

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE RED DE TRANSPORTE CON TECNOLOGIA GPON
PARA BRINDAR INTERNET EN LA LOCALIDAD DE ATCAS,
YAUYOS, 2021**

TESIS

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

PRESENTADA POR:

Bach. ANDERSON ANÍBAL VÁSQUEZ MAGALLANES

Bach. JOSE MIGUEL QUISPE QUISPE

ASESOR: Ing. LUIS ALBERTO CUADRADO LERMA

LIMA-PERÚ

2021

DEDICATORIA

Esta tesis es para mis padres, Elvira y Hernando, pues sin ellos no lo habría logrado, gracias por brindar ese apoyo a pesar de las adversidades.

A mi esposa Elizabeth, por las motivaciones constantes para alcanzar mis metas.

Anderson Aníbal Vasquez Magallanes

Esta tesis es para mis padres, José y Juana, por su apoyo incondicional y por los consejos brindados.

A mi esposa Julissa, a mis hijos Antón y Miller, por ser el motivo de cada paso que doy hacia adelante.

Jose Miguel Quispe Quispe

AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento a nuestra casa de estudios por forjarnos en esta maravillosa carrera. Agradecemos a nuestro asesor, el Ing. Luis Cuadrado Lerma por su apoyo y asesoría en la presente investigación.

Por último, agradecer a todas aquellas personas que estuvieron con nosotros e impulsándonos a ser mejores personas día a día.

A todos ellos, Muchas Gracias

ÍNDICE GENERAL

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| RESUMEN..... | vii |
| ABSTRACT..... | 2 |
| INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 5 |
| 1.1. Formulación del problema y justificación del estudio..... | 5 |
| 1.1.1. Problema general..... | 8 |
| 1.1.2. Problemas específicos..... | 8 |
| 1.2. Objetivos..... | 8 |
| 1.2.1. Objetivo general..... | 8 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 8 |
| 1.3. Delimitación de la investigación..... | 8 |
| 1.3.1. Teórica..... | 8 |
| 1.3.2. Espacial..... | 9 |
| 1.3.3. Temporal..... | 9 |
| 1.4. Justificación e importancia..... | 9 |
| 1.4.1. Justificación..... | 9 |
| 1.4.2. Importancia..... | 10 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO..... | 11 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 11 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales..... | 11 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales..... | 15 |
| 2.2. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio..... | 17 |
| 2.2.1. Red de Transporte..... | 17 |
| 2.2.2. GPON..... | 18 |
| 2.2.3 Fibra óptica..... | 18 |
| 2.2.4. Fibra monomodo..... | 19 |
| 2.2.5. Arquitectura de redes FTTx..... | 19 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.6. Tipos de cables con fibra óptica para redes de transporte..... | 21 |
| 2.2.7. Esquema de red GPON | 22 |
| 2.3. Definición de términos usados | 23 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGIA DEL ESTUDIO..... | 25 |
| 3.1. Tipo de investigación | 25 |
| 3.1.1. Diseño de la investigación | 25 |
| 3.2. Nivel de investigación..... | 26 |
| 3.2.1. Población de estudio | 26 |
| 3.2.2 Diseño muestral..... | 26 |
| 3.3. Relación entre variables | 27 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 27 |
| 3.5. Procedimientos para la recolección de datos | 28 |
| 3.6. Anteproyecto | 28 |
| 3.6.1. Estructura Actual..... | 28 |
| 3.6.2. Elección del Equipamiento Adecuado | 29 |
| 3.7. Cálculo de Atenuación | 38 |
| 3.8. Análisis de la Latencia | 40 |
| 3.9. Dimensionamiento de la demanda | 42 |
| 3.10 Aspectos Económicos | 42 |
| 3.10.1. CAPEX..... | 42 |
| 3.10.2. OPEX | 44 |
| CAPÍTULO IV: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS..... | 46 |
| 4.1. Cronograma de actividades | 46 |
| 4.2. Presupuesto (asignación de recursos) | 47 |
| CONCLUSIONES..... | 48 |
| RECOMENDACIONES..... | 49 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 50 |
| ANEXOS..... | 53 |

| | |
|---------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1: Matriz de consistencia..... | 53 |
| Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables..... | 54 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Población mayor a 6 años que usa internet según área de residencia..... | 6 |
| Tabla 2 Técnicas e instrumentos de la investigación..... | 28 |
| Tabla 3 Tabla de comparación de equipos Firewall..... | 30 |
| Tabla 4 Tabla de comparación de equipos Switch..... | 31 |
| Tabla 5 Tabla de comparación de equipos UPS..... | 33 |
| Tabla 6 Tabla de comparación de equipos AP..... | 34 |
| Tabla 7 Comparación de equipamiento Media converter..... | 35 |
| Tabla 8 Comparación de equipo OLT..... | 36 |
| Tabla 9 Tipos de cable de fibra óptica..... | 38 |
| Tabla 10 Enlace de tramo Huantan - Atcas..... | 40 |
| Tabla 11 Dimensionamiento de la demanda de internet | 42 |
| Tabla 12 Costo CAPEX del proyecto..... | 43 |
| Tabla 13 Costo OPEX del proyecto..... | 44 |
| Tabla 14 Retorno de inversión..... | 45 |
| Tabla 15 Cronograma de actividades..... | 46 |
| Tabla 16 Asignación de recursos..... | 47 |
| Tabla 17 Matriz de consistencia interna..... | 53 |
| Tabla 18 Matriz de operacionalización de Variables - Variable Independiente..... | 54 |
| Tabla 19 Matriz de operacionalización de Variables - Variable Dependiente..... | 55 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura N°1 Población mundial con acceso a internet | 5 |
| Figura N°2 Población mundial con acceso a internet | 6 |
| Figura N°3 Estadística de suscripciones de internet periodo 2013-2017..... | 7 |
| Figura N°4 Concesiones para servicios de comunicaciones | 7 |
| Figura N°5 Red de transporte propuesta por Manojkumar v Singh, 2017..... | 12 |
| Figura N°6 Capas del modelo OSI..... | 13 |
| Figura N°7 Fases de diseño según Mvcek Pióro y Zotkiewicz..... | 14 |
| Figura N°8 Red de transporte de acceso | 18 |
| Figura N°9 Red GPON..... | 18 |
| Figura N°10 Partes de la fibra óptica | 19 |
| Figura N°11 Transmisión con fibra monomodo | 19 |
| Figura N°12 Diferentes tipos de redes FTTx | 20 |
| Figura N°13 Esquema de red GPON..... | 22 |
| Figura N°14 Esquema de red GPON resumida..... | 23 |
| Figura N°15 Diseño de la investigación..... | 25 |
| Figura N°16 Nivel de investigación..... | 26 |
| Figura N°17 Poblado de Atcas | 27 |
| Figura N°18 Arquitectura red móvil 2G..... | 29 |
| Figura N°19 Equipamiento Firewall marca Huawei modelo USG6305..... | 30 |
| Figura N°20 Equipamiento Switch marca Huawei modelo S1720-10GW-PWR-2P..... | 31 |
| Figura N°21 Equipamiento UPS marca Huawei modelo UPS2000-G-2kVA..... | 33 |
| Figura N°22 Equipamiento AP marca Huawei AP4051DN..... | 35 |
| Figura N°23 Media Converter marca Huawei HG8310M..... | 36 |
| Figura N°24 OLT marca Huawei modelo MA5608T..... | 37 |
| Figura N°25 Cable Fiberhome Adss 48 hilos Spam 200..... | 38 |

RESUMEN

En la presente investigación se planteó un diseño de red de transporte de conectividad de internet con fibra óptica tipo GPON (Redes ópticas pasivas Gigabyte), para la comunidad de Atcas, en marcado en el plan de crecimiento de conectividad de banda ancha para el territorio peruano.

La investigación de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, de nivel explicativo, planteó el diseño a partir de la información recabada en campo, para evaluar la situación actual en cuanto a la satisfacción de las redes de internet disponibles para las 512 personas que dan vida al lugar. De igual forma, se evaluó la estructura urbanística disponible y la disposición de las torres de las zonas aledañas para la programación del tendido aéreo. El principal instrumento que se utilizó es el software google Earth para la visualización de la geografía de Atcas, el cual nos brindó un archivo kmz donde se visualiza la proyección de los postes para el tendido de fibra óptica, y de Microsoft Project, para la planificación de la propuesta de ejecución.

Palabras Claves: Fibra óptica, Red de transporte, GPON, atenuación.

ABSTRACT

In the present investigation, a design of an internet connectivity transport network with fiber optic type GPON (Gigabyte passive optical networks) was proposed, for the Atcas community, in line with the broadband connectivity growth plan for the Peruvian territory.

The applied research, with a quantitative approach, of an explanatory level, proposed the design based on the information collected in the field, to evaluate the current situation regarding the satisfaction of the internet networks available for the 512 people who give life to the place. In the same way, the available urban structure and the disposition of the towers in the surrounding areas were evaluated for the programming of the overhead line. The main instrument used is the google Earth software for the visualization of the geography of Atcas, which gave us a kmz file where the projection of the poles for the fiber optic laying is visualized, and Microsoft Project, for planning of the execution proposal.

Keywords: Fiber optic, transport network, GPON, attenuation

INTRODUCCIÓN

El despliegue de infraestructura de telecomunicaciones juega un papel fundamental en el mundo actual ya que los servicios de telecomunicaciones han llegado a formar parte de nuestra vida diaria, el rápido Incremento del tráfico de datos que han experimentado las redes, ha ocasionado que muchas redes de transporte se vean saturadas. Más aun con la integración de las nuevas tecnologías.

La Banda Ancha forma parte de los parámetros de calidad para brindar servicios de telecomunicaciones eficientes, El proyecto de la RDNFO está orientado a promover la conectividad entre las distintas regiones del Perú, a su vez fomentar la inversión en servicios de telecomunicaciones transversalmente sobre el territorio peruano

Las implementaciones de FTTH han ganado mucha popularidad en los últimos años, principalmente debido a los numerosos servicios digitales que se ofrecen. Las redes FTTH se implementaron con éxito en diferentes ciudades de Europa, América del Norte y Asia. El despliegue de FTTH en Perú todavía es muy limitado. La mayoría de las redes de fibra óptica existentes son redes troncales de telecomunicaciones, que constituyen principalmente conexiones punto a punto. Para tomar decisiones profundas sobre la implementación de FTTH, se necesita un diseño con costos preciso, con suficientes detalles sobre las diferencias entre las implementaciones. La mayor demanda de mayor ancho de banda para servicios digitales mejorados, incluida la conexión de datos de alta velocidad, voz, video, etc., implica que los proveedores de servicios deben invertir en soluciones de vanguardia para seguir siendo competitivos expandiendo a zonas que demanden conectividad global.

La presente investigación desarrolla un diseño tomando en cuenta las condiciones urbanísticas de la zona de Atcas, tomando en consideración los equipos más comerciales disponibles en el Perú.

Para el estudio del problema, la presente investigación se ha estructurado por capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I: Se enfoca en el tema de investigación, describiendo el problema, la justificación y abordando la importancia de este estudio; también se exponen los objetivos a los cuales se desea llegar para dar una solución a la interrogante: ¿Cómo diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet en la localidad de Atcas, Yauyos, 2021?

Capítulo II: Exponemos estudios realizados y a sus autores los cuales nos ayudan con sus investigaciones a brindar bases teóricas de cada variable empleada. Se brinda la teoría necesaria para un mayor conocimiento sobre una red de transporte y sus dimensiones a tratar. Además, aportamos un listado de definición de términos básicos los cuales consideramos necesarios para la investigación.

Capítulo III: Desarrollamos el tipo de investigación que se emplea, siendo este de tipo explicativo debido a que no se implementara la solución de esta investigación. Además, se exponen los niveles de investigación de los cuales se entiende que este estudio es de nivel explicativo.

Capitulo IV: Se muestra la relación del equipamiento adecuado, así como las marcas y modelos que se van a utilizar para el diseño de nuestra red de transporte, considerando así la latencia, velocidad de transmisión y el ancho de banda.

Capítulo V: Se da conocimiento del trabajo realizado en un periodo de 24 semanas dentro de la investigación. Como también se da a conocer el detalle del presupuesto y gastos obtenidos durante todo el tiempo de la realización de la presente investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema y justificación del estudio

En la actualidad, donde el hombre se encuentra en un mundo globalizado y conectado, es esencial tener acceso a comunicaciones digitales, que le permitan tener acceso a las múltiples ventajas que ofrece el internet, por mencionar algunos ejemplos, la fácil y rápida disponibilidad de información, transacciones bancarias, trabajos home office, entretenimiento, redes sociales, entre muchos otros aspectos que son importantes para la sociedad moderna.

A pesar de lo importante del internet para la sociedad, es importante revisar la cantidad de personas que tienen realmente acceso a internet en el contexto internacional y nacional.

En el ámbito internacional, según cifras del banco mundial (2019), para el año 2017 solo el 48.99 % de la población mundial tiene acceso a internet, cifra que, aunque muestra un constante aumento desde el año 1996, indica que se está a mitad de camino de tener a la población mundial interconectada (ver figura N°1). Esto quiere decir que, para el mencionado año, de 7,509 mm de personas, solo 3,678.65 mm de individuos usan internet.

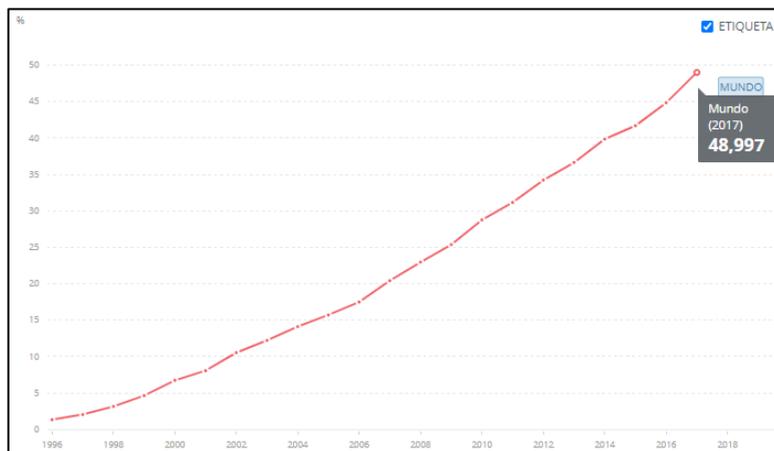


Figura N°1
Población mundial con acceso a internet
Fuente: banco mundial, 2019

Si se analiza la accesibilidad por regiones, según datos de estatista (2020), en Sudamérica solo 274.49 millones de personas tienen acceso a internet, lo que la ubica en la 6ta región con más acceso según se muestra la figura N°2.

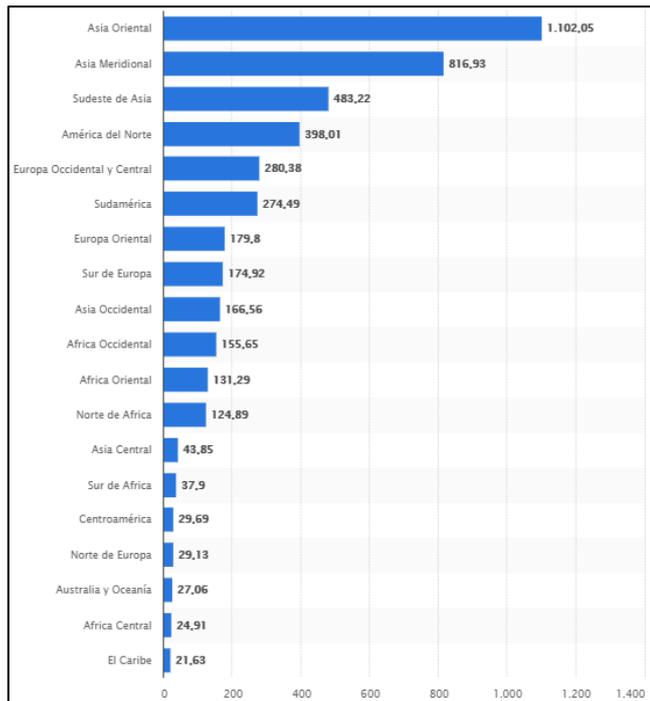


Figura 2
Población mundial con acceso a internet
Fuente: Banco mundial, 2019

Si se toma en cuenta el total de población, de 435 millones de personas, el 63.1 % tienen acceso a internet.

En el ámbito nacional, con base en la estadística del INEI (2018), el 52.6 % de la población tuvo acceso a internet. Del total indicado, el 72,2 % está concentrado en la población de Lima, mientras que solo el 14.3 % de las personas en áreas rurales poseen o tienen acceso (véase tabla 1).

Tabla 1
Población mayor a 6 años que usa internet según área de residencia
Fuente: INEI, 2018

Trimestre: Enero-Febrero-Marzo 2017 y 2018
(Porcentaje del total de población de 6 años y más de edad de cada área de residencia)

| Área de residencia | Ene-Feb-Mar 2017 | Ene-Feb-Mar 2018 P/ | Variación (Puntos porcentuales) |
|--------------------|------------------|---------------------|---------------------------------|
| Total | 52,6 | 51,0 | -1,6 |
| Lima Metropolitana | 72,2 | 70,9 | -1,3 |
| Resto urbano 1/ | 57,6 | 55,6 | -2,0 |
| Área rural | 14,3 | 13,2 | -1,1 |

El ministerio de transporte y comunicaciones (2019), en su último reporte anuario estadístico, indicó que, para el internet fijo, hubo decrecimiento de 7.6 % en el año

2019 con respecto al año anterior. Sin embargo, para el caso del internet móvil se registró un incremento de 5 % para el mismo periodo (véase figura N°3).

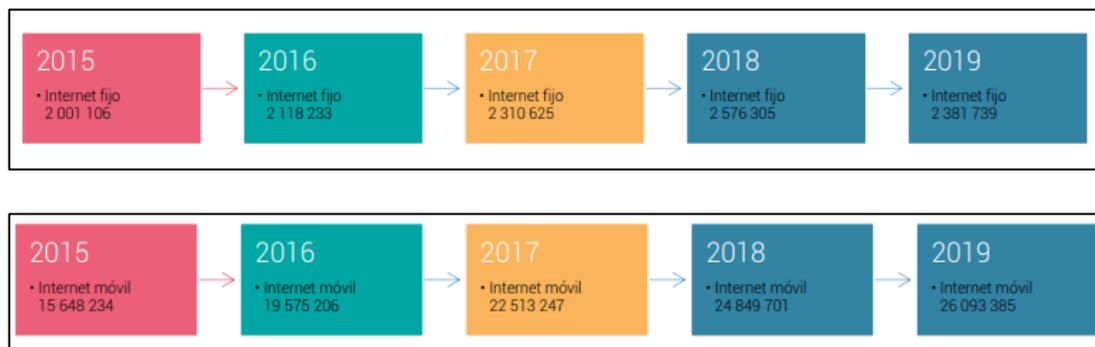


Figura N°3
Estadística de suscripciones de internet periodo 2013-2017
Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2017

Según datos mostrados en la figura N°4, Las concesiones de los servicios de comunicaciones vienen en crecimiento desde el año 2008, llegando a alcanzar un 6.8 % en los años 2015 al 2017.

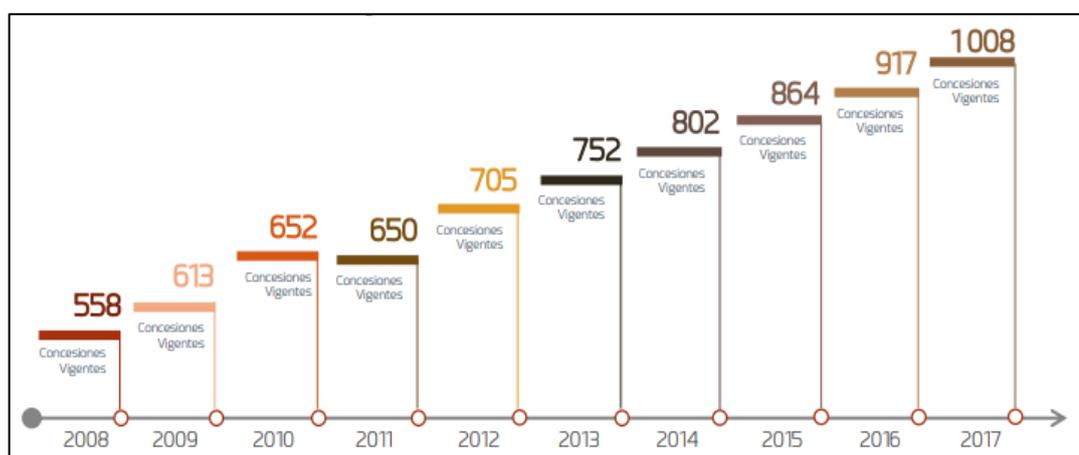


Figura N°4
Concesiones para servicios de comunicaciones
Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2017

En el ámbito local, Atcas, provincia de Yauyos, está ubicada dentro del Departamento de Lima, donde se concentra la mayor cantidad de proyectos de red de transporte en el Perú. A pesar de ello, la localidad no posee una red de transporte de fibra óptica para que los lugareños tengan internet fijo y móvil con mayor velocidad, transmisión de datos y voz

Con base en el contexto nacional e internacional planteado, se plantea la siguiente interrogante: ¿Es posible llevar a cabo una propuesta de diseño de una red de

transporte por medio del tendido de fibra óptica para la conectividad de internet libre en la localidad de Atcas-provincia de Yauyos?

1.1.1. Problema general

¿Cómo diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet en la localidad de Atcas, Yauyos, 2021?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cómo diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, analizando la velocidad de transmisión?
- ¿Cómo diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, teniendo en cuenta el ancho de banda?
- ¿Cómo diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, analizando el tiempo de latencia?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet en la localidad de Atcas, Yauyos, 2021

1.2.2. Objetivos específicos

- Diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, analizando la velocidad de transmisión.
- Diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, teniendo en cuenta el ancho de banda.
- Diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, analizando el tiempo de latencia.

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Teórica

El estudio está limitado al diseño de la red de transporte, no se extiende hacia los aspectos de la ejecución del proyecto.

1.3.2. Espacial

El estudio se desarrolla para las necesidades de la población de la localidad de Atcas, Yauyos.

1.3.3. Temporal

El estudio se limita a solo el diseño de la red de transporte, no considera la fase de implementación o ejecución.

Por otra parte, la empresa donde se desarrolla el trabajo se reserva el derecho de confiabilidad de información y datos, por políticas de privacidad en cuanto a la forma de diseñar red de transportes.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación

Desde el punto de vista social, una nueva red de transporte con fibra óptica brinda a los usuarios locales acceso a servicios de banda ancha a entidades públicas y privadas como hospitales, instituciones policiales, universidades, entre otros.

Desde el punto de vista tecnológico, el diseño de una red de transporte con tecnología GPON, impulsa el desarrollo de la comunidad de Atcas, a tener acceso a una red de ancho de banda de mayor rapidez y confiabilidad, para los lugareños. De igual forma, se provee un rápido acceso a cualquier tipo de información a los individuos que hacen vida en la comunidad objeto de estudio.

Desde el punto de vista técnico, las redes de transporte con fibra óptica tienen una gran capacidad de aplicabilidad en el sector de las comunicaciones, a distancias mucho mayores que las redes convencionales, con mayor ancho de banda, rapidez de bajada y subida de datos y voz. Es inmune a las interferencias electromagnéticas o estáticas, por lo que la señal no es interrumpida por interferencias externas. Otra facultad técnica, la fibra no produce emisiones electrónicas, por lo que puede compartir la funda con cables UTP, se elimina la preocupación de conexiones a tierras.

Otras ventajas técnicas de la red de transporte con fibra óptica es su fácil instalación, ocupa menos espacio en canalizaciones y almacenajes debido a que es un cable mucho más delgado y ligero, en comparación con el cable coaxial.

1.4.2. Importancia

El acceso a internet corresponde a un derecho humano, un derecho básico y fundamental, está ligado a la libertad de expresión, apertura a la educación y promueve el desarrollo local, dando mayor calidad de vida.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Khatiwoda y Dawadi (2021) indican en su trabajo titulado: “Un estudio sobre la implementación de FTTH y la migración en Nepal”, en la ciudad de Nepal, sobre la creciente demanda de datos de alta velocidad, la cual se traduce en una gran mejora de las diferentes tecnologías de telecomunicaciones a través de tecnologías alámbricas e inalámbricas. La arquitectura PON es más barata que otras arquitecturas debido a la asignación dinámica de ancho de banda y recursos comunes que pueden ser utilizados por diferentes suscriptores y especialmente para suscriptores domésticos. Como resultados, los investigadores indicaron que se presentó el escenario de implementación de FTTH en el contexto de Nepal. También se discutió un enfoque de implementación rentable y se recomiendan algunos enfoques arquitectónicos que son adecuados en función de la condición demográfica de Nepal. La red de transmisión de backhaul con enlace óptico es obligatoria para un servicio de mejor calidad de la red FTTH. Según los investigadores, indican que las arquitecturas discutidas se pueden modificar y diseñar en el futuro, así también la planificación integrada es necesaria para construir la infraestructura de telecomunicaciones. Mientras se planifica la infraestructura vial, la planificación de postes eléctricos, cable subterráneo, tendido de fibra en el costado de los puentes se llevará a cabo de manera conjunta.

Manojkumar y Singh (2017) en su publicación cuyo título es: “Diseño e Implementación de FTTH. Revista internacional de investigación de ingeniería y tecnología (IRJET)”, realizaron un diseño de fibra para el hogar (FTTH) en la India. El panorama de las telecomunicaciones ha madurado hasta convertirse en señalan que los operadores miran hacia arriba para ofrecer convergencia de red y permitir la revolución de la interacción de dispositivos de medios de consumo. Estas demandas están siendo satisfechas por la penetración más profunda de fibra óptica en redes de acceso, y creciente despliegue de fibra hasta el hogar (FTTH).

Como resultado, se presentó un diseño de red de transporte con FTTH para 1000 usuarios (Ver figura N°5).

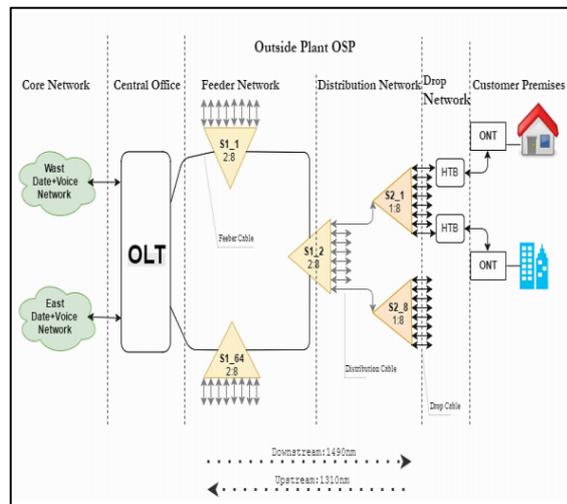


Figura N°5
Red de transporte propuesta por Manojkumar y Singh, 2017
Fuente: Manojkumar y Singh, 2017

La investigación aporta un proceso de implementación por fases, esenciales para la presente investigación, donde el diseño siguió un enfoque de abajo hacia arriba, en el que el tamaño de la red y sus componentes se define después de analizar los requisitos, el número de ubicaciones, la separación y la infraestructura disponible. El enfoque actual de la investigación y el desarrollo está atendiendo una amplia gama de demandas de los usuarios y reduciendo disparidades en los niveles de servicio.

Arriagada (2019) en su tesis para la obtención del grado de ingeniero civil electrónico cuyo título es: “Diseño de red de transporte para servicios móviles 5G” en Chile, un servicio de transporte de información está basado en 3 pilares en un plano usuario a) el acceso a la banda ancha; b) ofrecer servicios de elevada disponibilidad y de baja latencia y c) ofrecer servicios masivos de bajo requerimiento orientado. Este proyecto lleva una propuesta de red BH & FH a nivel del modelo OSI capa 2. (Véase Figura N°6).

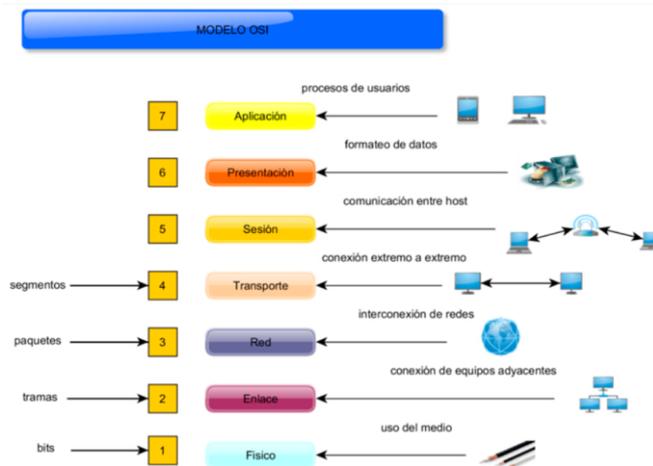


Figura N°6

Capas del Modelo OSI

Fuente: Comparación de modelos OSI y TCP/IP, 2018

Como conclusión señala a las interfaces de red que reconocen cuatro tipos de interfaz asociada a los elementos BEB, dos tipos de interfaces asociadas I) Como son la interfaz de cliente con función de lectura y mapeo, y las PIP que mapean tramas.

Tembo, Courant, Vaton, y Gosselin (2016), en su publicación titulada: “Un modelo probabilístico altamente adaptable para el autodiagnóstico de las redes de acceso GPON-FTTH”, señalan que los modelos de arquitectura y propagación de fallas de las redes de acceso FTTH (Fiber To The Home) basado en GPON (Red Óptica Pasiva con capacidad Gigabit). Este modelo se basa en una red bayesiana que codifica el conocimiento experto sobre la red de transporte y la red de conexión de los usuarios. El trabajo amplió el modelo diseñando un modelo de la red de distribución que se ajusta a las diversas técnicas de ingeniería de la red GPON-FTTH. Realizaron el autodiagnóstico de una red GPON-FTTH operativa en base a los modelos planteados.

Mycek, Pióro y Żotkiewicz (2018) llevaron a cabo una investigación denominada: “Modelo MIP para dimensionamiento eficiente de árboles FTTH del mundo real”, donde mostraron un modelo para un problema de dimensionamiento óptimo de equipos de la red de acceso óptico de fibra al hogar (FTTH-OAN). La optimización tiene como objetivo minimizar los gastos de capital relacionados con el despliegue de FTTH-OAN, es decir, el costo del equipo activo (OLT y tarjetas OLT), el costo del equipo pasivo (divisores ópticos, cables, fibras, terminaciones de fibras, empalmes, cierres), el costo de la

preparación del sitio (construcción, gabinetes) y el costo de la mano de obra necesaria (preparación de conductos y tendido de cables). La formulación ha sido implementada y validada. Se presentan resultados generales basados en experimentos numéricos seleccionados a escala del mundo real.

La investigación es relevante ya que muestra que una implementación de red se puede elaborar por fases, considerando los planos de señales de transmisión, planos de paquetes, planos de cableado y finalmente planos de estructuras. (Véase figura N°7).

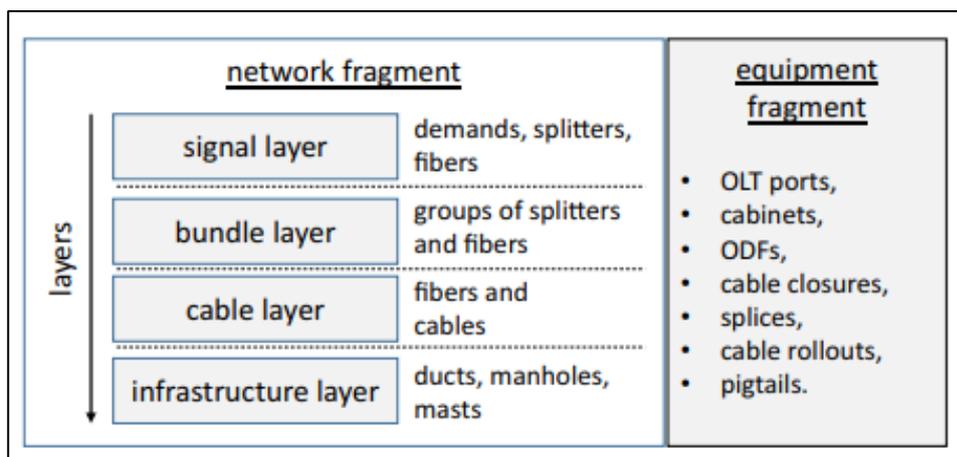


Figura N°7
Fases de diseño según Mycek, Pióro y Żotkiewicz
Fuente: Mycek, Pióro y Żotkiewicz, 2018

Schneir y Xiong (2016) en su publicación para la revista Telecommunications Policy titulada “Un estudio de costos de las redes de acceso de banda ancha fija para áreas rurales” mostraron que el despliegue de redes de acceso de banda ancha de alta capacidad en las zonas rurales de Europa va por detrás del de las zonas urbanas y suburbanas. El estudio evalúa las implicaciones de costos para el despliegue de redes de acceso fijo capaces de proporcionar a los ciudadanos capacidades de banda ancha descendente de 30 Mbps o 100 Mbps, que se han definido en la Agenda Digital Europea como objetivos que deberían cumplirse en 2020. Se empleó un modelo de costes para determinar el coste de una vivienda aprobada y el coste de una vivienda conectada a varias redes de fibra y cobre en zonas rurales. Se encontró que el costo de implementar una red fuera de una ciudad o aldea en un área rural es en promedio un 80% más alto que el costo de implementar la red en la ciudad o

aldea. Esta situación puede generar una brecha digital dentro de la misma zona rural. Para todos los geotipos analizados se identificó el siguiente orden de costos (en orden descendente): FTTH, FTTdp-Building, FTTdp-Street, FTTRN, FTTC y CO-VDSL. Dadas las grandes longitudes de distribución, los segmentos de alimentador y de caída requeridos, Mbps según se define en la Agenda Digital Europea. En general, es posible que los operadores necesiten crear una combinación de varias redes de acceso de banda ancha, debido a las importantes diferencias de costos entre las redes. Los formuladores de políticas deberán abordar varios temas para promover el despliegue de redes de banda ancha en áreas rurales: cómo se puede evitar la brecha digital dentro de un área rural; un Plan Nacional de Banda Ancha que aborde claramente la provisión de banda ancha en áreas rurales; elaboración de estudios sobre demanda de banda ancha en áreas rurales; y la evaluación de costos y capacidad técnica de redes inalámbricas en áreas rurales.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Trejo (2018) en su tesis de grado titulada “Diseño de un sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica para mejorar la red de comunicaciones en la ciudad universitaria de la universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz 2016”, realizó un diseño de sistema de telecomunicaciones con fibra óptica para mejorar la red de comunicaciones en la universidad de Santiago Antúnez de Mayolo, en Huaraz. Es un estudio de tipo descriptivo, no experimental, transversal, aplicó una encuesta a 364 personas entre alumnos y profesores del área objeto de estudio. Los resultados indicaron la necesidad de implementar un sistema de banda ancha con fibra. Posteriormente, se presentó el diseño de red de monomodo G.256.D de tecnología GPON con transporte DWDM, La interconexión con un backbone, en topología estrella con centro en el data center, de banda ancha para los edificios de las distintas facultades de la sede universitaria. Todo con un ancho de banda de 1087,46 Mbps.

Ramírez (2019) llevo a cabo una investigación de nombre: “Diseño de una red de FTTH para el acceso de banda ancha en el condominio Galilea – Castilla, utilizando tecnología GPON”. La investigación de tipo aplicada,

enfoque cuantitativo, no experimental, desarrollaron el diseño a partir de cálculos de la demanda potencial de datos de alta velocidad de carga y descarga, el cálculo de pérdidas, cantidad de equipos y cableado necesario, así como las rutas necesarias, para justificar el proyecto. Se explicó cómo se diseñó la red tomando en cuenta la capacidad para futuros suscriptores y la cobertura para el 80 % de las viviendas dentro del condominio.

La investigación anterior es fundamental, ya que tiene características similares en cuanto al tamaño del proyecto. En vista a que ambas muestras poblacionales tienen similar tamaño. Por lo que el proyecto en tal sentido tendría un punto de partida similar en cuanto a capacidades de la red de transporte.

De manera similar Pérez y Frías (2020) en su trabajo de ascenso cuyo título es: “Red FTTH para implementar banda ancha en el distrito de Pomalca” indicaron que el trabajo surge de la necesidad de los usuarios del distrito mencionado por obtener servicio de internet, a través de una encuesta. El instrumento utilizado revela que el 48.0 % de los usuarios encuestados en Pomalca estarían a pagar un servicio entre S/60 a S/80 mensuales por un servicio con velocidad de 120 a 140 Mbps. 33 % de usuarios de la zona de la Unión, se mostraron optimistas por adquirir un servicio de 70 a 120 Mbps. El desarrollo de la red de transporte se basó en la información mostrada en el plano catastral del distrito de Pomalca y en tecnología GPON. El desarrollo incluyó una simulación de la red de transporte, para cumplir con la demanda previamente medida, para 256 nodos en el sector de Pomalca y de 512 nodos para el sector de la Unión.

La investigación busca realizar un diseño de red de transporte, similar al descrito anteriormente. Dónde partieron de la información suministrada por las municipalidades relacionadas con las zonas de interés (Pomalca y la Unión) como lo son los planos catastrales. Dichos planos son esenciales para el diseño de los diagramas unifilares requeridos para la red FTTH.

Ríos y Quino (2020) presentaron una investigación titulada “Diseño de una red de acceso con tecnología FTTH para distribuir servicios de banda ancha en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia Tacna”, la cual no poseen acceso a este tipo de tecnología en la actualidad. La investigación de

tipo aplicada, no experimental, de enfoque cuantitativo. Desarrollar una red de transporte para 3034 usuarios ubicados en las asociaciones de viviendas de las Pampas de Viñani. Los resultados demostraron un proyecto factible, con un costo de inversión opex de S/ 869,101.67 y un flujo de caja positivo de S/ 1,534,920.00 anuales.

La investigación concluye que los despliegues impulsados por la demanda son menos riesgosos y, por lo tanto, más sostenibles. Por otro lado, los proyectos iniciados o financiados con fondos públicos obedecen a objetivos diferentes a los de la demanda y pueden ser insostenibles si no logran alcanzar las tasas de penetración planificadas (Ríos y Quino (2020)).

Nuñez (2019) en su tesis titulada “Diseño de una red de transporte sobre fibra óptica para incrementar la banda ancha de las regiones: Arequipa, Moquegua, Puno y Tacna”, realizó un diseño de una red de transporte que utilizará fibra óptica como medio de transporte, la cual será para brindar banda ancha y conectividad en los departamentos Arequipa, Moquegua, Tacna y Puno.

El proyecto estaba orientado a cumplir con objetivos que se declararon en las leyes 28295 y ley 29904, leyes en las cuales se basó el desarrollo de la tesis.

Realizaron un estudio demográfico de las regiones indicadas, para evaluar el desarrollo socio-económico lo cual permitirá diseñar el proyecto adecuadamente.

Finalmente identificaron la demanda sobre los servicios en base al tráfico de datos generado por el uso de Smartphone debido al crecimiento de la población además del crecimiento de las operadoras de servicios.

2.2. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.2.1. Red de Transporte

Nuñez (2019) Nos dice que una red de transporte es la que permite transportar información de una o varias personas desde un punto a otro u otros puntos de forma bidireccional o unidireccional. Lleva diversas clases de información de control de red, tales como la señalización e información. (véase figura N°8).

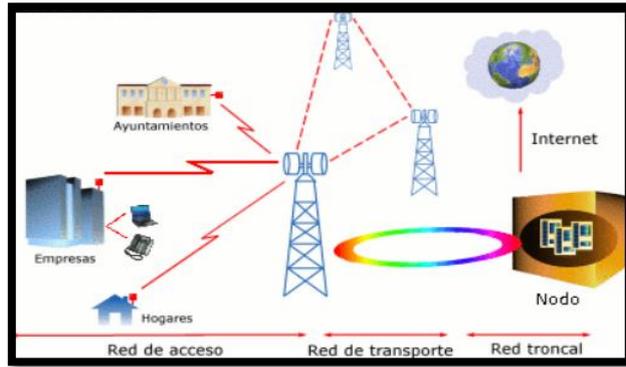


Figura N°8
Red de transporte de acceso
Fuente: Nuñez, 2019

2.2.2. GPON

Nuñez (2019), Nos indica que una red GPON es una red cuyo estándar, determinado por la ITU (International Telecommunication Union), da soporte a todos los servicios actuales como voz, datos y video con tasas de transferencia para tráfico. (véase figura N°9).

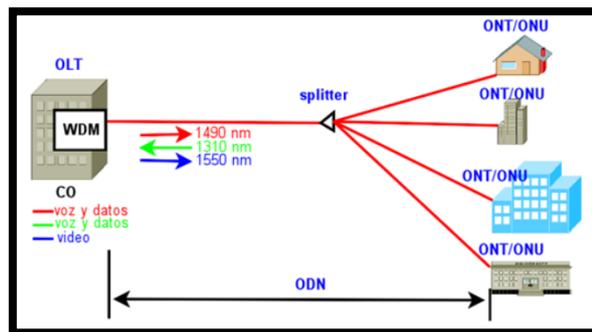


Figura N°9
Red GPON
Fuente: Nuñez, 2019

2.2.3 Fibra óptica

López (2016) indica que es un elemento de transmisión de datos y/o información. Compuesto por una fibra muy delgada de vidrio o silicio. El cable está compuesto por un manto, recubrimiento, tensores, chaqueta y núcleo. El cable transmite impulsos de luz que indican los bits, la intensidad de dicha luz, indica la diferencia de bits (véase figura N°10).

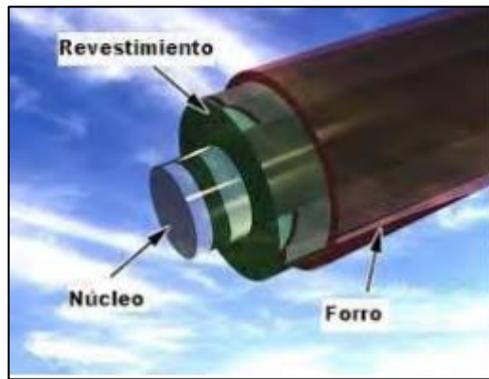


Figura N°10
Partes de la fibra óptica
Fuente: López, 2016

2.2.4. Fibra monomodo

López (2016) indica que la fibra monomodo tiene la capacidad de transmitir información a grandes distancias, aproximadamente de 300 km. Soporta un ancho de banda de hasta 100 GHz/Km. Se denominada monomodo porque el haz de luz transmitido viaja en línea recta con núcleos que van de los 5 mm a 8 mm, tal como se ilustra en la siguiente figura N°11.

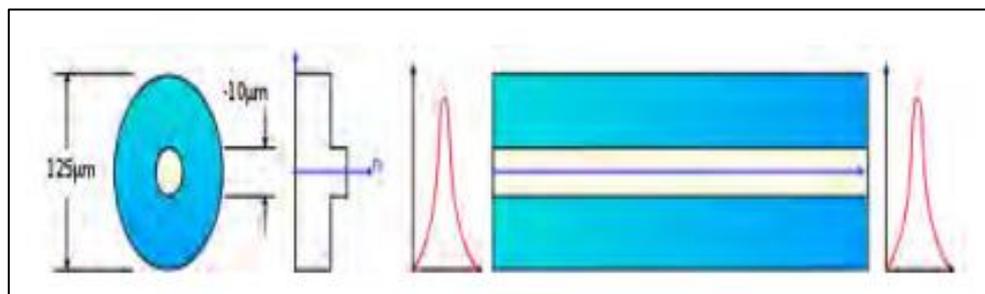


Figura N°11
Transmisión con fibra monomodo
Fuente: López, 2016

2.2.5. Arquitectura de redes FTTx

Las variaciones de las arquitecturas FTTx (del inglés *Fiber to the x*) básicas dependen del número de fibras, posición de los divisores (puntos de ramificación) y puntos de agregación. Elegir la correcta arquitectura de red a menudo genera un debate considerable, especialmente porque a menudo no hay una ganadora en el mercado actual, ya que las diferentes arquitecturas se adaptan a los diferentes requisitos de los operadores, negocios y prioridades técnicas (FTTH council, Europe, 2014).

a. Fibra hasta el hogar (FTTH).

Cada suscriptor está conectado mediante una fibra dedicada a un puerto en el equipo en el POP, o al divisor óptico pasivo, utilizando fibra de alimentación compartida al POP y transmisión 100BASE-BX10 o 1000BASE-BX10 para tecnología Ethernet o GPON (EPON) tecnología en caso de topología punto a multipunto.

FTTH es la red de transporte de fibra óptica que llega hasta el usuario final, o en otras palabras, llega a los domicilios, empresas, hospitales, instituciones etc. En el continente europeo y asiático, existen alrededor de 8 millones de hogares con esta tecnología. (Roebuck, 2011)

b. Fibra hasta el punto de distribución (FTTDp).

Esta solución se ha propuesto en los últimos dos años. Conectando el POP al Punto de Distribución a través del cable óptico y luego desde la Distribución apunta a las instalaciones del usuario final a través de la infraestructura de cobre existente. Los puntos de distribución pueden ser un Hand-hole, una caja de caída en el poste o ubicada en el sótano de un edificio. Esta arquitectura podría admitir tecnología VDSL para una última milla corta, normalmente menos de 250 m (véase figura N°12).

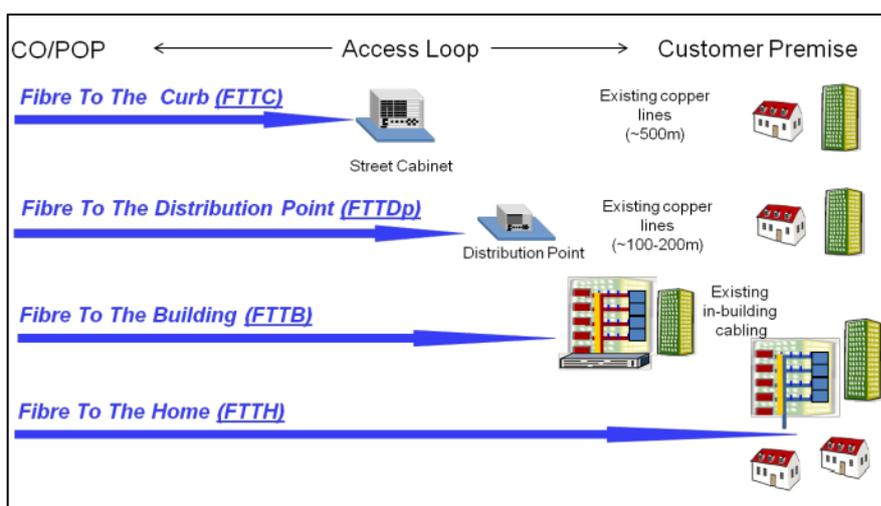


Figura N°12
Diferentes tipos de redes FTTx
Fuente: Manual FTTH council, Europe, 2014

2.2.6. Tipos de cables con fibra óptica para redes de transporte

El cable de fibra óptica se refiere al ensamblaje completo de fibras, miembros de resistencia y chaqueta. Los cables de fibra óptica vienen en muchos tipos diferentes, según la cantidad de fibras y cómo y dónde se instalarán. Elija el cable con cuidado, ya que la elección afectará la facilidad de instalación, empalme o terminación y, lo que es más importante, su costo. La fibra óptica tiene básicamente dos tipos de modos: modo único y multimodo. La fibra monomodo se utiliza en FTTH porque la fibra multimodo no admite las distancias y la velocidad necesarias. La fibra monomodo tiene un mayor ancho de banda de portadora que la fibra multimodo. La fibra monomodo tiene un núcleo dimensional más pequeño que el multimodo.

a. Cable alimentador.

El cable alimentador proporciona la mayor densidad de paquetes. La fibra monomodo se utiliza para el diseño de alimentadores de red FTTH. Las opciones de cable para los anillos de alimentación son 48F (tubo suelto, 6 amortiguadores de fibra x 8) y 12F (2 amortiguadores de fibra x 6). El cable alimentador se extiende utilizando otro cable 12F hasta el punto de entrada del edificio. Esta ruta se considerará como ruta de alimentación y el FDC con divisor S1 se instalará dentro del edificio. De 48 Fibras, 30 Fibras se utilizarán para S1, 6 Fibras se asignan para repuestos y 12 Fibras se reservan para mejoras futuras. El anillo de alimentación no debe superar los 4 km.

b. Cable de distribución.

Proporciona menos densidad de paquete que el cable de alimentación. El cable de distribución es un cable intermedio para conectar el subsistema del cable de alimentación y el subsistema del cable de acometida. 6F y 12F se utilizan para el cable de distribución. En la fibra de distribución 12F, 8F se usa para S2, 2F se asigna para repuestos y 2F se reserva para mejoras futuras y en la distribución 6F (3 Buffer X 2F), 4F se usa para el divisor S2, 1F se asigna para repuestos y 1F se reserva para futuras mejoras. El cable 12F se usa cuando hay más de 8 divisores S2 (64 hogares) en el segmento de distribución y el cable 6F se usa cuando hay 4 divisores S2 (32 hogares) en el segmento de distribución. El cable de distribución no debe superar los 400 m.

c. Cable de bajada.

Son de tamaño pequeño, muy cortos. El cable de bajada es de 1F / 2F, que se encuentra entre FAT y ONT (instalaciones del cliente). 1F es para caída en interiores y 2F es para caída en exteriores. El cable de caída no debe exceder más de 50 m. La longitud de cada pieza de cables de alimentación y cables de distribución se menciona en las reglas de diseño, así como la distancia entre dos pozos de registro, la distancia entre FAT y el pozo de registro y la distancia entre dos FAT. OTB (caja de terminales exterior) se utiliza cuando la longitud del cable de caída entre ONT y el punto de caída es superior a 50 m. OTB funciona como un repetidor cuando hay más HP en el mismo piso. Para brindar servicios FTTH a los clientes a precios asequibles, es necesario reducir tanto el costo de los sistemas de acceso óptico como los gastos asociados con la instalación de fibra óptica y hardware asociado al simplificar la instalación de cables de derivación ópticos, gabinetes ópticos y cableado interior.

2.2.7. Esquema de red GPON

Según el Manual FTTH council, Europe (2014), se muestra a continuación en la figura N°13 un esquema detallado y en la figura N°14 un esquema resumido de una red con tecnología GPON para internet.

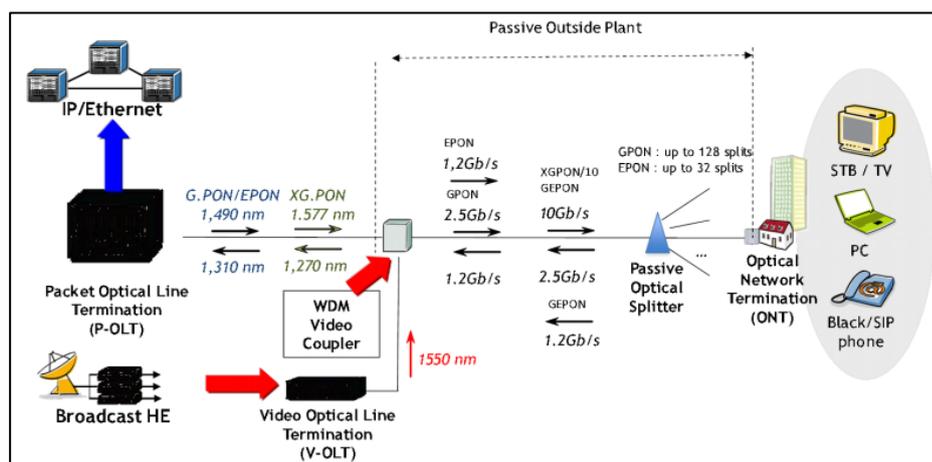


Figura 13
Esquema de red GPON
Fuente: Manual FTTH council, Europe, 2014

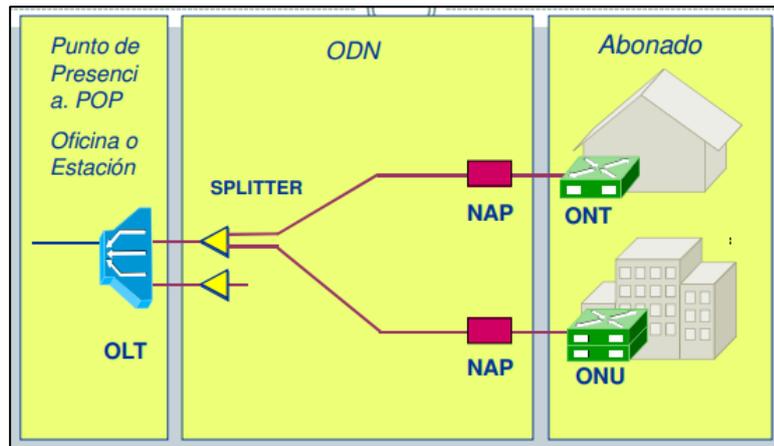


Figura N°14
 Esquema de red GPON resumida
 Fuente: Manual FTTH council, Europe, 2014

2.3. Definición de términos usados

Access Point (AP): Los llamados Access Point, son equipos hardware configurados en redes wifi y que hacen de intermediario entre el ordenador y la red. El Access Point o punto de acceso, hace de transmisor central y receptor de las señales Wireless en una red. (Alvitres, 2017)

Router: El Router, conocido también como enrutador o encaminador de paquetes, es un dispositivo que proporciona conectividad a nivel de red o nivel tres en el modelo OSI. Su principal función consiste en encaminar paquetes de datos de una red, es decir, interconectar subredes, entendiéndose por subred un conjunto de máquinas IP que se pueden comunicar sin la intervención de un encaminador y que por tanto tienen prefijos de red distintos. (Alvitres, 2017, p. 80)

Firewall: Un firewall o "corta-fuego", es un sistema que permite proteger a una computadora o una red de computadoras de las intrusiones que provienen de un tercero. Un firewall puede ser un programa (software) o un equipo (hardware) que actúa como intermediario entre la red local y una o varias redes externas. (Alvitres, 2017, p. 60)

FTTH: siglas del inglés *Fiber From The Home*, traducido como "fibra para el hogar" (Khatiwoda y Dawadi, 2021).

GPON: siglas del inglés *Gigabit Capable Passive Optical Network*, traducido como “Red óptica pasiva con capacidad de gibabyte”. Es un estándar de las redes PON para velocidades superiores a 1Gbps (Khatiwoda y Dawadi, 2021).

Ancho de banda: es la cantidad de flujo (cantidad por unidad de tiempo) de bits que pueden ser trasladados mediante canales de comunicación (Khatiwoda y Dawadi, 2021).

PON: Red óptica pasiva, es un sistema de cableado con fibra óptica. Está compuesta por una terminal de línea óptica (OLT) y varias unidades de red óptica (ONU), ubicadas de manera cercana a los usuarios finales. Esta última, también puede ser llamada ONT (del inglés *Optical network termination*) (Khatiwoda y Dawadi, 2021).

OLT (*Optical line Termination*): terminal de línea óptica, o su equivalente a un data center en una red de ethernet. (Pérez y Frías, 2020).

ONU (*Optical network unit*): es la encargada de convertir las señales ópticas en señales eléctricas en edificios o empresas. (Pérez y Frías, 2020).

ODN (*Optical distribution network*): es la red de distribución entre el OLT y el ONT u ONU. (Pérez y Frías, 2020).

Latencia: En redes informáticas de datos la latencia es la suma de retardos temporales dentro de una red. Un retardo es producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red. (Espinoza, 2018, p. 166)

CAPÍTULO III: METODOLOGIA DEL ESTUDIO

3.1. Tipo de investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) la investigación según los resultados buscados, es de tipo aplicada, en vista que se busca dar solución a un problema puntual y busca dar un aporte a un conjunto de personas. Según su enfoque, la investigación es de tipo cuantitativo, por las características de las variables de estudio y su facultad de medición. Según la fuente de datos, la investigación es de campo, donde se examina de forma directa el problema, existe interacción con el entorno para el registro de los fenómenos de interés (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

3.1.1. Diseño de la investigación

La investigación tiene un diseño no experimental, transversal, donde se enfoca en analizar estado de una o más variables en un instante de tiempo determinado (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). En la siguiente figura N°15 se resalta el diseño de investigación que precede la presente investigación.

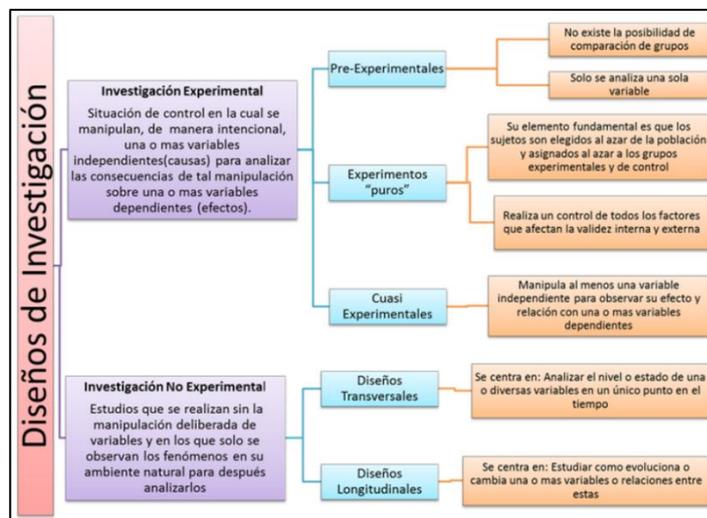


Figura N°15
Diseño de la investigación
Fuente: Hernández, Fernández y Baptista, 2014

3.2. Nivel de investigación

Según la siguiente figura N°16, la investigación tiene un nivel explicativo, donde se busca dar respuesta a las causas de un fenómeno físico, así como las condiciones que se manifiestan (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

| Alcance | Propósito de las investigaciones | Valor |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Exploratorio | Se realiza cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. | Ayuda a familiarizarse con fenómenos desconocidos, obtener información para realizar una investigación más completa de un contexto particular, investigar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados. |
| Descriptivo | Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. | Es útil para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación. |
| Correlacional | Su finalidad es conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular. | En cierta medida tiene un valor explicativo, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa. |
| Explicativo | Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables. | Se encuentra más estructurado que las demás investigaciones (de hecho implica los propósitos de éstas); además de que proporciona un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia. |

Figura N°16

Nivel de investigación

Fuente: Hernández, Fernández y Baptista, 2014

3.2.1. Población de estudio

La población está representada por los 512 habitantes residentes en la comunidad de Atcas, ubicado en el distrito de Huantan, provincia de Yauyos (128 hogares 1 centro educativo primario y un centro de salud). (IPerú, 2017)

3.2.2. Diseño muestral

La muestra está constituida por el 100 % de la población, en este caso por los 512 habitantes residentes en la comunidad de Yauyos. En la siguiente imagen se puede mostrar la distribución superficial de la muestra seleccionada. (Véase Figura N°17)



Figura N°17
Poblado de Atcas
Fuente: Google Maps

3.3. Relación entre variables

Variable independiente: Tecnología GPON

Variable dependiente: Internet

La investigación busca proveer internet de banda ancha para la comunidad de Atcas, a través de una red de transporte de fibra óptica con tecnología GPON.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la siguiente tabla 2, se muestra la técnica e instrumentos que se usó para la recolección de datos. El proyecto utilizó herramientas de ingeniería para el correcto diseño de la red de transporte, por lo que se llegó a requerir el apoyo de software para medición superficial y distancias. Así como los cálculos de atenuación de la fibra óptica para la transmisión de la información a través de la red.

Tabla 2
Técnicas e instrumentos de la investigación
Fuente: propia, 2021

| Técnica | Instrumento |
|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Medición distancias | Google Earth |
| Medición de requerimiento de internet | Encuesta INEI 2017 |
| Análisis de estructura urbanística | Mapa de urbanismos a traves de Google maps. |
| Cálculo de atenuaciones y perdidas | Microsoft Excel |
| Planificación de proyecto | Microsoft Project |

3.5. Procedimientos para la recolección de datos

La planificación estratégica de la red se dividió en dos aspectos fundamentales. El primero en el diseño de la red de alto nivel. El segundo, es referido al diseño detallado de la red.

El diseño de redes de alto nivel es la fase en la que se toman decisiones estructurales para una zona de planificación geográfica. Estos incluyeron la ubicación de elementos de red. (Puntos de distribución, ramales, etc.) y decisiones de conectividad (qué ubicación sirve a un área particular) y una lista preliminar de materiales, incluida la longitud de instalación de los cables y conductos, así como cantidades para los distintos tipos de hardware. El objetivo es generar el plan de red de menor costo dentro de los límites de las decisiones estratégicas tomadas en la fase de planificación previa.

El diseño detallado de la red es el paso final de la planificación y el punto en el que el plan de "construcción" es generado. Esto incluye la documentación de la red que se puede pasar a ingeniería, departamentos o empresas constructoras de terceros.

3.6. Anteproyecto

3.6.1. Estructura Actual

En la actualidad la localidad de Atcas - en el distrito de Huantán - Provincia de Yauyos no se cuenta con ningún tipo de servicio de internet libre

ya sea fijo o inalámbrico, de ninguna tecnología y de ningún operador. Existiendo únicamente las redes celulares de tipo 2G. (Ver Figura N°18)

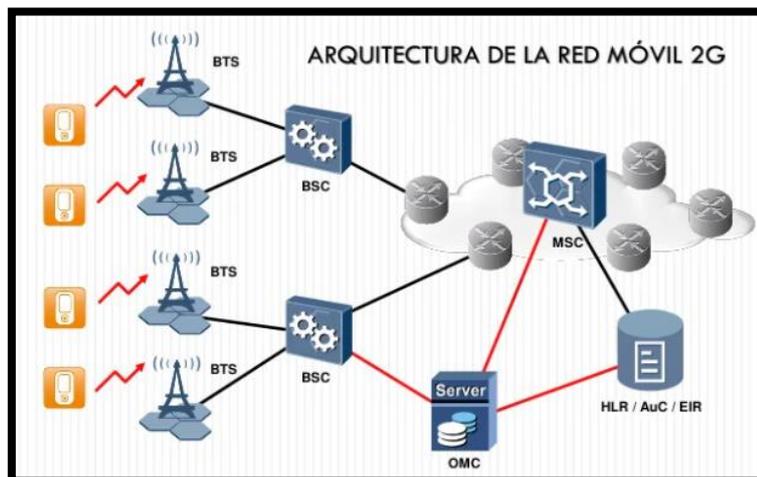


Figura N°18
Arquitectura red móvil 2G
Fuente: Universidad Politécnica de Madrid

3.6.2. Elección del equipamiento adecuado.

Para la elección del equipamiento adecuado se tomaron en cuenta diversas características para proveer de un internet libre, características como estabilidad, velocidad de transmisión, latencia controlada y un sistema de alimentación de energía ininterrumpida. Se realizó una minuciosa elección entre diversas marcas, marcas como Cisco, Motorola, Huawei y eligiendo entre todas ellas a la marca Huawei en todos nuestros equipos para generar compatibilidad entre ellos además que ofrecen un gran respaldo post venta, tienen una gran cartera de servicios y que actualmente es una marca utilizada por varios operadores que la respaldan, operadores como América Móvil, Entel, entre otros.

a) Elección de Firewall.

En la elección del Firewall se tomaron tres modelos como se muestra en la siguiente tabla 3, para la elección final consideramos las interfaces necesarias para la utilización del mismo, el consumo de energía del equipo, características como prevención de intrusos y filtrado de URL, eligiendo como el equipo ideal al Huawei USG6305 (Véase Figura N°19)

Tabla 3
 Tabla de comparación de equipos Firewall
 Fuente: Elaboración Propia

| Equipos | USG6305 | USG6310S | USG6320 |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| Interfaces Fijas | 4 x GE | 8 x GE | 8 x GE |
| USB 2.0 Port | Soporta | Soporta | Soporta |
| Factor de forma / altura | Escritorio | | |
| Fuente de Alimentación | Adaptador de corriente extremo, 24W | Adaptador de corriente extremo, 36W | |
| Fuente de Alimentación AC | 100V to 240V, 50 Hz/60Hz | | |
| Protección Integrada | Integra firewall, VPN, prevención de intrusiones, antivirus, prevención de fugas de datos, administración de ancho de banda y funciones de filtrado de URL, proporciona una vista de configuración global y administración de políticas integrada. | | |
| Identificación y Control de Aplicaciones | Identifica aplicaciones comunes, admite el control de acceso específico de la aplicación, combina la identificación de aplicaciones con prevención de intrusiones, antivirus y filtrado de datos para mejorar el rendimiento y la precisión de la detección | | |



Figura N°19
 Equipamiento Firewall marca Huawei modelo USG6305
 Fuente: Huawei Productos

b) Elección Switch.

Para la elección del switch elegimos el equipo de tres modelos en específico en donde se dio a resaltar las características de cantidad de puertos disponibles, consumo de energía y precio. Del listado de tres equipos Ver tabla 4 se eligió al modelo S1720-10GW-PWR-2P Ver figura N°20 ya que este nos entregaba la cantidad de puertos ethernet suficientes para implementar un aula de clase, así como un consumo de energía moderado, además de su velocidad de transmisión y el precio económico.



Figura 20
Equipamento Switch marca Huawei modelo S1720-10GW-PWR-2P
Fuente: Huawei Productos

Tabla 4
Tabla de comparación de equipos Switch
Fuente: Elaboración Propia

| S1720-10GW-PWR-2P Specification | S1720-28GFR-4TP Specifications | S1728GWR-4P-AC Specifications |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Descripción | Tipo | |
| S1720-10GW-PWR-2P(8 Ethernet 10/100/1000 PoE+ ports,2 Gig SFP,124W PoE AC 110/220V) | Huawei S1700 Web/SNM P-based Switch | Huawei S1700 Web-managed Switch |

| | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Atributos de software y hardware | Hardware | Puertos de enlace descendente | 24 Ethernet 10/100/1,000 ports | 24 Ethernet 10/100/1,000 ports |
| Línea de producto | Enterprise Networking | Puertos de enlace ascendente | 4 Gig SFP ports, 2 combo 10/100/1,000 Base-T Ethernet ports | 4 Gig SFP |
| Familia de productos | Campus Switch & WLAN | Tabla de direcciones MAC | 16K MAC | 8K MAC |
| Sub Familia de productos | Fixed Switch | Dimensiones en mm (W x D x H) | 442 x 220 x 43.6 | 442 mm x 220 mm x 43.6 mm |
| Serie de productor | S1700 | Ingreso de voltaje | 100V to 240V AC, 50 Hz/60 Hz | 100V to 240V AC, 50 Hz/60 Hz |
| UOM | PCS | EEE | Supported | Supported |
| Peso del paquete (kg) | 2.9 | Consumo de potencia | < 24.3W | < 15W |
| Volumen del paquete (m ^ 3) | 0.015458 | Temperatura de funcionamiento | 0m to 1,800m: 0°C to 50°C | 0°C to 45°C |
| Dimensión del paquete (D*W*H mm) | 452*380*90 | | 1,800m to 4,000m: Decreases 1°C for every 200m increase in altitude | 5% to 90% |
| Poder típico(W) | 150.1 | Humedad (sin condensación) | 5% to 95% | Fan-free natural heat dissipation |

c) Elección UPS.

Para la elección del UPS la principal característica que se evaluó fue la de que el almacenamiento de energía vaya de acuerdo a los equipos que iba a alimentar, así como la eficiencia y peso. En la siguiente Tabla 5 se puede

observar los modelos entre los que se eligió y se muestra la figura N°21, donde se aprecia el equipo elegido UPS2000-G-2kVA.

Tabla 5
 Tabla de comparación de equipos UPS
 Fuente: Elaboración propia

| Modelo | | UPS2000-G-1kVA | UPS2000-G-2kVA | UPS2000-G-3kVA |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Capacidad nominal | | 1 kVA/0.8 kW | 2 kVA/1.6 kW | 3 kVA/2.4 kW |
| Entrada y salida | | 1-in:1-out | 1-in:1-out | 1-in:1-out |
| Voltaje nominal | | 200 V, 208 V, 220 V, 230 V, and 240 V AC | | |
| Voltaje de la batería | Estándar | 24 V DC | 48 V DC | 72 V DC |
| | Copia de seguridad larga | 36 V DC | 72 V DC | 96 V DC |
| Factor de potencia de salida | | 0.8 | | |
| Eficiencia | | 88% | 89% | 90% |
| Ruido | | < 50 dB | | |
| Dimensiones | Estándar | 88 mm x 438 mm x 310 mm | 86 mm x 438 mm x 410 mm | 88 mm x 438 mm x 630 mm |
| H x W x D | Long Backup | | | 88 mm x 438 mm x 410 mm |
| Comunicaciones | | USB and RS232 (opcional RS485, contacto seco, and SNMP) | | |





Figura N°21
 Equipamiento UPS marca Huawei modelo UPS2000-G-2Kva
 Fuente: Huawei Productos

d) Elección de Acces Point.

Para la elección del Acces Point se evaluó los puntos de radio de cobertura, sistema de energía, tasa de transferencia y volumen del equipo. Se evaluó entre dos modelos (Ver tabla 6) ambos de la marca Huawei donde después de la elección no inclinamos por el modelo AP4051DN (Ver Figura N°22).

Tabla 6
 Tabla de comparación de equipos AP
 Fuente: Elaboración Propia

| Especificación | AP4051DN | AP4151DN |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|
| Dimensiones (alto x ancho x Alto) | 35mm x 170mm x 170mm | 35mm x 170mm x 170mm |
| Potencia de entrada | Cc: 12V ± 10% | |
| | Fuente de alimentación PoE: compatible con | |
| | Isuzu 802.3af/at | |
| Potencia máxima de consumo | 12,3 W | |
| Temperatura | -10 °C a 50 °C | |
| Tipo de antena | Construido-en antenas | Las antenas externas |
| | (Ancho horizontal 360 °) | (Ancho horizontal 360 °) |
| Número máximo de usuarios concurrentes | ≤ 256 | |
| Máxima potencia de transmisión | 2,4G: 23 dBm (potencia combinada) | |
| | 5G: 23 dBm (potencia combinada) | |
| | Nota: la potencia de transmisión real | |

| | |
|-------------------------|---------------------------------------------|
| | Depende de las leyes y regulaciones locales |
| MIMO: flujos espaciales | 2x2:2 |
| Radio protocolos | 802.11a/b/g/n/ac wave2 |
| Tasa máxima | 1.267 Gbit/s |



Figura N°22
Equipamiento AP marca Huawei AP4051DN
Fuente: Productos Huawei

e) Elección de media converter.

Para la elección del conversor de medios elegimos entre dos marcas (Ver tabla 7), donde la característica más resaltante para la elección fue la de la velocidad de subida y bajada por el cual se optó por el conversor de medios de marca Huawei modelo HG8310M (Ver figura N°23) con tecnología Gpon.

Tabla 7
Comparación de equipamiento Media converter
Fuente: Elaboración Propia

| MODELO | HUAWEI HG8310M | JT COM – F8211 |
|---------------|-------------------------------------|----------------------------|
| PON interface | 1 Gpon interface óptico | |
| | Cumple con el estándar de clase b + | |
| | Upstream 1.244 Gbps | Determinado por modulo sfp |
| | Downstream its 2.488 Gbps | Determinado por modulo sfp |
| | SC Fibra monomodo | Monomodo |

| | | |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| | relación de división 1:64 | |
| | Distancia de transmisión 20Km | |
| User Ethernet Interface | 1*10/100/1000M auto-negotiation | 10/100/1000 Mbps |
| | Full/half duplex mode | Full duplex or half-duplex |
| | RJ45 connector | |
| | Auto MDI/MDI-X | |



Figura N°23
Media Converter marca Huawei HG8310M
Fuente: Productos Huawei

f) Elección de OLT

Para la elección de la OLT se escogió de 4 modelos (Ver tabla 8) distintos donde la principal característica para su elección fue la velocidad de transmisión, así como la capacidad de acceso. Por tal motivo de escogió la Olt (Terminal de línea óptica) de modelo MA5608T. (Ver figura N°24)

Tabla 8
Comparación de equipo OLT
Fuente: Elaboración Propia

| Model | MA5600T-ETSI | MA5600T-IEC | MA5603T | MA5608T |
|---------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Configuración | control board: 2 | control board: 2 | control board: 2 | control board: 2 |
| | Service board: 16 | Service board: 14 | Service board: 6 | Service board: 2 |
| | Universal Interface board: 1 | Universal Interface board: 1 | Universal Interface board: 1 | Power interface board: 1 |
| | Upstream interface board: 2 | Upstream interface board: 2 | Upstream interface board: 2 | |

| | | | | |
|-----------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|
| | Power interface board: 2 | Power interface board: 2 | Power interface board: 2 | |
| Capacidad de conmutación del bus de backplane | 3.2Tbit/s | | 1.5Tbit/s (H801MABO) | 720Gbit/s |
| | | | 2Tbit/s (H802MABO) | |
| Capacidad de Acceso | • 128*10G GPON | • 112*10G GPON | • 48*10G GPON | • 8*10G GPON |
| | • 256*GPON | • 224*GPON | • 96*GPON | • 32*GPON |
| | • 768*GE/FE | • 672*GE/FE | • 288*GE | • 96*GE |
| Puerto de enlace ascendente máximo | • 4*GE | • 4*GE | • 4*GE | |
| | • 4*10GE | • 4*10GE | • 4*10GE | |



Figura N°24
 OLT marca Huawei modelo MA5608T
 Fuente: Productos Huawei

g) Elección de Cable de Fibra óptica

Para la elección del cable de fibra óptica hemos buscado diversas características que se relacionen con la geografía del lugar donde se diseñó el proyecto, características como temperatura de operación, spam y de que exista el producto actualmente en Perú y que sea de fácil adquisición. Hemos realizado la comparación de dos tipos de Cable. (Ver tabla 9). Se escogió el cable de marca Fiberhome (Ver figura N°25) por sus

características altamente favorables considerando la geografía donde se proyectó el diseño.

Tabla 9
Tipos de cable de fibra óptica
Fuente: Elaboración Propia

| Modelos | CABLE FIBRA FIBERHOME ADSS 48 | CABLE DE FIBRA FURUKAWA ADSS 48 |
|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Temperatura de Operación | -20C a 65 C | -10C a 50 C |
| Resistencia | 1000N | 800N |
| Tipo | G652D | G652D |
| Spam | 200 | 120 |
| Carrete | 5kM | 4kM |

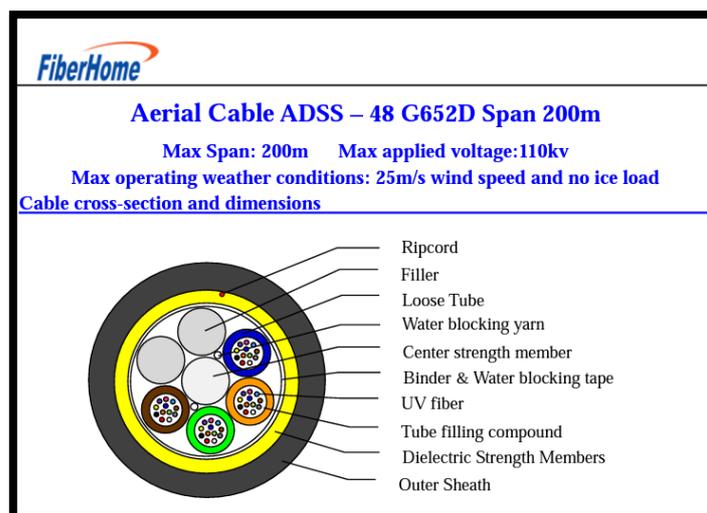


Figura N°25
Cable Fiberhome Adss 48 hilos Spam 200
Fuente: Productos Fiberhome

3.7 Cálculo de Atenuación

Para el cálculo de niveles de potencia sobre los enlaces se tomó en cuenta la recomendación de la ITU-T G.652 que incluye el coeficiente de atenuación de a fibra de 0.35 dB/Km, la pérdida por empalme con un valor max. de 0.3 dB cada 4 Km y con pérdida por conector de 0.5 dB se utilizó la fórmula:

$$P(\text{in}) = P(\text{out}) - [A(\text{G.652})] \qquad A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

Donde:

P(in): potencia óptica de entrada sig. nodo Pout: potencia óptica de salida

A: atenuación por longitud, + atenuación por empalme, + atenuación por conectores

Ecuación 1. Atenuación de enlace [ITU-T G.652]

Hallaremos el valor de P(in) utilizando los siguientes datos:

- Longitud: 22.835 km
- Coeficiente de atenuación de la fibra 0.20dB/km
- Cantidad de Empalmes: 7 Empalmes por hilo de fibra óptica
- Atenuación por empalme: 0.1 dB
- Cantidad de Conectores: 3 Conectores por hilo de Fibra óptica por lado (total6)
- Atenuación por conectores:0.5 dB

$$P(\text{in}) = (22.835 \times 0.20) + (0.1 \times 7) + (0.5 \times 6)$$

$$P(\text{in}) = 8.267 \text{ dB}$$

Se calculó la atenuación que existirá sobre los enlaces para obtener el valor necesario de potencia de transmisión sobre el cual los equipos puedan trabajar normalmente y la regeneración que será necesaria en cada enlace, con respecto a los efectos no lineales y pérdidas adicionales que pudieran presentarse en la transmisión se consideró un margen de 2 dB. Permitiendo la correcta operación de los enlaces.

La atenuación por cada hilo durante todo el trayecto desde Huantan hasta Atcas nos arrojó una pérdida de 8.267 dB con una variación de +/- 2dB por diversos factores.

En nuestro caso en la tabla 10, se muestra los datos de nuestro enlace, que sale

desde el nodo de Huantan hacia la localidad de Atcas, nuestro enlace tiene una distancia de 20.968 km, presenta 5 empalmes rectos en el trayecto del tendido y 15 reservas de fibra óptica a lo largo del enlace, más dos empalmes en las bandejas de ODF.

Tabla 10
Enlace de tramo Huantan – Atcas
Fuente: Elaboración Propia

| | Nombre de Elemento | Tipo de Elemento (Nodo óptico/Derivación) | Latitud Sur (Grados decimales) | Longitud Oeste (Grados decimales) |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|
| inicio de tramo: | huantan | nodo óptico | -12,455833 | -75,811944 |
| fin de tramo: | Atcas | nodo óptico | -12,511667 | -75,660000 |
| vano de fibra optica entre elementos (km): \sum (vanos) sin reservas | | Km de Fibra óptica (acumulado de vano de fibra óptica entre elemento (m)+ \sum Longitud Reserva) | Nº de empalmes rectos | Nº de Reservas de cable de fibra óptica |
| 20,968 Km | | 22,835 Km | 5 | 15 |

3.8 Análisis de latencia

Para el cálculo de la latencia, existen 3 factores:

3.8.1 Propagación de la señal

Se refiere al tiempo que toma una señal viajar de un punto A a un punto B, se puede considerar que la velocidad de una señal en una fibra óptica es de:

$$(1) v = d / t$$

$$(2) t = d / v$$

La velocidad teórica de la luz es $C = 300,000,000 \text{ m / s}$, la velocidad real está afectado por el índice de refracción del material en que se propaga, en este caso el de la fibra es $N = 1.6$:

$$(3) \text{ Velocidad real} = C / 1.6 = 187.5E8 \text{ m / s}$$

Tomando el ejemplo de las localidades de Huantan y Atcas, las cuales representan la ubicación de los nodos, la distancia entre estas ciudades a través de una red de FO la cual típicamente es siguiendo las carreteras entre las localidades, (no necesariamente el camino más corto entre ambas ciudades). La longitud de FO en la red entre estas localidades es de 20.968 Km.

El tiempo de propagación para esta distancia es de:

$$20.968.000 \text{ m} / 187,5 \text{ E}8 \text{ m / s} = 0,111829 \text{ s}$$

El tiempo de ida y vuelta es dos veces ese tiempo.

$$\text{Tiempo de propagación ida y vuelta Huantan - Atcas} = 0.2236 \text{ ms}$$

3.8.2 Utilización de enlaces

Es el tiempo que le toma un paquete de datos moverse a través de un enlace, en específico se refiere a los enlaces de acceso local. Este tiempo se calcula dividiendo la longitud en bits del paquete entre el ancho de banda del acceso. Finalmente se multiplica por 4 ya que se considera ida y vuelta de una localidad a otra localidad.

Para el caso de un acceso a 64Kbps, se emplea una fragmentación bajo FRF 12 del paquete a 100bytes.

Con los datos anteriores tenemos:

$$100 \text{ bytes} = 800 \text{ bits}$$

$$800 \text{ts} / 64000 \text{ bits / seg} = 0,0125 \text{ seg} \times 4 = 50 \text{ ms}$$

3.8.3 Tiempo de serialización

Es el tiempo empleado por los equipos para el procesamiento de los paquetes, este tiempo es menor a los milisegundos y típicamente esta entre los 30 y 40 microsegundos, para este caso se tomó 35 microsegundos.

Las mejores prácticas de diseño de una red de carrier indican tener al menos una capa de acceso y posteriormente una de Core, esto significa que un paquete

tiene que pasar por lo menos por 4 equipos en su recorrido por la red, y si consideramos además de los equipos CPE, se tendrían 6 equipos para una trayectoria en un sentido y 12 equipos considerando ida y vuelta.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, el tiempo de serialización sería:

$12 \times 35 \text{ E-6} = 0.042 \text{ mseg}$ como se puede inferir este tiempo es despreciable del cálculo.

Latencia total calculada entre Huantan y Atcas = $70.26\text{ms} + 50 \text{ ms} = 120.26 \text{ ms}$

La clase de servicio crítica (Conversacionales) es para tráfico de Voz sobre IP. De acuerdo a la recomendación de la ITUT G.114, el tiempo de latencia máximo en un sentido para estos servicios es de 150ms. (300ms ida y vuelta).

3.9 Dimensionamiento de la demanda

A continuación, presentamos la Tabla 11 donde se muestra el dimensionamiento de la demanda del uso del internet en la localidad de Atcas.

Tabla 11
Dimensionamiento de la demanda de internet
Fuente: Elaboración Propia

| Cuadro de Dimensionamiento | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aplicaciones | Instituciones | Tipos de Atenciones | Velocidad Requerida | Observación |
| | Puesto de Salud | Atenciones de Emergencia - Tele Medicina | 100Mbps - 150Mbps | Considerar hasta 3 computadoras de escritorio en simultáneo, adicionar dispositivos por red wifi. |
| | Centro Educativo | Clases a distancia - Modalidad Virtual en Línea | 20Mbps - 60 Mbps | Considerar hasta 15 computadoras de escritorio en simultáneo, adicionar dispositivos por red wifi. |
| | Oficina Central de la Localidad | Comunicación con la Municipalidad distrital y el Gobierno Regional | 30Mbps - 80 Mbps | Considerar hasta 5 computadoras de escritorio en simultáneo, adicionar dispositivos por red wifi. |

3.10 Aspectos Económicos

A continuación, presentamos la Tabla 12 donde se muestran los costos de inversión en equipamiento a utilizar, así como de los materiales a emplear para la instalación. Además de ello también incluimos el costo de instalación por operario.

3.10.1 Capital Expenditures (CAPEX)

A continuación, presentamos la Tabla 12 donde se muestran los costos de inversión en equipamiento a utilizar, así como de los materiales a emplear para la instalación. Además de ello también incluimos el costo de instalación por operario.

Tabla 12
Costos CAPEX del proyecto
Fuente: Elaboración Propia

| INVENTARIO | CANTIDAD | PRECIO UNIT (INC. IGV) S/. | TOTAL (INC. IGV) S/. |
|-----------------------------------------------|----------|-------------------------------|-------------------------|
| kit cpe huawei b2368-66 | 1 | 738 | 738.00 |
| firewall huawei | 1 | 1845 | 1,845.00 |
| switch huawei s1720-10gw-pwr-2p | 1 | 1004.5 | 1,004.50 |
| ups huawei ups2000-g-2krts | 1 | 5330 | 5,330.00 |
| tranceiver huawei om9150x1a | 1 | 410 | 410.00 |
| acces point huawei ap 4051dn | 1 | 615 | 615.00 |
| conversor de medios hg8310m | 1 | 550 | 550.00 |
| olt ma5608t | 1 | 6166.5 | 6,166.50 |
| postes 9mtrs | 72 | 340 | 24,480.00 |
| f.o monomodo 48hilos fiberhome adss | 25000 | 3.69 | 92,250.00 |
| empalmes ópticos | 288 | 36 | 10,368.00 |
| materiales fibra óptica global | 1 | 2000 | 2,000.00 |
| materiales miscelaneo montaje de equipamiento | 1 | 500 | 500.00 |
| elaboración spat menor a 5ohm | 4 | 2000 | 8,000.00 |
| cuadrilla de cuatro técnicos por mes | 6 | 8000 | 48,000.00 |
| Total | | | 202,257.00 |

Se consideran los precios encontrados en el mercado en el mes de setiembre del 2021, con un valor de cambio de la moneda norteamericana de 1 dólar equivalente a 4.10 soles.

Para el costo de instalación se está considerando el sueldo del personal técnico promedio por mes.

3.10.2 Operational Expenditures(OPEX).

En la Tabla 13 presentamos todos los costos de operación, son los costos necesarios para que el servicio continúe en funcionamiento a diario. Así como el costo del mantenimiento Anual del equipamiento realizado por un técnico.

Tabla 13
Costo OPEX del proyecto
Fuente: Elaboración propia

| Inventario | Cantidad | Precio Unitario (Inc. IGV S/.) | Total (Inc. IGV S/.) |
|------------------|----------|-----------------------------------|----------------------|
| Traslado a Atcas | 1 | 350 | 350 |
| Mantenimiento | 10/año | 250 | 2500 |
| Speed Test Ookla | 1 | 0 | 0 |
| Acceso Internet | 10/años | 100 | 12000 |
| TOTAL | | | 18000 |

El costo de traslado a la localidad de Atcas incluye los viáticos como alojamiento y alimentación proyectados a dos días de labores. Se está proyectando a realizar un mantenimiento por año por el periodo de 10 años, donde se realizará un mantenimiento preventivo general.

El costo de mantenimiento refiere de ser necesario por actualización de equipamiento, cambio de equipo o mantenimiento de spat que se podrá realizar anualmente. Este mantenimiento tendrá que ser obligatoriamente de manera presencial.

El costo del acceso de internet está calculado en base a un servicio promedio para beneficiar a una institución pública o privada en Atcas, con un servicio de 100mbps de ancho de banda a un costo de 100 soles por cada mes de uso.

La red de fibra óptica existente en la localidad de Huantán recientemente construida por América Móvil por encargo de Pronatel fue de gran apoyo ya que la red partirá desde este punto con dirección a la localidad de Atcas.

El principal Rol de esta red de transporte, es reducir las brechas de la comunicación a través de las telecomunicaciones por medio del internet. Esto beneficiara a la población a estar actualizado a los grandes acontecimientos nacionales e internacionales, así como apoyara e incentivara a la economía nacional puesto que podrán exportar sus productos y comprar otros que le sean de utilidad.

En la tabla 14 se aprecia el ingreso mensual por un abonado y el proyectado con un cálculo de 20 abonados para un aporte de 100 soles mensuales por un periodo de 10 años. Se observa que se recupera la inversión plasmada en la tabla 14.

Tabla 14
Retorno de Inversión
Fuente: Elaboración Propia

| | Servicio abonado | Prestación de Servicio | Ingreso por periodo de 10 Años |
|-------------------------|------------------|------------------------|--------------------------------|
| Aporte por un cliente: | 100 /mes | 10 años | 12000 |
| Aporte por 20 clientes: | 2000/mes | 10 años | 240000 |

CAPÍTULO IV: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

4.1. Cronograma de actividades

Tabla 15
Cronograma de actividades
Fuente: Propia

| Nº | Actividad | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 | S11 | S12 | S13 | S14 | S15 | S16 | S17 | S18 | S19 | S20 | S21 | S22 | S23 | S24 | Responsable |
|----|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| 1 | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ANDERSON Y MIGUEL |
| 2 | OBJETIVOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ANDERSON Y MIGUEL |
| 3 | MARCO TEORICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ANDERSON Y MIGUEL |
| 4 | METODOLOGÍA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ANDERSON Y MIGUEL |
| 5 | ASPECTOS ADMINISTRATIVOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ANDERSON Y MIGUEL |
| 6 | DESARROLLO DE TESIS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ANDERSON Y MIGUEL |
| 7 | REDACCION DEL PROYECTO DE TESIS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ANDERSON Y MIGUEL |
| 8 | REDACCION DE TESIS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ANDERSON Y MIGUEL |
| 9 | SUSTENTACION DE TESIS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ANDERSON Y MIGUEL |

4.2. Presupuesto (asignación de recursos)

En la siguiente tabla se muestra los costos aproximados para diseñar la red de transporte.

Tabla 16
Asignación de recursos
Fuente: Propia

| | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | SUBTOTAL |
|----------|---------------------|----------|----------------|-----------|
| 1 | Traslados a Atcas | 10 | S/ 28.00 | S/ 280.00 |
| 2 | Viáticos, hospedaje | 10 | S/ 50.00 | S/ 500.00 |
| 3 | Wincha | 1 | S/ 20.00 | S/ 20.00 |
| | | | Total | S/ 825.00 |

CONCLUSIONES

1. Se logró cumplir con el objetivo principal de la tesis, el de diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, analizando la velocidad de transmisión mediante los equipos mencionados en las tablas 5,6,7 y 8 así mismo tomando en cuenta las características del cable de fibra óptica utilizado indicado en la tabla 10. Se tomaron muy en cuenta las comparaciones con otro equipamiento para elegir el mejor con características adicionales de robustez, calidad, precio y post venta.
2. Este diseño cumple con el objetivo de la presente tesis el cual sería tener en cuenta el ancho de banda en el diseño de la red de transporte. Esto enfocado a que actualmente en Atcas se cuenta con un centro educativo y un puesto de salud (Ver página 26), ambas instituciones con alta demanda del uso de internet debido a las clases virtuales para los estudiantes y al tema de la pandemia a nivel mundial que afecta directamente a la salud. De los equipos utilizados en el diseño de nuestra red, los que nos van a garantizar un ancho de banda adecuado son la Olt Gpon y el cable de fibra óptica G652D.
3. Se cumplió con el objetivo del diseño de la red de transporte considerando el tiempo de latencia, ya que este tiempo de respuesta es de mucha importancia en el desarrollo del proyecto, pues de esto dependerá la calidad de conexión de los usuarios con los servidores, para ello hemos considerado el equipamiento adecuando en el presente proyecto y esto se verificará de manera gratuita realizando un test de ping (ms).

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar mayores niveles de seguridad dentro de la red, como por ejemplo hacer uso de un servidor dedicado en el cual permita la correcta administración de los permisos de usuarios y facilite la administración de la red de área local. Esta tesis puede ser usada como referencia para poner en funcionamiento mejoras en prácticas de seguridad para así obtener una red más segura, con escalabilidad y alta disponibilidad.
2. Este trabajo se ha realizado en base a la demanda de los usuarios y sector público en una etapa posterior se deberá realizar el debido estudio del sector empresarial privado regional, para lo cual debe tomarse en cuenta las medidas de necesarias sobre los sistemas de fibra y equipamiento reserva y mantener un diseño eficaz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvitres, M. (2017). *Diseño e implementación de una red informática de datos para la municipalidad de Cáceres del Perú – Jimbe; 2015. Chimbote.* Recuperado el 06 de julio del 2020 de <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/1623>
- American Psychological Association (2020). *Normas APA 7ma edición.* Recuperado de: <https://apastyle.apa.org/products/publication-manual-7th-edition>
- Arriagada (2019). *Diseño de red de transporte para servicios móviles 5G. Tesis de Grado. Universidad Técnica Federico Santa María. Chile.* <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/47266>
- Banco mundial (2020). *Estadística de población mundial.* <https://datos.bancomundial.org/indicador/IT.NET.USER.ZS?end=2019&start=1996>
- Espinoza (2018). “Propuesta de una red privada virtual para mejorar el servicio de comunicación en las tiendas MASS para la empresa supermercados peruanos s.a.”. <http://repositorio.autonoma.edu.pe/bitstream/AUTONOMA/487/2/ESPINOZA%20CHIPANE%20CESAR%20RENATO.pdf>
- Ezeh, G. y Diala, U. (2014). *Fiber to the Home: Considerations Associated with a Successful Deployment. Semantic Scholar. Nro. 6, vol 4, pag 892- 899.* <https://www.semanticscholar.org/paper/Fiber-to-the-Home%3A-Considerations-Associated-with-a-Ezeh-Diala/ff09a656092a3e889d310bba366e5ed1f544d0a9>
- FTTHCouncilEurope (2018). *FTTH Handbook. Editorial Pauline Rigby. 8va edición.* https://www.ftthcouncil.eu/documents/Publications/FTTH%20Handbook_2017_V8_FINAL.pdf
- Hernández, Fernández y Baptista (2014). *Metodología de la investigación.* Editorial Mc Graw Hill. 5ta edición. p 80. México.

- Khatiwoda, N. y Dawadi, B. (2021). Un estudio sobre la implementación de FTTH y la migración en Nepal. *Revista de problemas y soluciones de ingeniería*, 1 (1), 174-196. <https://doi.org/10.3126/joeis.v1i1.36836>
- López, E. (2016). *Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (Ancash)*. Tesis de grado. Universidad de Ciencias y Humanidades. <https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/47/lopez-polo-elliott.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Manojkumar, L. y Singh, A. (2017). Design and Implementation of FTTH. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Nro. 10, vol 4, pag 1610-1614. <https://www.irjet.net/archives/V4/i10/IRJET-V4I10296.pdf>
- Mycek, M., Pióro, M. & Żotkiewicz, M. (2018). Modelo MIP para dimensionamiento eficiente de árboles FTTH del mundo real. *Telecommun Syst.* 239-258 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11235-017-0390-4>
- Núñez (2019). *Diseño de una red de transporte sobre fibra óptica para incrementar la banda ancha de las regiones: Arequipa, Moquegua, Puno y Tacna*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Tesis de Grado. <https://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7959>
- Perez, W. y Frias, F. (2020). *Red FTTH para implementar banda ancha en el distrito de Pomalca*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Tesis de grado. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8820>
- Ramírez, S (2019). *Diseño de una red de fth para el acceso de banda ancha en el condominio Galilea –Castilla, utilizando tecnología GPON*. Universidad Nacional de Piura. Tesis de grado. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1962>
- Rendon Schneir, J., & Xiong, Y(2016). A cost study of fixed broadband access networks for rural areas. *Telecommunications Policy* . <http://dx.doi.org/10.1016/j.telpol.2016.04.002i>
- Rios, E. y Quino, H. Diseño de una red de acceso con tecnología FTTH para distribuir servicios de banda ancha en el distrito Gregorio Albarracín

Lanchipa, provincia *Tacna*. Universidad Privada de Tacna. Tesis de grado.
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/1453>

Roebuck, K. (2011). FTTH - Fiber To The Home: High-impact Strategies - What You Need to Know: Definitions, Adoptions, Impact, Benefits, Maturity, Vendors. *Emergo Publishing*. 160 pp.
<https://www.vitalsource.com/pe/products/ftth-fiber-to-the-home-high-impact-strategies-kevin-roebuck-v9781743333617>

Statista (2021). Número de usuarios de internet en el mundo.
<https://es.statista.com/estadisticas/598720/numero-de-usuarios-de-internet-por-regiones-en-el-mundo/>

Tembo,S., Courant, J., Vaton, S. y Gosselin, S. (2016), "Un modelo probabilístico altamente adaptable para el autodiagnóstico de las redes de acceso GPON-FTTH", *24th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*, págs. 1-5, doi: 10.1109 / SOFTCOM.2016.7772106.

Trejo, W. (2018). *Diseño de un sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica para mejorar la red de comunicaciones en la ciudad universitaria de la universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz 2016*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Tesis de maestría.
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2378>

Wee, M. et al. (2015). Techno-economic Evaluation of Open Access on FTTH Networks. *OSA publishing*. Vol. 7, Nro. 5 , pag. 433-444.
<https://doi.org/10.1364/JOCN.7.000433>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia Interna

Tabla 17.

Matriz de consistencia Interna

Fuente: Elaboración Propia

| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | VARIABLES |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ● ¿Cómo diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet en la localidad de Atcas, Yauyos, 2021? | <ul style="list-style-type: none"> ● Diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet en la localidad de Atcas, Yauyos, 2021 | Variable dependiente: Internet. Dimensiones: Ancho de banda, velocidad de transmisión. Variable Independiente: Tecnología GPON |
| PROBLEMA ESPECIFICO | OBJETIVO ESPECIFICO | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● ¿Cómo diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, analizando la velocidad de transmisión? | <ul style="list-style-type: none"> ● Diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, analizando la velocidad de transmisión. | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● ¿Cómo diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, teniendo en cuenta el ancho de banda? | <ul style="list-style-type: none"> ● Diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, teniendo en cuenta el ancho de banda. | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● ¿Cómo diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, analizando el tiempo de latencia? | <ul style="list-style-type: none"> ● Diseñar una red de transporte con tecnología GPON para brindar internet a la localidad de Atcas, analizando el tiempo de latencia. | |

Anexo 2: Matriz de operacionalización de Variables

Tabla 18.

Matriz de operacionalización de Variables - Variable Independiente

Fuente: Propia

| VARIABLE INDEPENDIENTE | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------|
| GPON | la Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit, una tecnología de acceso a las telecomunicaciones que nos permite llevar, a través de una misma instalación de fibra óptica, los servicios de voz, datos y TV de alta velocidad | Evaluación promedio máximos mínimas velocidades de descarga | y de Transmisión y de |

Tabla 19.
 Matriz de operacionalización de Variables - Variable Dependiente
 Fuente: Propia

| VARIABLE DEPENDIENTE | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------|
| Internet | El Internet, es un sistema de redes interconectadas mediante distintos protocolos que ofrece una gran diversidad de servicios y recursos. Basada en diversas tecnologías está compuesta por sistemas de transmisión o también soportada por una red de fibra óptica. | Pruebas de datos en horarios de tráfico mayormente saturado. | Ancho de Banda |