

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y MECÁNICA
ELÉCTRICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE SISTEMAS**

**RED FTTH PARA ENMENDAR LA CALIDAD DE
SERVICIO DE INTERNET EN HUAMBO, 2023**

Autor:

Bach. Hitler Chuquizuta Cuipal

Asesor:

Dr. Roberto Carlos Santa Cruz Acosta

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2023

AUTORIZACIÓN DE LA PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



ANEXO 3-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): CHUQUIZUTA CUIPAL HITLER
DNI N°: 73691844
Correo electrónico: 73691844@untrm.edu.pe
Facultad: Ingeniería de Sistemas y Mecánica Eléctrica
Escuela Profesional: Ingeniería de Sistemas

Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): _____
DNI N°: _____
Correo electrónico: _____
Facultad: _____
Escuela Profesional: _____

2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

RED FTTH PARA ENMENDAR LA CALIDAD DE SERVICIO DE INTERNET EN HUAMBO, 2023

3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: Santa Cruz Alosta Roberto Carlos
DNI, Pasaporte, CE N°: 03701272
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>): 0000-0001-8802-9083

Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: _____
DNI, Pasaporte, CE N°: _____
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>): _____

4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)

2.00.00 - Ingeniería Tecnológica

5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chchapoyas, 27, Diciembre, 2023


Firma del autor 1

Firma del Asesor 1

Firma del autor 2

Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

Gracias a mis padres por su amor incondicional, apoyo inquebrantable y sacrificio mutuo. Sin ustedes este logro no hubiera sido posible.

A mis profesores universitarios, cuyas enseñanzas guiaron mis estudios y enriquecieron mis conocimientos.

AGRADECIMIENTO

A Dios que me supo guiarme en todo el trayecto académico, brindándome sabiduría en los momentos difíciles y fortalecer mis conocimientos.

Agradezco a los docentes de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza y su Escuela de Ingeniería de Sistemas y Mecánica Eléctrica por compartir conmigo los conocimientos necesarios para completar mi carrera.

Querida familia, Gracias por ser mi mayor inspiración y por compartir momentos maravilloso viaje académico junto a mí, animándome y creyendo en mí.

Reconozco sinceramente a mi asesor por su apoyo y orientación en el proceso de redacción de mi tesis.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph. D. Jorge Luis Maicelo Quintana

Rector

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

Vicerrector Académico

Dra. María Nelly Luján Espinoza

Vicerrectora de investigación

Dr. Italo Maldonado Ramírez

Decano (e) de la Facultad de Ingeniería de Sistemas y Mecánica Eléctrica

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



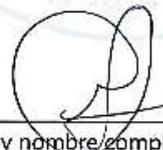
ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Red FTTH
para mejorar la calidad de servicio de internet en Huambo, 2023
del egresado Hitler Chuequeza Cuyal
de la Facultad de Ingeniería de Sistemas y Mecánica Eléctrica
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas
de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 02 de mayo de 2023



Firma y nombre completo del Asesor
Dr. Roberto Carlos Santa Cruz Acosta

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Dr. Roberto Pérez Asonitas
Presidente



Dr. Carlos Alberto Ríos Campos
Secretario



Mg. Eder Nicanor Figueroa Piscoya
Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

RED FTTH PARA ENMENDAR LA CALIDAD DE SERVICIO DE INTERNET EN HUAMBO, 2023

presentada por el estudiante ()/egresado (X) BACH. HITLER CHUQUIZUTA QUIPAL de la Escuela Profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS con correo electrónico institucional _____

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 13 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 15 de SEPTIEMBRE del 2023

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
VOCAL

[Signature]
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



ANEXO 3-5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 12 de diciembre del año 2023 siendo las 15:00 horas, el aspirante: HITLER CHUQUIZUTA CUIPAL, asesorado por DR. ROBERTO CARLOS SANTA CRUZ ACOSTA defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: RED ETN PARA ENMENTAR LA CALIDAD DE SERVICIO DE INTERNET EN HUAMBO, 2023, para obtener el Título Profesional de INGENIERO DE SISTEMAS, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: DR. ROBERTO PÉREZ ASTONITAS

Secretario: DR. CARLOS ALBERTO RIOS CAMPOS

Vocal: M.G. EDER NICANOR FIGUEROA PISCOYA

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 16:00 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

ÍNDICE

AUTORIZACIÓN DE LA PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS.....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	ix
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	17
II.1. Red FTTH.....	17
II.2 Métodos	22
DESARROLLO DEL MÓDELO APLICATIVO.....	24
III. RESULTADOS	47
IV. DISCUSIÓN	51
V. CONCLUSIONES	53
VI. RECOMENDACIONES	54
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
VIII. ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Parámetros de la OLT</i> -----	31
<i>Tabla 2. Parámetros de la ONU</i> -----	31
<i>Tabla 3. Presupuesto óptico de la caja NAP</i> -----	46
<i>Tabla 4. Número de ordenes bajo el servicio de microondas</i> -----	47
<i>Tabla 5. Número de ordenes bajo el servicio de la red FTTH</i> -----	47

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ramificación General de la red FTTH fuentes: comunity.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2. Distrito de Huambo - Rodríguez de Mendoza</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3. Topología de FTTH fuentes: techtrickszone.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 4. Routerboard Mikrotik RB3011UiAS-RM fuente MIkrotik.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5. GPON OLT tplink fuentes Tplink</i>	<i>26</i>
<i>Figura 6. Caja de Distribución FTTH fuentes Conectronica.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 7. GPON ONU Tplink fuente GPON ONU.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8. Diseño general de la red FTTH.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9. Diseño de la red principal</i>	<i>28</i>
<i>Figura 10. Diseño de la distribución de las cajas NAP</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11. Puertos disponibles de la caja NAP</i>	<i>29</i>
<i>Figura 12. Parámetros ópticos para la red FTTH Fuente ITU.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 13. Valores de Referencia de los medios físicos. Fuente ITU</i>	<i>30</i>
<i>Figura 14. Creación de los IP-Pool Fuente Airwiz Perú.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 15. Creación de los perfiles de los planes</i>	<i>32</i>
<i>Figura 16. Asignación de la IP Publica Fuente Airwiz Perú.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17. transceiver Fuente Sistemas FTTH</i>	<i>34</i>
<i>Figura 18. Mikrotik CCR1036 Fuente Digital store</i>	<i>34</i>
<i>Figura 19. OLT GPON Tplink DS-P7001 Fuente Tplink.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 20. Patchcord de fibra óptica fuente Fibra Óptica</i>	<i>35</i>
<i>Figura 21. EDFA Lieferant Fuente Lieferant.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 22. ODF de fibra óptica de 24 hilos fuentes Fibra Óptica.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 23. Fibra óptica externo ADSS 12H fuente GEAPON.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 24. Splitter o Divisor óptico de 1x8 Fuente ISCE</i>	<i>37</i>
<i>Figura 25. Cajas NAP Fuente Airwiz Perú.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 26. Cable drop FTTH Fuente Airwiz Perú.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 27. ONU Tplink Fuente Tplink</i>	<i>38</i>
<i>Figura 28. Conexión del equipo Mikrotik a la OLT.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 29. Conexión de OLT al splitter primer nivel.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 30. Medición de potencia óptica.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 31. Despliegue de la red de acceso</i>	<i>40</i>
<i>Figura 32. Prueba de Speedtest.....</i>	<i>41</i>

<i>Figura 33. Prueba de estabilidad de red.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 34. Instalación del Gabinete y Equipos.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 35. Despliegue de la fibra óptica.....</i>	<i>44</i>
<i>Figuras 36. Acondicionamiento de MUFAS.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 37. Empalmes de las cajas NAP.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 38. Distribución de las cajas NAP.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 39. Sistema de administración del sistema y los usuarios.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 40. Prueba de normalidad - solicitud de reclamos fuente: IBM-SPSS.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 41. Cuadro de comparación de caídas de servicio de internet.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 42. Prueba de normalidad - caídas masivas de servicio Fuente IBM-SPSS.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 43. Gráfica de la encuesta de los usuarios.....</i>	<i>50</i>

RESUMEN

Este proyecto de investigación muestra cómo mejoró la calidad del servicio de Internet mediante la creación de una red FTTH utilizando el estándar Gpon que permitió ofrecer un servicio estable y rápido del internet para los usuarios en el distrito de Huambo. La ejecución del proyecto de investigación primero es profundizó los conocimientos relacionados con la red FTTH, normativas, estandarizaciones Gpon y cálculos del presupuesto óptico de la red. Se realizó un estudio de diseño cualitativo, con metodología de desarrollo de proyecto Top Down, involucrando 45 usuarios activos del servicio de internet del distrito de Huambo, que ayudaron a determinar el servicio de internet óptimo, las redes FTTH tienen clasificaciones estandarizadas Gpon (UIT G.984) aplicada por criterios de estudio. El pre test reflejó que el servicio de internet mediante microondas contaba con recurrentes deficiencias de servicio como caídas de servicio y reclamos por parte de los clientes, con el post test los resultados reflejaron que la ejecución de la nueva red FTTH las caídas de servicio de internet redujeron un 87% al anterior servicio y también los reclamos por parte de los clientes redujo a un 70%. En conclusión, la red FTTH ayudó a brindar un servicio de internet con velocidades más rápidas y estable mejorando la experiencia del usuario.

Palabras claves: Red Fttth, calidad de servicio, Estándar Gpon

ABSTRACT

This research project shows how the quality of Internet service was improved by creating an FTTH network using the Gpon standard that allowed offering a stable and fast Internet service to users in the Huambo district. The execution of the research project first deepened the knowledge related to the FTTH network, regulations, Gpon standardizations and calculations of the network's optical budget. A qualitative design study was carried out, with Top Down project development methodology, involving 45 active users of the internet service of the Huambo district, which helped determine the optimal internet service, FTTH networks have standardized Gpon classifications (ITU G .984) applied by study criteria. The pre-test reflected that the microwave internet service had recurring service deficiencies such as service outages and complaints from customers, with the post-test the results reflected that the execution of the new FTTH network caused internet service outages. They reduced the previous service by 87% and also reduced customer complaints by 70%. In conclusion, the FTTH network helped provide an internet service with faster and more stable speeds, improving the user experience.

Keywords: Network FttH, quality of service, Gpon Standard

I. INTRODUCCIÓN

En plena era digital el internet está tan presente en nuestras vidas y se ha vuelto indispensable en la ciudadanía, la red FTTH (fibra óptica al hogar) es una de las maneras de brindar servicio de alta velocidad y de calidad. La estandarización de Gpon es importante y se deben implementar redes FTTH para satisfacer las necesidades de los usuarios con acceso deficiente a Internet. Una de las mayores ventajas de esta tecnología es que es fácil de implementar y proporciona a los usuarios finales servicios de Internet de alta calidad.

En el presente la demanda de servicios de un internet de calidad es más habitual que requieren los usuarios, por eso se implementó la red de FTTH en la localidad de Huambo de la provincia de Rodríguez de Mendoza con la finalidad que los usuarios cuenta con el servicio de internet eficiente y rápido.

Según, Membrillo, (2015) afirma que, a diferencia de las tecnologías más tradicionales, como el DSL (Digital Subscriber Line) o el cable coaxial, que utilizan cables de cobre, la fibra óptica de FTTH ofrece un rendimiento superior debido a la capacidad de transmitir datos a velocidades muy altas a través de impulsos de luz.

Si bien la implementación de FTTH requiere una infraestructura más costosa y compleja en comparación con otras tecnologías, sus beneficios en términos de velocidad, estabilidad y capacidad de futura expansión la convierten en una opción atractiva para compensar las progresivas demandas de ancho de banda de los usuarios (Pérez, 2020).

El método utilizado en la investigación es el método de investigación pre experimental, la muestra se designada fueron los usuarios activo de internet en la localidad de Huambo - Rodríguez de Mendoza, el objetivo general de la investigación fue desarrollar una red FTTH bajo estándar GPON que permita mejorar la calidad de servicio de internet; se tuvo en cuenta los siguientes objetivos específicos: Diseñar e implementar la red FTTH bajo la tecnología GPON en la localidad de Huambo para los pobladores, Identificar la cantidad de quejas previo y después de la culminación de la red FTTH y Evaluar la latencia del internet en los usuarios previo y después a la ejecución de la red FTTH bajo el estándar GPON. Este proyecto de investigación analizó la bibliografía para alentar a los investigadores a evaluar este tipo de redes FTTH y estándares Gpon como una alternativa para brindar servicios de Internet de alta velocidad y calidad.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

II.1. Red FTTH

Según Meléndez, (2021) la red FTTH es denominada fibra óptica que llegan hasta los clientes. Esta tecnología de Red FTTH es la manera de brindar servicio de internet de alta velocidad y estable. Puede resistir toda la petición de ancho de banda que se puede brindar al cliente y también incidencias climáticas. En la actualidad muchos lugares del nuestro país están brindado este tipo de servicio satisfactoriamente.

II.1.1. Composición de la Fibra Óptica

- **Núcleo:** Es un elemento vital de la fibra por que tiene como función llegar la luz desde el punto de origen de la emisión hasta los dispositivos que recibirán esto. Está compuesta de normalmente de cristal de silicio. Cuenta con un diámetro entre 10 y 300mn.
- **Revestimiento:** Brinda la protección directa al núcleo. Cumple la función de proteger al núcleo permitiendo que la luz no se pierda.
- **Recubrimiento:** Tiene como función amortiguar, cubrir y proteger el núcleo de los riesgos que se pueden encontrar en el exterior.

II.1.2. Tipos de Fibra Óptica

- **Fibra Óptica Multimodo:** Este componente tiene la facultad de transmitir más cantidad de luz en su defecto varios modos. Esta fibra tiene un núcleo más grande, generalmente entre 50 y 62.5 micrómetros (μm) de diámetro. Se utiliza principalmente en redes locales (LAN) y enlaces de comunicación a distancias más cortas, como en edificios y campus (Chambergo, 2021).
- **Fibra Óptica monomodo:** Su característica crucial es que solo se permite un solo camino de luz, se visualiza de forma paralela a la fibra óptica. Esta fibra tiene un núcleo muy pequeño, típicamente de 8 a 10 micrómetros (μm) de diámetro. Se utiliza comúnmente en aplicaciones de larga distancia como por ejemplo entre países o ciudades (Ojeda, 2019).

II.1.3. Beneficios de la Fibra Óptica

- Uno de sus principales beneficios es la rapidez de transferencia de datos, es superior 1 Gbps.
- La fibra óptica es muy liviana, 8 veces más liviana que cable convencional
- Presenta una gran resistencia ante las interferencias electromagnéticas y muy resistente a la corrosión.
- Dado a su pequeño tamaño hace que facilite su manipulación para la instalación.

II.1.4. Arquitectura FTTH

La arquitectura de la red FTTH se basan en 2 partes, la primera está orientado a una línea directa desde la central hasta la casa el hogar, conocida con una configuración punto a punto, el por último tenemos la red FTTH es usando splitter en la red hasta el abonado. En general es una red compuesta por unidad central distribuida por splitter hasta el hogar (Saavedra, 2017).

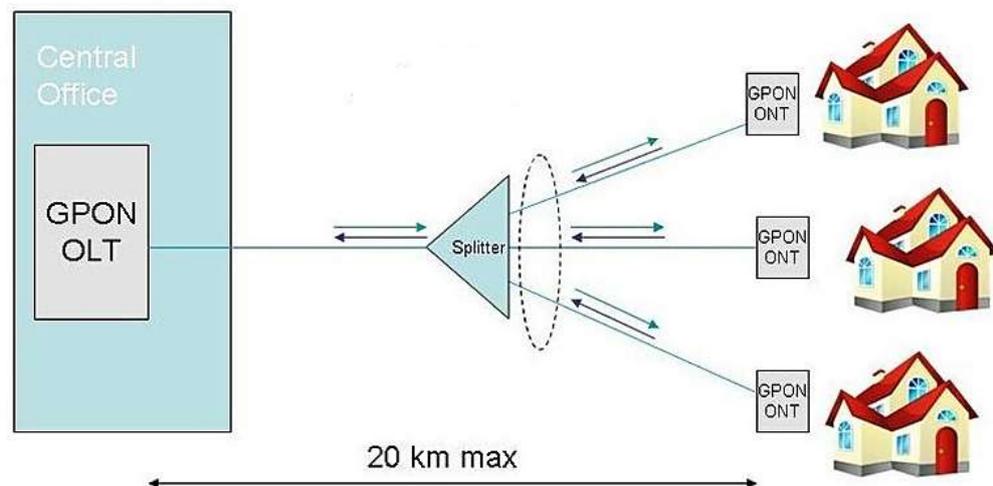


Figura 1. Ramificación General de la red FTTH fuentes: community

II.1.5. Elementos de la red FTTH

- **OLT (Unidad de terminal de línea Óptica):** Dispositivo activo dentro de la red que admite la conexión hacia los consumidores finales. La función principal de la OLT es recibir y procesar los datos provenientes de la red principal y luego distribuirlos a través de las fibras ópticas que llegan a cada hogar a través de los ONTs (Equipo terminal de red óptica), que son los dispositivos ubicados en el extremo del usuario (Membrillo, 2015).

Es importante destacar que la OLT es una parte crítica de la red FTTH, ya que su rendimiento y capacidad repercute directamente en la calidad del Internet y en la experiencia del usuario final.

- **OND (Red Óptica de distribución):** son dispositivos que se encargaran de la distribución de la red, trasladan el enlace entre el proveedor de internet y los usuarios. Está compuesta por: cajas de distribución, divisores ópticos (Splitters).
- **ONT (Equipo terminal de red Óptica):** Equipo final de la red FTTH, son equipos instalados en los domicilios de los clientes, es el dispositivo que establece la conexión de la red del usuario con el servicio de internet. Estos equipos son llamados Routers.

II.1.6. Tecnología de red GPON

Carbajal, (2018) manifiesta que la red FTTH reemplaza al diseño tradicional de ethernet, es una de las redes más actuales respecto a evoluciones en las redes PON, se ve manifestada su aprobación en el documento ITU-T G.984, la red GPON es capaz soportar niveles altos de ancho de banda para servicios residenciales. Esta tecnología tiene la capacidad de transmisión de datos hasta 2.4 Gbps de bajada y 1.2 Gbps de subida.

ITU-T G.984 es una serie de recomendaciones desarrolladas por la ITU-T que definen los detalles técnicos y especificaciones para implementar redes ópticas pasivas de próxima generación, conocidas como GPON. Estas redes se utilizan para brindar servicios de banda ancha, como Internet, televisión y telefonía, a los usuarios finales.

Según Espinosa, (2016) afirma que las normas ITU-T G.984 comprende varias partes, cada una de las cuales aborda diferentes aspectos de la tecnología de la red GPON. Algunas de las partes más importantes incluyen:

1. G.984.1: Características Generales: Esta parte describe las características generales de GPON, incluidos los conceptos básicos, la arquitectura y la terminología utilizada en el estándar.
2. G.984.2: Caracterización de Fibras Ópticas (PMD): Esta parte se enfoca en las especificaciones de la capa física del medio de transmisión utilizado en GPON, incluidos los detalles de las fibras ópticas, longitudes de onda, tasas de bits, etc.

3. G.984.3: Especificación de la capa de convergencia de transmisión (TC): Esta parte define la capa de convergencia de transmisión, que aborda cómo se transportan los datos y los protocolos utilizados en la red GPON.
4. G.984.4: Especificación de la interfaz de control y gestión de ONT (OMCI): Esta parte especifica la interfaz de gestión y control para la comunicación entre OLT (Terminal de línea óptica) y el ONT (Terminal de red óptica), permitiendo la configuración, supervisión y control de los dispositivos de la red.
5. G.984.5: Extensión del alcance físico de GPON: Esta parte se centra en la extensión física del alcance de las redes GPON, permitiendo mayores distancias entre el OLT y el ONT.
6. G.984.6: Prueba de conformidad GPON ONU: Esta parte describe las pruebas de conformidad que deben pasar los dispositivos GPON para garantizar que cumplan con las especificaciones del estándar.

Estas son solo algunas de las partes clave de la serie ITU-T G.984. Cada una de ellas aborda diferentes aspectos técnicos para asegurar la interoperabilidad y el funcionamiento adecuado de las redes GPON en todo el mundo (Espinosa, 2016).

II.1.7 Metodología Top -Down

Según Chayña, (2017) afirma que la metodología Top -Down es una de las más referenciados para diseñar redes basados en modelos de interconexión de sistemas abiertos. La finalidad de esta metodología se enfoca en reunir información de las exigencias de los usuarios.

Este enfoque Top Down demuestra que más información se obtenga de las necesidades del usuario, se puede ejecutar un diseño más completo de tal manera que cumpla con las perspectivas de los usuarios.

Fase I: Análisis de Requerimiento

En esta etapa se ejecutó los objetivos de la compañía AIRWIZ PERÚ para el diseño de la nueva red FTTH. Morales & Maisincho (2019) afirma que es muy significativo realizar un análisis meticuloso de todos los objetivos para una mejora exponencial, para posteriormente realizar un apropiado diseño de la red.

En la primera etapa se buscó identificar las metas que pueda dar una mejor perspectiva de la red que se va efectuar. Estos objetivos técnicos nos servirán para realizar la ejecución de la red FTTH como la estabilidad, disponibilidad, adaptabilidad y seguridad.

- La **estabilidad** hace referencia a la cantidad que la red FTTH podrá difundir y progresar.
- La **disponibilidad** hace énfasis al tiempo de operación de la red FTTH.
- La **adaptabilidad** se orienta la compatibilidad.
- La **seguridad** establecer los puntos vulnerables y criterios de seguridad.

Identificada la red existente se comenzó a comprobar la estructura a nivel físico, topográfico y de rendimiento de la red. Es muy importante la identificación de los problemas que existían en la red de radio enlace para luego tomar medidas correlativas, según los problemas identificados, será punto de partida para implementación de la nueva red FTTH para poder solucionar la problemática los clientes actuales. (Acosta,2017)

Fase II: Desarrollo del diseño lógico

Para la elaboración del desarrollo del diseño lógico y la elección de una topología adecuada, primer paso es desplegó y diseño donde se pueda identificar los siguiente: los dispositivos, usuarios finales y otros segmentos de red. Se enfoca en las siguientes partes que son la capa de Core, capa de distribución y la capa de acceso. Está enfocada en las direcciones de red, protocolo de internet IP. (Carbajal, 2018).

Fase III: Desarrollo del Diseño Físico

Consiste en elegir la tecnología adecuada del diseño físico de la red LAN, así como también la red WAN, es importante determinar los niveles de la red, acorde a ello se desarrolló el diseño con la finalidad de tener una red óptima. (Carbajal, 2018)

Fase IV: Probar, Optimizar y Documentar la red

Probada la red es muy importante esta etapa por que desempeña un rol importante para ver si el diseño cumple con los objetivos establecidos. Nos ayudó determinar las vulnerabilidades que cuente la red para posteriormente realizar las mejoras y esta se halle en óptimas condiciones acorde a los objetivos establecidos (Moral, 2020).

Finalmente, se realizó la implementación de la nueva red FTTH que llevó acode a estandarización Gpon.

Fase VI: Monitorizar y Mejorar la red

Por último, esta etapa con la ejecución de la red FTTH con su respectiva estandarización se buscó perfeccionar la calidad del servicio de internet y también se monitorizó el servicio con la finalidad de realizar mejoras (Moral, 2020).

II.2 Métodos

II.2.1 Ubicación del Área de estudio

Este proyecto se llevó a cabo en el distrito de “Huambo” situado en provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas, delimitado al sureste del distrito de Mendoza, a una altitud de 1630 m.s.n.m. con un clima húmedo tropical donde la temperatura promedio es de 25 °C aproximadamente y, 89% de humedad.



Figura 2. Distrito de Huambo - Rodríguez de Mendoza

II.2.2 Características socioeconómicas

El poblado de Huambo está asociado al impulso agrícola, como la siembra de café, productos frutales y comercial. En este sentido, en el distrito hay mucho comercio como bodegas, boticas, centro comercial, casas de apuestas, etc.

II.2.3 Población y muestra de estudio

Se considerado como unidad de muestro a los usuarios activos con el servicio que cuentan con el internet mediante radio enlace o microondas, la población es de 45.

- Población: Se consideró como unidad de muestro a los usuarios activos con el servicio que cuentan con el internet mediante radio enlace o microondas, la población es de 45 usuarios.
- Muestra: Como es una población pequeña se utilizó la misma unidad de muestreo de 45 usuarios finales.

II.2.4 Diseño de investigación

Para el proyecto se tuvo en cuenta la estructura de una investigación cualitativa, a este se define de la siguiente manera: “Un grupo de estudio se le aplica un método previo, después se le administra un nuevo procedimiento o método para posteriormente aplicar la prueba posterior al grupo experimental” (Hernández, 2018).

G : O1 X O2

Leyenda:

- G: Grupo del estudiado o grupo experimental
- X: Manipulación de la variable independiente (red FTTH)
- O1: Medición del pre test (periodo de diciembre - enero)
- O2: Medición de post test (periodo de febrero - abril)

II.2.5 Técnicas e instrumentos

Técnicas para la recopilación de información

- Hojas de control
- Hojas de calculo

Instrumentos para el estudio del servicio del internet

- Laptops, Smartphone
- Power meter, OTDR
- Software TOMODAT2

Instrumentos para determinar la calidad de servicio de internet

- Encuestas (likert)
- Speedtest (mide la velocidad el internet)

Procedimiento de recolección de Datos

Para la cogida de información de los clientes sobre las caídas de servicios y reclamos de los usuarios se realizó mediante la información recolectada de la empresa AIRWIZ PERÚ, por último, se realizó una encuesta de satisfacción del servicio a los clientes.

DESARROLLO DEL MÓDELO APLICATIVO

Para el proyecto de investigación se dio en acorde a los pasos formulados, para la ejecución de la Metodología Top-Down, tuvimos en cuenta las fases ya mencionadas con las cuales fueron ejecutadas en orden manifiesto para la correcta ejecución del proyecto.

Análisis de Requerimientos

1. Análisis de negocio

Datos generales

- Rubro de la empresa: Sector Telecomunicaciones

La empresa **AIRWIZ PERÚ** es una empresa provisora de servicios de internet mediante radio enlace y fibra óptica, con una cobertura en los principales distritos Chachapoyas, Leymebamba, Luya, rodríguez de Mendoza, entre otros.

- Razón Social: Airwiz Perú
- Dirección: Jr. Triunfo N° 717 – Chachapoyas
- Portal institucional: www.airwizperu.com

2. Objetivos de la empresa AIRWIZ PERÚ

- Ser líder de servicio de internet de calidad en la región de Amazonas.
- Expandir el servicio internet en nuevos sectores.
- Incrementar la cantidad de usuarios que cuenten con el servicio de internet.
- Retroalimentación continua de conocimientos tecnológico para mejorar la prestación de servicios.

3. Análisis de Objetivos Técnicos

- **Adaptabilidad:** La red FTTH cuenta con una compatibilidad para futuras migraciones o estandarizaciones de red, esta red FTTH optimiza procesos y reduce limitaciones en la red.

- **Escalabilidad:** La red de Radio enlace (microondas) se encontraba saturada de clientes, por lo tanto, no admitía más usuarios, dado ese caso, el despliegue de la red FTTH ayudó que el número de clientes se aumente considerablemente y se genere una demanda por el servicio en sectores.
- **Disponibilidad:** Al ser una empresa que brinda servicios de internet se busca la continuidad de prestación del servicio este operativo las 24 horas al día, es por ello la implementación la red FTTH cumplió con la característica de 24/7.
- **Seguridad:** contar con una red estable puede controlar y mejorar los ataques a la red que afectan la calidad del servicio del usuario.

4. Características de la red existente

La red que abastecía de servicio internet a los clientes de la población de Huambo que era mediante microondas o conocido como radio enlace, con la red FTTH que se implementó reemplazó y mejoró la calidad de prestación de internet en los usuarios.

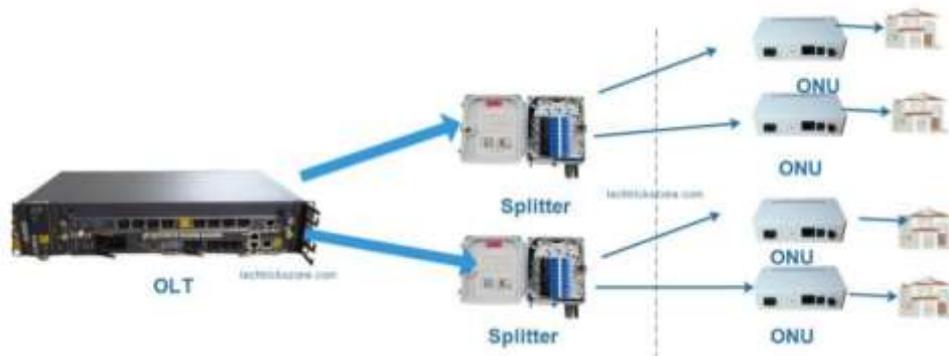


Figura 3. Topología de FTTH fuentes: techtrickszone.

5. Equipos de Implementación de la red FTTH

Los principales equipos de funcionamiento de la red FTTH son: la cabecera, lugar donde se inicia la operabilidad (Membrillo, 2015).

- **Administración de Usuarios – Routerboard Mikrotik RB3011UiAS-RM.**

Este equipo tiene la gran función de gestionar y controlar de tráfico de red, también realiza la administración de usuarios para autenticaciones del protocolo PPPoE



Figura 4. Routerboard Mikrotik RB3011UiAS-RM fuente Mikrotik

- **GPON OLT – Optical line Termination**

La GPON OLT es un equipo de distribución que almacena las MAC de los equipos Router (ONU) ubicado en la oficina central donde establecerá la interconexión entre ambos equipos de la red.



Figura 5. GPON OLT tpLINK fuentes Tplink

- **Caja de Distribución- nodo Óptico**

Diseñada para la distribución de clientes, estas cajas de distribución cuentan con splitter de 1x8 y 1x16 para poder abonar para los usuarios finales.



Figura 6. Caja de Distribución FTTH fuentes Conectronica

- **GPON ONU**

GPON ONU Es un dispositivo enrutador inalámbrico integrado de fibra óptica. Proporciona tráfico de descarga de hasta 2,5 Gbps y tráfico de carga de 1,25 Gbps para conectividad de banda ancha, estabilidad y escalabilidad.



Figura 7. GPON ONU Tplink fuente GPON ONU

Desarrollo del Diseño Lógico

1. Topología de red

La topología de nuestra red está dividida en 2 partes que son base para obtener el diseño.

- **Cantidad de Usuarios:** Es la cantidad de usuarios por la transmisión de la OLT que estarán distribuidas en los nodos 1x2 que finalmente serán derivadas a una caja de distribución para el abono de 16 usuarios respectivamente, se implementación de las 6 cajas de distribución abarcará a los clientes existente y para futuros usuarios.
- **Ancho de Banda:** El marco de la investigación se presentó la red FTTH con estandarización GPON que soportan tráfico de 2,5 de descarga y 1,25 de Subida.
- **Diseño general de la red**
La red FTTH cuenta con tres niveles bien marcados que son la OLT, los splitter de niveles y ONU.

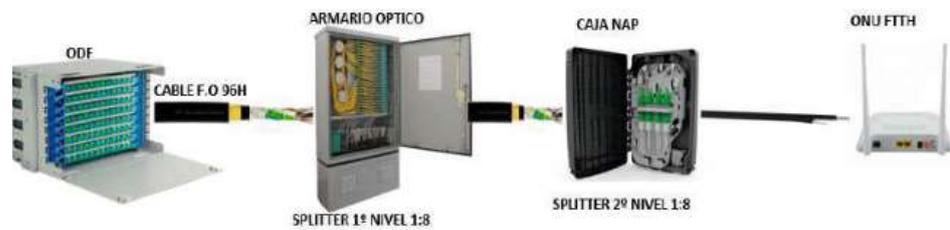


Figura 8. Diseño general de la red FTTH

- **Diseño de la red FTTH**

La conexión derivada desde la ODF hasta las cajas de distribución se realizó bajo el programa de tomodat2. La distribución está enfocada acorde a la geografía de la población. Las cajas de distribución que está orientada para el futuro.

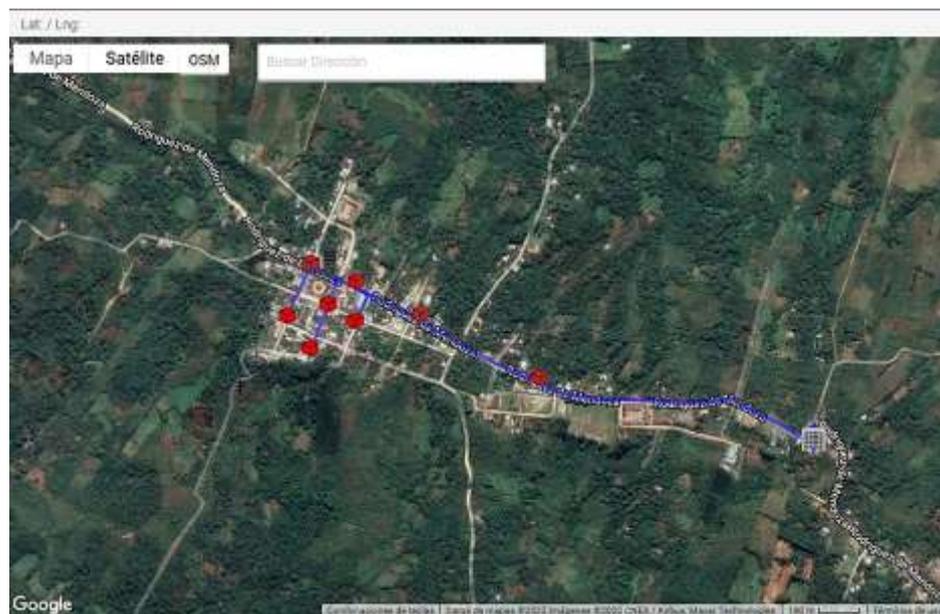


Figura 9. Diseño de la red principal

La distribución de la red FTTH desde la cabecera (oficina central) sale mediante una fibra troncal de 24 hilos que se interconectan en el primer nivel con un splitter 1x8, para posteriormente abonar en cajas de distribución o cajas NAP.



Figura 10. Diseño de la distribución de las cajas NAP

A nivel de distribución se inicia en la salida de fibra óptica de la oficina central, donde previamente se unen los cables en el ODF (distribución de fibra óptica) luego llegan a un splitter 1x8 considerado el splitteo de primer nivel, donde cada hilo alimentó a una caja NAP para el abono a usuarios. Cada caja NAP cuentan con 16 puertos.



Figura 11. Puertos disponibles de la caja NAP

- **Estandarización GPON para cálculo Óptico**

El diseño está elaborado bajo el régimen del estándar ITU-G984 que brinda los parámetros ópticos que debe de contener la red FTTH (Espinosa, 2016).

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

Figura 12. Parámetros ópticos para la red FTTH Fuente ITU

A continuación, se detalla los medios físicos la red tales como su atenuación por fusión, splitteo, conectores, distancia de la fibra óptica.

Medios físicos dependientes.	
Máxima velocidad Downstream:	2,488 Gbit/s.
Máxima velocidad Upstream:	1,244 Gbit/s.
Máximo alcance físico	20 Km
Máximo alcance lógico	60 Km
Atenuación en puntos de fusión.	≤ 0,30 dB
Atenuación en conectores mecánicos.	≤ 0,50 dB
Atenuación en conectores.	≤ 0,75 dB
Atenuación en mangas.	≤ 0,15 dB
Margen de seguridad	+3 dB
Atenuación $\lambda = 1310$ nm	0,35 dB/Km
Atenuación $\lambda = 1550 / 1490$ nm	0,22 dB/Km
Divisor óptico (splitter)	
1:64	≤ 20,5 dB
1:32	≤ 17,5 dB
1:16	≤ 13,8 dB
1:8	≤ 10,6 dB
1:4	≤ 7,5 dB
1:2	≤ 3,8 dB

Figura 13. Valores de Referencia de los medios físicos. Fuente ITU

La estandarización de GPON requiere la siguiente fórmula para calcular ópticamente la fuerza de nuestra red FTTH.

Potencia Final = Potencia Inicio – Suma conectores – Suma fusiones – Splitteo 1:8 – Splitteo 1:16 – Atenuación Fibra por Km

- **Parámetros para la OLT y ONU**

Parámetros definidos por las normativas GPON (ITU G984)

Tabla 1

Parámetros de la OLT

Descripción	Potencia
Potencia mín. de lanzamiento	+1.5dB
Potencia max. de lanzamiento	+5dB
Potencia de recepción	-28dB

Nota: Parámetros de la OLT utilizando estandarización GPON

Tabla 2

Parámetros de la ONU

Descripción	Potencia
Potencia min. de lanzamiento	+1.5dB
Potencia max. de lanzamiento	+5
Potencia de recepción	-27dB

Nota: Parámetros de la ONU utilizando la estandarización GPON

- **Diseño de direccionamiento IP privada**

Para este tipo de direccionamiento y asignación de IP esta derivada por la empresa AIRWIZ PERÚ, está en el régimen de las políticas de la empresa acorde con el encargado de proveedor ISP.

a. Diseño de direccionamiento IP privada

Airwiz Perú cuenta con los siguientes ordenamientos de IPs privadas para la comunicación de todos los dispositivos de la red, por los cuales se cuenta con los equipos del Mikrotik y la ayuda del sistema winbox.

Primero se crea los IP-Pool, la empresa maneja diferentes planes para la prestación del servicio de internet.

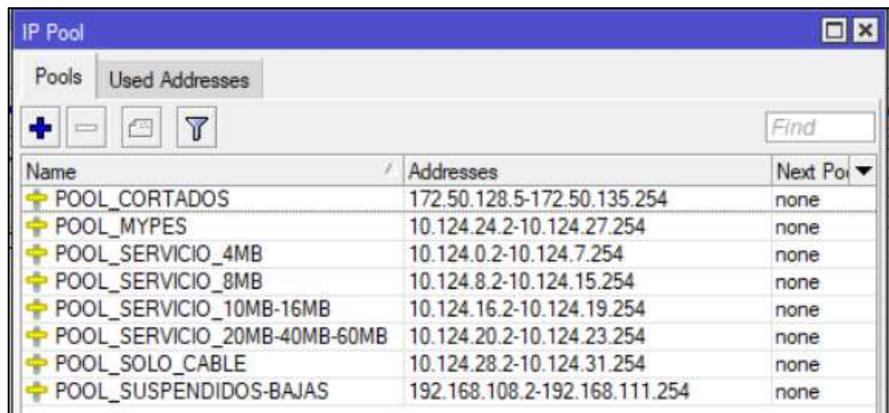


Figura 14. Creación de los IP-Pool Fuente Airwiz Perú

Después de la creación de IP-Pool procede a la creación de los perfiles de los tipos de planes.

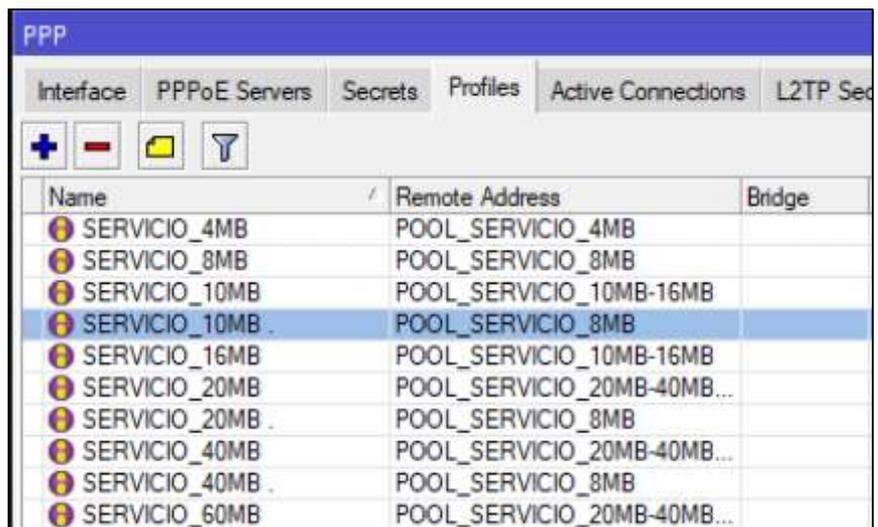
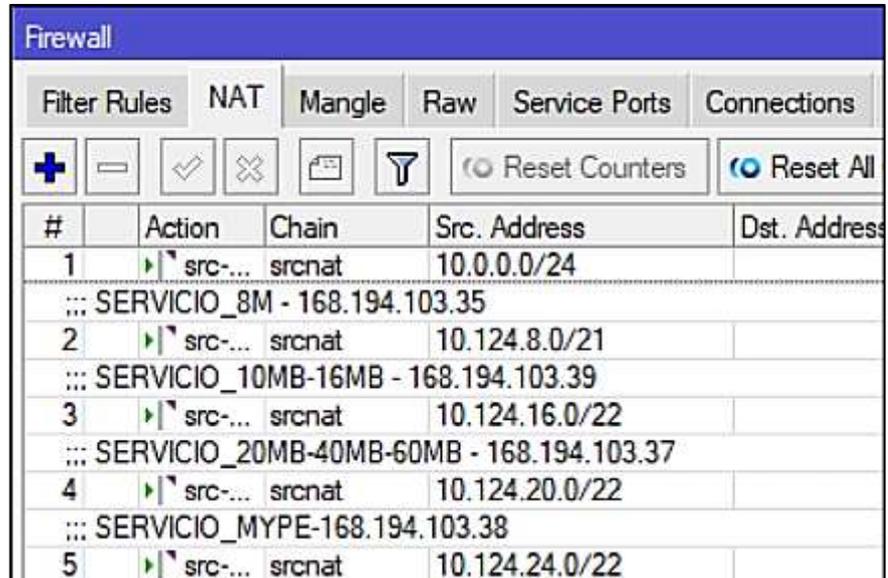


Figura 15. Creación de los perfiles de los planes

b. Direccionamiento de la IP Pública

Esta asignación de la IP pública es con la finalidad que el usuario pueda navegar en el internet por que la comunicación de ello necesita una IP pública. Se creado mediante una NAT.



The screenshot shows the Mikrotik WinBox Firewall configuration interface. The 'NAT' tab is selected. The table below lists five NAT rules, each mapping a specific private IP range to a public IP address. The 'Chain' for all rules is 'srcnat'.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address
1	src-nat	srcnat	10.0.0.0/24	
::: SERVICIO_8M - 168.194.103.35				
2	src-nat	srcnat	10.124.8.0/21	
::: SERVICIO_10MB-16MB - 168.194.103.39				
3	src-nat	srcnat	10.124.16.0/22	
::: SERVICIO_20MB-40MB-60MB - 168.194.103.37				
4	src-nat	srcnat	10.124.20.0/22	
::: SERVICIO_MYPE-168.194.103.38				
5	src-nat	srcnat	10.124.24.0/22	

Figura 16. Asignación de la IP Publica Fuente Airwiz Perú

c. Creación del servidor PPPoE

Es el último paso que utilizamos para el encapsulamiento del protocolo punto a punto a través del ethernet (PPPoE) para la autenticación y cifrado porque es un camino para la comunicación en la ONU de los usuarios con el Mikrotik.

Desarrollo del Diseño Físico

En esta etapa, se enfocó en la instalación de equipos para el funcionamiento de la red.

- **Equipo Core:** El equipo Core, es el cerebro de la red y está encargado de recepcionar el internet de los proveedores para luego distribuir a nuestra red. Este dispositivo encontramos diferentes tarjetas de red (Fibra Óptica y Cobre), en caso de fibra óptica se puede utilizar módulos de 10gb como de 1gb según el desarrollo de la red.



Figura 17. transceiver Fuente Sistemas FTTH

- **Equipos de Distribución- Mikrotik:** Es el equipo que permite ingresar todas las configuraciones de nuestra red. Mediante este equipo sea administrara todos los usuarios.

Para el distrito de Huambo se utilizó el equipo Mikrotik CCR 1036 que dispone de 4 puertos de fibra que soportan que soporta 12G de trafico de red.



Figura 18. Mikrotik CCR1036 Fuente Digital store

- **OTL GPON:** Este equipo tiene la función de almacenar lógicamente todas las direcciones de las MAC de los equipos ONU (Router).

Nuestra red está implementada con la OLT GPON Tplink DS-P7001 de 4 puertos y cada puerto son GPON, acepta una correspondencia de división de 1:128 para cada puerto esto quiere decir que por cada puerto de la OLT puede tener 512 ONUs por dispositivo.



Figura 19. OLT GPON Tplink DS-P7001 Fuente Tplink

- **EDFA:** Es un dispositivo con un Multiplicador por división de longitudes de onda (WDM) asociado la entrada de señal de red proporcionada por la OLT tiene componentes de frecuencia de 1310 dB y 1550 dB. Para la implementación de la nuestra red se utilizó el EDFA de 8 puertos.



Figura 20. Patchcord de fibra óptica fuente Fibra Óptica

- **Patchcord de Fibra Óptica:** En otras instancias es reconocido como cable de red permite el enlace de conexión entre ODF y los equipos de comunicación.



Figura 21. EDFA Lieferant Fuente Lieferant

- **ODF (Distribuidor de Fibra Óptica):** Gaveta donde se realiza los empalmes correspondientes para la salida de equipos de comunicación, está instalada en la oficina central, donde se realizan los empalmes de los puerto de la ODF con cada hilo de la fibra óptica.

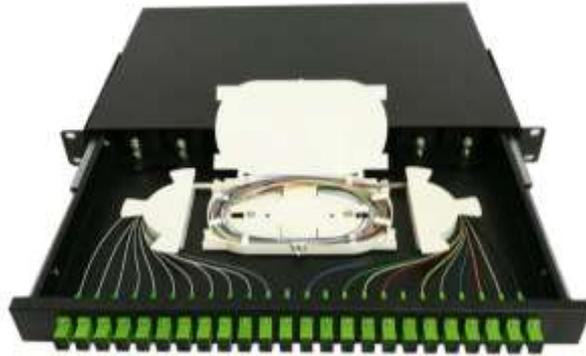


Figura 22. ODF de fibra óptica de 24 hilos fuentes Fibra Óptica

- **Cable Externo Fibra Óptica ADSS:** Fibra óptica especialmente para planta externa para la distribución que se realiza en los postes eléctricos, ofrece la resistencia por los materiales que está construido. El tipo de Cable de fibra se utiliza dependiendo de la población que se va abonar el servicio. El tipo de fibra que se utilizó en nuestra red es ADSS 12 hilos porque será suficiente para las cajas destinadas en la población.



Figura 23. Fibra óptica externo ADSS 12H fuente GEPON

- **Splitter o divisores ópticos:** Es un dispositivo que toma la señal principal y lo divide en varias señales. Ayudan a la distribución para varios canales, estos splitteo se realizan para que la señal llegue a las cajas NAP, en nuestra red se manejó 1x8 por las cajas NAP que contara el distrito de Huambo.



Figura 24. Splitter o Divisor óptico de 1x8 Fuente ISCE

- **Caja NAP:** Cajas con accesos a puertos que distribuyen la señal y permiten que transite la señal de internet, cada caja NAP cuenta con 16 puertos disponibles. La capacidad está destinada por la cantidad de población y por los clientes que se realizara la migración de la antigua red.



Figura 25. Cajas NAP Fuente Airwiz Perú

- **Cable de fibra óptica drop FTTH:** Es un cable más delgado y ligero, este cable se utiliza para realizar la conexión final a partir de la caja NAP hasta el usuario. Este cable solo cuenta con un solo hilo de fibra.



Figura 26. Cable drop FTTH Fuente Airwiz Perú

- **ONU Tplink (Optic Network Unit):** Permite el acceso de internet para la conexión de los dispositivos. La ONU del usuario va encriptado de PPPoE para la conexión de internet. La ONU cuenta con un puerto de fibra óptica llamada puerto GPON y puertos LAN.



Figura 27. ONU Tplink Fuente Tplink

Probar, Optimizar y Documentar la red

- **Despliegue de equipos de distribución- OLT**

Se realizó la simulación con los equipos de distribución OLT para ver el registro correcto de todos los usuarios que se van a registrar mediante la conexión al equipo Mikrotik para tener en cuenta la administración y gestión de los usuarios, para eso se utilizó un cable de red que irán conectados entre ellos.

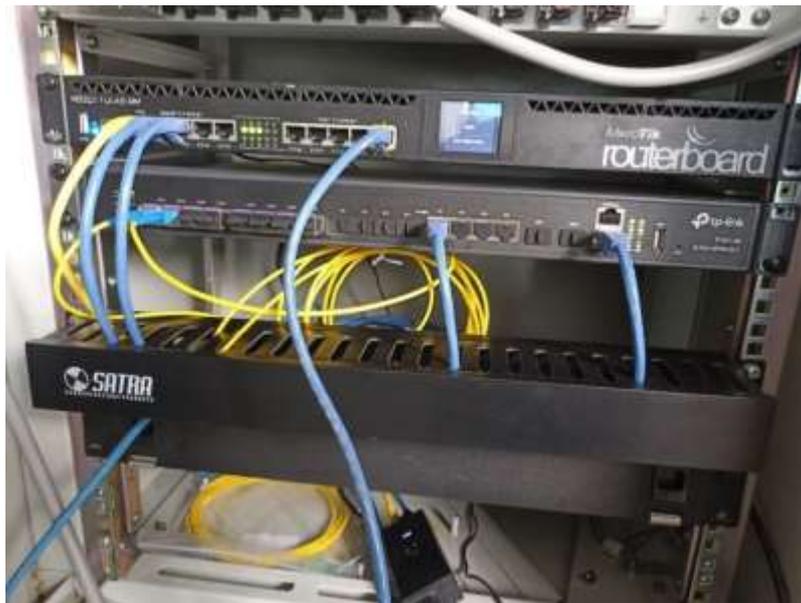


Figura 28. Conexión del equipo Mikrotik a la OLT

- **Despliegue de la red**

Para realizar las pruebas de la red se manejó la conexión entre la OLT con una potencia de salida (+5db) luego procedió a fusionarse con un splitter (1x8) de primer nivel que hace referencia a la oficina central.



Figura 29. Conexión de OLT al splitter primer nivel

- **Despliegue de la red de acceso**

Se procedió realizar un splitteo de segundo nivel 1:8 que simularan las cajas NAP, luego se conectara con un Patchcord a la salida de la ONU para luego realizar la medición de la potencia.



Figura 30. Medición de potencia óptica



Figura 31. Despliegue de la red de acceso

Como se visualiza en la imagen de despliegue de toda la red obtenemos una potencia de -19.67 db que será la potencia que tendrán las ONUs de los clientes, con un ingreso de +5db de la OLT se llegó a la conclusión que el diseño es correcto por que el presupuesto óptico según la normativa de la estandarización GPON el límite es -27db.

- **Manejo de Resultados**

Se realizó comprobar los resultados sujetos a los indicadores planteados en un inicio.

La primera está relacionada con el ancho de banda. Utilizo Speedtest para probar mi velocidad de Internet. Teniendo en cuenta que los enlaces de microondas o radio pueden superar los 15 Mbps, se puede ver que Internet de 60 Mbps proporciona más del 90% de la velocidad de la red.



Figura 32. Prueba de Speedtest

En la estabilidad del servicio se realizó un ping al servidor de Google para ver la pérdida de paquetes, se puede visualizar en la imagen que tiene un ping estable sin pérdida de paquetes.

```
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=40ms TTL=114
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=41ms TTL=114
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=41ms TTL=114
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=40ms TTL=114
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=40ms TTL=114
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=42ms TTL=114
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=41ms TTL=114

Estadísticas de ping para 8.8.8.8:
  Paquetes: enviados = 640, recibidos = 640, perdidos = 0
  (0% perdidos),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 39ms, Máximo = 77ms, Media = 42ms
Control-C
^C
```

Figura 33. Prueba de estabilidad de red

- **Optimización de Red**

- Según nuestras observaciones de prueba, la pérdida de gestión de energía en la salida de la red supera aproximadamente los 20 dB.
- Las mejoras en el acceso a la red se llevarán a cabo en dos fases: autorización a nivel OLT, autenticación en el dispositivo Mikrotik y finalmente autenticación PPPoE en la ONU.
- Gestión de políticas de seguridad del firewall, puede autenticar tanto la red principal como el cliente, y no hay ningún problema de ataque de red en la red.

Implementación de red

- **Planta externa**

El primer trabajo se inició con la instalación del gabinete que está en office central, gabinete fue instalado con los equipos tales como la OLT, Mikrotik, ODF.



Figura 34. Instalación del Gabinete y Equipos

Se procedió la implementación de OLT con estandarización GPON con abonados de 16 puertos para las instalaciones para los usuarios. Recordar que la salida es de + 5dbm de la OLT.

Finalmente se conectaron a un patchcord de EDFA (Amplificador óptico de fibra óptica) a la bandeja de la Distribuidor de fibra óptica (ODF) de tal modo que se puede alimentar a las cajas NAP.

- **Despliegue de la Fibra Óptica**

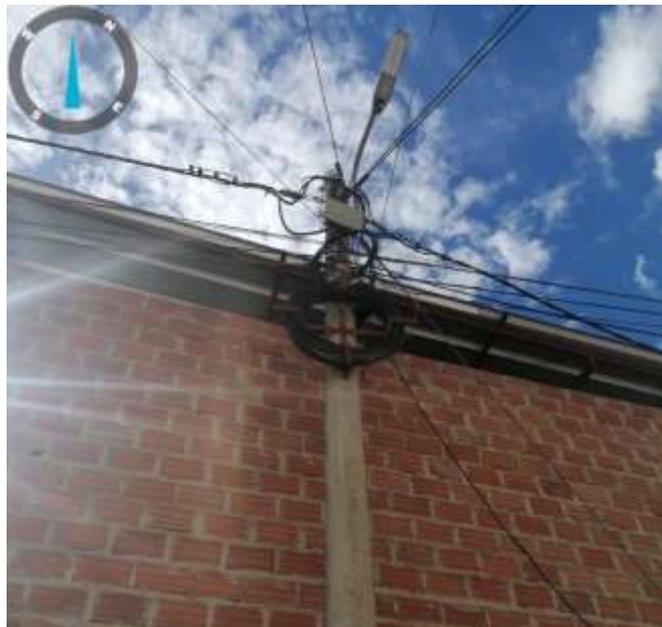
Posteriormente a las instalaciones de los equipos en el gabinete con las respectivas conexiones, se procedió el tendido de la fibra óptica ADSS 12H, donde cada puerto de la ODF se fusiona con cada un hilo de la fibra óptica que alimentaran a las cajas NAP.



Figura 35. Despliegue de la fibra óptica

- **Empalme de primer nivel**

Luego que se realiza el despliegue desde el gabinete o la central se realizó la alimentación de las MUFAS donde se realizan los empalmes de primer nivel 1:8 donde se inicia la ramificación para la conexión de las cajas NAP.



Figuras 36. Acondicionamiento de MUFAS

- **Fusiones o Empalmes**

Para los empalmes de la fibra primero se realiza sangra la fibra ADSS para poder llevar los hilos correspondientes que luego serán empalmados para cada caja NAP. La fibra ADSS de 12 hilos solo se empalmará 8 hilos, tal manera que lleguen a la caja NAP asignadas para la población.



Figura 37. Empalmes de las cajas NAP

- **Distribución de las cajas de acceso (NAP)**

Luego de realizar los empalmes de la caja NAP, luego se procedió al acondicionamiento de las cajas NAP en los postes de alumbrado públicos. Finalmente, se realizó el splitteo de segundo nivel donde se alimentó los 16 puertos de la caja NAP dejando con una la potencia bajo la normativa GPON que son de -19 dB y -21dB.



Figura 38. Distribución de las cajas NAP

- **Presupuesto óptico de las cajas de acceso (NAP)**

El presupuesto óptico de la potencia de la caja de acceso entre los niveles de alimentación y distribución.

Tabla 3

Presupuesto óptico de la caja NAP

Presupuesto	Total
Potencia Inicial	5
Perdida de conectores	0.70
Perdida de fusiones	0.5
Splitteo de primer nivel	10.1
Splitteo de segundo nivel	13.8
Atenuación por fibra	0.35
Total	-20.54

Nota: Presupuesto óptico de cajas NAP por planta externa

Monitorizar y Mejorar la red

En esta etapa se realizó el monitorio a través del sistema de Gestión de AIRWIZ PERÚ, para el monitoreo de la prolongación de la red y el ancho de banda del internet.



Figura 39. Sistema de administración del sistema y los usuarios

III. RESULTADOS

Se realizó el estudio de los resultados que se obtuvieron previo a implementación de la red FTTH basado estandarización GPON.

Los análisis se basan con las comparaciones de los indicadores propuestos al inicio de la investigación referentes a los clientes que estaban en la antigua red a la nueva red implementada.

- **Cantidad de números de quejas o reclamos**

El análisis está enfocado en el número de órdenes de servicio por reclamos que realizaron los clientes del servicio, los resultados que se obtuvieron en los meses que se brinda el servicio mediante microondas.

Tabla 4

Número de ordenes por reclamos bajo el servicio microondas

Mes	N° Ordenes de servicios por reclamos
Septiembre	103
Octubre	140
Noviembre	120
Diciembre	117
Total	480

Nota: Número de reclamos en los meses de septiembre y diciembre

Tabla 5

Número de ordenes por reclamos bajo el servicio de la red FTTH

Mes	N° Ordenes de servicios por reclamos
Enero	35
Febrero	25
Marzo	20
Total	70

Nota: Número de reclamos en los meses de enero y marzo

Evaluada las ordenes de servicio de reclamos según el mes, en el mes de diciembre las ordenes de reclamos en la antigua red llegaron a los 117 órdenes con respecto a 35 órdenes en enero, lo cual simboliza una reducción significativa del 70% con la nueva red FTTH.

Se utilizó la prueba de normalidad la prueba de Shapiro-Wilk con un nivel de significancia de 0.05, se utilizó el software IBM-SPSS.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MICROONDAS	,250	4	.	,963	4	,798
FTTH	,250	4	.	,953	4	,734

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 40. Prueba de normalidad - solicitud de reclamos fuente: IBM-SPSS

Se visualiza en la prueba de normalidad se obtuvo con un nivel de significancia 0.05 que significa que la implementación de la nueva red influyó positivamente en la reducción de quejas de los usuarios.

- **Tiempo de interrupción del sistema**

Para el análisis de este indicador que trató de las caídas masivas del servicio de internet entre los periodos de los cuatro últimos meses antes de implementar la red de fibra óptica, se recopiló información entre los meses de enero y abril.



Figura 41. Cuadro de comparación de caídas de servicio de internet

Como se visualiza en la figura 41 la caída de servicio de la red FTTH es un 13% es menor a las caídas que tenía el anterior servicio de microondas.

Con la prueba de normalidad a un nivel de significancia de 0.05 se obtuvieron los siguientes resultados

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MICROONDAS	,237	4	.	,939	4	,650
FTTH	,218	4	.	,920	4	,538

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 42. Prueba de normalidad - caídas masivas de servicio Fuente IBM-SPSS

Como se observaba en la prueba de normalidad realizada, se concluye que la ejecución de la red FTTH influye positivamente en la reducción de caídas masivas de la red.

- **Satisfacción del cliente**

El nivel de satisfacción del cliente se midió atreves encuesta realizada a la hora de realizar la migración a la nueva red.

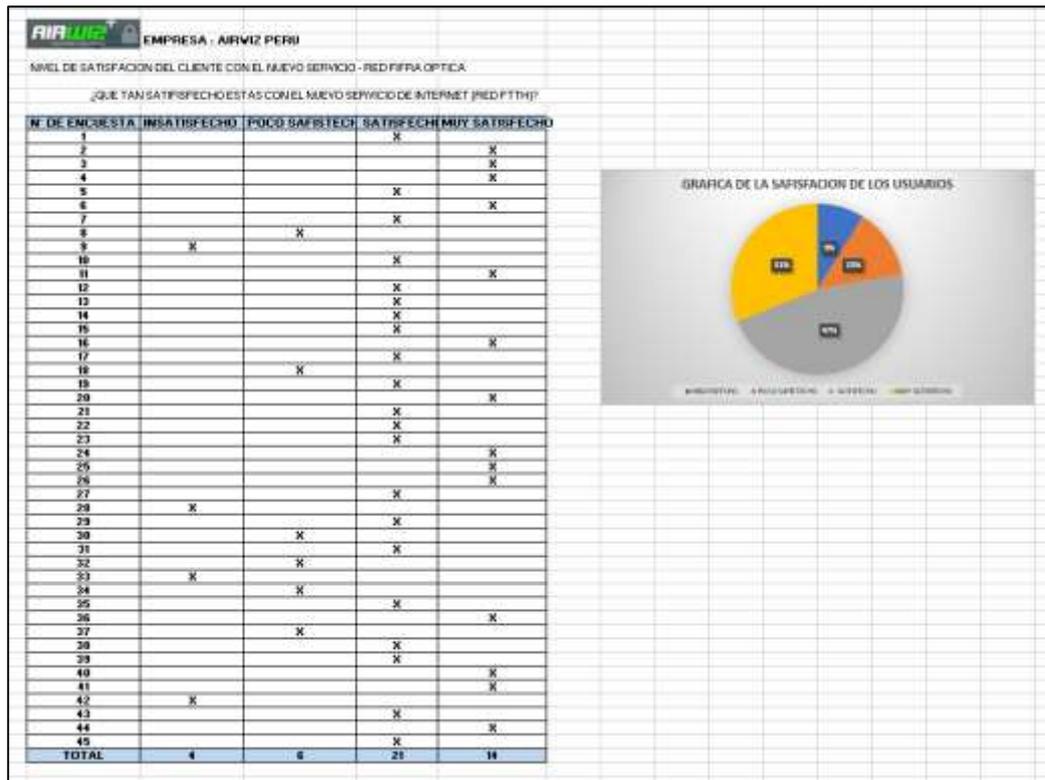
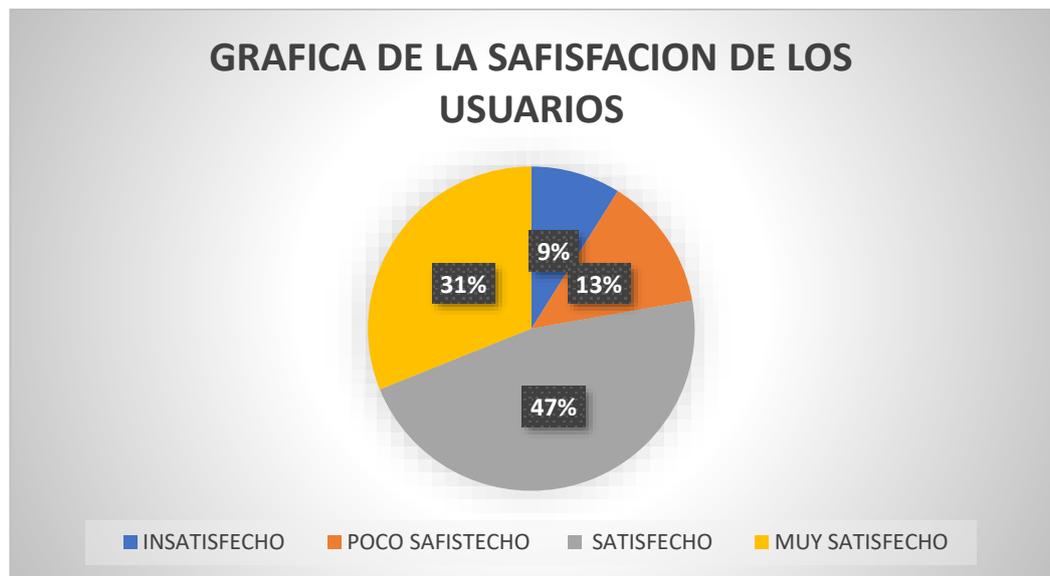


Figura 43. Gráfica de la encuesta de los usuarios

En la encuesta realizada a los usuarios se nota el nivel de aceptación y conformidad de ellos.



Como se muestra en la gráfica los 43 usuarios que se migró a la nueva red FTTH el 78% están satisfechos con el nuevo servicio.

IV. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados, tiene un impacto significativo en la calidad del servicio de Internet que se ofrece a los usuarios finales. En comparación con otras tecnologías de acceso a Internet, como el de microondas, la red FTTH ofrece ventajas clave que mejoran la experiencia de los usuarios en términos de velocidad, confiabilidad.

De lo expresado, se comprueba con el estudio del autor Carbajal, (2018) que enfoca su discusión en los beneficios de implementar una red FTTH, destacando su impacto positivo en la calidad del servicio de internet. Según Carbajal, el servicio de internet ofrecido mediante la red FTTH tiene un porcentaje en promedio de solo el 16% de reclamos referidos a la calidad del servicio de internet. Esto puede conducir a tener a los usuarios satisfechos y así puedan aumentar la productividad en el servicio.

Por otro lado, Chambengo (2021) se centra en el aspecto de la red FTTH y defiende el acceso universal a Internet de alta velocidad como un derecho básico para todos los ciudadanos. Chambengo argumenta que la ejecución de la red FTTH permitió disminuir los reclamos de órdenes de servicio en un valor porcentual de 70% de los usuarios de Cablered Perú. Él respalda que el sistema de red FTTH con estandarización GPON influye positivamente en la calidad del servicio de internet en la empresa Cablered Perú.

Finalmente, Sánchez (2021) resalta el estudio de la red de la empresa ALFATEL basada en orientada a radio enlace, determinó la existencia de muchas deficiencias, lo cual confirmó implementar una red FTTH como una solución inmejorable para mejorar la calidad de servicio de internet. Sánchez reconoce la red FTTH implementada, presenta características de eficiencia en cobertura para los clientes.

Al comparar los resultados de los tres autores, se puede concluir que la red FTTH es la mejor opción para brindar un servicio de internet estable.

1. Carbajal destaca un impacto positivo de la calidad de servicio de la red FTTH
2. Desde el punto de Chambengo resalta la importancia de la calidad de acceso al internet de alta velocidad para evitar deficiencia del servicio y brindar oportunidades equitativas para todos los ciudadanos.

3. En términos Sánchez destaca la importancia el despliegue de redes FTTH para minimizar deficiencias del internet.

Es evidente que la ejecución de la nueva una red tiene un impacto positivo en la calidad del servicio de Internet, proporcionando velocidades más rápidas, mayor confiabilidad, menor latencia y una experiencia de usuario más satisfactoria.

V. CONCLUSIONES

- La red FTTH influyó significativamente en el servicio de internet comparada a la antigua red de la empresa Airwiz Perú por que existe una reducción significativa de caída de servicio con un porcentaje aproximada del 87%.
- Se concluyó que la calidad del servicio de internet brindado por la red FTTH cuenta con un significativo porcentaje el 70% de reducción de reclamos por parte de los clientes.
- El número de averías que existían con el servicio y comparadas el mes de enero hasta marzo con respecto al número de averías que se tenía con la red Microondas, se ha logrado un 76% de disminución.

VI. RECOMENDACIONES

- Capacitación continua al personal que administraran una nueva red de fibra óptica para sus conocimientos básicos de ello.
- Instaurar un servicio de atención al cliente eficiente para solucionar sus problemas y consultas de manera efectiva, para la satisfacción del cliente.
- Realizar manteniendo preventivo y correlativo de los equipos instalados en planta externa de la red FTTH y los dispositivos de comunicación.
- Asegurase de que el núcleo de la red tenga la capacidad de escalar y manejar el aumento del tráfico de datos a medida que la cantidad de usuarios y dispositivos conectados aumente con el tiempo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, G., & Bautista, E. (2017). *Estudio comparativo sobre el sistema regulatorio en la ejecución y prestación de servicios ofrecidos en una red FTTH*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/1011>
- Carbajal, I. (2018). *Métodos de top Down*. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4912/Carbajal%20Carbajal.pdf?sequ>
- Chambergó, F. (2021). *Sistema de la red FTTH utilizando conjunto de técnicas Gpon para mejorar la calidad de servicio de internet en los clientes con la red EOC de la empresa Cablered Perú*. obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6751>
- Chayña, j. (2017). *Boceto de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa AMITEL S.A.C, Puno*. Obtenido de <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/us/>
- Espinosa, N. (2016). *Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x*. Obtenido de <https://oaji.net/articles/2017/1783-1483464784.pdf>
- Fs community (s.f) *redes Fttth*. Obtenido de <https://community.fs.com/es/blog/components-and-architecture-of-gpon> fthaccess-network.html
- Hernández Sampieri, C. (2018). *Diseños experimentales de investigación*. Obtenido http://online.aliat.edu.mx/adistancia/InvCuantitativa/LecturasS4/Hernandez_Sampieri_Cap._6_Disenos_Experimentales.pdf
- Meléndez, E. (2021). *Diseño y simulación de una red FTTH sobre GPON y la factibilidad de implementar el servicio de banda ancha en Monte Sinaí*. Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

- Membrillo, L. (2015). *Diseño de una red para proveer servicio de Internet de banda ancha FTTH a instituciones educativas en la localidad de Paramonga*. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/8196>
- Moral, A. (2020). *Despliegue de red FTTH en una población con baja densidad de habitantes*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11441/103310>
- Morales Aravalo, F. D., & Maisincho Anchapanta, M. V. (2019). *Diseño para la implementación de la red fth para el servicio de internet provisto por la empresa iplanet s.a. en yaruquí y tababela mediante la evaluación de estándares pon*. Ecuador: Quito.
- Ojeda, A. (2019). *Estudio y diseño de una red FTTH en un campus universitario y una vivienda residencial*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/854>
- Pérez, W. (2020). *Red FTTH para efectuar banda ancha en el distrito de Pomalca*. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8820?show=full>
- Saavedra, J. (2017). *Metodología top - Down para diseño de redes*. Obtenido de <https://juancarlossaavedra.me/2017/06/infografia-metodologia-top-down-para-el-diseno-de-redes/>
- Sánchez, J. (2021). *Desarrollo de la red FTTH con tecnología GPON de la empresa ALFATEL para la ciudad EL ANGEL Provincia del Carchi*. obtenido de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19785/1/UPS%20-%20TTS243.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

VARIABLE	DESCRIPCIÓN OPERATIVA	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO
Servicio de Internet	Están basadas en la Satisfacción del usuario con enfoque del servicio de internet apoyado en indicadores que manifiesten el estado del servicio	<ul style="list-style-type: none"> Calidad de servicio 	- Cantidad de número de quejas o reclamos -Tiempo de Interrupción del internet	-KPI de customer Support	Encuestas
		<ul style="list-style-type: none"> Latencia 	-Medición del Ping -Velocidad de subida de datos (internet) -velocidad de bajada de datos (internet)	-Ms (milisegundos) - Mbps (Megabits por segundo)	Speedtest
		<ul style="list-style-type: none"> Transmisión de datos 	-Velocidad de transmisión de datos de datos	-Mbps (Megabits por segundo)	Speedtest
		<ul style="list-style-type: none"> Satisfacción del cliente 	-Nivel de Satisfacción del cliente	-Likert	Cuestionario

ANEXO 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Formulación de problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Metodología	Población y muestra
¿En qué medida la red FTTH bajo estándar GPON permite enmendar la calidad de internet en Huambo?	<p>Objetivo General Determinar en qué medida una red FTTH bajo estándar GPON permite enmendar la calidad de servicio de internet en Huambo.</p> <p>Objetivos Específicos 1. Diseñar e implementar la red FTTH bajo el estándar GPON en el distrito de Huambo para los pobladores. 2. Identificar la cantidad de quejas previo y después de la culminación de la red FTTH. 3. Evaluar la latencia del internet en los usuarios previo y después a la ejecución de la red FTTH bajo el estándar GPON.</p>	Una red FTTH implementada bajo el estándar GPON mejorará el rendimiento del servicio de internet en los usuarios del distrito de Huambo en un 20%.	<p>Variable dependiente: Servicio de Internet</p> <p>Variable Independiente: Red FTTH</p>	Calidad de servicio	- Cantidad de número de quejas o reclamos	<p>Técnica: encuesta</p> <p>Instrumento: cuestionario</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Diseño: Pre experimental</p>	<p>Población: 45 personas.</p> <p>Muestra: 45 personas</p>
				Latencia	-Medición del Ping -Velocidad de subida de datos (internet) -velocidad de bajada de datos (internet)			
				Transmisión de datos	Velocidad de transmisión de datos de datos			
				Satisfacción del cliente	-Nivel de Satisfacción del cliente			

ANEXO 3. INSTRUMENTO DE CUESTIONARIO

La presente es una encuesta que tiene como propósito identificar la problemática de Infraestructura de red, por tal motivo agradecemos su colaboración y tiempo brindado para responder cada una de las siguientes preguntas del cuestionario.

Instrucciones: La presente encuesta es de carácter confidencial, agradecemos responder objetiva y verazmente. Lea detenidamente cada pregunta y marque la opción que considere correspondiente según la siguiente leyenda:

1	2	3	4	5
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

Cuestionario

N°	Calidad de servicio	1	2	3	4	5
1	Existe una precisión de la red con la que hay una correcta transmisión de datos por medio de la fibra óptica para un mejor servicio de internet.					
2	Existe una precisión de la red FTTH con la que hay una correcta transmisión de datos para una mejor calidad de servicio.					
3	Hay una correcta distribución de red según el área específica asignada que influya positivamente en la calidad de servicio.					
	Latencia					
4	Los problemas de eficiencia son mínimos ya que existe un buen calculo óptico de la red FTTH.					

5	Los porcentajes bajos de ping de latencia han resuelto los problemas de la lentitud de servicio.					
	Transmisión de Datos					
6	La transmisión de Datos en todo momento logra ser el adecuado según el número de peticiones.					
7	La topología de red es el adecuado para una mejor transmisión de datos para los usuarios.					
8	La red FTTH establecidas según las normas y estándares son las adecuadas para soportar una buena conectividad constante.					
	Satisfacción del cliente					
9	La calidad de servicio de internet es la óptima que implica que el usuario este satisfecho					

ANEXO 4. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN					OBSERVACIONES
			1	2	3	4	5	
Servicio de Internet	Calidad de servicio	Existe una precisión de la red con la que hay una correcta transmisión de datos por medio de la fibra óptica para un mejor servicio de internet.					X	
		Existe una precisión de la red FTTH con la que hay una correcta transmisión de datos para una mejor calidad de servicio.					X	
		Hay una correcta distribución de red según el área específica asignada que influya positivamente en la calidad de servicio					X	
	Latencia	Los problemas de eficiencia son mínimos ya que existe un buen calculo óptico de la red FTTH.					X	
		Los porcentajes bajos de ping de latencia han resuelto los problemas de la lentitud de servicio.					X	
	Transmisión de datos	La transmisión de Datos en todo momento logra ser el adecuado según el número de peticiones.					X	
		La topología de red es el adecuado para una mejor transmisión de datos para los usuarios.					X	
		La red FTTH establecidas según las normas y estándares son las adecuadas para soportar una buena conectividad contaste.					X	
	Satisfacción del cliente	La calidad de servicio de internet es la óptima que implica que el usuario este satisfecho					X	


Salvador López T
 Titular Gerente
 ARWIZ PERU E.I.R.L.

Chachapoyas, 24 de julio de 2023

INFORME DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. TÍTULO

Red FTTH para enmendar la calidad de servicio de internet en Huambo, 2023

II. NOMBRE DEL INSTRUMENTO

El presente cuestionario tiene como propósito identificar la problemática el diseño e implementación de la red FTTH en la ciudad de Huambo de la empresa Airwiz Perú.

III. TESISISTA

Bach. Hitler Chuquizuta Cuipal

IV. DECISIÓN

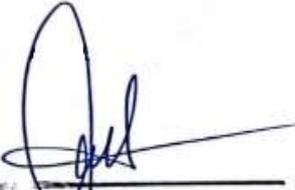
Luego de a ver revisado el instrumento de colección de datos, se procedió a validarlo teniendo en cuenta su forma, estructura y profundidad, por lo tanto, permitirá recoger información concreta y real de la variable de estudio.

APLICABLE (X)

NO APLICABLE ()

Chachapoyas, 24 de Julio de 2023

Firma del Experto



Salvador López T
Titular Gerente
AIRWIZ PERU E.I.R.L

ANEXO 5. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN					OBSERVACIONES
			1	2	3	4	5	
Servicio de Internet	Calidad de servicio	Existe una precisión de la red con la que hay una correcta transmisión de datos por medio de la fibra óptica para un mejor servicio de internet.					X	
		Existe una precisión de la red FTTH con la que hay una correcta transmisión de datos para una mejor calidad de servicio.					X	
		Hay una correcta distribución de red según el área específica asignada que influya positivamente en la calidad de servicio					X	
	Latencia	Los problemas de eficiencia son mínimos ya que existe un buen calculo óptico de la red FTTH.					X	
		Los porcentajes bajos de ping de latencia han resuelto los problemas de la lentitud de servicio.				X		
	Transmisión de datos	La transmisión de Datos en todo momento logra ser el adecuado según el número de peticiones.					X	
		La topología de red es el adecuado para una mejor transmisión de datos para los usuarios.					X	
		La red FTTH establecidas según las normas y estándares son las adecuadas para soportar una buena conectividad contaste.					X	
	Satisfacción del cliente	La calidad de servicio de internet es la óptima que implica que el usuario este satisfecho					X	



 Nilson Ilato Santos
 DNI: 47438409

Ing. de Telecomunicaciones

Chachapoyas, 24 de julio de 2023

INFORME DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. TÍTULO

Red FTTH para enmendar la calidad de servicio de internet en Huambo, 2023

II. NOMBRE DEL INSTRUMENTO

El presente cuestionario tiene como propósito identificar la problemática el diseño e infraestructura de la red FTTH en la ciudad de Huambo de la empresa Airwiz Perú.

III. TESISISTA

Bach. Hitler Chuquizuta Cuipal

IV. DECISIÓN

Luego de a ver revisado el instrumento de colección de datos, se procedió a validarlo teniendo en cuenta su forma, estructura y profundidad, por lo tanto, permitirá recoger información concreta y real de la variable de estudio.

APLICABLE (X)

NO APLICABLE ()

Chachapoyas, 24 de Julio de 2023

Firma del Experto



Nilson Hato Santos
DNI: 47438409

Ing. de Telecomunicaciones

EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS

