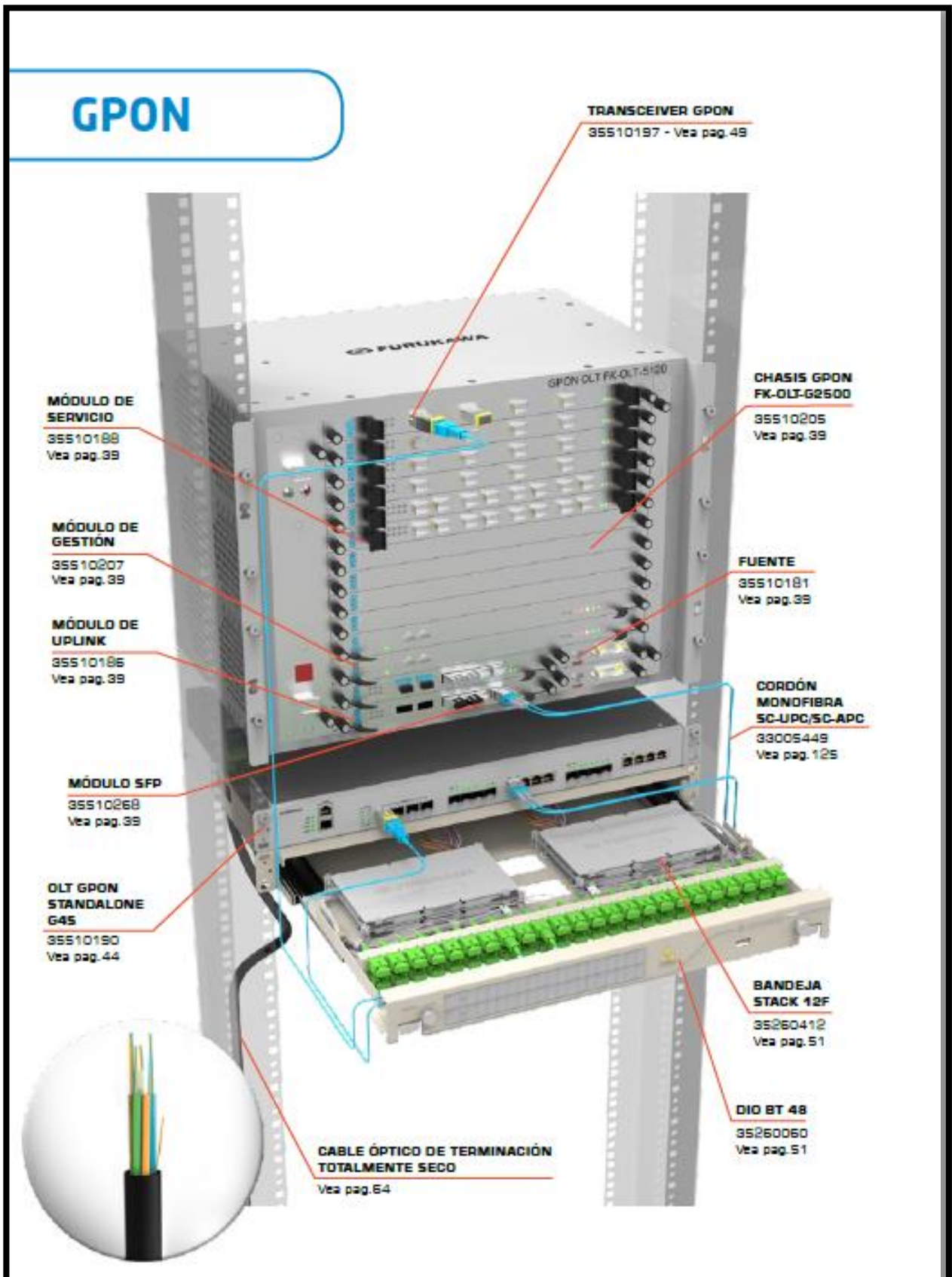


## COSTO DE MATERIALES REALES

 <b>HONDAO</b> <small>EMBRACING BETTER FUTURE TOGETHER</small>		<b>HONDAO Price List</b> <a href="http://www.hondaooptic.com">www.hondaooptic.com</a>			
No.	Model	Description	Photo	Quantity	Price
1	Cable	GJXH-2B1 , Indoor fttth drop cable , 2 fiber , G652D fiber, LSZH sheath, 1km / wood drum \$49.5KM		1	\$49.5/km
2	Fusion splicer closure	Dome Type Fiber Optic Splice Closure		1	\$28.80
3	termination box	OTB-16C Fiber Access Terminal		1	\$19.50
4	Complete anchor kit	7.78-8.31mm , used in GYXTW		1	\$1.65
5	ODF	ODF-C Fiber Optical Distribution Frame 48 core		1	\$52.00
6	drope cable jumper	ftth drope cable jumper , with SC/APC-SC/APC ,3m fiber length		1	\$1.65



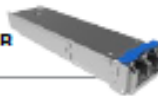
## ANEXO 05: EQUIPOS



## CHASIS GPON FK-OLT-G2500

Chasis GPON OLT con 10 slots de servicio y alimentación AC/DC redundante. Capacidad para hasta 5120 ONTs.

TRANSCEIVER  
XFP 10GE



TRANSCEIVER  
SFP GPON OLT



### Características Constructivas

<b>Alimentación</b>	-48 VDC redundante (Hasta dos módulos de Alimentación DC)	
<b>Temperatura de operación</b>	0° C a 50° C	
<b>Dimensiones</b>	Altura	310 mm
	Ancho	444 mm
	Profundidad	285 mm (7 Us)
<b>Consumo</b>	350 W	
<b>Módulos</b>	Hot Swappable	

### Características Técnicas

<b>Aplicación</b>	Concentrador de abonados utilizado en centrales de redes FTTx que usen la tecnología GPON	
<b>Interfaces</b>	10 slots para módulos de servicio	Módulo de Servicio con 4 Puertos GPON SFP Módulo de Servicio con 4 Puertos GPON SFP Redundantes
	2 slots para módulo de uplink	Módulo de Uplink con 4 puertos SFP GbE y 2 puertos XFP 10 GbE
	2 slots para módulo de switching y control	
	2 slots para fuente de alimentación -48 VDC	

### Codificación

35510205	Chasis Concentrador Óptico GPON FK-OLT-G2500
35510181	Fuente de Alimentación DC para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510182	Panel Ciego - Fuente DC para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510207	Módulo de Switch y Gestión para Chasis Concentrador Óptico FK-OLT-G2500
35510184	Panel Ciego - Módulo de Switch y Control para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510185	Módulo de Uplink 2 Puertos 10GE + 4 Puertos GE SFP para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510186	Panel Ciego - Módulo de Uplink para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510187	Módulo de Servicio 4 Puertos GPON SFP para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510188	Módulo de Servicio 4 Puertos GPON SFP con Redundancia para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510189	Panel Ciego - Módulo de Servicio para Chasis Concentrador Óptico GPON 7U
35510167	Modem Óptico GPON FK-ONT-G420R
35510166	Modem Óptico GPON FK-ONT-G420W
35510168	Modem Óptico GPON FK-ONT-G421W
35510197	Transceiver SFP GPON OLT Clase B+ para Concentrador Óptico
35510268	Módulo SFP GE LX10 1310 nm (10 km) para Concentrador Óptico
35510269	Módulo SFP GE LX20 1310 nm (20 km) para Concentrador Óptico
35510270	Módulo SFP GE LX40 1310 nm (40 km) para Concentrador Óptico
35510271	Módulo SFP+ 10GE 1310 nm (10 km) para Concentrador Óptico
35510273	Módulo XFP 10GE LR 1310 nm (10 km) para Concentrador Óptico
35510274	Módulo XFP 10GE ER 1550 nm (40 km) para Concentrador Óptico