



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
TELECOMUNICACIONES**

TESIS

**Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico con
Mención en Telecomunicaciones**

Diseño de una red inalámbrica con tecnología GPON para
mejorar el servicio de comunicación en la provincia de Yungay

PRESENTADO POR

Ramos Rupay, Edgar Marcelo

ASESOR

Lara Herrera, Juan Francisco

Lima, Perú, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD ANTIPLAGIO TURNITIN

Mediante la presente, Yo:

1. Edgar Marcelo Ramos Rupay con DNI 70987684

2. _____

3. _____

Soy egresado de la Escuela de Ingeniería Electrónica con mención en Telecomunicaciones del año 2019 – 2025, y habiendo realizado la¹ tesis para optar el Título Profesional de ²Ingeniero, se deja constancia que el trabajo de investigación fue sometido a la evaluación del Sistema Antiplagio Turnitin el 09 de abril de 2025, el cual ha generado el siguiente porcentaje de similitud de 17% ³:

En señal de conformidad con lo declarado, firmo el presente documento a los 04 días del mes de setiembre del año 2025



Egresado 1

Egresado 2

Egresado 3



Juan Francisco Lara Herrera
Nombre del Asesor(a)
DNI 41344704

¹ Especificar qué tipo de trabajo es: tesis (para optar el título), artículo (para optar el bachiller), etc.

² Indicar el título o grado académico: Licenciado o Bachiller en (Enfermería, Psicología ...), Abogado, Ingeniero Ambiental, Químico Farmacéutico, Ingeniero Industrial, Contador Público ...

³ Se emite la presente declaración en virtud de lo dispuesto en el artículo 8°, numeral 8.2, tercer párrafo, del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD, modificado por Resolución de Consejo Directivo N° 174-2019-SUNEDU/CD y Resolución de Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD.

TESIS RAMOS RUPAY.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.uch.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

3

www.cisco.com

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Universidad de Ciencias y Humanidades

Trabajo del estudiante

<1%

9

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

10

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

<1%

11

1library.co

Fuente de Internet

<1%

12

Submitted to Universidad Tecnológica del Peru

Trabajo del estudiante

<1%

13

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

14

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1%

RESUMEN

El propósito del presente proyecto es diseñar una red inalámbrica con tecnología GPON para mejorar el servicio de comunicación en la provincia de Yungay, en el marco metodológico de la investigación se empleó un diseño pre experimental, con enfoque cuantitativo y tipo aplicada, a su vez se utilizó el programa Excel para la realización de cálculos. Los resultados que se obtuvieron fueron que el cálculo de tráfico indicó un promedio para llamadas entrantes de telefonía móvil de 4.94, para llamadas salientes de telefonía móvil de 2.12, para llamadas entrantes de telefonía fija de 0.01 y para llamadas salientes de telefonía fija de 0.00, además el cálculo de probabilidad de bloqueo indica que es 0.01 tanto para telefonía móvil como fija, a su vez el cálculo de velocidad de transmisión para las localidades beneficiadas mostró un promedio en el DOWNLOAD de 69.94 Mbps y en el UPLOAD de 30.14 Mbps. Finalmente se concluyó que, para obtener un servicio de telecomunicaciones en la provincia de Yungay, se puede emplear las redes inalámbricas; las cuales son una alternativa para poder brindar diferentes servicios como telefonía e internet a estas localidades que están alejadas, logrando con esto mayor eficiencia en las actividades de toda la comunidad y sobre todo fomentando el desarrollo en nuestra sociedad.

Palabras Clave: Red, Inalámbrica, Servicio, Comunicación

ABSTRACT

The purpose of this project is to design a wireless network with GPON technology to improve the communication service in the province of Yungay. In the methodological framework of the research, a pre-experimental design was used, with a quantitative approach and applied type, in turn. used the Excel program to carry out calculations. The results obtained were that the traffic calculation indicated an average for incoming mobile telephone calls of 4.94, for outgoing mobile telephone calls of 2.12, for incoming fixed telephone calls of 0.01 and for outgoing fixed telephone calls of 0.00. Furthermore, the calculation of blocking probability indicates that it is 0.01 for both mobile and fixed telephony, in turn the calculation of transmission speed for the benefited localities showed an average in the DOWNLOAD of 69.94 Mbps and in the UPLOAD of 30.14 Mbps. Finally, concluded that, to obtain a telecommunications service in the province of Yungay, wireless networks can be used; which are an alternative to be able to provide different services such as telephone and internet to these remote locations, thereby achieving greater efficiency in the activities of the entire community and above all promoting development in our society.

Key words: Network, Wireless, Service, Communication

CONTENIDO

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
CONTENIDO.....	III
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABLAS.....	VIII
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.1.1. Planteamiento y descripción del problema	11
1.1.2. Formulación del problema general	12
1.1.3. Formulación de los problemas específicos.....	12
1.2. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.2.1. Objetivo general.....	13
1.2.2. Objetivos específicos.....	13
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.3.1. Justificación técnica.....	13
1.3.2. Justificación Económica	14
1.3.3. Justificación social	14
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.4.1. Alcances	14
1.4.2. Limitaciones.....	15
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	16
2.1. ANTECEDENTES	17

2.2. MARCO TEÓRICO	21
2.2.1. Red de telecomunicaciones.....	21
2.2.2. Red de transporte	26
2.2.3. Red de acceso.....	27
2.2.4. Provincia de Yungay.....	28
2.3. MARCO METODOLOGICO	30
2.3.1. Tipo de investigación	30
2.3.2. Métodos de investigación	30
2.3.3. Diseño de investigación	30
2.3.4. Población y muestra	30
2.3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	30
2.3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	31
2.3.7. Procedimientos	31
2.3.8. Orientación ética	32
2.4. MARCO LEGAL	32
2.4.1. Marco legal a nivel internacional.....	32
2.4.2. Marco legal a nivel nacional.....	33
2.4.3. Estándares.....	33
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	34
3.1. Describir la situación actual mediante la identificación del número de pobladores y viviendas en la provincia de Yungay.....	35
3.2. Determinar los cálculos de tráfico asociados a los parámetros propios de la telefonía móvil y telefonía fija en la provincia de Yungay.....	39
3.2.1. Telefonía móvil.....	39
3.2.2. Telefonía fija	40

3.3. Realizar el modelamiento de las variables de probabilidad de bloqueo y velocidad de transmisión para el sistema.	43
3.4. Diseñar en Matlab el modelamiento de la antena para la red inalámbrica con tecnología GPON.	46
3.5. Simular la red inalámbrica con tecnología GPON a partir de las etapas de transporte y acceso de los usuarios.	52
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO.....	61
4.1. ANÁLISIS DE COSTOS.....	62
4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIOS	62
4.3. BENEFICIO - COSTO.....	63
CONCLUSIONES.....	1
RECOMENDACIONES	2
GLOSARIO.....	3
REFERENCIAS.....	4
ANEXO.....	9

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de una red.....	23
Figura 2 Topologías de red.....	24
Figura 3 Región de Ancash y provincia	28
Figura 4 Provincia de Yungay y sus distritos	29
Figura 5 Acceso a telefonía móvil.....	38
Figura 6 Acceso a telefonía fija	38
Figura 7 Hogares con acceso a internet.....	38
Figura 8 Personas con telefonía móvil postpago.....	39
Figura 9 Personas que realizan llamadas con teléfono móvil.....	40
Figura 10 Personas que realizan llamadas con teléfono móvil de 3 minutos a más	40
Figura 11 Personas que realizan llamadas con teléfono fijo	41
Figura 12 Personas que realizan llamadas con teléfono fijo de 3 minutos a más	41
Figura 13 Valores en Erlangs/Mbps en relación a la velocidad	47
Figura 14 Exposición de manera General de la distribución de velocidad GPON	47
Figura 15 Comparación de porcentajes en carga y descarga	48
Figura 16 Tráfico en Erlangs frente a la distribución por usuario.....	48
Figura 17 Histograma de Frecuencia por Velocidad para GPON.....	49
Figura 18 Valores en Erlangs/Mbps en relación a la velocidad	49
Figura 19 Distribución de redes GPON en comparación simple.....	50
Figura 20 Velocidad y tráfico combinados representados en un solo diagrama de barras.....	50
Figura 21 Modelamiento en Matlab de una antena dipolo a 2.4 GHz.....	51
Figura 22 Parámetro S y curva de la antena Dipolo	51
Figura 23 Demostración gráfica en 3D del modelo de la antena	52
Figura 24 Red de transporte general de la provincia de Yungay.....	52
Figura 25 Configuración de salto Base Pop Yungay - Matacoto	53
Figura 26 Configuración de salto Base Pop Yungay - Huacho.....	54
Figura 27 Configuración de salto Base Pop Yungay - Canyabamba.....	55
Figura 28 Configuración de salto Base Pop Yungay - Tumpa.....	56

Figura 29	Configuración de salto Huata – Racracallan - Quillo	57
Figura 30	Configuración de salto Quillo – Huacuy Alto a Quillo - Quillo	58
Figura 31	Configuración de salto Yungay - Canyasbamba a Huata - Racracallan	59
Figura 32	Configuración de salto Yungay - Tumpa Alto a Mancos - Huaypan	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Normativa para antenas.....	33
Tabla 2. Listado de localidades beneficiadas de la provincia de Yungay	35
Tabla 3. Población censada en 2017.....	36
Tabla 4. Proyección de la Población al 2032	37
Tabla 5. Tráfico de Telefonía Fija y Móvil de cada localidad.....	42
Tabla 6. Troncales de transmisión en telefonía fija y móvil de cada localidad	44
Tabla 7. Velocidad Mínima para el acceso a Internet de Banda Ancha	44
Tabla 8. Información de códec y ancho de banda	45
Tabla 9. Velocidad de internet y telefonía por localidad.....	46
Tabla 10. Costos de la red.....	62
Tabla 11. <i>Inversión del plan de mantenimiento</i>	63
Tabla 12. <i>Capacitaciones</i>	64
Tabla 13. <i>Gastos anuales</i>	64
Tabla 14. <i>Depreciación</i>	64
Tabla 15. <i>Flujo de caja</i>	1

INTRODUCCIÓN

En la era contemporánea, el acceso a una conectividad confiable y eficiente se ha convertido en un requisito primordial para el crecimiento socioeconómico y cultural de las comunidades, en este contexto, las redes inalámbricas emergen como una solución clave para superar barreras geográficas y garantizar la comunicación fluida en sectores remotos o de acceso complicado.

La provincia de Yungay, ubicada en un entorno geográfico diverso y a menudo desafiante, enfrenta el desafío de proporcionar servicios de comunicación confiables a su población. En este contexto, el diseño de una red inalámbrica mediante tecnología GPON se presenta como una oportunidad para mejorar la infraestructura de comunicación en la región.

La investigación tiene como finalidad descubrir el potencial de la tecnología GPON para optimizar el servicio de comunicación en Yungay. Se examinarán sus cualidades técnicas, ventajas y aplicaciones específicas en entornos geográficos diversos. Además, se analizarán los desafíos y oportunidades relacionados con la implementación de esta tecnología en una región con características únicas como Yungay.

Mediante este estudio, se espera dar una visión integral sobre cómo el diseño de una red inalámbrica mediante GPON puede ayudar al desarrollo socioeconómico de Yungay, facilitando el acceso a servicios de comunicación de calidad y mejorar la inclusión digital en la región.

El diseño de una red inalámbrica representa un paso hacia la modernización de la infraestructura de comunicaciones en Yungay, al aprovechar las ventajas de la fibra óptica y la capacidad de transmisión de datos de alta velocidad de GPON, se puede establecer una red robusta que atienda las necesidades de la población en factores de conectividad a internet, telefonía y servicios digitales.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Planteamiento y descripción del problema

A nivel internacional, el acceso equitativo a la tecnología de comunicaciones es un desafío persistente que afecta a numerosas regiones en todo el mundo. Según datos de la UIT, en promedio el 46% de la población en todo el mundo aún no cuenta con acceso a Internet, y esta brecha digital es más consolidada en áreas rurales y remotas (Abdellaoui et al., 2021).

En el ámbito nacional, países como Perú tienen desafíos similares en referencia al acceso a servicios de comunicación de calidad, especialmente en áreas periféricas y provincias menos desarrolladas. En el caso de la provincia de Yungay, datos recientes muestran que alrededor del 30% de los hogares carecen de acceso a Internet de banda ancha, lo que les impide aprovechar plenamente los recursos educativos, comerciales y de entretenimiento disponibles en línea (Merayo et al., 2021). Esta falta de conectividad no solo afecta a los individuos a nivel personal, sino que también obstaculiza el desarrollo económico local. Un estudio reciente realizado por el INEI reveló que el acceso limitado a Internet en áreas rurales está relacionado con una disminución del 20% en las oportunidades de empleo y una reducción del 15% en los ingresos promedio de los hogares (Thangappan et al., 2020). Además, la crisis global de salud causada por la pandemia de COVID-19 muestra la importancia crítica de la conectividad digital para acceder a educación en línea y trabajo remoto. Sin embargo, en la provincia de Yungay, solo el 25% de las instituciones educativas tienen acceso a Internet de alta velocidad, lo que limita la capacidad de los alumnos para colaborar en la educación a distancia de manera efectiva (Gupta et al., 2022).

El gobierno ha reconocido la necesidad de optimizar la infraestructura de comunicaciones para ayudar a la inclusión digital, se han implementado programas de inversión en tecnología de banda ancha y se han establecido metas ambiciosas para aumentar el acceso a Internet. Sin embargo, el lugar de estudio sigue rezagado en términos de infraestructura de comunicaciones, con solo el 10% de su territorio cubierto por redes de banda ancha (Pagare et al., 2022). En este contexto, el diseño de una red inalámbrica representa una solución prometedora para optimizar el servicio de comunicación. La tecnología

GPON ofrece velocidades de conexión ultrarrápidas y una mejor capacidad de ancho de banda, lo que permitiría a los residentes de Yungay participar plenamente en la economía digital.

Implementar una red inalámbrica requerirá una inversión significativa, pero los beneficios a largo plazo en términos de crecimiento económico, educativo y social justifican el costo, según estimaciones preliminares, se estima que el despliegue de esta red podría aumentar el acceso a Internet de banda ancha en Yungay en al menos un 50%, lo que beneficiaría a más de 20,000 hogares y negocios en la región (Abdulwahhab, 2022). Además, también contribuiría a cerrar la brecha digital entre zonas urbanas y rurales, promoviendo la inclusión social y económica. Según estudios internacionales, cada aumento del 10% en la penetración de Internet puede contribuir hasta un 1.3% al crecimiento económico del país, lo que demuestra el impacto positivo (Gupta et al., 2024).

Sin embargo, es crucial tener en consideración que la implementación eficiente de esta red inalámbrica requerirá una planificación cuidadosa y la ayuda entre el sector privado y público. Se necesitarán medidas para asegurar que la infraestructura sea accesible y asequible para todos los residentes de Yungay, especialmente aquellos en áreas rurales y de bajos ingresos. Además, se requerirá capacitación y educación sobre el uso de tecnología para asegurar que todos los usuarios puedan aprovechar al máximo los servicios de comunicación disponibles.

1.1.2. Formulación del problema general

¿De qué manera el diseño de una red inalámbrica con tecnología GPON mejorará el servicio de comunicaciones en la provincia de Yungay?

1.1.3. Formulación de los problemas específicos

P.E.1: ¿Cómo se puede identificar el número de pobladores y viviendas en la provincia de Yungay?

P.E.2: ¿Cuáles son los valores de tráfico asociados a los parámetros propios de telefonía en la provincia de Yungay?

P.E.3: ¿Qué variables se podrían modelar para asegurar la eficiencia del sistema?

P.E.4: ¿Cómo diseñar el modelamiento de la antena para la red inalámbrica con tecnología GPON?

P.E.5: ¿De qué manera realizar la simulación con tecnología GPON a partir de las etapas de transporte y acceso de los usuarios?

1.2. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo general

Diseñar una red inalámbrica con tecnología GPON para mejorar el servicio de comunicaciones en la provincia de Yungay

1.2.2. Objetivos específicos

O.E.1: Describir la situación actual mediante la identificación del número de pobladores y viviendas en la provincia de Yungay.

O.E.2: Determinar los cálculos de tráfico asociados a los parámetros propios de la telefonía móvil y telefonía fija en la provincia de Yungay.

O.E.3; Realizar el modelamiento de las variables de probabilidad de bloqueo y velocidad de transmisión para el sistema.

O.E.4: Diseñar en Matlab el modelamiento de la antena para la red inalámbrica con tecnología GPON.

O.E.5: Simular la red inalámbrica con tecnología GPON a partir de las etapas de transporte y acceso de los usuarios.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Justificación técnica

Desde una perspectiva técnica, la implementación de la tecnología GPON ofrece una serie de ventajas. Esta tecnología proporciona una mayor velocidad en comparación con las tecnologías tradicionales, además, las redes GPON son conocidas por su fiabilidad y estabilidad, garantizando un servicio de comunicación consistente y de alta calidad que es crucial para actividades críticas como el trabajo remoto y la telemedicina.

1.3.2. Justificación Económica

En términos económicos, mejorar el servicio de comunicación en Yungay con una red GPON puede impulsar el desarrollo económico local de varias maneras. Una conexión más rápida y confiable puede estimular el crecimiento de las empresas locales al mejorar sus operaciones y permitirles acceder a nuevos mercados en línea. Además, una infraestructura de comunicaciones mejorada puede hacer que Yungay sea más atractiva para la inversión, lo que puede impulsar la creación de empleo y la inversión en la provincia.

1.3.3. Justificación social

Socialmente, el diseño de una red GPON en Yungay promueve la inclusión digital al asegurar que todos los residentes tengan acceso equitativo a recursos educativos, oportunidades de empleo y servicios en línea. Esto reduce la brecha digital y promueve la igualdad de oportunidades. Además, una mejor conectividad mejora la calidad de vida de los residentes al ayudar al acceso a servicios de salud, educación y entretenimiento en línea, así como la comunicación con amigos y familiares.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Alcances

En términos de alcances, el proyecto sugiere una mejora significativa en la calidad y accesibilidad de la comunicación en la provincia de Yungay, la tecnología GPON, al ofrecer una mayor estabilidad en la conexión, puede transformar la forma en que los residentes y las empresas locales interactúan y operan. Con una mejor calidad de comunicación, se espera que la educación y la atención médica se beneficien considerablemente, las instituciones educativas podrán acceder a recursos en línea con mayor eficiencia, facilitando la implementación de programas educativos modernos y la inclusión digital de estudiantes y docentes, en el sector de la salud, una red de comunicación más robusta permitirá la implementación de servicios de telemedicina, mejorando el acceso a especialistas y reduciendo la necesidad de desplazamientos para consultas médicas.

1.4.2. Limitaciones

Es importante reconocer las posibles limitaciones, como el costo de implementación, la necesidad de mantenimiento continuo y las posibles restricciones en la cobertura geográfica, en primer lugar, el costo de implementación de una red inalámbrica puede ser significativo. La infraestructura necesaria para establecer una red GPON incluye la adquisición de equipos como divisores ópticos y terminales de red óptica, así como los costos asociados con la mano de obra y la planificación del proyecto, este tipo de inversión puede representar un desafío financiero considerable para la provincia, especialmente si se requiere financiación externa o la redistribución de recursos gubernamentales. Además, una vez implementada, la red requerirá mantenimiento continuo para asegurar su correcto funcionamiento. Esto incluye la actualización de software y hardware, la reparación de posibles fallos o daños en la infraestructura y la capacitación del personal técnico local para gestionar y solucionar problemas de la red, el costo y la logística del mantenimiento son factores críticos que deben ser considerados en la planificación y presupuesto a largo plazo del proyecto. Por otro lado, existen posibles restricciones en la cobertura geográfica de la red GPON, la topografía de Yungay, caracterizada por áreas montañosas y rurales, puede dificultar la implementación uniforme de la red. Las zonas más remotas o de difícil acceso podrían enfrentar desafíos adicionales en términos de conexión estable y rápida, es necesario realizar un estudio detallado de la geografía local para diseñar una red que maximice la cobertura y minimice las áreas sin servicio.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Quispe (2022), presenta en su tesis la mejora del acceso a Internet mediante la implementación de una red inalámbrica de banda ancha en el distrito de Coalaque, Moquegua. Este trabajo de investigación tiene el objetivo de menorar la brecha digital, ya que se centra en algunas instituciones educativas de la zona, que, al estar situadas en diferentes ubicaciones de esta zona rural, no disponen de un buen servicio para el acceso a internet ya que era inestable y de baja velocidad durante el día, impidiendo así el acceso a la data en línea y desarrollo de los estudiantes de la zona. Dado que no existen barreras físicas o de planta en el camino recto que conecta los equipos a instalar, no hubo inconvenientes con las líneas de visión de los enlaces a lo largo del diseño de la red. Se diseñaron e implementaron enlaces punto a punto (PTP) utilizando las bandas licenciadas de 13 GHz y 18 GHz, y se diseñaron e implementaron enlaces punto multipunto (PMP) utilizando las bandas libres de 5,4 GHz y 5,8 GHz. Para implementar la red se utilizaron equipos de fabricantes de renombre, incluidos Ceragon, Cambium Networks, Nokia y Eltek.

Suárez (2022) sugiere utilizar la herramienta LINKPlanner para realizar un análisis de viabilidad técnica y financiera de una infraestructura hipotética de enlace de radio con el fin de ofrecer acceso a Internet de alta calidad a través de fibra hasta el hogar. La propuesta tecnológica se implementó utilizando la herramienta de radioenlace antes mencionada para simular tres escenarios diferentes. El mejor escenario se seleccionó basándose en criterios de evaluación que incluían el rendimiento técnico del dispositivo, la calidad del material, el equipo, y los costos de implementación.

Quintanilla y Sifuentes (2022), en su tesis tienen como objetivo mejorar la conectividad de internet en la provincia de Ayacucho mediante el diseño de una red inalámbrica. La metodología que se empleó fue de tipo aplicada, diseño experimental y enfoque cuantitativo. Los resultados fueron una fibra monomodo de 12 hilos, para OLT del diseño de la red de cuatro puertos GPON, dos divisores primarios y cuatro secundarios produjeron mejoras notables en el ancho de banda y una transmisión buena de enlace descendente (DL) y ascendente (UL) de 2,5 Gbps y 1,25 Gbps, respectivamente, con esta conexión de mayor calidad

se logró satisfacer la demanda de los usuarios del distrito. Al final, se determinó que se había obtenido una conectividad a Internet mejorada con velocidades de enlace descendente de 312,5 Mbps y velocidades de enlace ascendente de 156,25 Mbps.

Juan de Dios (2023), en su tesis tuvo como finalidad mejorar la calidad de los servicios de internet domiciliario proporcionado por el ISP Corporación giga SAC mediante el diseño de una red FTTH. La metodología que se empleó fue de tipo aplicada, diseño experimental y enfoque cuantitativo. Como consecuencia del despliegue de la red, los indicadores de ancho de banda mejoraron, permitiendo velocidades de carga y descarga 100% más rápidas, además, se experimentaron menos interrupciones importantes del servicio, lo que resultó en menores costos de instalación. Se concluye que las mejoras adquiridas apuntan a la necesidad de que esta tipología de red sea implementada en otras tecnologías donde sea necesario mejorar la calidad del servicio de Internet.

Choque (2022), en su tesis tuvo como finalidad mejorar la calidad del servicio de acceso internet mediante el diseño de una red inalámbrica mediante tecnología MESH. La metodología que se empleó fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y diseño experimental. Nuestra variable dependiente, los parámetros de calidad del servicio, los cuales se expresaron en dimensiones de confiabilidad y disponibilidad, fueron determinados calculando los resultados de nuestra variable independiente, el diseño de la red y el diseño lógico, así como nuestra variable dependiente, la disponibilidad de la red, las cuales tuvieron valores de 95.23% y 97.58%. Finalmente se determinó que la red proporciona protocolos suficientes para permitir que los dispositivos inalámbricos se conecten a la red de una manera óptima para nuestra arquitectura lógica.

Reinosa y Caro (2018), tuvieron como finalidad mejorar los servicios de telecomunicaciones de las zonas rurales de la provincia de Piura mediante la propuesta de diseño de una red de banda ancha. La metodología que se empleó fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y diseño experimental. Los hallazgos arrojaron que serán 68 localidades las que se beneficiarán del proyecto y se elegirán 4 instituciones para brindar servicios de intranet, para conectar las

localidades e instituciones se utilizarán enlaces de radio, que serán simulados mediante el software Radio Mobile. Finalmente se determinó que la arquitectura de la red de banda ancha logra mejorar los servicios de conexión.

Paqui (2023), tuvieron como finalidad optimizar los servicios de internet mediante el diseño de una red FTTH empleando el estándar XGPON. La metodología que se empleó fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y diseño experimental. Los hallazgos fueron acordes a los cálculos teóricos, a su vez la elaboración de diagramas de la red fue exitosa, por tanto, la red FTTH con estándar XGPON cumple con las normativas estipuladas en la ITU-T G.984.2 e ITU-T G.987.2, lo que asegura que la red está bien diseñada. Se concluye que el proyecto trae consigo muchos beneficios para los usuarios en la comunidad de Gunudel

Dorado y Jativa (2020), tuvieron como finalidad mejorar el servicio de comunicación en la parroquia rural Urbina del cantón Tulcán mediante Red FttH con la tecnología Gpon. La metodología que se empleó fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y diseño experimental. Los hallazgos fueron que se tuvo que emplear 32 subredes en total, de las cuales 17 se emplean para la interconexión entre las diferentes zonas en conflicto y 15 que se utilizan para especificar las estaciones de trabajo que estarán en la LAN de cada hogar de las zonas de conflicto. Finalmente se concluye que se diagnosticó la necesidad de implementar esta nueva tecnología a través de la Gpon para el mejoramiento de comunicación de sus habitantes.

Abendaño (2022), tuvieron como finalidad reducir la brecha digital y QoS en el sector unidos 2 en el cantón de Pedro Vicente mediante el diseño de una red inalámbrica. La metodología que se empleó fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y diseño experimental. Los hallazgos recopilados revelaron que la antena utilizada para la simulación, la LHG XL 52ac marca Mikrotik, demostró una mejora significativa en la simulación de Mobile Radio con una dependencia del enlace del 99,99%, como se muestra en los datos relevantes que no se muestran. Todas las conexiones de radio tienen pérdidas de línea y zonas de Fresnel superiores a 4,5F1. Finalmente se concluye que la nueva red inalámbrica

funciona bien, permitiendo instalar la conexión radio y mejorando la calidad del servicio de la zona. rural Unidas Ganaremos 2.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Red de telecomunicaciones

Es un sistema de infraestructura y tecnología diseñado para permitir la transferencia de datos entre diferentes dispositivos, ubicaciones o usuarios. Estas redes facilitan la comunicación a larga distancia mediante la transmisión de datos u otros tipos de información (Ioannou et al., 2020).

En una red de telecomunicaciones, los datos se envían mediante medios físicos, como cables de fibra óptica, cables de cobre, o de forma inalámbrica mediante ondas electromagnéticas. Estas redes pueden ser públicas, como Internet, o privadas, como las utilizadas por empresas u organizaciones para comunicarse internamente. Las redes de telecomunicaciones pueden ser clasificadas según su alcance geográfico. También pueden incluir elementos como conmutadores, routers, servidores, y otros dispositivos que facilitan la transmisión y gestión de la información (Chouhan et al., 2023).

2.2.1.1. Componentes de una red de telecomunicaciones

Consta de varios componentes esenciales que colaboran para facilitar la transferencia de información entre dispositivos. En primer lugar, los dispositivos terminales, como computadoras, teléfonos inteligentes o impresoras, constituyen los puntos finales de conexión a la red, desde donde se envía o recibe información. Para la transmisión de datos, se utilizan diversos medios de transmisión, como cables coaxiales o conexiones inalámbricas, como ondas de radio o señales de satélite (Aleksic et al., 2023).

La conectividad dentro de la red se gestiona mediante equipos de conexión, que incluyen routers, repetidores y puntos de acceso inalámbrico (AP). Estos dispositivos dirigen el flujo de datos entre los distintos puntos de la red. Los servidores son sistemas informáticos dedicados que ofrecen servicios específicos dentro de la red, como almacenamiento de archivos, correo electrónico o aplicaciones web. El software de red, como sistemas operativos de red y protocolos de comunicación como TCP/IP, DHCP o DNS, define cómo se transmiten y reciben los datos.

La infraestructura física y lógica incluye tanto la infraestructura física, como cables y dispositivos de red, como la infraestructura lógica, como configuraciones de red y direcciones IP, necesarias para el funcionamiento de la red. Los dispositivos de seguridad, como firewalls, así como antivirus, protegen la red y los datos contra posibles amenazas de seguridad. Finalmente, la gestión de red implica herramientas y sistemas utilizados para monitorear, administrar y mantener la red, incluyendo sistemas de gestión de configuración y sistemas de gestión de seguridad (Mannan & Hossen, 2023). Estos componentes colaboran en conjunto para garantizar el funcionamiento eficiente y seguro de la red de telecomunicaciones.

2.2.1.2. Estructura de una red de telecomunicaciones

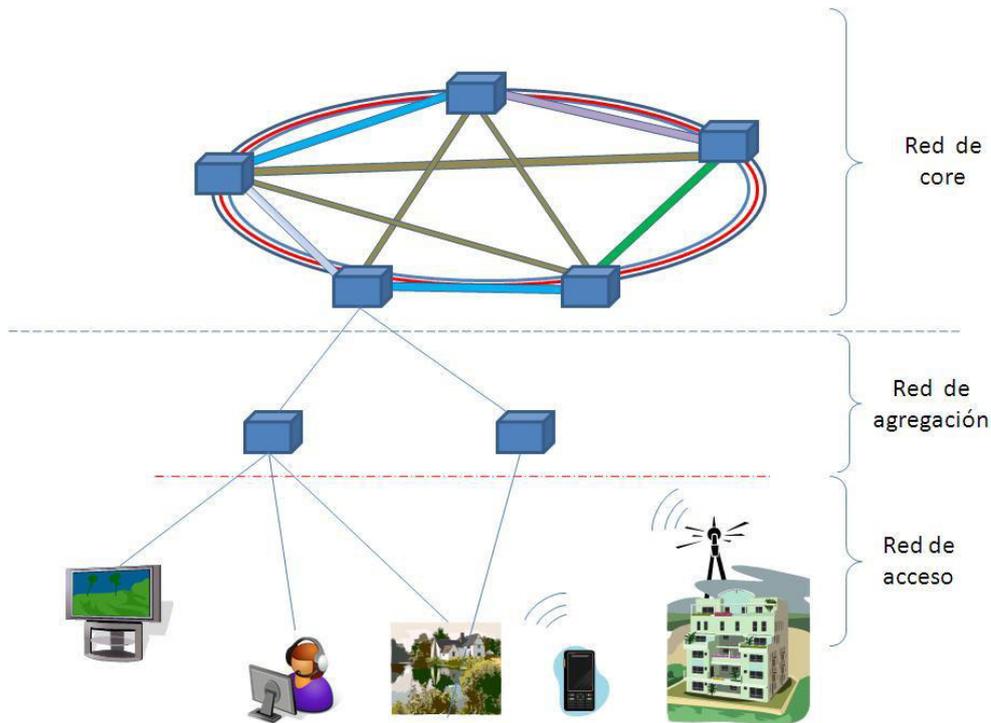
Una red de telecomunicaciones se compone de diversos elementos interconectados que facilitan la transmisión de datos, estos componentes incluyen dispositivos de usuario final, como computadoras y teléfonos inteligentes, así como switches y puntos de acceso. La transmisión de datos se lleva a cabo mediante de medios físicos como conexiones inalámbricas, y se rige por protocolos de comunicación como TCP/IP y HTTP (Kumari et al., 2021).

Además de los dispositivos y medios físicos, las redes de telecomunicaciones también dependen de servidores que ofrecen servicios específicos, como almacenamiento de datos, correo electrónico y páginas web. Estos servidores suelen estar alojados en centros de datos equipados con sistemas de refrigeración y energía redundante para garantizar su operatividad. Para gestionar y controlar la red, se utilizan herramientas de software de gestión de red que monitorean el tráfico de datos.

La estructura de una red de telecomunicaciones puede ser local (LAN) o extenderse a nivel regional, nacional o global (WAN), dependiendo de su alcance y tamaño (Lee et al., 2021).

Figura 1

Estructura de una red



Nota. La estructura de una red de telecomunicaciones se puede dividir en tres etapas las cuales son la red de cobre, red de agregación y red de acceso. Obtenida de Lee et al. (2021).

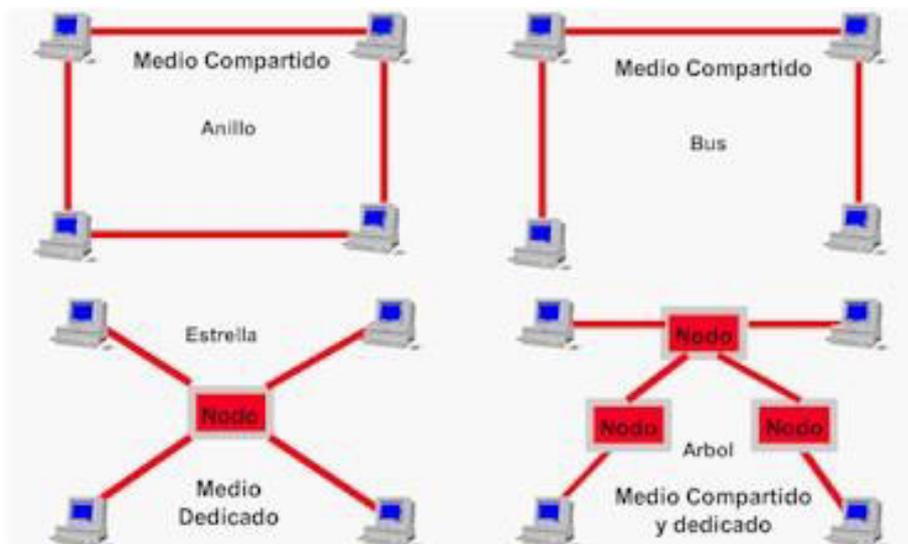
2.2.1.3. Protocolos de una red de telecomunicaciones

Es la disposición física de los dispositivos y los enlaces de comunicación que forman la estructura de la red (Aleksic et al., 2023). Hay varias topologías comunes que se utilizan en redes de telecomunicaciones como se visualiza en la Figura 2, cada una con sus propias ventajas y desventajas.

- Topología de estrella: Es fácil de administrar, y si un dispositivo falla, no afecta a los demás.
- Topología de bus: Los datos se transmiten mediante cable y todos los dispositivos reciben los mismos datos.
- Topología de anillo: No requiere un punto central de control.
- Topología de árbol: Es escalable y ofrece una buena tolerancia a fallos, pero puede volverse complicada de administrar a medida que crece.

Figura 2

Topologías de red



Nota. Las topologías de una red de telecomunicaciones pueden dividirse en las de medio compartido, medio dedicado y medio compartido y dedicado; las topologías de medio compartido son anillo y bus, las de medio dedicado es la estrella y las de medio compartido y dedicado es la de árbol. Obtenida de Aleksic et al. (2023)

2.2.1.4. Trafico

El tráfico es el flujo de datos que viajan a través de una red de comunicaciones. Este flujo de datos puede ser de diferentes tipos, como voz, video, texto, imágenes u otros tipos de información digital (Mazzenga et al., 2020). El tráfico en las redes de telecomunicaciones puede modificarse en función de diversos factores, incluyendo:

- **Volumen:** Es la cantidad total de datos que se transmiten mediante la red en un período de tiempo determinado. Este puede variar desde pequeñas cantidades de datos, como en una conversación telefónica, hasta grandes volúmenes de datos, como en la transferencia de archivos de vídeo de alta definición (Mazzenga et al., 2020).
- **Tipo de tráfico:** Puede incluir tráfico de voz, tráfico de datos (como correos electrónicos, navegación web), tráfico de video (como videollamadas, transmisión de películas) y otros tipos específicos de comunicaciones.

- Patrones de tráfico: Se refiere a cómo varía el flujo de datos a lo largo del tiempo. Por ejemplo, puede haber patrones de tráfico diurno y nocturno, patrones de tráfico estacionales, patrones de tráfico relacionados con eventos específicos, entre otros.

Para el cálculo del tráfico en esta investigación, se empleará la siguiente ecuación:

$$\text{Tráfico} = \frac{\text{\#Usuarios} \times \text{Duración de llamada} \times \text{Probabilidad}}{3600}$$

2.2.1.5. Probabilidad de bloqueo

Se emplea para medir la probabilidad de que una solicitud de servicio sea rechazada debido a la incapacidad de la red para satisfacerla. En el contexto de las telecomunicaciones, la probabilidad de bloqueo se aplica principalmente a los sistemas de comunicaciones que gestionan recursos limitados, como las redes telefónicas o las redes de datos con capacidad finita. Por ejemplo, en una red telefónica, la probabilidad de bloqueo podría referirse a la probabilidad de que una llamada telefónica sea rechazada debido a que todas las líneas están ocupadas (Mishra et al., 2021).

Esta probabilidad se calcula como la cantidad de solicitudes bloqueadas dividido por el número total de solicitudes. Por lo tanto, se expresa como un valor entre 0 y 1, o como un porcentaje entre 0% y 100%. Una probabilidad de bloqueo del 0% indica que ninguna solicitud ha sido rechazada, mientras que una probabilidad del 100% indica que todas las solicitudes han sido bloqueadas. La probabilidad de bloqueo es un parámetro importante en el diseño y la gestión de redes de telecomunicaciones, ya que puede afectar directamente la calidad del servicio percibida por los usuarios. Los ingenieros de redes utilizan modelos matemáticos y herramientas de simulación para estimar y optimizar la probabilidad de bloqueo en función de factores como la capacidad de la red, la demanda de tráfico y los patrones de uso.

2.2.1.6. Velocidad de transmisión

Conocida como velocidad de transferencia o tasa de transferencia es el número de datos transmitidos mediante una conexión de red. Se mide típicamente en bits por segundo (bps), entre otras unidades (Bao et al., 2022).

La velocidad de transmisión puede variar según el tipo de conexión o tecnología utilizada. Algunos ejemplos comunes incluyen:

- Velocidad de transmisión de Internet: Es la velocidad a la que los datos pueden ser transferidos entre un dispositivo y la red de Internet. Esta velocidad puede variar según el tipo de conexión (por ejemplo, DSL, fibra óptica, cable, 5G).
- Velocidad de transmisión de una red local (LAN): Está determinado por factores como el tipo de cableado (por ejemplo, Ethernet Cat5e, Cat6), la tecnología de red (por ejemplo, Ethernet, Wi-Fi) y la capacidad de los dispositivos de red (por ejemplo, switches, routers).
- Velocidad de transmisión de comunicaciones inalámbricas: Es la velocidad a la que los datos pueden ser transferidos a través de conexiones inalámbricas, como Wi-Fi, Bluetooth o tecnologías móviles como 4G y 5G.

Para el cálculo de la velocidad de transmisión en esta investigación, se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad} = \# \text{Usuarios} \times \text{Velocidad por Usuario} \times \text{Probabilidad}$$

2.2.2. Red de transporte

Es una infraestructura de comunicaciones diseñada para transportar grandes volúmenes de datos mediante largas distancias a alta velocidad y con fiabilidad. Esta red es fundamental para interconectar diferentes puntos de una red de telecomunicaciones, como ciudades, regiones e incluso países (Ferrandis et al., 2021).

La red de transporte se encarga de distribuir el tráfico de datos entre diferentes nodos de la red, como estaciones base de telecomunicaciones móviles, entre otros. Suele estar compuesta por una combinación de enlaces de microondas, satélites y otros medios de transmisión de alta capacidad.

Algunas cualidades cruciales de las redes de transporte incluyen:

- **Alta capacidad:** Las redes de transporte están diseñadas para manejar grandes volúmenes de datos, incluyendo tráfico de voz, video y datos a alta velocidad.
- **Fiabilidad:** Debido a su importancia crítica en la infraestructura de comunicaciones, las redes de transporte suelen estar diseñadas con redundancia y protección contra fallos para garantizar un funcionamiento continuo y confiable.
- **Baja latencia:** En muchas aplicaciones, como la latencia es crítica, por lo tanto, las redes de transporte suelen estar optimizadas para minimizar la latencia.
- **Escalabilidad:** Las redes de transporte deben poder adaptarse a cambios en la demanda de tráfico y crecer para soportar nuevas aplicaciones y servicios.

Son esenciales para facilitar la conectividad global y permitir servicios de comunicación eficientes y de alta calidad en todo el mundo. Son la columna vertebral de la infraestructura de telecomunicaciones y juegan un papel fundamental en la interconexión de redes de área extensa (WAN) y la entrega de servicios de telecomunicaciones a usuarios finales.

2.2.3. Red de acceso

Conecta los dispositivos de usuario final, como televisores y otros dispositivos, a la red de transporte o a los servicios de comunicaciones disponibles (LeeLee et al., 2023).

La red de acceso puede variar significativamente dependiendo del tipo de servicio y de las tecnologías disponibles en una determinada área geográfica. Algunas tecnologías comunes utilizadas en redes de acceso incluyen:

- **Líneas de cobre:** Utilizadas tradicionalmente en redes telefónicas, estas líneas pueden ofrecer servicios de voz como el DSL.
- **Cable coaxial:** Utilizado en redes de cable, este medio puede ofrecer servicios de televisión, internet y telefonía.
- **Redes inalámbricas:** Esto incluye tecnologías como Wi-Fi, que ayuda la conexión de dispositivos a una red local sin la necesidad de cables, y

tecnologías móviles como 4G LTE y 5G, que proporcionan conectividad a dispositivos móviles en áreas donde no hay infraestructura cableada.

La elección de la tecnología de red de acceso depende de distintos factores, como la disponibilidad de infraestructura, la densidad de población, las necesidades de ancho de banda y la capacidad económica de despliegue y mantenimiento.

2.2.4. Provincia de Yungay

Yungay es una división administrativa ubicada en la Región de Ancash, en el centro-norte del Perú. Limita al norte con la provincia de Carhuaz, al este con la provincia de Huaylas, al sur con la provincia de Huaraz, y al oeste con la provincia de Carlos Fermín Fitzcarrald como se puede ver en la Figura 3.

La provincia de Yungay tiene una población diversa, su ubicación estratégica en los Andes peruanos y su proximidad a atracciones naturales la convierten en un destino popular para los viajeros que buscan explorar la belleza natural y la cultura de la región (Herrera et al., 2023).

Figura 3

Región de Ancash y provincia



Nota. La provincia de Yungay es conocida por su rica historia, su paisaje montañoso impresionante y su importante papel en el desarrollo cultural y económico de la región. La Obtenida de Herrera et al Herrera et al. (2023)

2.2.4.1. División política

La provincia de Yungay, ubicada en la Región de Ancash, Perú, está dividida en distritos, que son las subdivisiones administrativas a nivel local. Los distritos que la conforman son los siguientes:

- Yungay: Es el distrito capital de la provincia y sede de la administración local. También es el centro urbano más grande y poblado de la provincia.
- Cascapara: Este distrito se encuentra al este de Yungay y cuenta con una población principalmente rural dedicada a la agricultura.
- Mancos: Ubicado al sur de Yungay, Mancos es conocido por su rica historia y su belleza natural, con paisajes montañosos impresionantes.
- Matacoto: Este distrito se encuentra al este de Yungay, y su economía se basa en la agricultura y la ganadería.
- Quillo: Situado al oeste de Yungay, Quillo es un distrito rural.

Estos distritos conforman la división política, cada uno con su propia administración local y autoridades municipales como se visualiza en la Figura 4. Cada distrito tiene su propia identidad, historia y características únicas, contribuyendo al mosaico cultural y geográfico de la provincia.

Figura 4

Provincia de Yungay y sus distritos



Nota. La provincia de Yungay tiene 8 distritos los cuales conforman dicha provincia. Obtenida de Herrera et al. (2023)

2.3. MARCO METODOLOGICO

2.3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación será la aplicada, ya que se utilizarán las diferentes fórmulas y métodos ya existentes en las redes inalámbricas con el objetivo de mejorar el servicio de comunicación. Una investigación de tipo aplicada, se identifica por buscar la solución de situaciones o problemas específicos del mundo real a través del uso de conocimientos científicos y teóricos (Ruiz & Valenzuela, 2022).

2.3.2. Métodos de investigación

El método de investigación empleado fue el hipotético–deductivo, facilita a reformular continuamente la teoría, el concepto o el cuerpo metodológico de la investigación, para que pueda organizarse fundamentalmente como un método de creación de conocimiento.

2.3.3. Diseño de investigación

El diseño que se utilizará es preexperimental, ya que se procedió a manipular la variable independiente, la cual es la red inalámbrica y se observará cómo influye en la variable dependiente, la cual es el servicio de comunicación. Según Ruiz y Valenzuela (2022), el diseño preexperimental es un enfoque de investigación en el que se realiza una intervención o tratamiento en un grupo o individuo.

2.3.4. Población y muestra

La población determinada estuvo compuesta por todos los distritos de la provincia de Yungay. La muestra para el presente estudio está conformada por 44 localidades beneficiadas a las cuales se pueda acceder mediante la red de transporte.

2.3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Una técnica de recopilación de datos es un procedimiento específico empleado para adquirir información, observaciones o pruebas con la finalidad de investigar, analizar o comprender un fenómeno particular. En la presente investigación se utilizará la técnica de análisis documental., esta técnica

metodológica consiste en llevar a cabo un estudio sistemático y exhaustivo de documentos escritos, registros, textos u otras fuentes de información escrita con el fin de extraer conocimiento, identificar patrones y obtener comprensión sobre el tema específico (Arias et al., 2022).

Un instrumento de recolección de datos es cualquier herramienta o medio empleado para recopilar información, observaciones o respuestas de los participantes en la investigación. Los instrumentos utilizados en esta investigación están centrados en recopilar datos pertinentes respecto a los cálculos de tráfico, velocidad y probabilidad de bloqueo. Para este propósito, se empleará una guía de análisis como instrumento de recolección de datos. Consta de directrices y pasos detallados diseñados para facilitar a los investigadores el abordaje y examen sistemático de documentos escritos, registros o fuentes textuales (Arias et al., 2022).

2.3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Es un procedimiento vital en la investigación y en muchas otras disciplinas de estudio, esto implica recopilar, organizar, analizar y convertir datos sin procesar en información útil que puede emplearse para tomar decisiones dentro del diseño de conocimientos o la resolución de problemas (Rodríguez, 2019). Asimismo, dentro del procesamiento y estudio de los datos se empleó el software Microsoft Excel.

2.3.7. Procedimientos

OE – 01: Describir la situación actual mediante la identificación del número de pobladores y viviendas en la provincia de Yungay.

- Determinar el número de pobladores.
- Determinar el número de viviendas.
- Determinar el número de comisarías, colegios y centros de salud.

OE – 02: Determinar los cálculos de tráfico asociados a los parámetros propios de la telefonía móvil y telefonía fija en la provincia de Yungay.

- Determinar la duración de la saliente para la telefonía móvil y fija.
- Determinar la probabilidad de la saliente para la telefonía móvil y fija.
- Determinar la duración de la entrante para la telefonía móvil y fija.
- Determinar la probabilidad de la entrante para la telefonía móvil y fija.

OE – 03: Realizar el modelamiento de las variables de probabilidad de bloqueo y velocidad de transmisión para el sistema.

- Determinar la probabilidad de pérdida para la telefonía fija
- Determinar la probabilidad de pérdida para la telefonía móvil
- Determinar la velocidad de internet

OE – 04: Diseñar en Matlab el modelamiento de la antena para la red inalámbrica con tecnología GPON.

- Modelamiento en Matlab de la antena dipolo a 2.4 GHz
- Determinar el parámetro S y curva de la antena dipolo.
- Demostración gráfica en 3D del modelo de la antena

OE – 05: Simular la red inalámbrica con tecnología GPON a partir de las etapas de transporte y acceso de los usuarios.

- Realizar el modelamiento de cálculos de capacidad.
- Realizar el modelamiento de cálculos de banda ancha

2.3.8. Orientación ética

Los derechos de autoría correspondientes a las diferentes fuentes que fueron examinadas para el estudio se respetan mediante citas adecuadas al estilo APA 7ma. Además, se empleó la tecnología digital TURNITIN para evitar el plagio, confirmando la unicidad del autor y de los datos. De igual forma, se siguió el Código de Ética en Investigación de la UCH, asegurando la autenticidad, neutralidad y transparencia en el estudio y recolección de la información.

2.4. MARCO LEGAL

2.4.1. Marco legal a nivel internacional

- Normativas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT): La UIT establece estándares y recomendaciones internacionales para el desarrollo y despliegue de tecnologías de comunicaciones, incluyendo las relacionadas con redes inalámbricas y tecnologías de acceso como GPON.
- Acuerdos y tratados internacionales sobre telecomunicaciones: Existen tratados y acuerdos internacionales que pueden influir en el desarrollo de infraestructuras de

comunicaciones, que puede afectar las regulaciones y políticas relacionadas con las telecomunicaciones.

2.4.2. Marco legal a nivel nacional

Ley N°30228: “Ley que modifica la Ley 29022, Ley para la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones”

- Artículo 2. Modificación de los artículos 1, 3 y 5 de la Ley 29022, Ley para la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones
- Artículo 4. Sustitución del artículo 7 de la Ley 29022, Ley para la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones
- Artículo 5. Incorporación del artículo 11 a la Ley 29022, Ley para la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones

2.4.3. Estándares

En la tabla 1, se visualizan los estándares técnicos para la implementación de una antena, contemplando características como altura, ancho, base, peso, acceso y capacidad de carga.

Tabla 1.

Normativa para antenas

Características	Especificaciones
Altura	De 6 hasta 85 m
Ancho	De 2 m ² hasta en relación con la altura de la torre
Base	El armado de la cimentación será en relación con el tipo y altura de la torre
Peso	De 50 kg a los 12 000 kg
Acceso	Escalerilla ubicada de un lado de la torre
Capacidad de Carga	De 200 kg hasta 1600 kg

Nota. Especificaciones técnicas a tener en cuenta para las antenas en la etapa de distribución.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

3.1. Describir la situación actual mediante la identificación del número de pobladores y viviendas en la provincia de Yungay

3.1.1. Localidades beneficiadas

En el presente estudio se tomará en cuenta únicamente las localidades que se espera sean beneficiadas por el proyecto. Las cuales son las siguientes:

Tabla 2.

Listado de localidades beneficiadas de la provincia de Yungay

LOCALIDAD	CAPITAL	LOCAL IE	EST SALUD	COMISARIAS	LONGITUD	LATITUD
PUCAP GRANDE	NO	1	0	0	-77.7682	-9.2316
QUISHUAR	NO	1	0	0	-77.8975	-9.3791
HUAYAPON	NO	1	0	0	-77.6767	-9.1956
MAMAPAMPA	NO	1	0	0	-77.6421	-9.1927
PISCA	NO	1	0	0	-77.6398	-9.1852
PUMARRANRA	NO	1	0	0	-77.6738	-9.2148
HUAYPAN	NO	0	1	0	-77.6136	-9.2034
MATACOTO	SI	0	1	0	-77.7459	-9.1786
QUILLO	SI	1	1	1	-78.0441	-9.3295
CONCHI	NO	1	0	0	-77.9525	-9.2902
PUNAP	NO	1	1	0	-77.909	-9.3007
PAMPACANCHA	NO	1	0	0	-77.9722	-9.3011
PARIACOLCA	NO	1	0	0	-77.9939	-9.317
LA RINCONADA	NO	1	0	0	-78.0075	-9.3228
ALLPAQUITA	NO	1	0	0	-77.9377	-9.2995
HUACHO	NO	1	1	0	-77.9489	-9.3062
HUAMBO	NO	1	0	0	-77.9335	-9.3286
HUACUY ALTO	NO	1	0	0	-78.007	-9.2779
INDEPENDENCIA	NO	1	0	0	-77.7091	-9.1636
YANAMA	SI	2	1	1	-77.4722	-9.0227
CHALHUA	NO	1	0	0	-77.4925	-9.021
COCHAUCRO	NO	1	0	0	-77.3758	-9.0364
CUNYA	NO	1	1	0	-77.3863	-9.0563
LLANLLA	NO	1	1	0	-77.4355	-8.9995
PACARISCA	NO	1	1	0	-77.4184	-9.0095
HUAMAS	NO	1	0	0	-77.4495	-9.013
ALPABAMBA	NO	1	1	0	-77.3716	-9.0224
YERBABUENA	NO	0	1	0	-77.5055	-9.0154
RAYAN	NO	1	1	0	-77.728	-9.0812
PATAPATA	NO	1	0	0	-77.7441	-9.0803
CANYASBAMBA	NO	1	0	0	-77.7734	-9.0905
CHILCA	NO	0	1	0	-77.7309	-9.0994
HUARCA	NO	2	1	0	-77.7153	-9.1
HUASHAO	NO	1	1	0	-77.6994	-9.1269
HUAMBO MUSHO	NO	1	0	0	-77.6804	-9.1643
MUSHO	NO	1	1	0	-77.6727	-9.1752
SHOCOSH	NO	1	0	0	-77.6521	-9.176
TUMPA	NO	1	1	0	-77.6641	-9.1744
ATMA	NO	1	0	0	-77.7276	-9.1251
SHILLCOP	NO	1	0	0	-77.7115	-9.1414
TUCUHURAN	NO	1	0	0	-77.7358	-9.1044
MARAP	NO	1	0	0	-77.7392	-9.092
MASRA	NO	1	0	0	-77.7298	-9.0951
AIRA	NO	1	0	0	-77.7165	-9.1468

Nota. Elaboración propia

Usando la información proporcionada por el INEI obtenida del censo 2017, Yungay contaría con 50 841 habitantes (4.7% del total de la población del departamento de Ancash), estando la provincia de Yungay organizada en 8 distritos: el distrito de Yungay cuenta con el 39.4% de la población de la provincia, Cascapara con el 3.3%, en Mancos se encuentra el 12.5%, en Matacoto 2.6%, Quillo 22.9%, Ranrahirca 5.2%, Shupluy 3.6%, y Yanama 10.4%.

Tabla 3.*Población censada en 2017*

DISTRITO	LOCALIDAD	POBLACIÓN	VIVIENDAS
CASCAPARA	PUCAP GRANDE	96	37
CASCAPARA	QUISHUAR	162	47
MANCOS	HUAYAPON	12	7
MANCOS	MAMAPAMPA	97	57
MANCOS	PISCA	116	69
MANCOS	PUMARRANRA	155	63
MANCOS	HUAYPAN	353	145
MATACOTO	MATACOTO	323	124
QUILLO	QUILLO	683	227
QUILLO	CONCHI	221	66
QUILLO	PUNAP	344	105
QUILLO	PAMPACANCHA	240	94
QUILLO	PARIACOLCA	532	141
QUILLO	LA RINCONADA	326	101
QUILLO	ALLPAQUITA	339	82
QUILLO	HUACHO	604	240
QUILLO	HUAMBO	445	110
QUILLO	HUACUY ALTO	576	180
RANRAHIRCA	INDEPENDENCIA	131	50
YANAMA	YANAMA	439	176
YANAMA	CHALHUA	195	90
YANAMA	COCHAUCRO	325	122
YANAMA	CUNYA	98	47
YANAMA	LLANLLA	212	90
YANAMA	PACARISCA	174	58
YANAMA	HUAMAS	282	87
YANAMA	ALPABAMBA	423	188
YANAMA	YERBABUENA	101	59
YUNGAY	RAYAN	235	88
YUNGAY	PATAPATA	403	158
YUNGAY	CANYASBAMBA	619	237
YUNGAY	CHILCA	154	64
YUNGAY	HUARCA	201	59
YUNGAY	HUASHAO	278	109
YUNGAY	HUAMBO MUSHO	224	122
YUNGAY	MUSHO	367	190
YUNGAY	SHOCOSH	114	45
YUNGAY	TUMPA	745	330
YUNGAY	ATMA	103	39
YUNGAY	SHILLCOP	105	65
YUNGAY	TUCUHURAN	176	73
YUNGAY	MARAP	217	116
YUNGAY	MASRA	172	91
YUNGAY	AIRA	237	86

Nota. Elaboración propia

3.1.2. Tasa de crecimiento poblacional

Según reportes del INEI en la nota de prensa N° 190 se determinó que en la región de Ancash la población urbana experimentó un crecimiento en su población del 1.5% anual, por el contrario, la población rural tuvo un decrecimiento de hasta 1.7% anual. En la misma nota de prensa se nos brinda la información que la población de provincia de Yungay está ubicada un 60% en zona rural, es decir que el otro 40% se encuentra en zonas urbanas. Considerando ese 40% de la población en zona urbana con un crecimiento anual

de 1.5%, obtendremos un crecimiento poblacional de 0.6% en la provincia. Debido a ello al realizar la proyección de población y vivienda hasta 2032 obtenemos los valores observados en la siguiente tabla.

Tabla 4.

Proyección de la Población al 2032

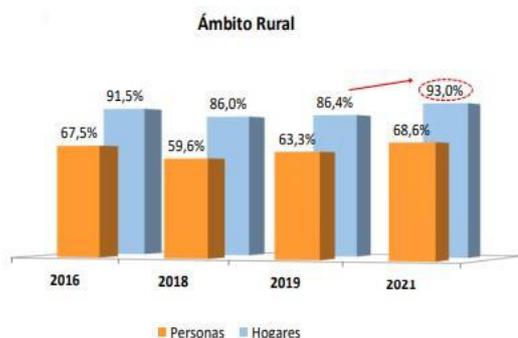
LOCALIDAD	POBLACIÓN	VIVIENDAS
PUCAP GRANDE	107	42
QUISHUAR	180	53
HUAYAPON	14	8
MAMAPAMPA	107	63
PISCA	127	76
PUMARRANRA	170	69
HUAYPAN	387	159
MATACOTO	354	136
QUILLO	748	249
CONCHI	242	73
PUNAP	377	115
PAMPACANCHA	263	103
PARIACOLCA	582	155
LA RINCONADA	357	111
ALLPAQUITA	371	90
HUACHO	661	263
HUAMBO	487	121
HUACUY ALTO	631	197
INDEPENDENCIA	144	55
YANAMA	481	193
CHALHUA	214	99
COCHAUCRO	356	134
CUNYA	108	52
LLANLLA	232	99
PACARISCA	191	64
HUAMAS	309	96
ALPABAMBA	463	206
YERBABUENA	111	65
RAYAN	258	97
PATAPATA	441	173
CANYASBAMBA	678	260
CHILCA	169	71
HUARCA	220	65
HUASHAO	305	120
HUAMBO MUSHO	246	134
MUSHO	402	208
SHOCOSH	125	50
TUMPA	815	361
ATMA	113	43
SHILLCOP	115	72
TUCUHURAN	193	80
MARAP	238	127
MASRA	189	100
AIRA	260	95

Nota. Elaboración propia

Considerado la información estadística en la Encuesta Residencial de Servicios de Telecomunicaciones de OSIPTEL (Telecomunicaciones (Perú) & Regulatorio, 2022), tenemos: un nivel de penetración para telefonía móvil de 68.6%, para la telefonía fija 0.1%; para servicios de internet fijo de 68.7% y para móvil el 23.5%. De acuerdo con estas estadísticas, a excepción de la telefonía fija, observamos una tendencia al crecimiento de los distintos servicios de telecomunicaciones.

Figura 5

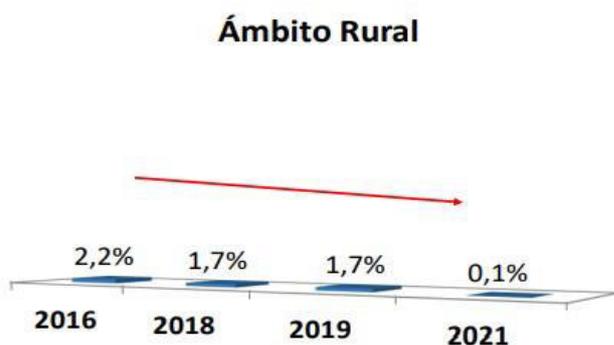
Acceso a telefonía móvil



Nota. Obtenido de Telecomunicaciones (Perú) y Regulatorio (2022)

Figura 6

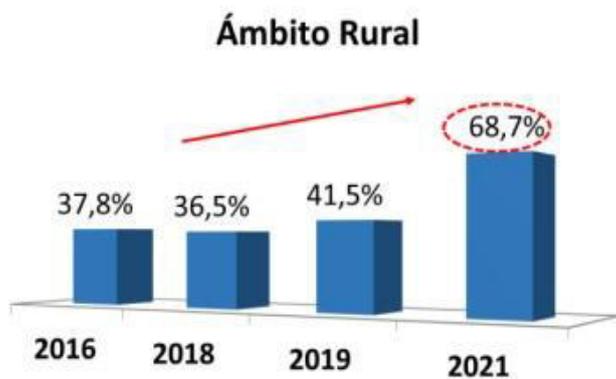
Acceso a telefonía fija



Nota. Obtenido de Telecomunicaciones (Perú) y Regulatorio (2022)

Figura 7

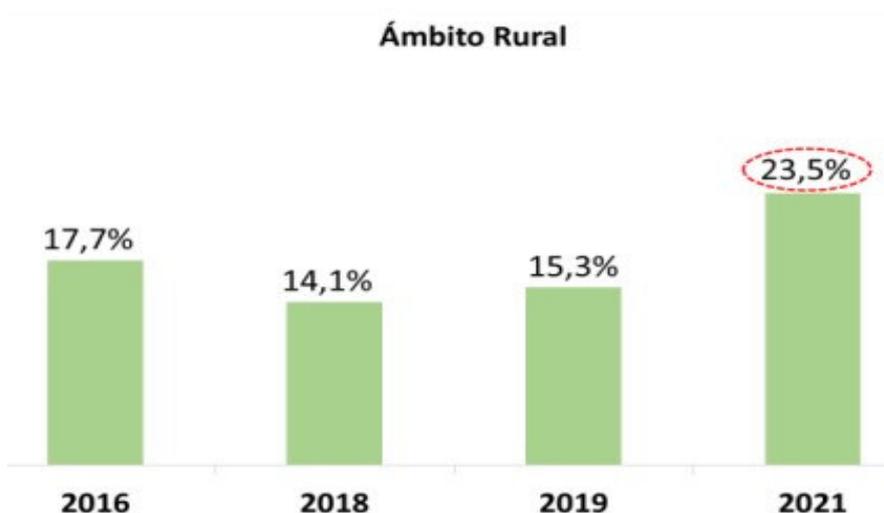
Hogares con acceso a internet



Nota. Obtenido de Telecomunicaciones (Perú) y Regulatorio (2022)

Figura 8

Personas con telefonía móvil postpago



Nota. Obtenido de Telecomunicaciones (Perú) y Regulatorio (2022)

3.2. Determinar los cálculos de tráfico asociados a los parámetros propios de la telefonía móvil y telefonía fija en la provincia de Yungay

Para calcular el tráfico de llamada entrante y saliente, tanto en telefonía móvil como en fija, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Tráfico} = \frac{\# \text{Usuarios} \times \text{Duración de Llamada} \times \text{Probabilidad}}{3600}$$

3.2.1. Telefonía móvil

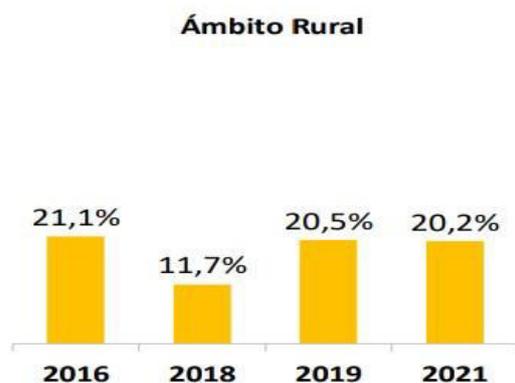
De acuerdo a OSIPTEL, el 20.2% de la población realizan llamadas diariamente desde un teléfono móvil, así también el 55.2% realizan llamadas con una duración de 3 minutos a más, esta información corresponde a la saliente. Ya que las entrantes se dan en mayor cantidad y duración, obtenemos los siguientes datos:

- *Saliente Duracion* = 180
- *Saliente Probabilidad* = 0,20
- *Entrante Duracion* = 240
- *Entrante Probabilidad* = 0,40

Haciendo uso de estos valores hallamos las entrantes y salientes para telefonía móvil de cada localidad.

Figura 9

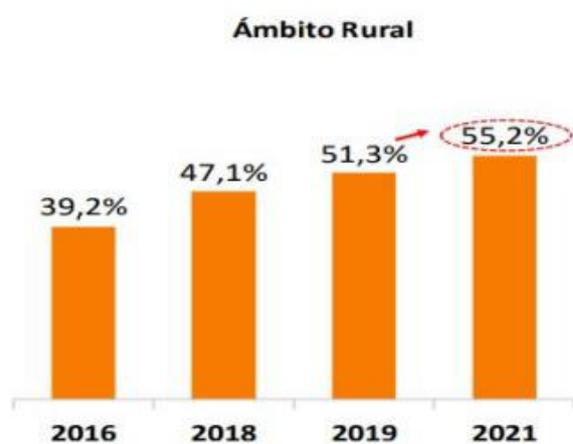
Personas que realizan llamadas con teléfono móvil



Nota. Obtenido de Telecomunicaciones (Perú) y Regulatorio (2022)

Figura 10

Personas que realizan llamadas con teléfono móvil de 3 minutos a más



Nota. Obtenido de Telecomunicaciones (Perú) y Regulatorio (2022)

3.2.2. Telefonía fija

De acuerdo a OSIPTEL, el 10.4% de la población realizan llamadas diariamente desde un teléfono fijo, así también el 51.1% realizan llamadas con una duración de 3 minutos a más, esta información corresponde a la saliente. Ya que las entrantes se dan en mayor cantidad y duración, obtenemos los siguientes datos:

- *Saliente Duracion* = 120
- *Saliente Probabilidad* = 0,10
- *Entrante Duracion* = 180
- *Entrante Probabilidad* = 0,25

Haciendo uso de estos valores hallamos las entrantes y salientes para telefonía fija de cada localidad.

Figura 11

Personas que realizan llamadas con teléfono fijo



Nota. Obtenido de Telecomunicaciones (Perú) y Regulatorio (2022)

Figura 12

Personas que realizan llamadas con teléfono fijo de 3 minutos a más



Nota. Obtenido de Telecomunicaciones (Perú) y Regulatorio (2022)

Tabla 5.*Tráfico de Telefonía Fija y Móvil de cada localidad*

LOCALIDAD	USUARIOS		MOVIL (Earlangs)		FIJA (Earlangs)	
	Móviles	Fijo	0.4	0.2	0.25	0.1
			ENTRANTES	SALIENTE	ENTRANTES	SALIENTE
PUCAP GRANDE	74	1	1.73	0.74	0.01	0.003
QUISHUAR	124	1	2.89	1.24	0.01	0.003
HUAYAPON	10	1	0.23	0.10	0.01	0.003
MAMAPAMPA	74	1	1.73	0.74	0.01	0.003
PISCA	88	1	2.05	0.88	0.01	0.003
PUMARRANRA	117	1	2.73	1.17	0.01	0.003
HUAYPAN	266	1	6.21	2.66	0.01	0.003
MATACOTO	243	1	5.67	2.43	0.01	0.003
QUILLO	514	1	11.99	5.14	0.01	0.003
CONCHI	167	1	3.90	1.67	0.01	0.003
PUNAP	259	1	6.04	2.59	0.01	0.003
PAMPACANCHA	181	1	4.22	1.81	0.01	0.003
PARIACOLCA	400	1	9.33	4.00	0.01	0.003
LA RINCONADA	245	1	5.72	2.45	0.01	0.003
ALLPAQUITA	255	1	5.95	2.55	0.01	0.003
HUACHO	454	1	10.59	4.54	0.01	0.003
HUAMBO	335	1	7.82	3.35	0.01	0.003
HUACUY ALTO	433	1	10.10	4.33	0.01	0.003
INDEPENDENCIA	99	1	2.31	0.99	0.01	0.003
YANAMA	330	1	7.70	3.30	0.01	0.003
CHALHUA	147	1	3.43	1.47	0.01	0.003
COCHAUCRO	245	1	5.72	2.45	0.01	0.003
CUNYA	75	1	1.75	0.75	0.01	0.003
LLANLLA	160	1	3.73	1.60	0.01	0.003
PACARISCA	132	1	3.08	1.32	0.01	0.003
HUAMAS	212	1	4.95	2.12	0.01	0.003
ALPABAMBA	318	1	7.42	3.18	0.01	0.003
YERBABUENA	77	1	1.80	0.77	0.01	0.003
RAYAN	177	1	4.13	1.77	0.01	0.003
PATAPATA	303	1	7.07	3.03	0.01	0.003
CANYASBAMBA	466	1	10.87	4.66	0.01	0.003
CHILCA	116	1	2.71	1.16	0.01	0.003
HUARCA	151	1	3.52	1.51	0.01	0.003
HUASHAO	210	1	4.90	2.10	0.01	0.003
HUAMBO MUSHO	169	1	3.94	1.69	0.01	0.003
MUSHO	276	1	6.44	2.76	0.01	0.003
SHOCOSH	86	1	2.01	0.86	0.01	0.003
TUMPA	560	1	13.07	5.60	0.01	0.003
ATMA	78	1	1.82	0.78	0.01	0.003
SHILLCOP	79	1	1.84	0.79	0.01	0.003
TUCUHURAN	133	1	3.10	1.33	0.01	0.003
MARAP	164	1	3.83	1.64	0.01	0.003
MASRA	130	1	3.03	1.30	0.01	0.003
AIRA	179	1	4.18	1.79	0.01	0.003

Nota. Elaboración propia

3.3. Realizar el modelamiento de las variables de probabilidad de bloqueo y velocidad de transmisión para el sistema.

3.3.1. Probabilidad de bloqueo

En la Resolución de Consejo Directivo N°040-99-CD/OSIPTEL se muestra que ya para el año 2020, con los avances tecnológicos, son prácticamente de acceso completo, es decir casi sin pérdidas. En telefonía, las troncales de transmisión se determinan con una probabilidad de pérdida o bloqueo del 0,01 al 0,001. Entonces, calculamos las troncales de transmisión en telefonía fija y móvil de cada localidad considerando una probabilidad de bloqueo del 0.01.

3.3.2. Velocidad

Siguiendo lo indicado en el artículo 1 de la Resolución Ministerial N° 482-2018 MTC/01.03 la Velocidad Mínima para el acceso a Internet es de 4 Mbps de descarga y 1 Mbps de carga.

Para calcular la velocidad de internet utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Velocidad} = \# \text{Usuarios} \times \text{Velocidad por Usuario} \times \text{Probabilidad}$$

En el presente proyecto hemos establecido la velocidad de descarga en 4 Mbps y la velocidad de carga en 2 Mbps, los cuales se encuentran sobre el rango mínimo mencionado.

En la información técnica dada por de los distintos códecs y su respectiva velocidad de bit, podemos observar que la mayoría de ellos trabaja con una velocidad menor a 40 kbps, rango en el cual los únicos códecs excluidos serían el G.711 y el G722 64k. Por ende, trabajamos los cálculos con una velocidad promedio de 40 kbps. Para calcular la velocidad para telefonía entrante y de salida utilizamos las siguientes fórmulas:

$$\text{Velocidad Entrante} = (\text{Entrante Fija} + \text{Entrante Móvil}) \times \text{Velocidad Promedio}$$

$$\text{Velocidad Saliente} = (\text{Saliente Fija} + \text{Saliente Móvil}) \times \text{Velocidad Promedio}$$

Tabla 6.

Troncales de transmisión en telefonía fija y móvil de cada localidad

LOCALIDAD	MOVIL (Earlangs)		FIJA (Earlangs)		MOVIL (Earlangs)		FIJA (Earlangs)	
	0.4	0.2	0.25	0.1	0.01	0.01	0.01	0.01
	ENTRANTES	SALIENTE	ENTRANTES	SALIENTE	ENTRANTES	SALIENTE	ENTRANTES	SALIENTE
	240	180	180	120				
PUCAP GRANDE	1.73	0.74	0.01	0.003	6	4	2	1
QUISHUAR	2.89	1.24	0.01	0.003	8	5	2	1
HUAYAPON	0.23	0.10	0.01	0.003	3	2	2	1
MAMAPAMPA	1.73	0.74	0.01	0.003	6	4	2	1
PISCA	2.05	0.88	0.01	0.003	7	5	2	1
PUMARRANRA	2.73	1.17	0.01	0.003	8	5	2	1
HUAYPAN	6.21	2.66	0.01	0.003	13	8	2	1
MATACOTO	5.67	2.43	0.01	0.003	12	7	2	1
QUILLO	11.99	5.14	0.01	0.003	20	11	2	1
CONCHI	3.90	1.67	0.01	0.003	10	6	2	1
PUNAP	6.04	2.59	0.01	0.003	13	8	2	1
PAMPACANCHA	4.22	1.81	0.01	0.003	10	6	2	1
PARIACOLCA	9.33	4.00	0.01	0.003	17	10	2	1
LA RINCONADA	5.72	2.45	0.01	0.003	12	7	2	1
ALLPAQUITA	5.95	2.55	0.01	0.003	13	8	2	1
HUACHO	10.59	4.54	0.01	0.003	19	11	2	1
HUAMBO	7.82	3.35	0.01	0.003	15	9	2	1
HUACUY ALTO	10.10	4.33	0.01	0.003	18	10	2	1
INDEPENDENCIA	2.31	0.99	0.01	0.003	7	5	2	1
YANAMA	7.70	3.30	0.01	0.003	15	9	2	1
CHALHUA	3.43	1.47	0.01	0.003	9	6	2	1
COCHAUCRO	5.72	2.45	0.01	0.003	12	7	2	1
CUNYA	1.75	0.75	0.01	0.003	6	4	2	1
LLANLLA	3.73	1.60	0.01	0.003	9	6	2	1
PACARISCA	3.08	1.32	0.01	0.003	8	5	2	1
HUAMAS	4.95	2.12	0.01	0.003	11	7	2	1
ALPABAMBA	7.42	3.18	0.01	0.003	15	9	2	1
YERBABUENA	1.80	0.77	0.01	0.003	6	4	2	1
RAYAN	4.13	1.77	0.01	0.003	10	6	2	1
PATAPATA	7.07	3.03	0.01	0.003	14	8	2	1
CANYASBAMBA	10.87	4.66	0.01	0.003	19	11	2	1
CHILCA	2.71	1.16	0.01	0.003	8	5	2	1
HUARCA	3.52	1.51	0.01	0.003	9	6	2	1
HUASHAO	4.90	2.10	0.01	0.003	11	7	2	1
HUAMBO MUSHO	3.94	1.69	0.01	0.003	10	6	2	1
MUSHO	6.44	2.76	0.01	0.003	13	8	2	1
SHOCOSH	2.01	0.86	0.01	0.003	7	4	2	1
TUMPA	13.07	5.60	0.01	0.003	22	12	2	1
ATMA	1.82	0.78	0.01	0.003	6	4	2	1
SHILLCOP	1.84	0.79	0.01	0.003	6	4	2	1
TUCUHURAN	3.10	1.33	0.01	0.003	8	5	2	1
MARAP	3.83	1.64	0.01	0.003	10	6	2	1
MASRA	3.03	1.30	0.01	0.003	8	5	2	1

Nota. Elaboración propia

Tabla 7.

Velocidad Mínima para el acceso a Internet de Banda Ancha

Denominación del acceso a Internet	Velocidad mínima efectiva (Mbps)	
	Descarga	Carga
Banda ancha para internet fijo	4	1
Banda ancha para internet móvil	4	1

Nota. Obtenido de Telecomunicaciones (Perú) y Regulatorio (2022)

Tabla 8.*Información de códec y ancho de banda*

Códec y tasa de bits (kbps)	Tamaño de muestra de códec (bytes)	Intervalo de muestra de códec (ms)	Puntuación media de opinión (MOS)	Tamaño de carga útil de voz (bytes)	Tamaño de carga útil de voz (ms)	Paquetes por segundo (PPS)	Ancho de banda MP o FRF.12 (kbps)	Ancho de banda con cRTP MP p FRF.12 (kbps)	Ethernet de ancho de banda (kbps)
G.711 (64 kbps)	80	10	4.1	160	20	50	82.8	67.6	87.2
G.729 (8 kbps)	10	10	3.82	20	20	50	26.8	11.6	31.2
G.723.1 (6.3 kbps)	24	30	3.9	24	30	33.3	18.9	8.8	21.9
G.723.1 (5.3 kbps)	20	30	3.8	20	30	33.3	17.9	7.7	20.8
G.726 (32 kbps)	20	5	3.85	80	20	50	50.8	35.6	55.2
G.726 (24 kbps)	15	5		60	20	50	42.8	27.6	47.2
G.728 (16 kbps)	10	5	3.61	60	30	33.3	28.5	18.4	31.5
G722.64k (64 kbps)	80	10	4.13	160	20	50	82.8	67.6	87.2
ilbe_mode_20 (15.2 kbps)	38	20	N/A	38	20	50	34	18.8	38.4
ilbe_mode_30 (13.33 kbps)	50	30	N/A	50	30	33.3	25.867	15.73	28.8

Nota. Obtenido de Telecomunicaciones (Perú) y Regulatorio (2022)

Tomando en consideración el anuncio dado por el director ejecutivo de PRONATEL, asignamos 12 Mbps como la velocidad de carga y descarga para las entidades públicas. Calculamos la velocidad requerida por cada localidad utilizando la siguiente fórmula:

$$DOWNLOAD = \sum Velocidad\ de\ Subida$$

$$UPLOAD = \sum Velocidad\ de\ Bajada$$

Tabla 9.

Velocidad de internet y telefonía por localidad

LOCALIDAD	MOVIL		FIJA		INTERNET	0.5	Velocidad en promedio por llamada	
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.05	0.04	0.04
	ENTRANTES	SALIENTE	ENTRANTES	SALIENTE	DOWNLOAD (Mbps)	UPLOAD (Mbps)	ENTRADAS DOWNLOAD	SALIDAS UPLOAD
					4	2		
PUCAP GRANDE	6	4	2	1	18.8	4.70	0.32	0.2
QUISHUAR	8	5	2	1	26.8	6.70	0.4	0.24
HUAYAPON	3	2	2	1	3.6	0.90	0.2	0.12
MAMAPAMPA	6	4	2	1	24.8	6.20	0.32	0.2
PISCA	7	5	2	1	29.6	7.40	0.36	0.24
PUMARRANRA	8	5	2	1	30.4	7.60	0.4	0.24
HUAYPAN	13	8	2	1	69.2	17.30	0.6	0.36
MATACOTO	12	7	2	1	60.8	15.20	0.56	0.32
QUILLO	20	11	2	1	117.2	29.30	0.88	0.48
CONCHI	10	6	2	1	36.4	9.10	0.48	0.28
PUNAP	13	8	2	1	56.4	14.10	0.6	0.36
PAMPACANCHA	10	6	2	1	45.6	11.40	0.48	0.28
PARIACOLCA	17	10	2	1	80.4	20.10	0.76	0.44
LA RINCONADA	12	7	2	1	54	13.50	0.56	0.32
ALLPAQUITA	13	8	2	1	48.8	12.20	0.6	0.36
HUACHO	19	11	2	1	115.2	28.80	0.84	0.48
HUAMBO	15	9	2	1	65.2	16.30	0.68	0.4
HUACUY ALTO	18	10	2	1	95.2	23.80	0.8	0.44
INDEPENDENCIA	7	5	2	1	24.8	6.20	0.36	0.24
YANAMA	15	9	2	1	84.4	21.10	0.68	0.4
CHALHUA	9	6	2	1	41.6	10.40	0.44	0.28
COCHAUCRO	12	7	2	1	60.4	15.10	0.56	0.32
CUNYA	6	4	2	1	21.6	5.40	0.32	0.2
LLANLLA	9	6	2	1	42.8	10.70	0.44	0.28
PACARISCA	8	5	2	1	30.4	7.60	0.4	0.24
HUAMAS	11	7	2	1	46.4	11.60	0.52	0.32
ALPABAMBA	15	9	2	1	86.8	21.70	0.68	0.4
YERBABUENA	6	4	2	1	25.6	6.40	0.32	0.2
RAYAN	10	6	2	1	43.6	10.90	0.48	0.28
PATAPATA	14	8	2	1	76.4	19.10	0.64	0.36
CANYASBAMBA	19	11	2	1	115.6	28.90	0.84	0.48
CHILCA	8	5	2	1	30.8	7.70	0.4	0.24
HUARCA	9	6	2	1	32.4	8.10	0.44	0.28
HUASHAO	11	7	2	1	53.2	13.30	0.52	0.32
HUAMBO	10	6	2	1	53.2	13.30	0.48	0.28
MUSHO								
MUSHO	13	8	2	1	83.2	20.80	0.6	0.36
SHOCOSH	7	4	2	1	22.4	5.60	0.36	0.2
TUMPA	22	12	2	1	152.4	38.10	0.96	0.52
ATMA	6	4	2	1	19.6	4.90	0.32	0.2
SHILLCOP	6	4	2	1	27.6	6.90	0.32	0.2
TUCUHURAN	8	5	2	1	34.8	8.70	0.4	0.24
MARAP	10	6	2	1	50.8	12.70	0.48	0.28
MASRA	8	5	2	1	40	10.00	0.4	0.24
AIRA	10	6	2	1	43.6	10.90	0.48	0.28

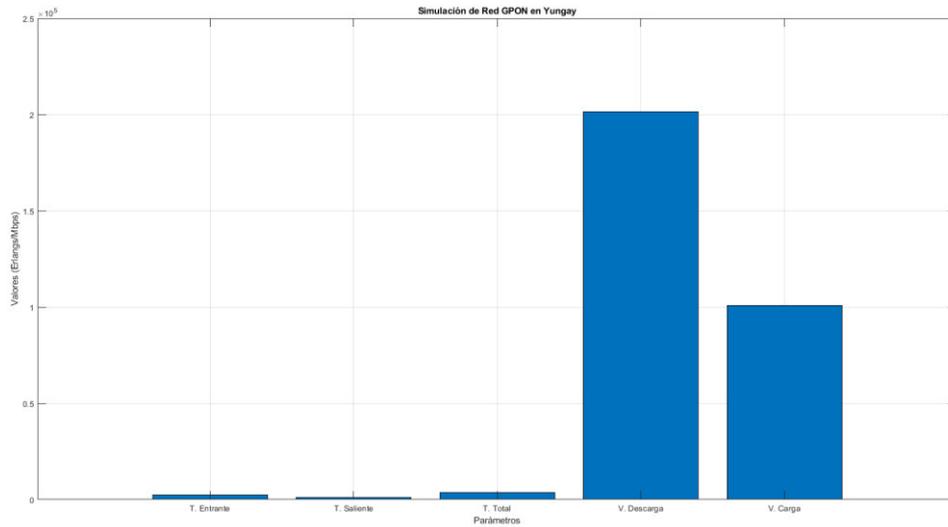
Nota. Elaboración propia

3.4. Diseñar en Matlab el modelamiento de la antena para la red inalámbrica con tecnología GPON.

En la Figura 13 se representa la relación entre la cantidad de tráfico (medido en Erlangs) y la velocidad de transmisión en Mbps, en redes de telecomunicaciones, Erlang es una unidad de medida del tráfico que indica el uso de un canal de comunicación en un tiempo determinado, la gráfica muestra cómo el tráfico varía en función del ancho de banda disponible, ayudando a analizar la eficiencia y el dimensionamiento de la red.

Figura 13

Valores en Erlangs/Mbps en relación a la velocidad

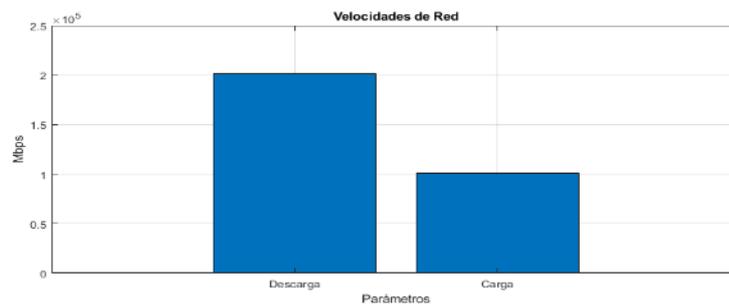


Nota. Elaboración propia

La Figura 14 ilustra la arquitectura general de GPON, destacando componentes clave como la OLT, los divisores ópticos y las ONT, la distribución de la red ayuda a entender cómo se conectan los usuarios finales a la infraestructura de fibra óptica.

Figura 14

Exposición de manera General de la distribución de velocidad GPON



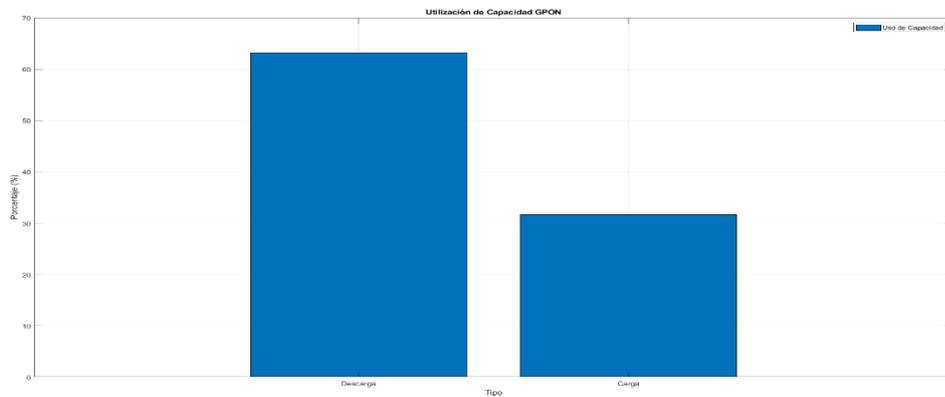
Nota. Elaboración propia

En la Figura 15 se visualiza la proporción de uso del ancho de banda en términos de carga (subida) y descarga (bajada), la diferencia en porcentajes indica cómo los usuarios consumen el ancho de banda, reflejando patrones de uso típicos de internet (por ejemplo, generalmente la descarga es mayor que la

carga). Este tipo de análisis es útil para gestionar la capacidad de la red y asegurar un servicio óptimo.

Figura 15

Comparación de porcentajes en carga y descarga

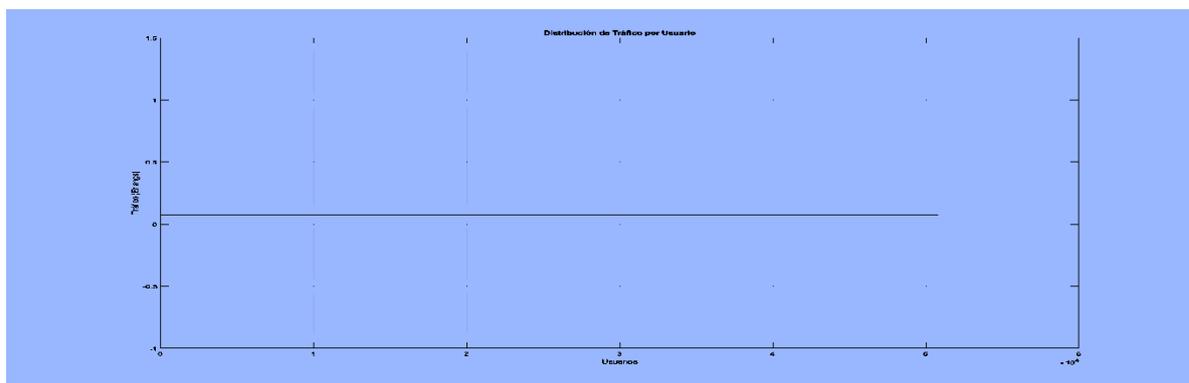


Nota. Elaboración propia

En la Figura 16 se muestra cómo se distribuye el tráfico medido en Erlangs entre los diferentes usuarios de la red, puede representar distintos escenarios de uso, como usuarios con alto consumo de datos y otros con bajo consumo, esta información ayuda a los proveedores de servicios a optimizar recursos y asignar el ancho de banda de manera eficiente.

Figura 16

Tráfico en Erlangs frente a la distribución por usuario



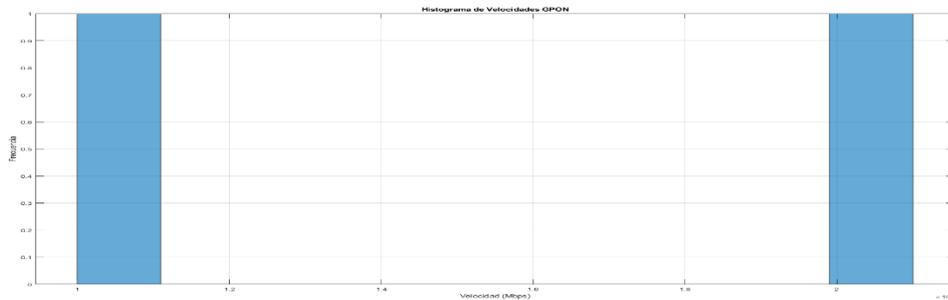
Nota. Elaboración propia

El histograma de la Figura 17 indica la cantidad de usuarios que operan a diferentes velocidades dentro de una red GPON, este tipo de gráfico es útil para analizar la distribución del servicio y detectar si la mayoría de los usuarios utilizan

velocidades más bajas o más altas, lo que puede ayudar a mejorar la planificación de la red y las ofertas comerciales de los proveedores.

Figura 17

Histograma de Frecuencia por Velocidad para GPON

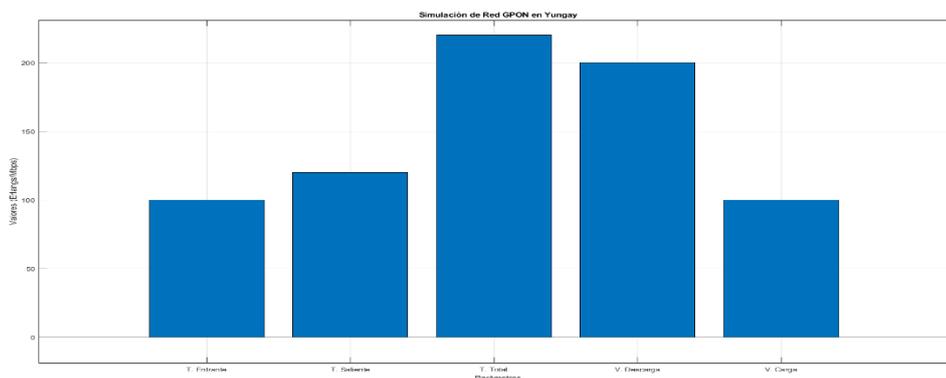


Nota. Elaboración propia

La Figura 18 representa nuevamente la relación entre el tráfico en Erlangs y la velocidad en Mbps. Puede estar mostrando diferentes escenarios o configuraciones de red, permitiendo una comparación entre distintos parámetros de operación.

Figura 18

Valores en Erlangs/Mbps en relación a la velocidad

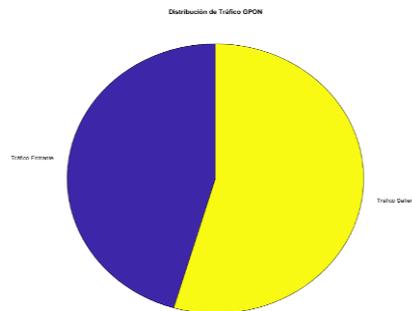


Nota. Elaboración propia

La Figura 19 compara distintos tipos de implementación de redes GPON. Puede incluir factores como la eficiencia, cobertura, o cantidad de usuarios conectados en diferentes configuraciones de red, la comparación puede servir para identificar ventajas y desventajas de cada diseño y ayudar a tomar decisiones en la planificación de la infraestructura.

Figura 19

Distribución de redes GPON en comparación simple

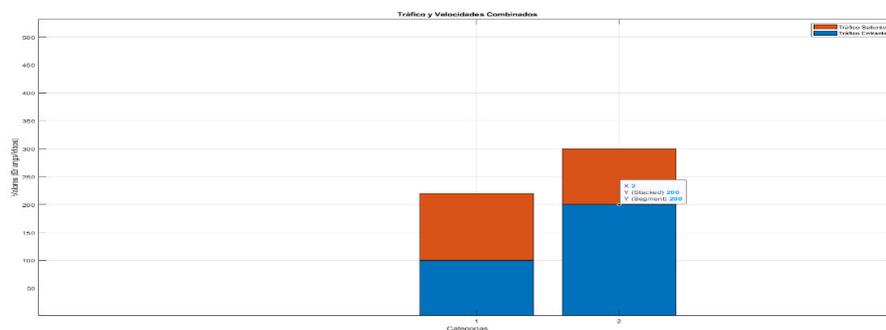


Nota. Elaboración propia

La Figura 20 combina dos métricas clave: la velocidad de conexión y el tráfico generado, al representarlas juntas en un diagrama de barras permite visualizar la correlación entre estos factores, mostrando si a mayores velocidades se genera más tráfico, o si hay un equilibrio entre ambas variables.

Figura 20

Velocidad y tráfico combinados representados en un solo diagrama de barras



Nota. Elaboración propia

En la Figura 21 se observa el diseño de una antena dipolo en Matlab, modelada para operar en la frecuencia de 2.4 GHz (frecuencia común en redes Wi-Fi), este modelado se usa para analizar la eficiencia de la antena, su patrón de radiación y otros parámetros electromagnéticos antes de la fabricación real.

Figura 21

Modelamiento en Matlab de una antena dipolo a 2.4 GHz

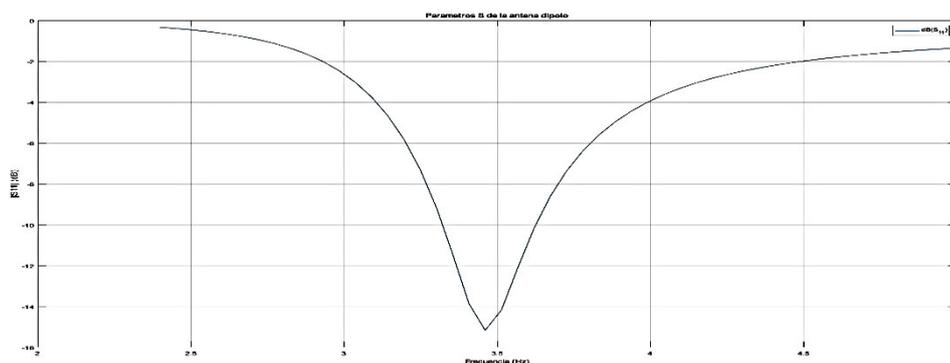


Nota. Elaboración propia

El parámetro S (S-parameter) es una métrica fundamental en telecomunicaciones que mide la eficiencia de una antena para transmitir y recibir señales, la curva en la Figura 22 representa el coeficiente de reflexión (S_{11}), que indica cuánta energía se refleja en la antena en lugar de ser irradiada. Un valor bajo de S_{11} en la frecuencia de operación indica que la antena es eficiente.

Figura 22

Parámetro S y curva de la antena Dipolo

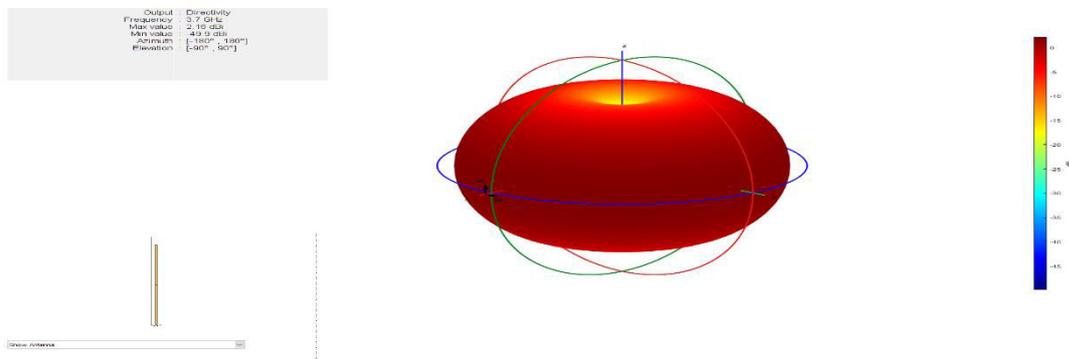


Nota. Elaboración propia

En la Figura 23 se visualiza de la antena dipolo diseñada en 3D, mostrando su forma y características geométricas, este tipo de visualización es clave para entender cómo la antena emitirá la señal y verificar que el diseño cumple con los requisitos esperados antes de su implementación.

Figura 23

Demostración gráfica en 3D del modelo de la antena



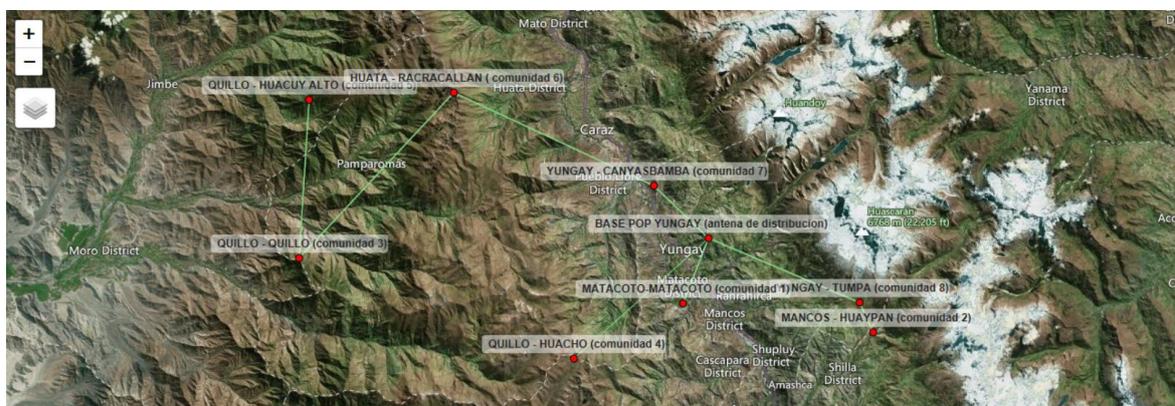
Nota. Elaboración propia

3.5. Simular la red inalámbrica con tecnología GPON a partir de las etapas de transporte y acceso de los usuarios.

La simulación de la red se realizó en el software LinkPlanner, en donde se ejecutó las conexiones de las antenas para una correcta visualización.

Figura 24

Red de transporte general de la provincia de Yungay



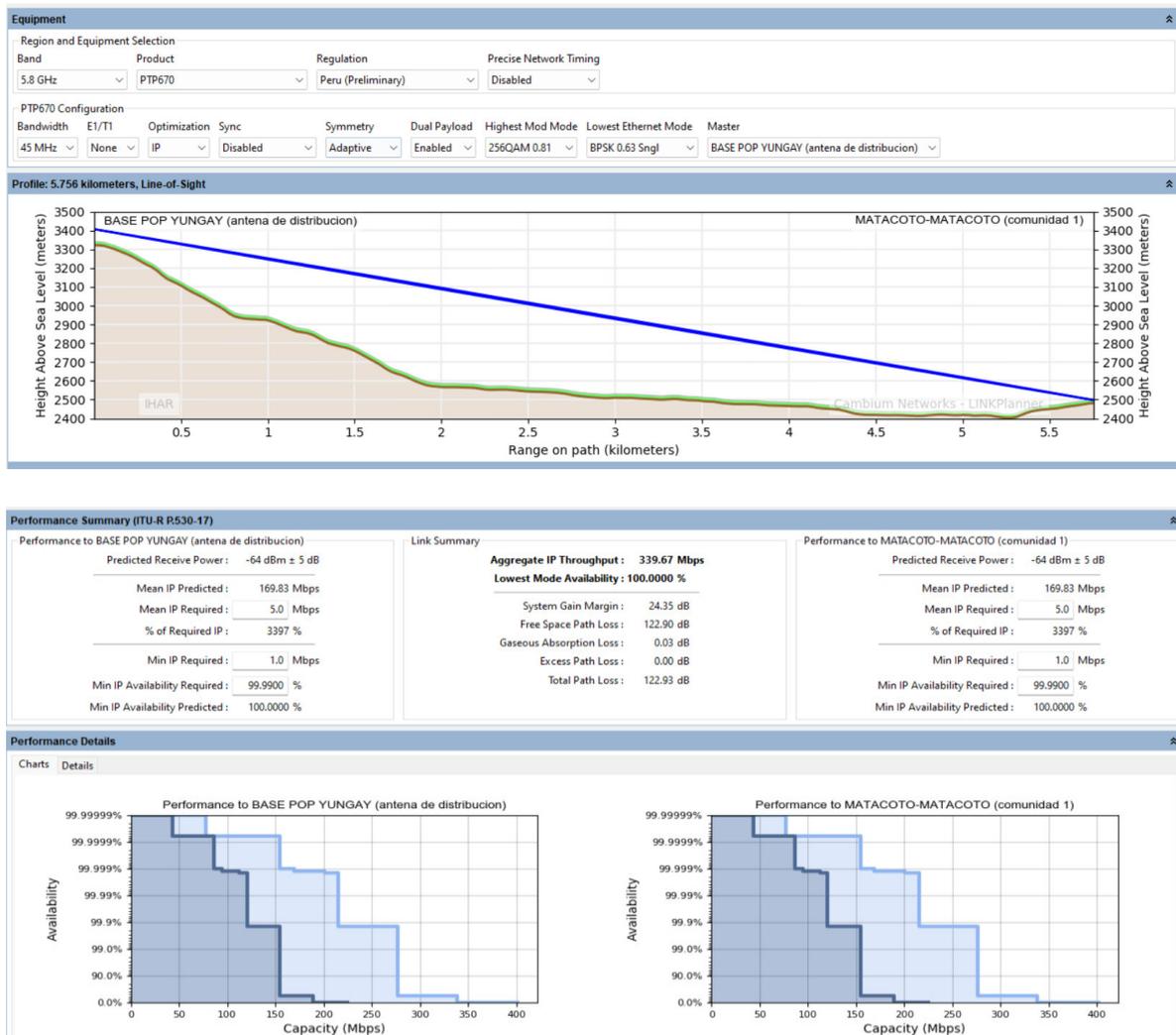
Nota. Elaboración propia

Base Pop Yungay - Matacoto

Se eligió un ancho de banda de 5.8 GHz, un índice de modulación más alta de 256QAM 0.81 y un índice de modulación más bajo de BPSK 0.63. Obteniendo una velocidad de bajada y subida de 169.83 Mbps.

Figura 25

Configuración de salto Base Pop Yungay - Matacoto



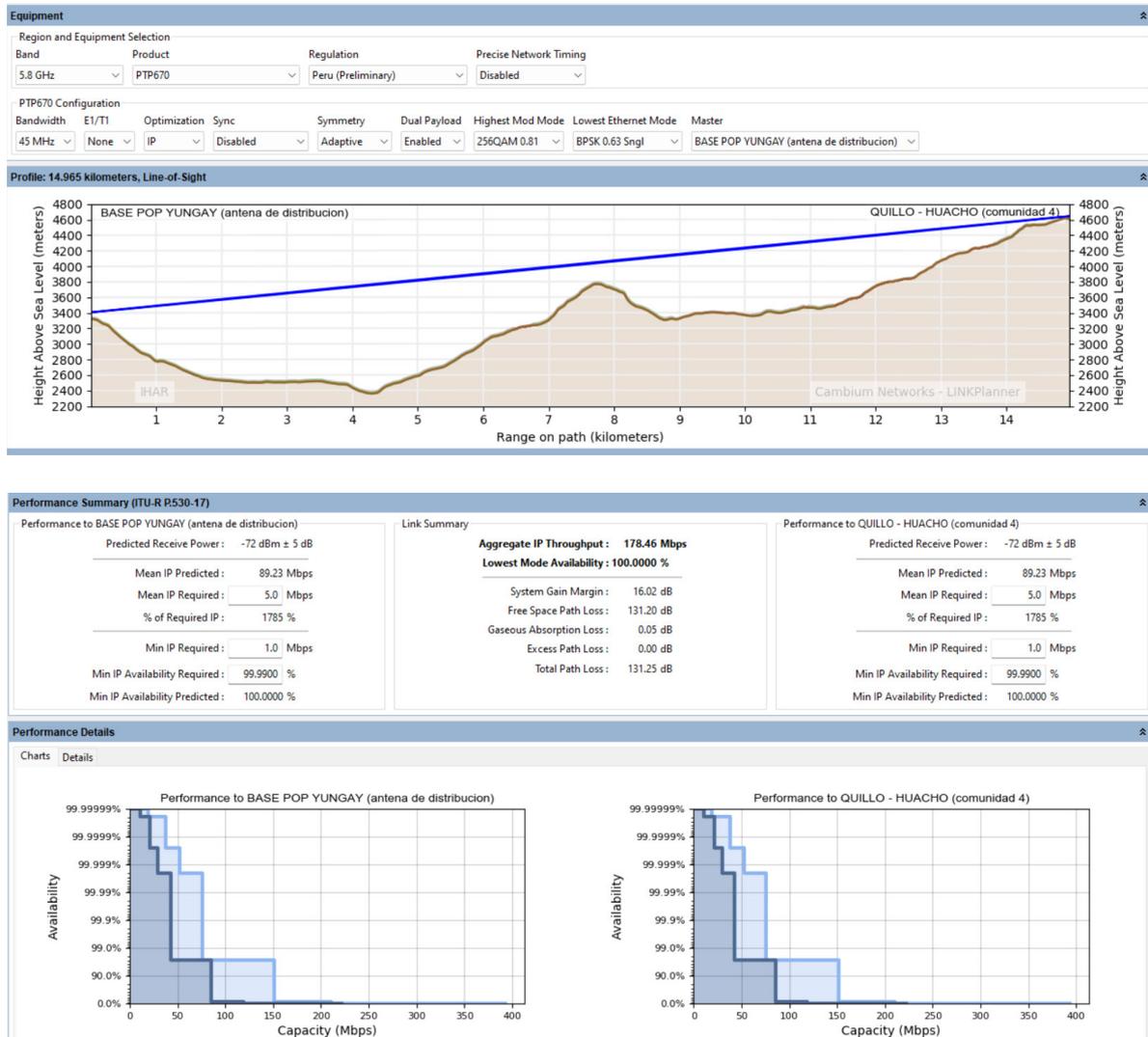
Nota. Elaboración propia

Base Pop Yungay - Huacho

Se eligió un ancho de banda de 5.8 GHz, un índice de modulación más alta de 256QAM 0.81 y un índice de modulación más bajo de BPSK 0.63. Obteniendo una velocidad de bajada y subida de 89.23 Mbps.

Figura 26

Configuración de salto Base Pop Yungay - Huacho



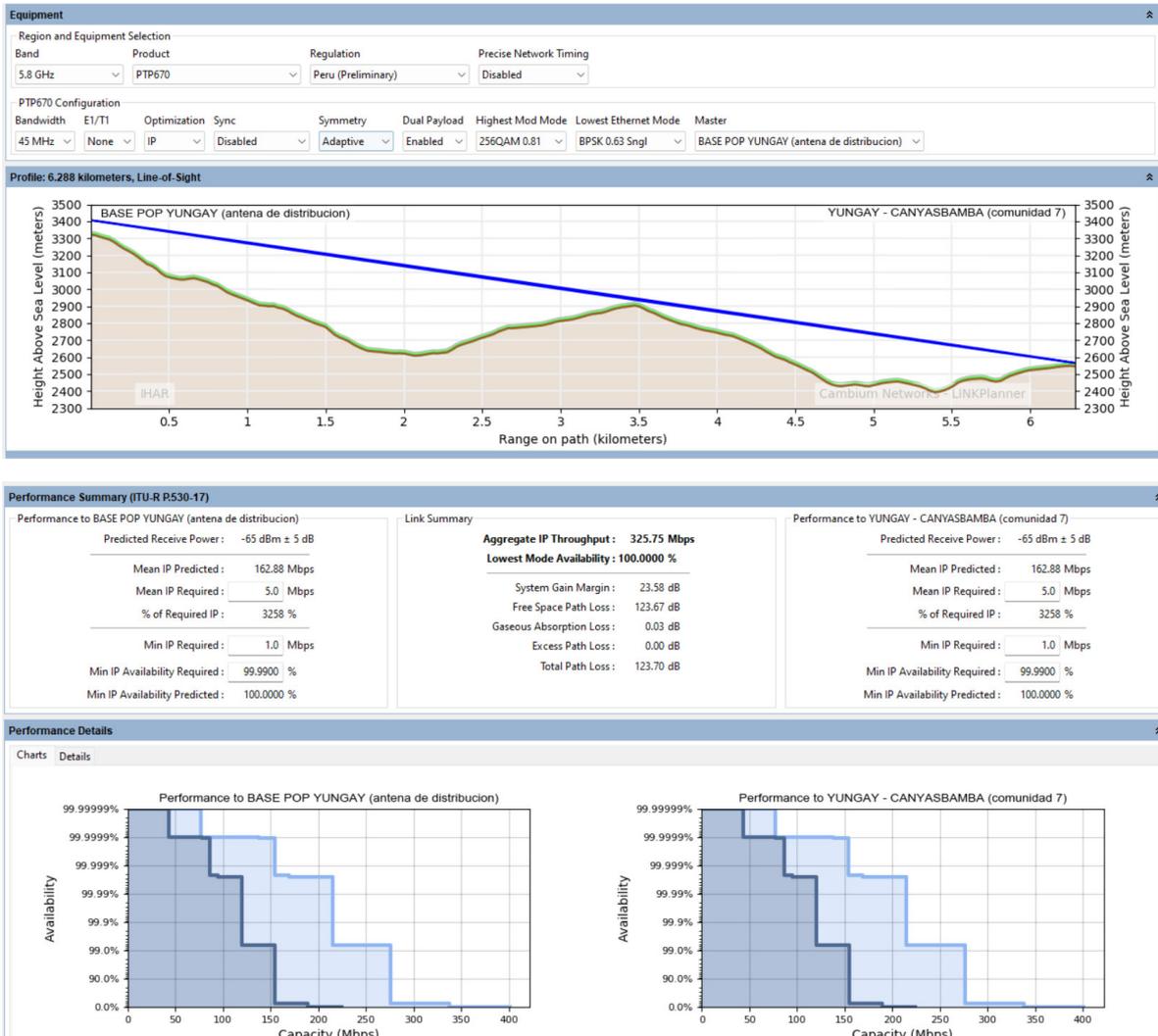
Nota. Elaboración propia

Base Pop Yungay - Canyasbamba

Se eligió un ancho de banda de 5.8 GHz, un índice de modulación más alta de 256QAM 0.81 y un índice de modulación más bajo de BPSK 0.63. Obteniendo una velocidad de bajada y subida de 162.88 Mbps.

Figura 27

Configuración de salto Base Pop Yungay - Canyasbamba



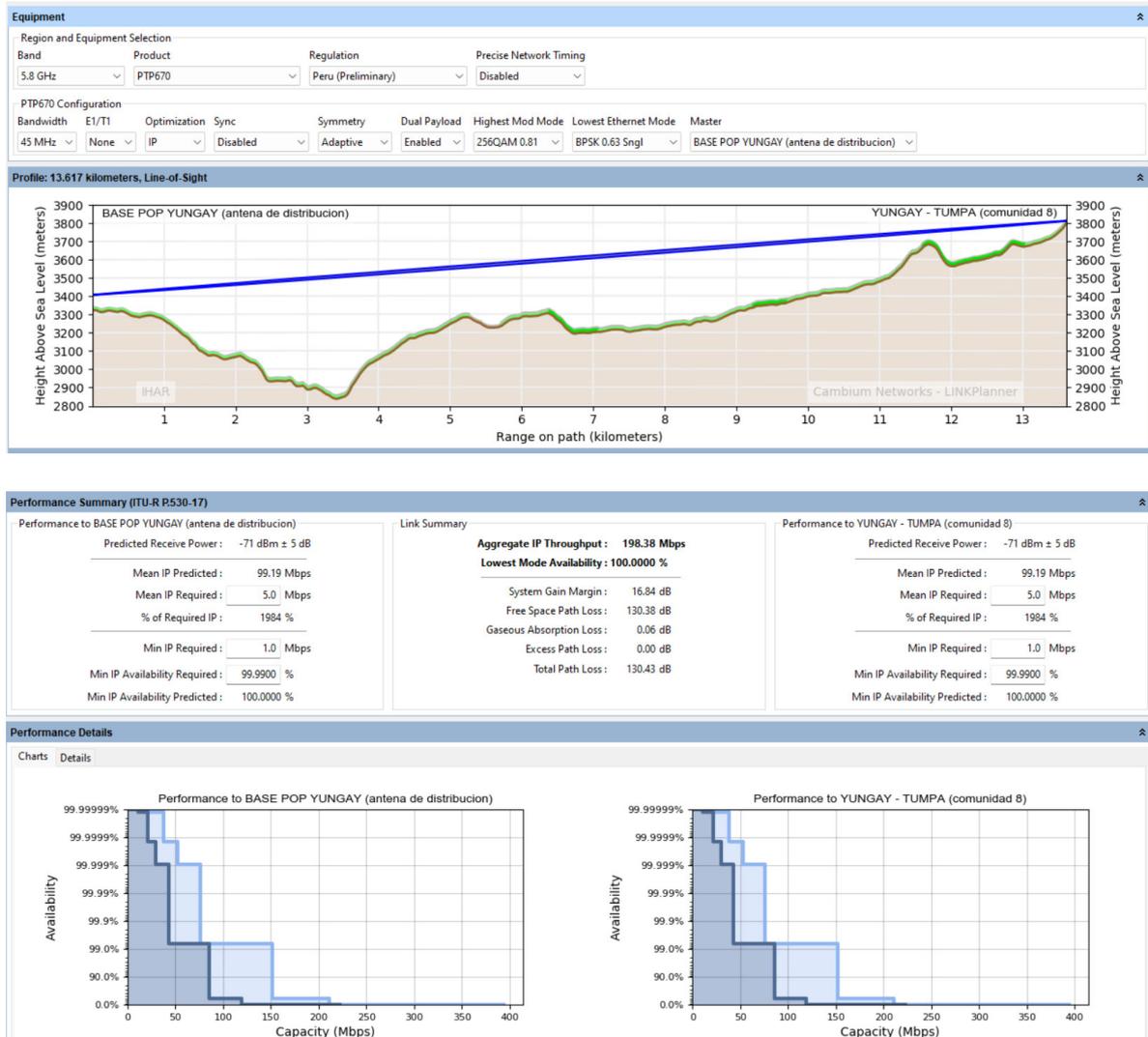
Nota. Elaboración propia

Base Pop Yungay - Tumpa

Se eligió un ancho de banda de 5.8 GHz, un índice de modulación más alta de 256QAM 0.81 y un índice de modulación más bajo de BPSK 0.63. Obteniendo una velocidad de bajada y subida de 99.19 Mbps.

Figura 28

Configuración de salto Base Pop Yungay - Tumpa



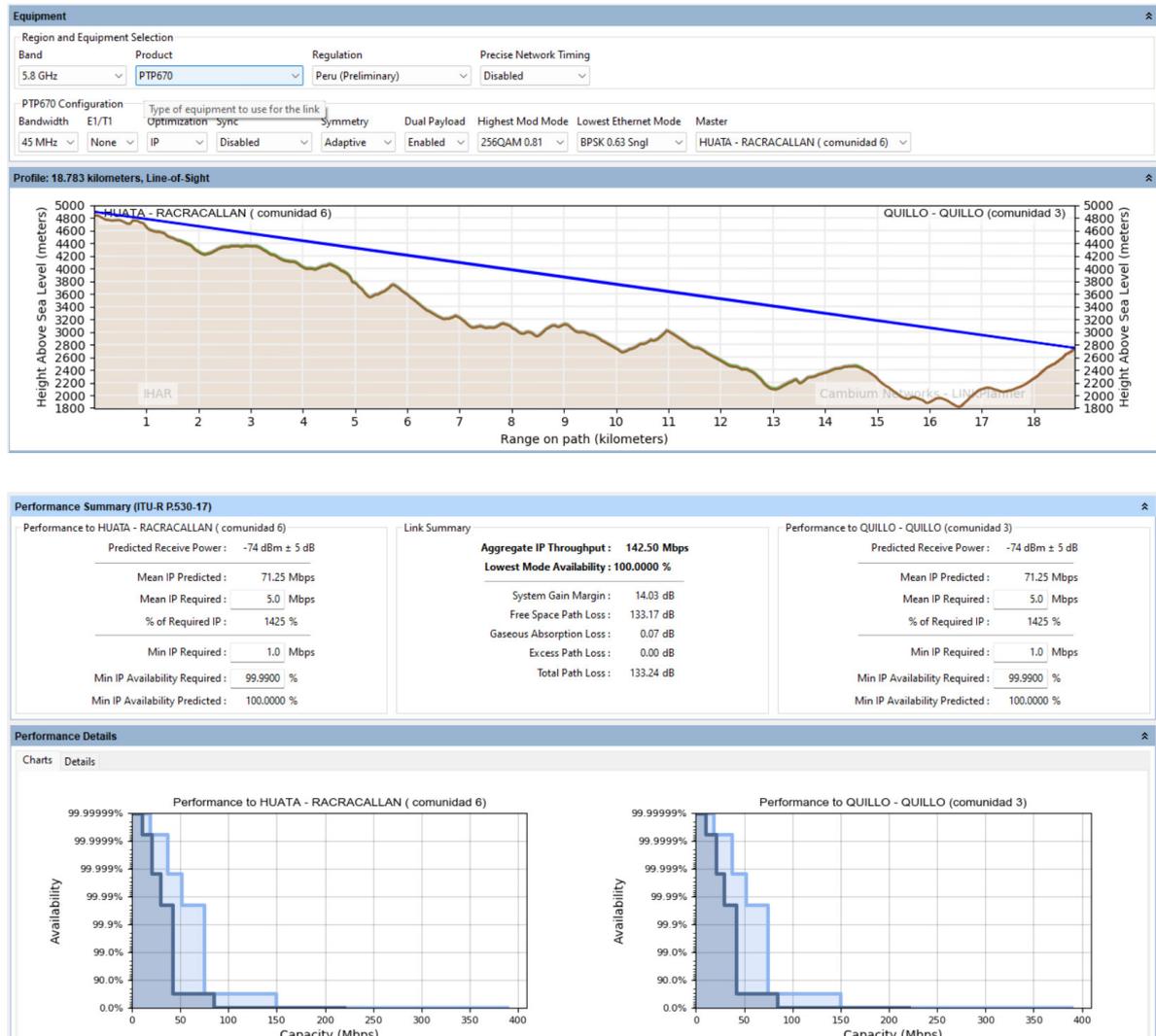
Nota. Elaboración propia

Huata – Racracallan a Quillo - Quillo

Se eligió un ancho de banda de 5.8 GHz, un índice de modulación más alta de 256QAM 0.81 y un índice de modulación más bajo de BPSK 0.63. Obteniendo una velocidad de bajada y subida de 71.25 Mbps.

Figura 29

Configuración de salto Huata – Racracallan - Quillo



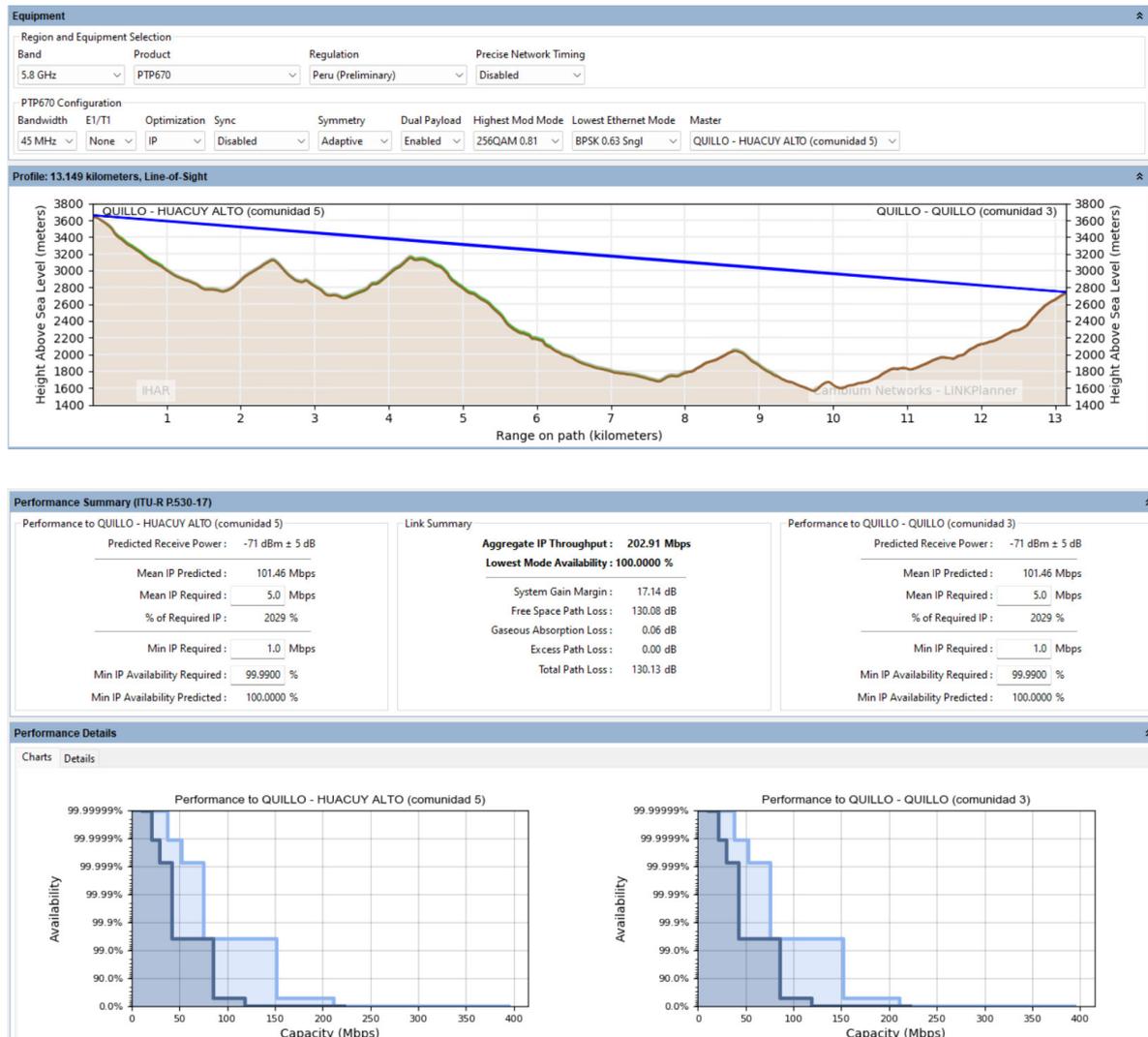
Nota. Elaboración propia

Quillo – Huacuy Alto a Quillo - Quillo

Se eligió un ancho de banda de 5.8 GHz, un índice de modulación más alta de 256QAM 0.81 y un índice de modulación más bajo de BPSK 0.63. Obteniendo una velocidad de bajada y subida de 101.46 Mbps.

Figura 30

Configuración de salto Quillo – Huacuy Alto a Quillo - Quillo



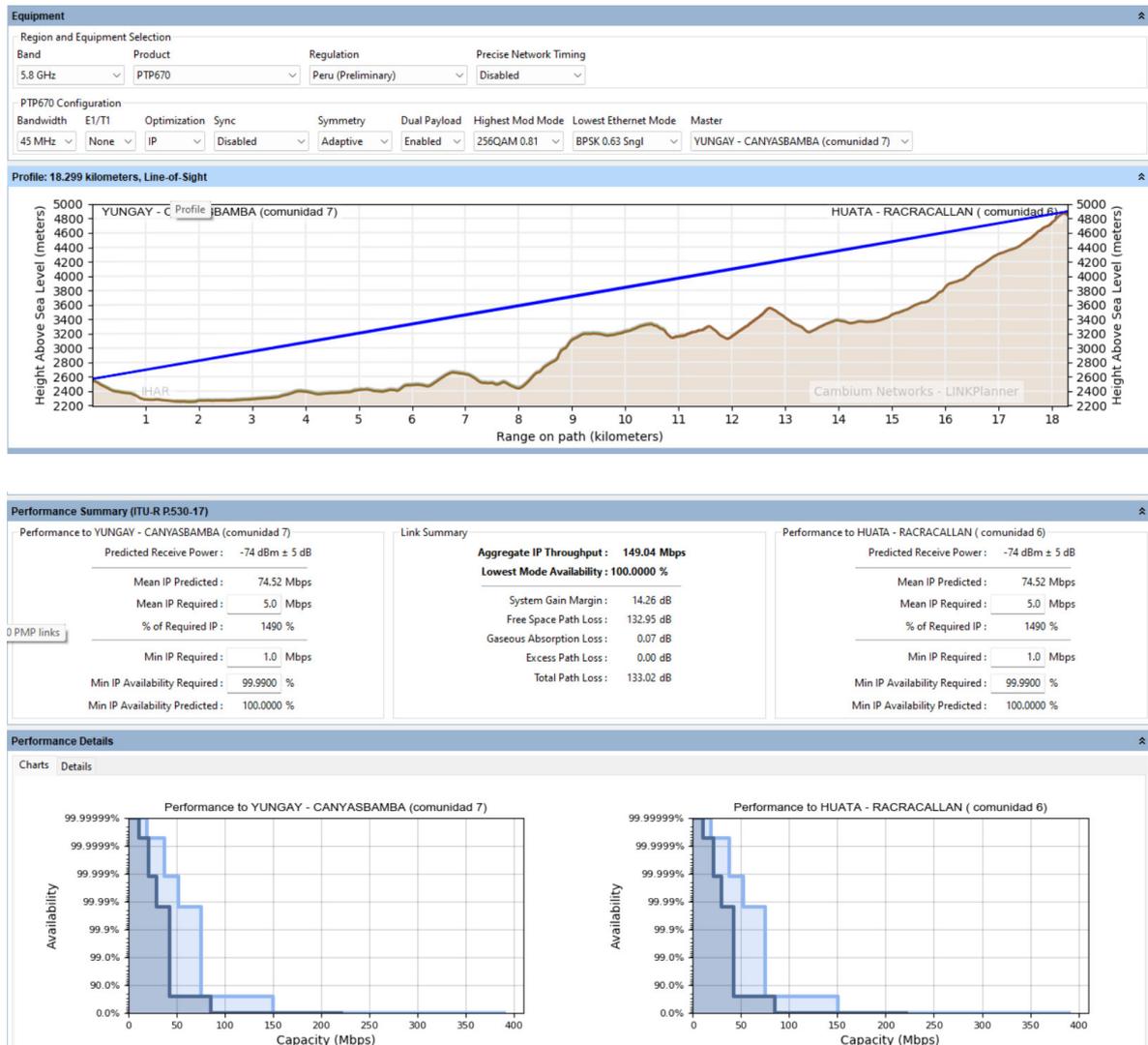
Nota. Elaboración propia

Yungay - Canyasbamba a Huata - Racracallan

Se eligió un ancho de banda de 5.8 GHz, un índice de modulación más alta de 256QAM 0.81 y un índice de modulación más bajo de BPSK 0.63. Obteniendo una velocidad de bajada y subida de 74.52 Mbps.

Figura 31

Configuración de salto Yungay - Canyasbamba a Huata - Racracallan



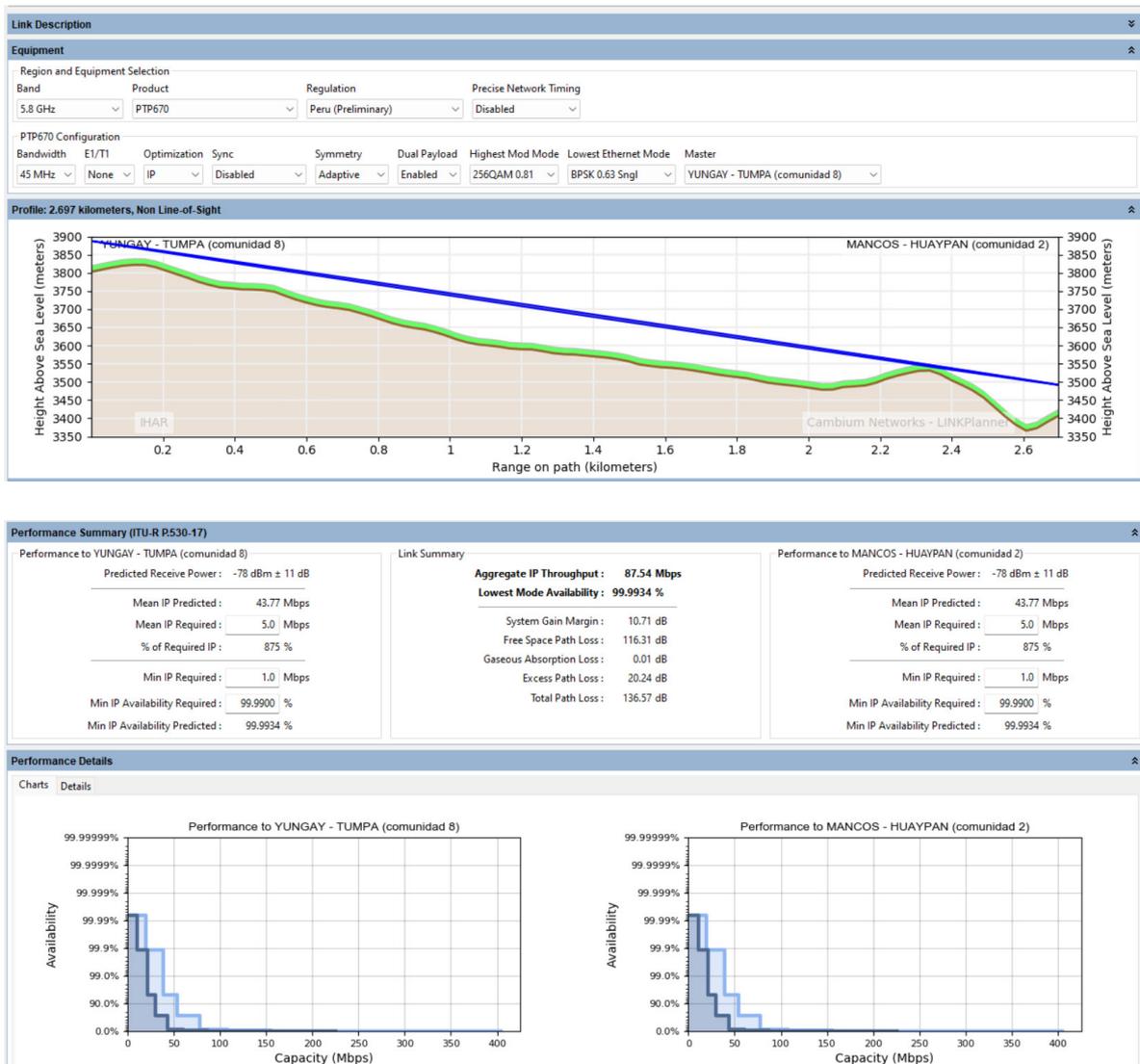
Nota. Elaboración propia

Yungay - Tumpa Alto a Mancos - Huaypan

Se eligió un ancho de banda de 5.8 GHz, un índice de modulación más alta de 256QAM 0.81 y un índice de modulación más bajo de BPSK 0.63. Obteniendo una velocidad de bajada y subida de 43.77 Mbps.

Figura 32

Configuración de salto Yungay - Tumpa Alto a Mancos - Huaypan



Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO

4.1. ANÁLISIS DE COSTOS

4.1.1. Recursos humanos

Los recursos humanos (OPEX) se especifican en la tabla 11 a nivel anual.

4.1.2. Recursos de hardware

En el siguiente cuadro se muestra el costo estimado por la implementación de cada antena.

Tabla 10.

Costos de la red

ITEM	VALORIZACIÓN	TECNOLOGÍA	LATITUD	LONGITUD	DESCRIPCIÓN	CAPEX	Recursos Humanos
1	ROLLOUT	3G(B5)/ 4G(B2/B28)	9.14724S	77.71877W	Valorización RolOut, se propone una torre de 40m para cubrir el área. Implementación de 4 sectores contará con tecnología 3G(B5) y LTE (B2/B2B)	USD 141,642	USD 8,000
2	INDOOR	3G(B5) / 4G(B7)	9.14724S	77.71877W	Valorización Indoor completo. Contará con tecnología 3G y LTE 2600 Cliente deberá proporcionar energía 220VAC y espacio en cuarto de equipos para la instalación de los equipos	USD 38,947	USD 4.000
TOTAL, DEL PROYECTO						USD 180,589	USD 12,000

Nota. Elaboración propia

4.1.3. Recursos de software

El software de monitoreo con el cual se realiza la supervisión de la red viene incluido con la antena.

4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIOS

4.2.1. Beneficios tangibles

En términos tangibles, la implementación de esta red proporcionará una conectividad más rápida y confiable, permitiendo una mayor velocidad de Internet y una menor latencia en las comunicaciones. Esto se traducirá en una mejora palpable en la eficiencia de las empresas locales, reduciendo los costos operativos y aumentando la productividad. Además, facilitará un acceso más amplio a servicios digitales como la telemedicina, la educación en línea y el comercio electrónico, mejorando así la calidad de vida de los habitantes de

Yungay. Este avance tecnológico también hará que la provincia sea más atractiva para las inversiones, al garantizar una infraestructura de comunicación moderna y confiable que respalde el crecimiento económico y la creación de empleo.

4.2.2. Beneficios Intangibles

Por otro lado, los beneficios intangibles son igualmente significativos. La mejora en la conectividad fortalecerá los lazos comunitarios al facilitar una comunicación más fluida y una colaboración más estrecha entre los residentes. Esto promoverá un sentido de pertenencia y solidaridad dentro de la comunidad, contribuyendo así a una mayor cohesión social. Además, el impulso a la innovación resultante de esta infraestructura mejorada fomentará la creatividad y el desarrollo de nuevas ideas y proyectos, estimulando el crecimiento económico y la diversificación de la economía local. Asimismo, la red de comunicación fortalecida proporcionará una mayor resiliencia ante desastres naturales u otros eventos adversos, al garantizar una vía de comunicación crucial para coordinar la respuesta y la recuperación en momentos de crisis.

4.3. BENEFICIO - COSTO

La inversión respecto a la red estuvo dada por los materiales e instrumentos siendo un total de S/37,618,818.66.

Tabla 11.

Inversión del plan de mantenimiento

Ítem	Cantidad (und)	Precio	Total
Antena	9	S/4,179,868.74	S/37,618,818.66
TOTAL	9		S/37,618,818.66

Nota. Propia del autor

La inversión respecto a la capacitación estuvo dada por la capacitación en tecnología GPON y en la instalación de los equipos siendo un total de S/3 700.00. Cabe recalcar que se realizaron un total de 6 capacitaciones dos capacitaciones por año para un total de 5 trabajadores.

Tabla 12.*Capacitaciones*

Ítem	Cantidad (und)	Precio	Total
Capacitación en Tecnología GPON	2	S/450.00	S/900.00
Capacitación en instalación de equipos	4	S/700.00	S/2,800.00
TOTAL	6		S/3,700.00

Nota. Propia del autor

Por otro lado, los gastos anuales de la red GPON estuvieron dados por los útiles de oficina haciendo un total de S/426.00.

Tabla 13.*Gastos anuales*

Etapas	Ítem	Cantidad (und)	Precio	Sub total	Total	
Gastos anuales	Hojas (Millar)	1	S/15.00	S/15.00	S/426.00	
	Útiles de oficina	Tinta de impresora	4	S/100.00		S/400.00
	Folder	5	S/1.20	S/6.00		
	Lapiceros	5	S/1.00	S/5.00		
Total					S/426.00	

Nota. Propia del autor

Además, la depreciación de los equipos tangibles asciende a S/7 523 763.73.

Tabla 14.*Depreciación*

Descripción	Activos Total	Unidades	Valor Por Depreciar	Años Por Depreciar	Depreciación anual
Antena	S/4,179,868.74	9	S/37,618,818.66	5	S/7,523,763.73
Total			S/37,618,818.66		S/7,523,763.73

Nota. Propia del autor

En la tabla se muestra el flujo de caja del diseño de la red, dado por la inversión, los egresos e ingresos siendo así viable económicamente por un VAN positivo de S/990162.72, un TIR de 12.47%, un B/C de 2.99 y un periodo de retorno de 3 años 4 meses.

Tabla 15.

Flujo de caja

AÑO	0	1	2	3	4	5
Intangible	S/3,700.00					
Tangible	S/37,618,818.66					
Total, INVERSIÓN	S/37,622,518.66					
		S/22,500,000.00	S/22,500,000.00	S/22,500,000.00	S/22,500,000.00	S/22,500,000.00
		S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
		S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
Total, BENEFICIOS	S/ -	S/22,500,000.00	S/22,500,000.00	S/22,500,000.00	S/22,500,000.00	S/22,500,000.00
Gastos anuales		S/426.00	S/426.00	S/426.00	S/426.00	S/426.00
Depreciación		S/7,523,763.73	S/7,523,763.73	S/7,523,763.73	S/7,523,763.73	S/7,523,763.73
Total, EGRESOS	S/37,622,518.66	S/7,524,189.73	S/7,524,189.73	S/7,524,189.73	S/7,524,189.73	S/7,524,189.73
Utilidad antes de impuestos		S/14,975,810.27	S/14,975,810.27	S/14,975,810.27	S/14,975,810.27	S/14,975,810.27
Impuestos (29.5%)		S/4,417,864.03	S/4,417,864.03	S/4,417,864.03	S/4,417,864.03	S/4,417,864.03
Flujo de caja	-S/37,622,518.66	S/10,557,946.24	S/10,557,946.24	S/10,557,946.24	S/10,557,946.24	S/10,557,946.24
Utilidad acumulada	-S/37,622,518.66	-S/27,064,572.42	-S/16,506,626.18	-S/5,948,679.94	S/4,609,266.30	S/15,167,212.53
Valor actual neto (VAN)	S/990,162.72					
TIR	12.47%					
COK	11.42%					
B/C	2.99					
P.R	3 años 4 meses					

Nota. Propia del autor

CONCLUSIONES

1. En este proyecto de investigación con los cálculos realizados se puede afirmar que, para obtener un servicio de telecomunicaciones en la provincia de Yungay, se puede emplear las redes inalámbricas; las cuales son una alternativa para poder brindar diferentes servicios como telefonía e internet a estas localidades que están alejadas, logrando con esto mayor eficiencia en las actividades de toda la comunidad y sobre todo fomentando el desarrollo en nuestra sociedad.
2. Se tuvo que, a partir de la información proporcionada por el INEI, Yungay contaría con 50 841, a su vez en la región de Ancash la población urbana experimentó un crecimiento en su población del 1.5% anual, por el contrario, la población rural tuvo un decrecimiento de hasta 1.7% anual.
3. El cálculo de tráfico indicó un promedio para llamadas entrantes de telefonía móvil de 4.94, para llamadas salientes de telefonía móvil de 2.12, para llamadas entrantes de telefonía fija de 0.01 y para llamadas salientes de telefonía fija de 0.00.
4. En el modelamiento realizado se tuvo una probabilidad de 0.01 tanto para telefonía móvil como fija, además la velocidad de transmisión para las localidades beneficiadas mostró un promedio en el DOWNLOAD de 69.94 Mbps y en el UPLOAD de 30.14 Mbps.
5. En el diseño en Matlab se modeló la antena con la que se trabajó el diseño de la red inalámbrica con tecnología GPON, para la cual se eligió la antena dipolo debido a que sus características se adaptan al proyecto que se ha realizado.
6. La simulación de la red inalámbrica con tecnología GPON en el software LinkPlanner mostró que las localidades beneficiadas tienen una velocidad de transmisión de subida como de bajada oscilada ente los valores de 40 y 170 Mbps.

RECOMENDACIONES

1. Las redes de fibra óptica con innovación GPON se recomiendan para nuevos proyectos ya que son dispositivos pasivos con velocidades de transmisión de información más rápidas y ofrecen ahorro de costos en comparación con otros estándares.
2. Al seleccionar los componentes de la red GPON de la hoja de datos, es fundamental examinar el rendimiento en función de la región geográfica donde se ubicará la red.
3. La administración de la fibra óptica, como medio de transmisión, debe ser realizada por personal técnico externo que haya sido debidamente capacitado para tal fin y cumpla con todas las leyes de seguridad.

GLOSARIO

- **Comunicación:** Intercambio de información entre dispositivos o personas.
- **Conectividad:** Capacidad de conectar dispositivos a la red.
- **Confiable:** Que ofrece una conexión estable y segura.
- **Eficiencia:** Uso óptimo de los recursos de la red.
- **GPON:** Siglas de Gigabit Passive Optical Network, tecnología de red de fibra óptica.
- **Inalámbrica:** Transmisión de datos sin cables físicos.
- **Interacción:** Comunicación y colaboración entre los usuarios de la red.
- **Red:** Sistema de comunicación que conecta dispositivos entre sí.
- **Servicio:** Funcionalidades y beneficios que proporciona la red a los usuarios.
- **Tecnología:** Conjunto de conocimientos y técnicas para desarrollar la red.
- **Velocidad:** Rapidez con la que se transmiten los datos.
- **Yungay:** Nombre de la provincia donde se implementará la red.

REFERENCIAS

- Abdellaoui, Z., Dieudonne, Y., & Aleya, A. (2021). Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON. *Array*, 10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590005621000060>
- Abdulwahhab, A. (2022). Power consumption management in hybrid optical – Wireless access network. *Optical Fiber Technology*, 70. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1068520022000657>
- Abendaño, K. (2022). Diseño de una red inalámbrica para reducir la brecha digital y QoS en el sector unidos 2 en el cantón de Pedro Vicente M. [Licenciatura, Universidad Politecnic Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23286>
- Aleksic, S., Deruyck, M., Vereecken, W., Joseph, W., Mario , P., & Luc , M. (2023). Energy efficiency of femtocell deployment in combined wireless/optical access networks. *Computer Networks*, 57(5). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389128612004173>
- Arias, J., Holgado, J., Tafur, T., y Vasquez, M. (2022). Metodología de la investigación, Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú, 1(1), 204. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.016>
- Bao, X., Liu, C., Liu, S., Bu, X., & Liu, Y. (2022). Research on Dynamic Bandwidth Allocation Algorithm for Software Defined Network of Virtual Power Plant. *Procedia Computer Science*, 208. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922014508>
- Choque, D. (2022). Diseño de una red inalámbrica basada en tecnología MESH para mejorar la calidad del servicio de acceso internet en un hotel de la ciudad de Tacna, año 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2381>

- Chouhan, N., Rathore, U., Upadhyay, R., & Bhat, V. (2023). FiWi network planning for WiFi enabled gram panchayats of India: A frame work using component placement optimization. *Optical Fiber Technology*, 76. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1068520023000214>
- Dorado, C., & Jativa, G. (2020). Red Fttth con la tecnología Gpon para mejorar el servicio de comunicación en la parroquia rural Urbina del cantón Tulcán [Licenciatura, Universidad de los Andes]. <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/13282>
- Ferrandis, J., Ramos, S., & Feijóo, C. (2021). An assessment of estimation models and investment gaps for the deployment of high-speed broadband networks in NUTS3 regions to meet the objectives of the European Gigabit Society. *Telecommunications Policy*, 45(7). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308596121000744>
- Gupta, J., Akhtar, S., Adhya, A., & Majhi, S. (2022). Design of QoS-aware long-reach optical backhaul for wireless and FTTx networks with enhanced backup resource utilization. *Optical Fiber Technology*, 72. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S106852002200150X>
- Gupta, J., Bansal, R., Dey , S., & Adhya, A. (2024). MAC-DBA based new cost-efficient architectures of network congestion-aware and survivable fiber-wireless and FTTx networks. *Optical Fiber Technology*, 84. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1068520024000476>
- Herrera, A., Druc, I., & González, J. (2023). Crafting the voice of God: ceramic waylla kepa shell horn technology in the Andes. *Journal of Anthropological Archaeology*, 69. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278416522000782>
- Ioannou, N., Katsianis, D., & Varoutas, D. (2020). Comparative techno-economic evaluation of LTE fixed wireless access, FTTdp G.fast and FTTC VDSL network deployment for providing 30 Mbps broadband services in rural areas.

Telecommunications Policy, 44(3).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308596118303860>

Juan de Dios, A. (2023). Diseño de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la calidad de los servicios de internet domiciliario proporcionado por el ISP Corporación giga sac en el distrito de el Mantaro Jauja, Junin 2023 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú].
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/9058>

Kumari, M., Sharma, R., & Sheetal, A. (2021). A hybrid next-generation passive optical network and visible light communication for future hospital applications. Optik, 242.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0030402621006720>

Lee, H., Jeong, S., & Lee, K. (2021). Estimating the deployment costs of broadband universal service via fiber networks in Korea. Telecommunications Policy, 45(4).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596121000100>

LeeLee, H., Jeong, S., & Lee, K. (2023). The South Korean case of deploying rural broadband via fiber networks by implementing universal service obligation and public-private partnership based project. Telecommunications Policy, 47(3).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596123000174>

Mannan, S., & Hossen, M. (2023). Auction-based hybrid DBA algorithm in EPON-WiMAX converge network for 5G and beyond (5 GB) communications. Optical Fiber Technology, 81.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1068520023003231>

Mazzenga, F., Giuliano, R., & Vatalaro, F. (2020). Effective strategies for gradual copper-to-fiber transition in access networks. Computer Networks, 174.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389128620301183>

Merayo, N., Pintos, D., Aguado, J., Miguel, I., Durán, R., Fernández, P., Lorenzo, R., & Abril, E. (2021). Experimental validation of an SDN residential network

- management proposal over a GPON testbed. *Optical Switching and Networking*, 42.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S157342772100028X>
- Mishra, V., Upadhyay, R., Rathore, U., & Kumar, A. (2021). DEC TDMA: A delay controlled and energy efficient clustered TDMA mechanism for FiWi access network. *Optik*, 225.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0030402620307579>
- Pagare, R., Mishra, A., & Kumar, S. (2022). Analytical modeling and impact analysis on multichannel symmetric optical and wireless NG-PON2 networks of CD, SPM, XPM and FWM impairments. *Optik*, 252.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0030402622000055>
- Paqui, M. (2023). Diseño de una red FTTH utilizando el estándar XGPON para mejorar los servicios de internet en la comunidad de Gunudel en Saraguro [Licenciatura, Escuela Superior Politecnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/20909>
- Quintanilla, J., y Cifuentes, E. (2022). Diseño de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la conectividad de internet en el distrito de Ayacucho provincia de Ayacucho, 2022 [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/6102>
- Quispe, J. (2022). Implementación de Una Red Inalámbrica de Banda Ancha Para el Acceso a Internet en el Distrito de Coalaque - Moquegua [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8254>
- Reinosa, R., & Caro, C. (2018). Propuesta de diseño de una red de banda ancha para mejorar los servicios de telecomunicaciones de las zonas rurales de la provincia de Piura [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8938>

- Rodríguez, E. (2019). La hermenéutica gadameriana como síntesis entre el enfoque cuantitativo y cualitativo en la investigación social. *Límite*, 14. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-50652019000100204>
- Ruiz, C., & Valenzuela, M. (2022). Metodología de la Investigación. Universidad Nacional Autónoma de Tayaaja. <https://fondoeditorial.unat.edu.pe/index.php/EdiUnat>
- Suarez, D. (2022). Análisis técnico y económico de un sistema de radienlace simulado en linkplanner para brindar servicio de internet fijo mediante tecnología FTTH a los residentes del Recinto Piñal de Abajo [Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/a49ad2b6-b87c-499b-94d6-53cf6d1aaa4a>
- Thangappan, T., Therese , B., Suvarnamma, A., & Sai, G. (2020). Review on dynamic bandwidth allocation of GPON and EPON. *Journal of Electronic Science and Technology*, 18(4). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674862X20300501>

ANEXO

Anexo 01: Matriz de Operacionalización

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escalas de medición
Variable Independiente: Red inalámbrica	Es un sistema de comunicación que permite la transferencia de datos entre dispositivos sin la necesidad de cables físicos.	Se medirá a partir de la detección, programación y reacción del sistema mediante los sensores, lenguaje programable y actuadores	Red de transporte	Enlace punto a punto	De razón
			Red de acceso	Rendimiento agregado Número de suscriptores Enlace punto - multipunto	
Variable dependiente: Servicio de comunicación	Es un conjunto de tecnologías, protocolos y sistemas diseñados para facilitar la transmisión de información	Se medirá a partir de la productividad por materia, desperdicio y productividad económica.	Telefonía	Cálculo de tráfico	
				Probabilidad de bloqueo	
			Internet	Velocidad Banda Ancha	

Anexo 02: Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología	Población y Muestra	Técnicas e Instrumentos
General ¿De qué manera el diseño de una red inalámbrica con tecnología GPON mejora el servicio de telecomunicaciones en la provincia de Yungay?	General Diseñar una red inalámbrica con tecnología GPON para mejorar el servicio de comunicaciones en la provincia de Yungay.	General El diseño de una red inalámbrica con tecnología GPON mejorará el servicio de comunicaciones en la provincia de Yungay	Variable Independiente: Red inalámbrica	Red de transporte Red de acceso	Enlace punto a punto Rendimiento agregado Número de suscriptores	Tipo: Aplicada Enfoque: Cuantitativo	Población: Está compuesta por todos los distritos de la provincia de Yungay.	Técnicas: Observación y Análisis documental
Específicos P1: ¿Cómo serán los cálculos de tráfico? P2: ¿Cómo serán los cálculos de probabilidad de bloqueo? P3: ¿Cómo serán los cálculos de la velocidad de transmisión?	Específicos O1: Realizar los cálculos de tráfico. O2: Realizar los cálculos de probabilidad de bloqueo. O3: Realizar los cálculos de la velocidad de transmisión.	Específicos H1: Los cálculos de tráfico serán óptimos. H2: Los cálculos de probabilidad de bloqueo serán óptimos. H3: Los cálculos de velocidad de transmisión serán +óptimos.	Variable Dependiente: Servicio de comunicación	Telefonía Internet	Cálculo de tráfico Probabilidad de bloqueo Velocidad Banda Ancha	Nivel: Descriptivo Diseño: Experimental	Muestra: Está conformada por 44 localidades beneficiadas	Instrumentos: Guía de observación y guía de análisis documental

Anexo 03: Performance data chart (Average)

Link Name	Site Name	Availability	Throughput
BASE POP YUNGAY (antena de distribución) to MATACOTO-MATACOTO (comunidad 1)	BASE POP YUNGAY (antena de distribución)	0.879551387	153.1873077
BASE POP YUNGAY (antena de distribución) to QUILLO - HUACHO (comunidad 4)	BASE POP YUNGAY (antena de distribución)	5.66E-01	149.8480769
BASE POP YUNGAY (antena de distribución) to YUNGAY - CANYASBAMBA (comunidad 7)	BASE POP YUNGAY (antena de distribución)	8.65E-01	152.8769231
BASE POP YUNGAY (antena de distribución) to YUNGAY - TUMPA (comunidad 8)	BASE POP YUNGAY (antena de distribución)	6.33E-01	150.1442308
HUATA - RACRACALLAN (comunidad 6) to QUILLO - QUILLO (comunidad 3)	HUATA - RACRACALLAN (comunidad 6)	4.64E-01	148.3776923
QUILLO - HUACUY ALTO (comunidad 5) to QUILLO - QUILLO (comunidad 3)	QUILLO - HUACUY ALTO (comunidad 5)	6.47E-01	150.4430769
YUNGAY - CANYASBAMBA (comunidad 7) to HUATA - RACRACALLAN (comunidad 6)	HUATA - RACRACALLAN (comunidad 6)	4.81E-01	148.6676923
YUNGAY - TUMPA (comunidad 8) to MANCOS - HUAYPAN (comunidad 2)	MANCOS - HUAYPAN (comunidad 2)	3.06E-01	154.1242308