

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)



ESCUELA DE POSGRADO

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA - SISTEMAS

UNIDAD DE POSGRADO

TESIS

**“DISEÑO DE RED DE TRANSPORTE, MEDIANTE FIBRA MONOMODO,
PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN LA POBLACIÓN
DE CHOCLOCOCHA – HUANCAMELICA”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE
PROYECTOS TECNOLOGICOS E INNOVACIÓN Y SISTEMICOS**

**PRESENTADO POR:
BACH. ING. EVINS CUELLAR TITO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN:
CIENCIAS DE INGENIERIA**

**MENCIÓN:
GESTIÓN DE TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN**

**HUANCAMELICA - PERÚ
2020**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA – SISTEMA

“AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD”



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Ante el jurado conformado por los docentes: Dr. ROSARIO VILLARREAL Marco Aurelio, Dr. SINCHE CRISPIN Fernando Viterbo, Mg. MARIÑO ARROYO Janeth Bertha.

Asesor: Mg. RAMOS LAPA Everth Manuel

De conformidad al Reglamento Único de Grados y títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica; aprobado mediante Resolución N°330-2019-CU-UNH y modificado con Resolución N°0776-2020-CU-UNH.

El candidato al GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE INGENIERÍA; MENCIÓN EN: GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN.

Don, Evins, CUELLAR TITO, procedió a sustentar su trabajo de investigación titulado: DISEÑO DE RED DE TRANSPORTE, MEDIANTE FIBRA MONOMODO PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN LA POBLACIÓN DE CHOCLOCOCHA – HUANCAVELICA. Mediante Resolución Directoral N° 865-2020-EPG-R/UNH, se fija la hora y fecha para el acto de sustentación de la Tesis.

Luego, de haber absuelto las preguntas que le fueron formulados por los Miembros del Jurado, se dio por concluido el ACTO de sustentación de forma síncrona, realizándose la deliberación, calificación y resultando:

Aprobado



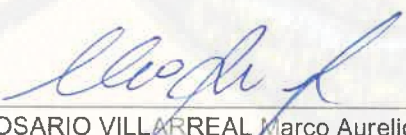
Con el calificativo:

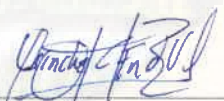
Por: MAYORIA

Desaprobado

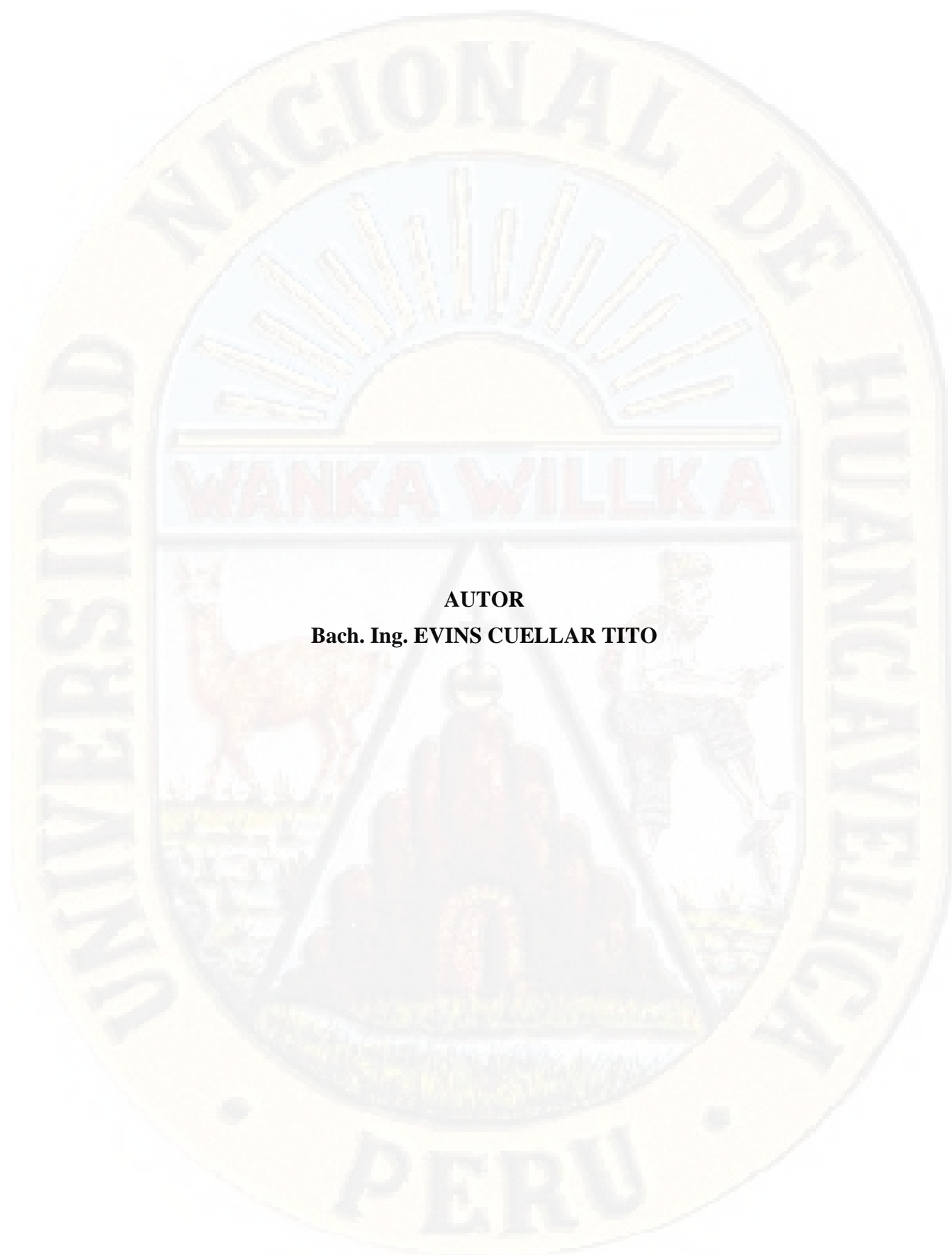


Y para constancia se extiende la presente ACTA, en la ciudad de Huancavelica a los diecisiete días de diciembre del año 2020.


Dr. ROSARIO VILLARREAL Marco Aurelio
Presidente

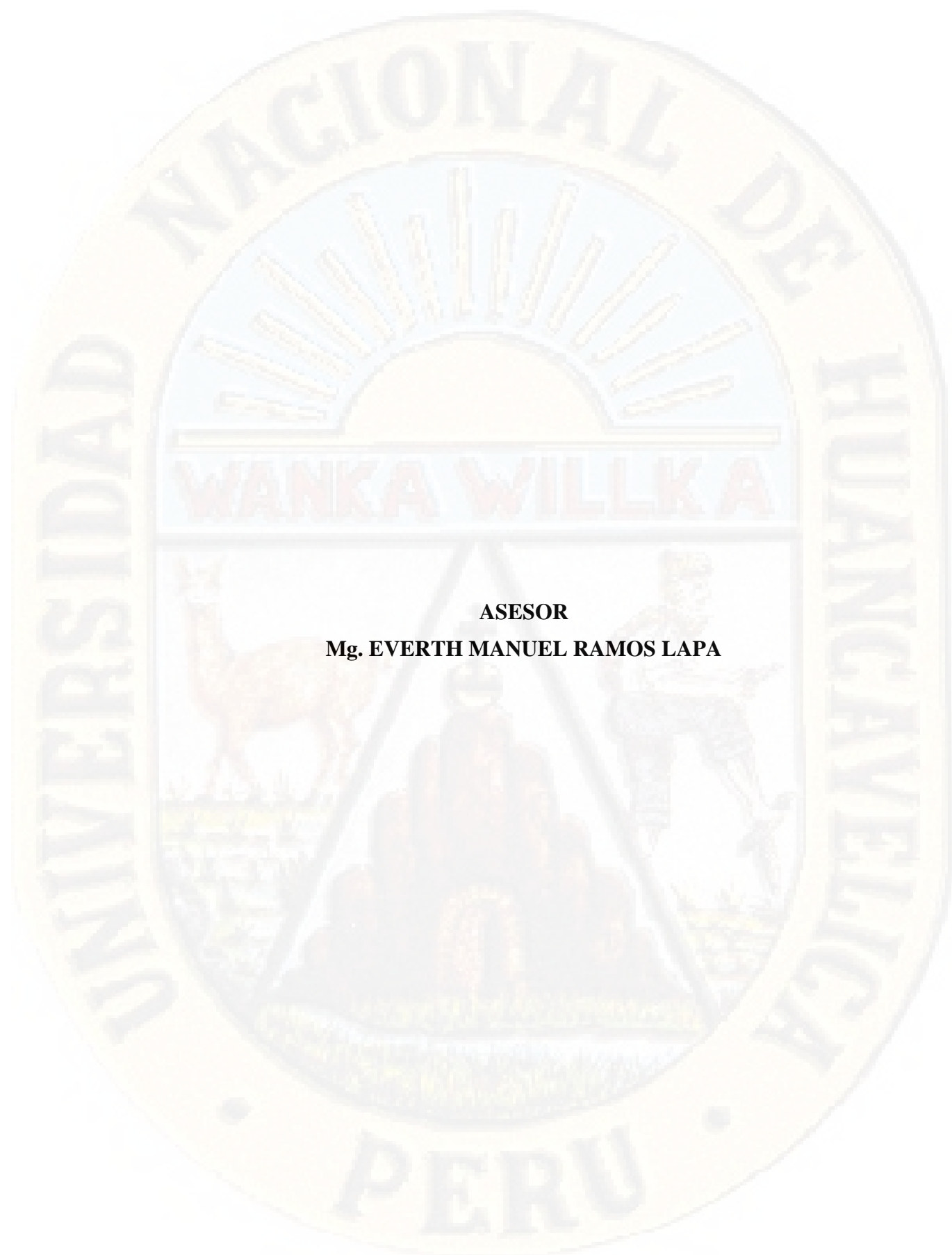

Dr. SINCHE CRISPIN Fernando Viterbo
Secretario


Mg. MARIÑO ARROYO Janeth Bertha
Vocal



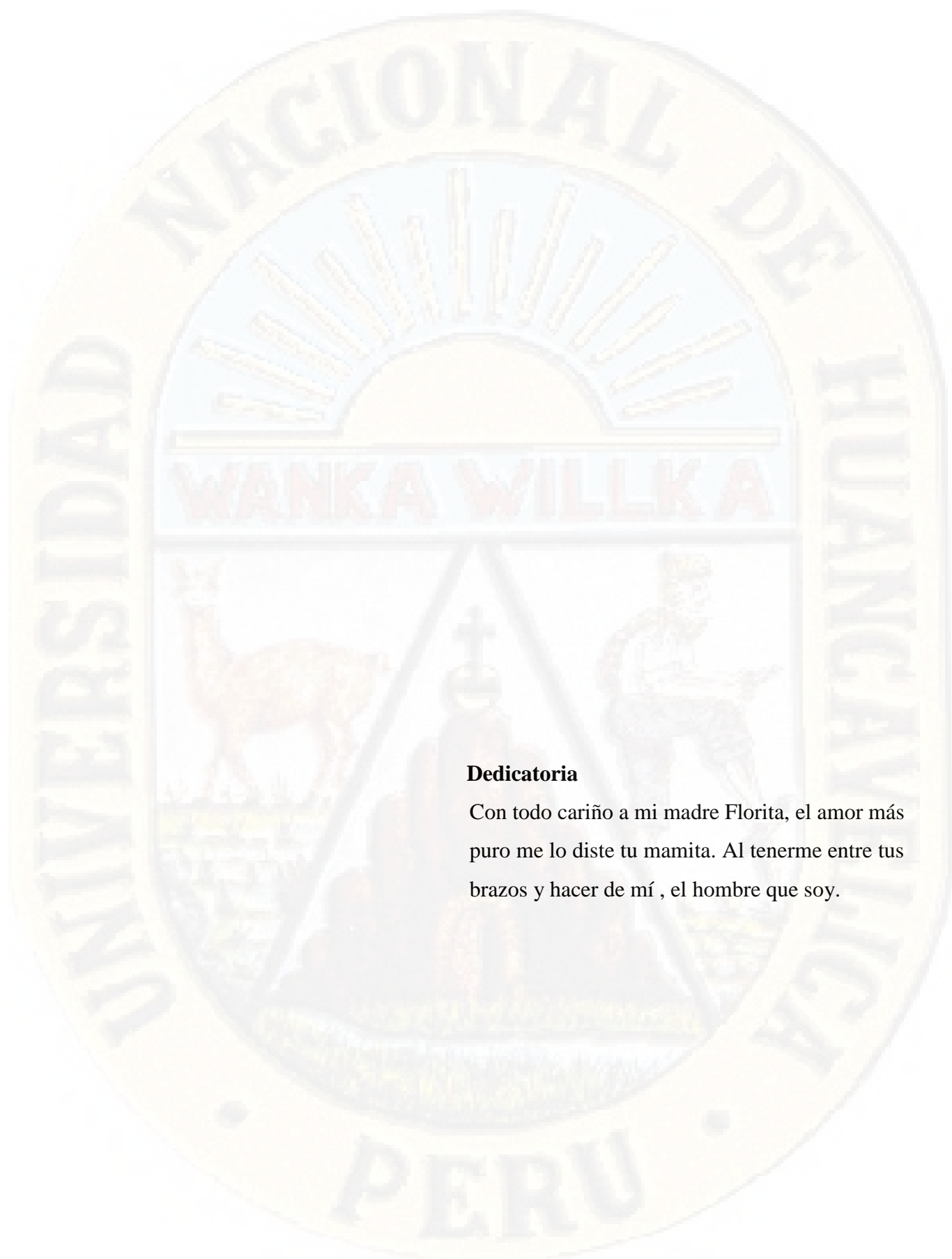
AUTOR

Bach. Ing. EVINS CUELLAR TITO



ASESOR

Mg. EVERTH MANUEL RAMOS LAPA



Dedicatoria

Con todo cariño a mi madre Florita, el amor más puro me lo diste tu mamita. Al tenerme entre tus brazos y hacer de mí , el hombre que soy.

ÍNDICE

INTRODUCCION	xiv
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	10
1.2.1. Problema general	10
1.2.2. Problemas específicos	11
1.3. Objetivos	11
1.3.1. Objetivo general	11
1.3.2. Objetivos específicos	11
1.4. Justificación	11
1.4.1. Justificación social	11
1.4.2. Justificación económica	12
1.4.3. Justificación tecnológica	13
1.4.4. Justificación metodológica	13
1.5. Limitaciones del estudio	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes de la investigación	15
2.1.1. Antecedentes internacionales	15
2.1.2. Antecedentes nacionales	21
2.1.3. Antecedentes regionales	28
2.1.4. Antecedentes locales	31
2.2. Bases teóricas	35
2.2.1. Troncal óptica	35
2.2.1.1. Conceptos y características técnicas de la fibra óptica	35
2.2.1.2. Tendido de cable ADSS	37
2.2.1.3. Presupuesto óptico de potencia	48
2.2.2. Comunicación de datos	52
2.2.2.1. Velocidad de datos	52
2.2.2.2. Cobertura	52

2.3.	Definición de términos	56
2.4.	Hipótesis	58
2.4.1.	Hipótesis general	58
2.4.2.	Hipótesis específicas	58
2.5.	Identificación de variables	59
2.5.1.	Variable independiente	59
2.5.2.	Variable dependiente	59
2.6.	Operacionalización de variables	59
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		61
3.1.	Ámbito de estudio	61
3.2.	Tipo de investigación	61
3.3.	Nivel de investigación	61
3.4.	Métodos de investigación	62
3.5.	Diseño de investigación	62
3.6.	Población, muestra y muestreo	64
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	65
3.7.1	Técnicas de recolección de datos	65
3.7.2	Instrumentos de recolección de datos	66
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	66
3.8.1	Técnicas de procesamiento de datos	66
3.8.2	Técnicas de análisis de datos	67
3.9.	Descripción de prueba de hipótesis	67
CAPÍTULO IV: PRESENTACION DE RESULTADOS		71
4.1.	Red de transporte	71
4.1.1	Diseño de la red de transporte	71
4.1.1.1	Diseño del recorrido del enlace óptico	71
4.1.1.2	Diseño del presupuesto de potencia	77
4.1.2	Resultados de indicadores de la red de transporte	81
4.1.2.1	Presupuesto óptico de potencia	81
4.1.3	Validación del diseño de la red de transporte	81
4.1.4	Resultados de indicadores de comunicación de datos	83
4.1.5	Prueba de hipótesis	90

4.2. Discusión de resultados	95
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	103
ANEXO 01: Instrumentos de recolección de datos	109
ANEXO 02: Informe de expertos	117
ANEXO 03: Procedimiento de diseño de la red de datos	123
ANEXO 04: Validación de la red de datos	125
ANEXO 05: Propuesta de equipos ópticos de la red de transporte	133
ANEXO 06: Ventajas económicas de la propuesta tecnológica	137
ANEXO 07: Código fuente del aplicativo en Matlab	138
ANEXO 08: Datasheets de equipos inalámbricos	149
ANEXO 09: Reportes generados con LINKPlanner	154
ANEXO 10: Matriz de consistencia	171
ANEXO 11: Base de datos	176
ANEXO 12: Artículo científico	182
ANEXO 13: Reporte anti-plagio	208

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 – Vista satelital del centro poblado de Choclococha, ubicada en el distrito de Pomacocha en la región Huancavelica	1
Figura 2 – Mapa político administrativo de la provincia de Acobamba, Huancavelica. En rojo el centro poblado de Choclococha.	2
Figura 3 – Vista del centro poblado de Choclococha y sus alrededores	2
Figura 4 – Uso de Internet en el Perú	3
Figura 5 – Institución Educativa N° 1129, nivel inicial	5
Figura 6 – Institución Educativa N° 177, nivel inicial	5
Figura 7 – Institución Educativa N° 36173, nivel primario	6
Figura 8 – Colegio Estatal Mixto “Jorge Chávez, nivel secundario	6
Figura 9 – Municipalidad Centro Poblado de Choclococha	7
Figura 10 – Puesto de Salud de Centro Poblado de Choclococha	7
Figura 11 – Cobertura celular en el centro poblado de Choclococha	9
Figura 12 – Estadísticas de hogares y personas con acceso a Internet	12
Figura 13 – Bandas ópticas empleadas en telecomunicaciones	36
Figura 14 – Flecha y vano en los tendidos aéreos de fibra óptica	38
Figura 15 – Estructura interna del cable tipo ADSS	39
Figura 16 – Distancia de seguridad entre líneas eléctricas y de comunicación	42
Figura 17 – Partes de un herraje de suspensión para cables ópticos	43
Figura 18 – Diversos tipos de herrajes de suspensión empleados para cables del tipo ADSS de fibra óptica	43
Figura 19 – Partes de un herraje de retención para cables ópticos ADSS	44
Figura 20 – Varillas preformadas	45
Figura 21 – Preformados y problemas que se pueden suscitar si no se seleccionan correctamente	45
Figura 22 – Amortiguador de cable de fibra óptica	46
Figura 23 – Corona coil, empleado para mitigar el efecto corona	47
Figura 24 – Antenas sectoriales para la red de acceso	54
Figura 25 – Patrones de radiación de una antena sectorial de 90°	54
Figura 26 – Topología de la última milla en la red de acceso,	55

la distribución de la señal a los usuarios es mediante antenas sectoriales

Figura 27 – Vista satelital del nodo origen en Pomacocha 72

Figura 28 – Recorrido de la fibra, entre el nodo de Pomacocha y el nodo a ubicarse en el centro poblado e Choclococha 73

Figura 29 – Vista satelital del nodo destino (PN1) ubicado en Choclococha 74

Figura 30 – Diagrama unifilar de la red óptica 77

Figura 31 – Datos del transceiver de fibra óptica 78

Figura 32 – Conexiones y medición de las pérdidas en hilo óptico, sentido AB 82

Figura 33 – Medición de pérdida de potencia en uno de los hilos del cable óptico con EPM-50 de EXFO 82

Figura 34 – Aplicación desarrollada en Matlab para el cálculo y verificación de la atenuación total del enlace y el margen de desempeño del sistema. Se muestran los casos de transmisión con potencias mínima y máxima. 84

Figura 35 – Aplicación desarrollada en Matlab para el cálculo y verificación de la atenuación total del enlace y el margen de desempeño del sistema. Se muestran los casos de transmisión con potencias mínima y máxima tolerable. 85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Cantidad de municipalidades con acceso a Internet en la región de Huancavelica, entre 2010 y 2016	4
Tabla 2 - Cantidad de municipalidades con acceso a Internet, PC y telefonía en la región de Huancavelica	4
Tabla 3 - Velocidades de internet satelital ofrecidos en el centro poblado de Choclococha, con contenciones de 8 a 1 y de 4 a 1	8
Tabla 4 - Tecnologías celulares, por operadora, en el centro poblado de Choclococha	9
Tabla 5 - Propiedades físicas y mecánicas de los cables ADSS	40
Tabla 6 - Selección de cables según span	40
Tabla 7 - Longitudes recomendadas de reserva de cable de fibra óptica	41
Tabla 8 - Tipos de herrajes a instalar para diversos casos en el tendido del cable de fibra óptica	41
Tabla 9 - Distancias de seguridad entre líneas eléctricas y de comunicación	42
Tabla 10 - Distribución de amortiguadores por vano y por distancia	46
Tabla 11 - Valores umbrales para caracterizar un enlace óptico	49
Tabla 12 - Cálculos para determinar el presupuesto del enlace óptico	50
Tabla 13 - Especificaciones técnicas de dos antenas sectoriales	55
Tabla 14 - Matriz de operacionalización de variables	60
Tabla 15 - Niveles de confianza y errores típicos	65
Tabla 16 - Postes 1 a 23: código y tipo de elemento, distancias entre postes, flechas, spans, longitud de bobina; y niveles de tensión	75
Tabla 17 - Postes 1 a 23: altura, material, reservas y ferretería requerida	76
Tabla 18 – Resultados del indicador presupuesto óptico de potencia	81
Tabla 19 – Mediciones de pérdidas de potencia en el cable óptico	83
Tabla 20 – Resultados de las mediciones de velocidad de datos en los usuarios	86
Tabla 21 – Mediciones de niveles de recepción inalámbrica	88
Tabla 22 – Estadísticos obtenidos de las mediciones de ancho de banda	91
Tabla 23 – Mediciones de niveles de recepción inalámbrica	94

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo el diseño de una red de transporte, mediante fibra monomodo, para mejorar la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica. El trabajo aborda la problemática de la baja calidad y reducida cobertura de servicios digitales en la mencionada población y plantea resolver el problema de cómo una red de transporte mejora la comunicación de datos. De un universo de 486 viviendas, se tomó para el estudio una muestra, no aleatoria, de 60 viviendas usuarias del servicio. Se realizó una investigación aplicada, pre experimental, de un grupo solo después, empleando el método estadístico con una variable independiente (red de transporte) y una variable dependiente (comunicación de datos), esta última con dos dimensiones (ancho de banda y cobertura en los usuarios del servicio). Las técnicas e instrumentos de recolección de datos fueron la observación y las fichas de registros, respectivamente. Los resultados obtenidos evidenciaron que el ancho de banda presentó valores alrededor del valor mínimo esperado según oferta del operador y normativa vigente (40% de 2MBps). Así mismo, el indicador de cobertura (potencia de recepción) arrojó valores por encima del mínimo reconocible por el sistema inalámbrico de abonado y en descenso según la distancia, pero sin caer por debajo del mínimo. Como conclusiones, el diseño de una red de transporte, con fibra monomodo, mejoró el ancho de banda y la cobertura de la comunicación de datos en el poblado de Choclococha, Huancavelica.

Palabras claves: red de transporte, fibra monomodo, comunicación de datos.

Abstract

The present research aims to design a transport network, using single mode fiber, to improve data communication in the population of Choclococha, Huancavelica. The work addresses the problem of low quality and reduced coverage of digital services in that population and raises the problem of how a transport network improves data communication. From a universe of 486 households, a non-random sample of 60 service user households was taken for the study. An applied research, pre-experimental, of a group only later, was carried out, using the statistical method with an independent variable (transport network) and a dependent variable (data communication), the latter with two dimensions (bandwidth and coverage in the users of the service). The data collection techniques and instruments were observation and record sheets, respectively. The results obtained showed that the bandwidth presented values around the minimum expected value according to the operator's offer and current regulations (40% of 2MBps). Likewise, the coverage indicator (reception power) showed values above the minimum recognizable by the wireless subscriber system and decreasing according to the distance, but without falling below the minimum. As conclusions, the design of a transport network, with single mode fiber, improved the bandwidth and coverage of data communication in the town of Choclococha, Huancavelica.

Keywords: transport network, single mode fiber, data communication.

Introducción

El poblado de Choclococha, en Huancavelica, adolece de una infraestructura de telecomunicaciones con calidad de servicio acorde a los tiempos y necesidades actuales. Ante esta situación se plantea el problema de cómo una red de transporte, con fibra monomodo, puede mejorar la comunicación de datos en dicha localidad, tanto en ancho de banda como en cobertura. Al respecto, existen antecedentes en diversos trabajos de investigación e informes en los cuales se realizan estudios de factibilidad, diseños e implementaciones de troncales con fibra óptica monomodo y redes inalámbricas de acceso. Todos ellos tienen, entre sus objetivos, mejorar la velocidad, cobertura, calidad y oferta de servicios digitales. Por ejemplo, a nivel internacional, Solano (2015) realiza el análisis y diseño de una troncal óptica de 1Gbps para la Universidad Autónoma de México. Guarachi (2016), presenta un trabajo de diseño de una red óptica de banda ancha de 2.5Gbps para un poblado en Bolivia. A nivel nacional, también son múltiples los trabajos realizados tomando como tema la fibra óptica. Por ejemplo, López (2016) presenta el diseño de una red óptica de banda ancha de 2.5Gbps para la municipalidad de Coishco en Ancash con la cual se brindará todos los servicios digitales de telefonía, vídeo e internet. Del mismo modo, Guerrero (2017) realiza el diseño de una red troncal con fibra óptica de 2Gbps y red acceso inalámbrica para la provincia de Santa Cruz en Lambayeque. A nivel local y regional, existen, también, diversos trabajos presentados. Sin embargo, cabe resaltar el proyecto regional de la región Huancavelica a cargo del Ministerio de Transportes y comunicaciones; este proyecto, en actual ejecución, lleva Internet a las localidades más alejadas de esta región. Si bien las redes ópticas se proyectan a tener un grado de penetración relativamente alto, aún existen muchas localidades con baja densidad poblacional, economía de subsistencia o geografía accidentada que no son consideradas dentro de los proyectos del estado y menos de las empresas privadas. Por ello, esas localidades seguirán postergadas por años o, tal vez, décadas. Si bien existen soluciones alternativas implementadas para esta problemática; estas no son óptimas por ser costosas y propensos a problemas de latencia y baja calidad del servicio especialmente debido a condiciones ambientales como es el caso de los servicios satelitales muy comunes en zonas alejadas.

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar una red de transporte, mediante fibra monomodo, para mejorar la comunicación de datos, en lo que respecta a ancho de banda y cobertura, en los usuarios de la población de Choclococha, ubicada en la región Huancavelica. Para ello, se plantearon y verificaron dos hipótesis. La primera, señala que una red de transporte, con fibra monomodo mejora el ancho de banda de la comunicación de datos en población mencionada. La segunda, señala que una red de transporte, con fibra monomodo, mejora la cobertura de la comunicación de datos, también, en la misma población bajo estudio. La validación se realizó mediante herramientas estadísticas (prueba Z) aplicada a una muestra de 60 viviendas usuarias del servicio en las que se realizó la medición directa de la variable dependiente a través de los indicadores de las dimensiones consideradas.

El informe está estructurado en cuatro capítulos según se detalla a continuación. El Capítulo I trata sobre el planteamiento del problema: se describe la problemática, se formula el problema, se plantean los objetivos y se concluye con la justificación y limitaciones del presente trabajo. El Capítulo II corresponde al Marco Teórico; en él se muestran, como antecedentes a este proyecto, otros trabajos similares desarrollados y sus aportes. Se expone, también, de manera concisa, la información técnica relacionada a las variables empleadas sustentadas debidamente mediante fuentes confiables. Además, se incluye en este capítulo la definición de las hipótesis, definición de términos, la identificación de variables y la definición operativa de variables e indicadores. El Capítulo III trata sobre la Metodología de la Investigación: método y diseño de la investigación, procesamiento y análisis de datos, entre otros relacionados. En el Capítulo IV, se presentan los resultados del presente trabajo. Se detallan los resultados de los diversos registros de datos realizados mediante mediciones; también se presenta el diseño de la red de transporte propuesta y su validación. Se concluye este capítulo con la prueba de hipótesis y discusión de resultados. Finalmente, se cierra el informe con las conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.

El autor

Capítulo I: El problema

1.1 Planteamiento del problema

Choclococha está ubicada en el distrito de Pomacocha, provincia de Acobamba, Huancavelica. Su municipio se fundó el 10 de setiembre de 2014; está ubicada a 3370msnm con una extensión territorial de 106.34km². Pomacocha limita por el norte con los distritos de Acobamba y Caja; por el este, con el distrito de Acobamba; por el sur, con la provincia de Angaraes; por el oeste, con el distrito de Caja (Figuras 1 y 2).

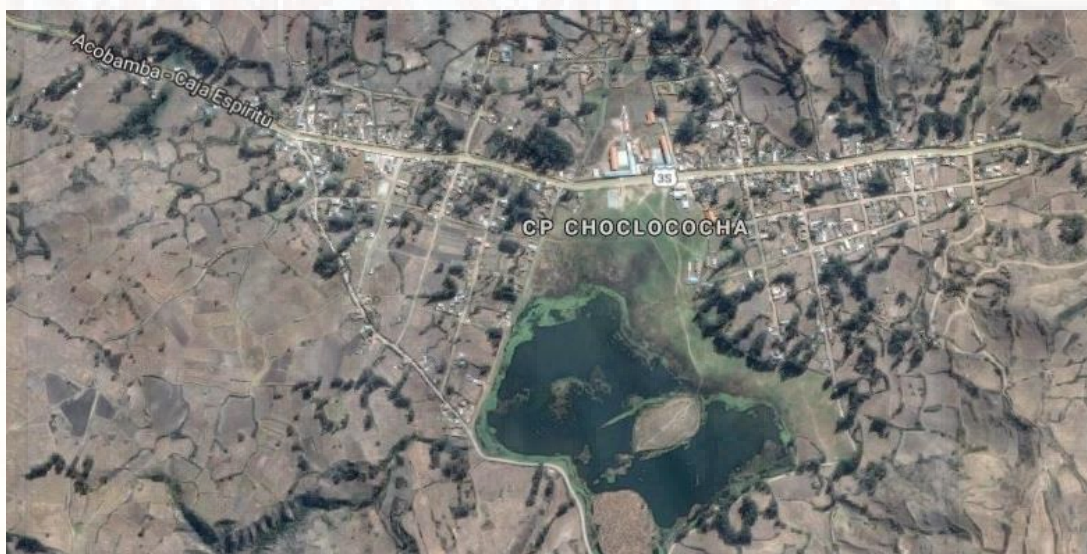


Figura 1. Vista satelital del centro poblado de Choclococha, ubicada en el distrito de Pomacocha, provincia de Acobamba en la región Huancavelica

Fuente: Elaboración propia

Según el INEI (2017), las actividades económicas principales de la población de Choclococha, son la agricultura y la ganadería y cuenta con una población de 1323 habitantes al 2015 con unas 486 viviendas. Existen diversas instituciones públicas en la localidad; en la Figura 3 se aprecia una vista panorámica del centro poblado.



Figura 2. Mapa político administrativo de la provincia de Acobamba, Huancavelica. En rojo el centro poblado de Choclococha.

Fuente: SEACE, <https://bit.ly/34Xsq3N>



Figura 3. Vista del centro poblado de Choclococha y sus alrededores

Fuente: Fotografía tomada por el autor

El poblado de Choclococha, en Huancavelica, se encuentra relegado tecnológicamente. Al ser una localidad de baja densidad poblacional, el estado y las empresas privadas no realizan obras o inversiones en telecomunicaciones provocando una situación de aislamiento respecto al acceso a las tecnologías de la información y comunicaciones muy necesarias en la sociedad actual. Así, en la Figura 4, según un estudio realizado por la empresa GfK, el 65% de la población de las provincias del Perú no usan Internet. Además, a nivel nacional, el estudio revela que el 81% de la población rural no emplean Internet siendo la situación más crítica en la población adulta y en los niveles socioeconómicos más bajos (C y D/E).

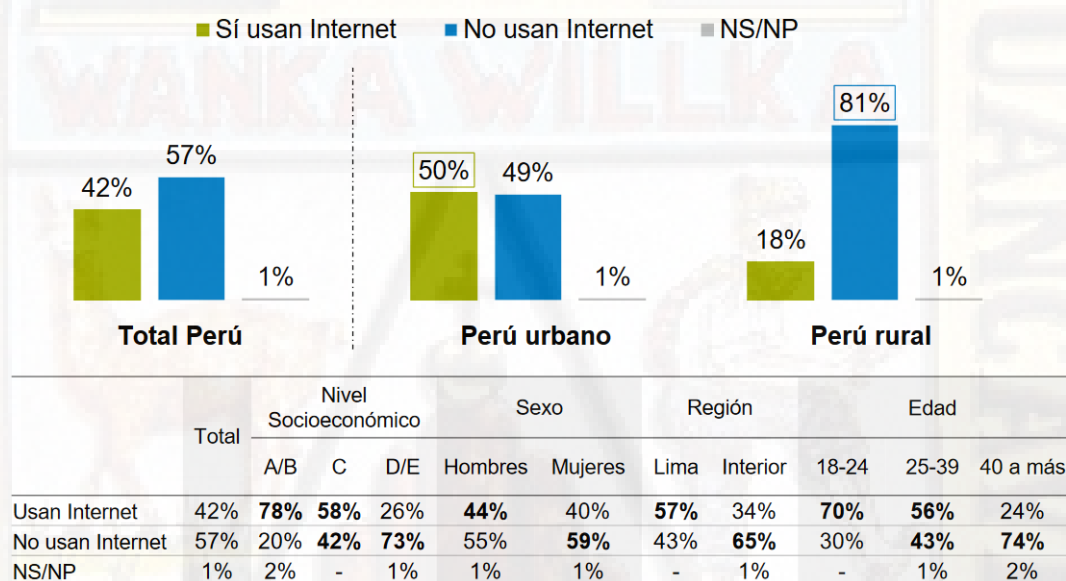


Figura 4. Uso de Internet en el Perú

Fuente: GfK, uso de Internet en el Perú al 2015

https://www.gfk.com/fileadmin/user_upload/dyna_content/PE/GfK_OP_Octubre_2015_-_Uso_de_Internet_2.pdf

En la Tabla 1, se muestra que solo 75 municipios de Huancavelica tienen Internet, de un total de 94. A la fecha existen 19 municipios que no cuentan con tal servicio. El incremento, desde el año 2010, no ha sido importante. GSMA (2016), una organización mundial que agrupa a operadores móviles y compañías relacionadas difundió su estudio "Inclusión digital en América Latina y el Caribe", en el cual se señala que al 2016, en ocho regiones del Perú, existen entre 75 y 90% de hogares sin

acceso a Internet. Esas regiones son Amazonas, Cajamarca, Loreto, San Martín, Huánuco, Ayacucho, Apurímac y, también, Huancavelica.

Tabla 1

Cantidad de municipalidades con acceso a Internet en la región de Huancavelica, entre 2010 y 2016

Año	Cantidad de municipios
2010	61
2011	62
2012	65
2013	68
2014	68
2015	74
2016	75

Fuente: INEI, Tecnología de la Información y Comunicación

<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/tecnologias-de-la-informacion-y-telecomunicaciones/>

En la Tabla 2, se muestran estadísticas sobre acceso a las tecnologías de la información y comunicaciones de la región de Huancavelica. Se pueden apreciar que el acceso a Internet es solo del 4.1% de la población y solo el 11.8% disponen de alguna computadora.

Tabla 2

Municipalidades con servicios de telecomunicaciones en Huancavelica

Al 2016, cantidad de municipalidades (% respecto al total de hogares de la región Huancavelica)				
Teléfono fijo	Teléfono celular	Acceso a Internet	TV cable	PC
2.4	83.1	4.1	7.9	11.8

Fuente: INEI, Huancavelica – Compendio Estadístico 2017

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1494/libro.pdf

La falta de acceso y mala calidad de los servicios digitales de comunicación de datos se refleja especialmente en el ámbito académico y en las entidades estatales de la población. Al respecto, en los párrafos que siguen se detalla el estado situacional y realidad problemática de cada una de ellas en cuanto a servicios de telecomunicaciones se refiere.

IE N° 1129 – Nivel inicial

Esta institución alberga a 23 estudiantes y cuenta tan solo con tres trabajadores. No dispone de servicio de Internet (Figura 5).



Figura 5. Institución Educativa N° 1129, nivel inicial

Fuente: Fotografía tomada por el autor

IE N° 177 – Nivel inicial

En la Figura 6 se muestra a esta institución educativa, la cual alberga a 35 estudiantes y cuenta tan solo con 04 trabajadores y no dispone de servicio de Internet.



Figura 6. Institución Educativa N° 177, nivel inicial

Fuente: Fotografía tomada por el autor

IE N° 36173 – Nivel Primaria

En la Figura 7 se muestra a esta institución académica, cuenta con una población de 205 alumnos y 14 trabajadores; cuenta con servicio de internet satelital de baja calidad y velocidad.



Figura 7. Institución Educativa N° 36173, nivel primario

Fuente: Fotografía tomada por el autor

C.E. Mx. Jorge Chavez – Nivel Secundaria

Esta institución, mostrada en la Figura 8, cuenta con 225 alumnos y 24 docentes. Dispone de internet satelital de baja calidad y velocidad.



Figura 8. Colegio Estatal Mixto “Jorge Chávez, nivel secundario

Fuente: Fotografía tomada por el autor

Municipalidad del Centro Poblado de Choclococha

No cuentan con Internet, tiene 6 trabajadores (Figura 9).



Figura 9. Municipalidad Centro Poblado de Choclococha

Fuente: Fotografía tomada por el autor

Puesto de Salud del Centro Poblado De Choclococha

Esta entidad de salud tiene tan solo 6 trabajadores y no cuenta con servicio alguno de internet (Figura 10).



Figura 10. Puesto de Salud de Centro Poblado de Choclococha

Fuente: Fotografía tomada por el autor

Como se ha detallado, en las instituciones que cuenta con internet, este es de tipo satelital. Sin embargo, su costo es elevado tal como se muestran en la Tabla 3.

Dicha Tabla 3 muestra diversas ofertas de velocidades con contención 8 a 1 de 4 a 1. El alto costo mensual del servicio y sus velocidades relativamente bajas las convierten en inaccesibles para las instituciones públicas que no disponen de los recursos económicos suficientes. Para la población tampoco es accesible por los mismos motivos. Se aprecia, entonces, una problemática muy seria que discrimina el acceso a fuentes de información y a todos los beneficios y potencialidades asociados a este tipo de recursos tecnológicos. Si bien la tecnología satelital es fácil de implementar, es costosa operativamente y no brinda una calidad adecuada dado que existen problemas por lluvia para enlaces por encima de los 10 GHz. Debido a ello, el servicio sufre de intermitencias y latencias prolongadas. El equipamiento de acceso de este sistema está formado por una antena y un receptor, un switch para la distribución del tráfico y un equipo terminal de datos, como una PC o laptop. En el centro poblado de Choclococha solo existe una cabina de internet con cinco computadoras. El acceso a Internet es satelital, VSAT, siendo Movistar el proveedor del servicio. El costo del servicio al público es de S/ 2.5 Soles/hora.

Tabla 3

Velocidades de internet satelital ofrecidos en el centro poblado de Choclococha, con contenciones de 8 a 1 y de 4 a 1

Velocidad de subida (kbps)	Velocidad de bajada (kbps)	Contención	Costo mensual (S/)	Número de PCs
128	512	8 a 1	950	2
256	512	8 a 1	1040	5
256	768	8 a 1	1430	6
512	1024	8 a 1	1650	8
512	1536	8 a 1	2550	12
512	2048	8 a 1	3199	20
128	512	4 a 1	1550	5
256	512	4 a 1	1980	8
256	768	4 a 1	1990	12
512	1024	4 a 1	2390	15

Fuente: Recopilación del autor

Por otra parte, al centro poblado de Choclococha llegan las operadoras Claro, Movistar y Bitel (ver las figuras 11 y la Tabla 4) pero son servicios costosos y no adecuados para uso prologado de datos.

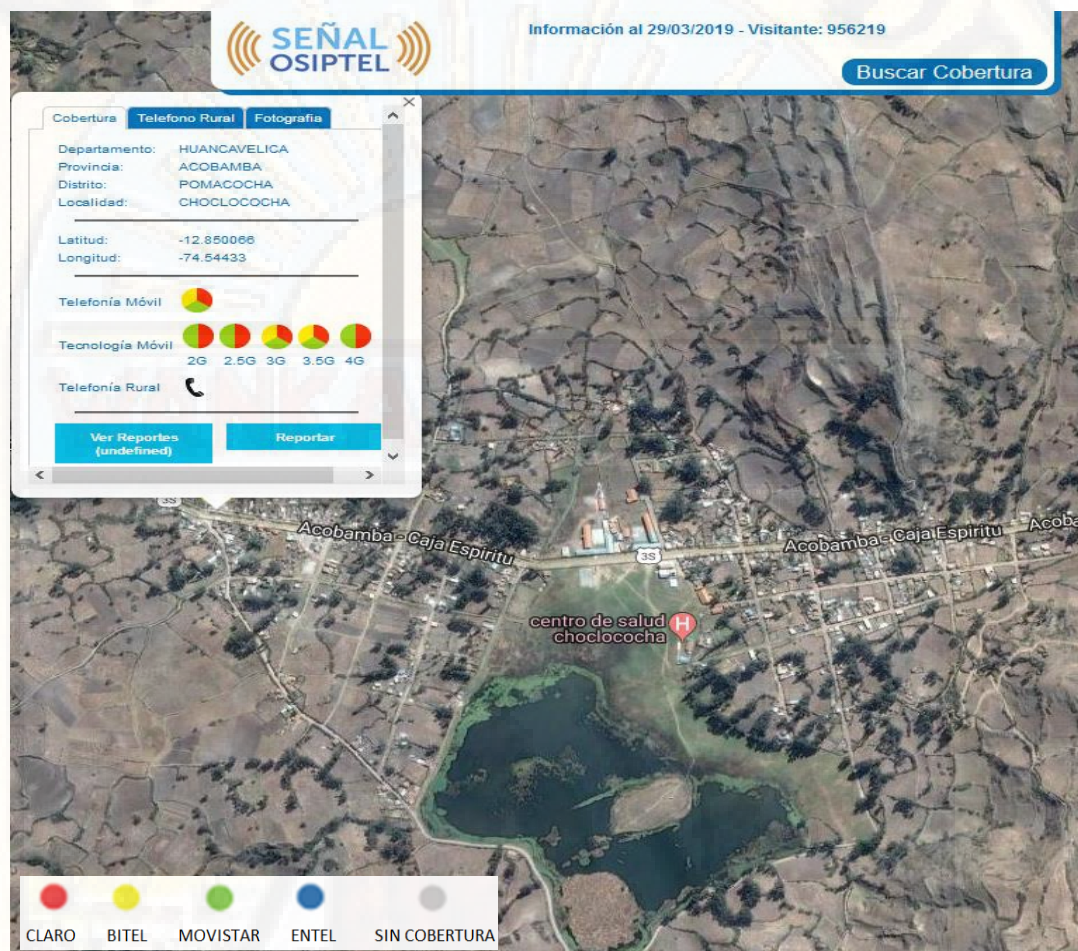


Figura 11. Cobertura celular en el centro poblado de Choclococha

Fuente: OSIPTEL (<http://www2.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/#>)

Tabla 4

Tecnologías celulares, por operadora, en el centro poblado de Choclococha

Empresa	2G	2.5G	3G	3.5G	4G
MOVISTAR	SI	SI	SI	SI	SI
ENTEL	NO	NO	NO	NO	NO
CLARO	SI	SI	SI	SI	SI
BITEL	NO	NO	SI	SI	SI

Fuente: Adaptado de OSIPTEL (<http://www2.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/#>)

Las consecuencias de no solucionar la problemática descrita impactarán negativamente, como ya está ocurriendo actualmente, en el desarrollo social, educativo y económico del poblado de Choclococha. Al verse impedida de usar herramientas tecnológicas, la población ve seriamente limitada su capacidad de acceso a fuentes de información, así como interacción y acceso a recursos e instituciones a nivel regional, nacional e internacional. Estas limitaciones se traducen en bajos niveles de motivación y rendimiento académico, prácticamente nulas oportunidades de superación y desarrollo económico. Al no contar Choclococha con personas con un mínimo de visión de futuro, estaría condenada a repetir, generación tras generación, las mismas sus actividades de subsistencia tradicionales.

Por ello, el presente trabajo de investigación debe ser ejecutado a fin de evitar la postergación indefinida de las minorías que viven en el Centro Poblado de Choclococha. Debemos considerar que, hoy en día, las sociedades requieren, como ingrediente fundamental para su desarrollo, disponer de acceso a las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs). Este hecho se ha convertido prácticamente en una necesidad fundamental de toda persona. El acceso a Internet es necesario pues a través de ella se abre un mundo de información y un mundo de oportunidades de alcance solo limitadas por la capacidad e interés de cada uno. Contando con una infraestructura moderna de telecomunicaciones, la población de Choclococha tendrá todas las posibilidades de desarrollarse y acceder a todos los actores del mundo académico, profesional y empresarial presentes, hoy en día, en la red de redes requiriendo u ofreciendo conocimientos, experiencias, servicios, productos e información de todo tipo y a nivel global. En tal sentido, es crucial para el desarrollo de Choclococha la implementación del presente proyecto.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo una red de transporte mejora la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo una red de transporte mejora el ancho de banda de la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica?
- b) ¿Cómo una red de transporte mejora la cobertura de la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica?

1.3 Objetivos

Los objetivos del presente trabajo de investigación son los siguientes:

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una red de transporte, mediante fibra monomodo, para mejorar la comunicación de datos en la Población de Choclococha, Huancavelica.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Mejorar el ancho de banda de la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica, mediante una red de transporte.
- b) Mejorar la cobertura de la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica, mediante una red de transporte.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación social

En la Figura 12 se muestra información de la Unión Internacional de Telecomunicaciones al 2016 sobre el porcentaje de hogares y usuarios con acceso a Internet. La penetración de Internet en los países desarrollados es superior al 80%, frente al 34.1% en los países en vías de desarrollo.

Estas cifras demuestran la gran desigualdad social en nuestro medio; por más que se pregone la igualdad en todo aspecto, termina siendo solo ideales que para muchos peruanos se avizora muy lejos, posiblemente a varias generaciones después. Socialmente el proyecto tiene plena justificación pues contribuye puntualmente a eliminar esas diferencias de regiones y clases tan marcada en nuestro país. El acceso a

las TICs no debe ser un tema de negocios sino de responsabilidad social, especialmente con los menos favorecidos.

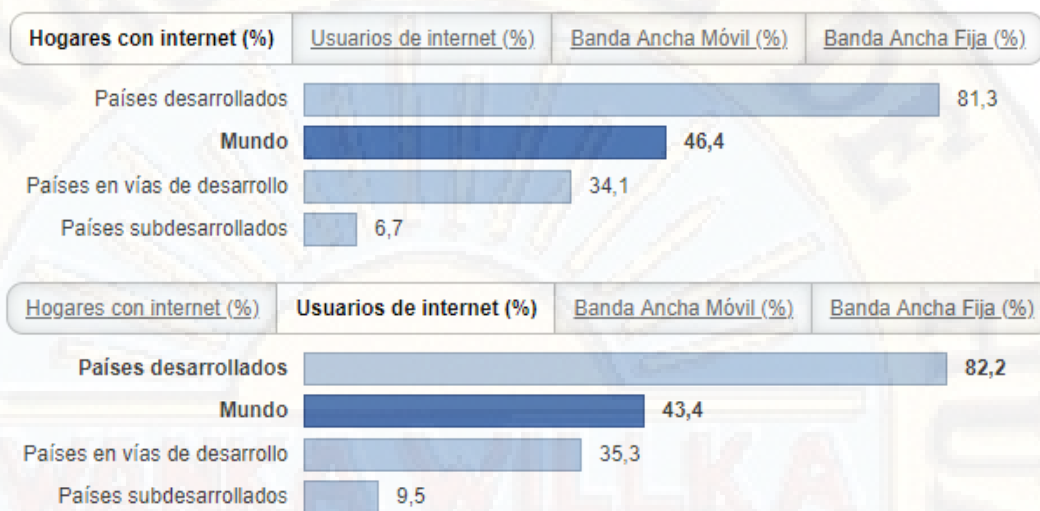


Figura 12. Estadísticas de hogares y personas con acceso a Internet al 2016

Fuente: UIT, “La UIT publica las cifras de 2016 de las TIC

<https://www.itu.int/es/mediacentre/Pages/2016-PR30.aspx>

1.4.2 Justificación económica

Actualmente, el Perú atraviesa una situación económica estable. Existen recursos y mucho interés por parte del estado en invertir en diversos proyectos de carácter social. Sin embargo, las obras son entregadas y concesionadas a grandes corporaciones que buscan obtener beneficio económico. En tal sentido, es necesario la elaboración de proyectos y el apoyo de pequeños inversionistas o entidades locales que lleven a cabo la ejecución de obras puntuales que beneficien a ciertas localidades o distritos a las cuales no se les ha considerado como parte de los grandes proyectos llevados a cabo por el estado peruano por intermedio del FITEL del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Existen diversas fuentes de financiamiento a las que pueden recurrir los municipios a fin de llevar a cabo proyectos como el de la presente tesis. Cabe destacar la reducción en costos de equipamiento debido a la masificación en el uso de las tecnologías de telecomunicaciones ópticas. Por otra parte, en la actual situación, muchos pobladores deben movilizarse a otras localidades para acceder a

algún medio de comunicación incurriendo en gastos de transporte y tiempos de viaje, pero sobre todo en la pérdida de productividad del capital humano.

1.4.3 Justificación tecnológica

La brecha digital persiste en el Perú y de forma alarmante. El despliegue de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica y las redes regionales, si bien han marcado un salto importantísimo respecto a la situación de hace pocas décadas atrás, resulta aún insuficiente pues no ofrece una cobertura al 100% de las localidades del país, las mismas que se verían relegadas por varias décadas más. En tal sentido, se hace urgente plantear soluciones tecnológicas alternativas a las soluciones comerciales y lucrativas de los operadores de telecomunicaciones. En el aspecto tecnológico, el proyecto se justifica completamente y es totalmente viable dado el avance de la industria electrónica y de las telecomunicaciones que pone a disposición una serie de alternativas de alta calidad como es el uso de la fibra óptica y las redes inalámbricas. El presente trabajo se enmarca en esos lineamientos brindando, además, el desarrollo de una aplicación gráfica interactiva desarrollada en GUIDE-Matlab para el cálculo del presupuesto de potencia óptica de enlaces troncales monomodo que servirá para evaluar cómo afecta cada elemento del enlace a la atenuación total de este último. Al respecto, es importante mencionar que no se cuenta en nuestro medio con una aplicación de ese tipo.

1.4.4 Justificación metodológica

Para lograr los objetivos del presente trabajo, se ha seguido un procedimiento sistemático que servirá de referencia o guía para otros trabajos similares del área. Se demostró que la implementación de una red de transporte mejora la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica. Para su desarrollo se emplearon técnicas e instrumentos de toma y análisis de datos de la variable dependiente compuesta de dos indicadores: velocidad de datos y potencia de recepción, esta última relacionada con la cobertura del servicio. Los instrumentos empleados, validados por juicio de expertos, permitieron comprobar las hipótesis planteadas respecto al cumplimiento de estándares y regulaciones vigentes de los servicios públicos de telecomunicaciones en cuanto a los indicadores de la variable dependiente y que, con

los cuales, se garantiza la calidad o mejora de la comunicación de datos en la población bajo estudio.

1.5 Limitaciones del estudio

El diseño de la red de transporte, propuesto como objetivo en este trabajo, para mejorar la comunicación de datos en Choclococha, se circunscribe únicamente al escenario particular de dicho poblado; su aplicación a otras realidades requiere adaptarlo a las condiciones particulares de cada escenario. Además, dada la envergadura espacial y tecnológica del proyecto, se presenta la limitación de no considerar todos los aspectos o áreas de la ingeniería involucradas. Así, en el presente trabajo no se consideran aspectos eléctricos, civiles, de servicios, de seguridad electrónica, protocolos de red, monitoreo, y gestión. Sin embargo, se incluye la red inalámbrica de acceso al estar directamente relacionada y en contacto con los usuarios. Tampoco se incluyen aspectos sobre los costos de despliegue asociados tanto con equipamiento tecnológico, civil y mano de obra especializada.

Por otra parte, la muestra considerada no fue tomada aleatoriamente, sino que se tomaron en viviendas regularmente distribuidas a lo largo y ancho del centro poblado con la intención de realizar mediciones que abarquen toda el área del poblado, especialmente las zonas periféricas en las que la señal llega con niveles más bajos y, por ende, la calidad del servicio podría verse afectada.

Finalmente, el trabajo no considera grupo de control, solo grupo experimental; se plantea y desarrolla un diseño pre experimental de un grupo solo después. Esta selección se sustenta en el hecho de que la prueba de hipótesis, empleando métodos estadísticos a los resultados de aplicar la variable dependiente al grupo experimental, se verifica contra valores de operación mínimos esperados estipulados según fabricante y normativa vigente y ofrecidos por el operador de telecomunicaciones. Uno de estos es la velocidad de datos, una variable que en los sistemas ópticos toma valores más altos comparado con los ofrecidos por los servicios satelitales, tal como se mostró en el Capítulo 1 del presente trabajo. El otro indicador es la potencia de recepción, la cual se verifica contra el mínimo especificado por el fabricante para garantizar la recepción adecuada de la señal de datos inalámbrica.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la investigación

El presente trabajo de investigación se desarrolló en base a investigaciones similares desarrolladas en universidades peruanas y del extranjero, además de otras entidades relacionadas a las telecomunicaciones ópticas. A continuación, se detallan cada una de ellas.

2.1.1 Internacionales

Gómez (2015) realizó un trabajo titulado: Desarrollo de aplicación de software para automatizar el diseño de enlaces ópticos y su aplicación en un enlace para la central Minas-San Francisco, en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay, Ecuador

El trabajo tuvo como objetivo el desarrollo de un software interactivo, en Java, para optimizar el proceso de diseño de enlaces punto a punto de fibra óptica en lo que respecta a cálculos, generación de reportes de materiales y presupuesto necesario. La hipótesis planteada sostiene que el uso de una aplicación de software reduce los tiempos y errores de diseño de enlaces punto a punto. El software desarrollado se aplicó al tramo Central Minas-San Francisco de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEP EP; se obtuvieron los presupuestos de potencia, reportes de la capacidad de transmisión requerida e imágenes del trazado de la fibra óptica sobre un mapa real mostrando la atenuación hasta cualquier punto de interés. La investigación realizada fue aplicada, de tipo experimental. La validación de los resultados se verificó tomando como muestra a los usuarios de la corporación mencionada y empleando como instrumentos fichas de observaciones. El autor concluye que los resultados arrojados al usar el software propuesto evidenciaron reducción de tiempos y reducción de errores al lograr automatizar el proceso de diseño del enlace óptico. Este trabajo es de utilidad en el presente proyecto en cuanto al cálculo del presupuesto óptico de potencia el cual es un indicador de la variable independiente “Red óptica de transporte”. En concreto,

el trabajo aporta procedimientos para determinar y verificar el adecuado presupuesto óptico de potencia tomando en cuenta todos los aspectos a nivel de componentes del enlace y estándares aplicables relacionados al cable de fibra óptica del tipo ADSS.

Solano (2015) Análisis y diseño de enlace de fibra óptica monomodo para dependencias del campus ciudad universitaria de la UNAM, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México

El trabajo tuvo como objetivo el diseño e implementación de enlaces de fibra óptica monomodo en distintas dependencias de la Ciudad Universitaria de la UNAM para ofrecer mayor conectividad y acceso a recursos en red a todos sus usuarios. La investigación fue de tipo descriptiva y se considera, en dicho trabajo, aspectos como el diseño del recorrido de la fibra, diseño de los diagramas unifilares de conexión y elaboración de diagramas de los diversos tipos de empalmes. El autor plantea la hipótesis de que los enlaces de fibra óptica, entre las distintas dependencias de la universidad, contribuye a ofrecer mayor conectividad y acceso a recursos entre sus usuarios. Se recolectó información de campo empleando fichas de observación en las cuales se registró información relevante para el diseño: recorrido de la fibra, distancias, infraestructura, entre otros. Una vez implementado los enlaces ópticos, se realizó recolección de datos mediante mediciones ópticas con OTDR, estas arrojaron los resultados esperados de pérdidas y atenuaciones de acuerdo a los cálculos y umbrales según normativa. El autor concluye que la solución propuesta logró el objetivo propuesto al satisfacer la demanda tecnológica de cada dependencia, facultad y comunidad para el desarrollo de sus actividades universitarias. Este trabajo aporta en el presente proyecto pues brinda los criterios y procedimientos de dimensionamiento (tendido del cable óptico y presupuesto de potencia) de los enlaces troncales basados en fibra óptica monomodo, la misma que se empleó en el presente proyecto.

Quevedo (2011) Diseño e implementación de calidad de servicio (QoS) en la red de transporte de datos del Municipio Metropolitano de Quito (MDMQ), en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional.

Este trabajo tuvo como objetivo el diseño e implementación de calidad del

servicio en la red óptica de transporte de datos del Municipio Distrital de Quito para mejorar sus prestaciones al usuario. El autor explica los procedimientos y estándares de calidad de servicio en redes de datos. También, se analiza el estado actual de la red en cuanto a equipos, uso de ancho de banda tipo de tráfico y requerimientos. La investigación fue aplicada, de tipo cuasi experimental con pre y post test y plantea la hipótesis de que la implementación de calidad de servicio en la red de transporte del Municipio Metropolitano de Quito mejora las prestaciones a los usuarios del mismo. Se obtuvieron resultados mediante mediciones de datos de los parámetros de calidad usando como instrumentos fichas de registro. Estos datos se analizaron estadísticamente en cuanto a rendimiento, funcionamiento e impacto. Se empleó cinco tipos de aplicaciones para ello: videoconferencia para tráfico de vídeo, telefonía IP para voz, transferencia de archivos por FTP para datos, generador de paquetes para saturar el canal y ping para evaluar conectividad y tiempos de respuesta. Las pruebas realizadas permitieron detectar diversas falencias en la red. Como conclusión del trabajo, el autor señala que la implementación de calidad de servicio permitió detectar y corregir las falencias de la red y lograr el objetivo de mejorar la prestación de servicios mediante una adecuada gestión de los recursos digitales. Este trabajo aporta brindando criterios y procedimientos para evaluar y medir el rendimiento de una red óptica, los mismos que son de utilidad para efectos de prueba de la hipótesis de mejora del ancho de banda en la presente investigación.

Criollo (2015) Diseño de una red convergente de fibra óptica para interconectar los Campus de la Universidad de las Américas, en la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

El trabajo tuvo como objetivo el diseño de una red convergente de fibra óptica, entre los campus de la Universidad de las Américas, para mejorar los servicios de comunicación y datos entre los usuarios de ambas sedes de la mencionada universidad. El autor presenta los criterios de diseño, los cálculos implicados y el equipamiento requerido para las diversas troncales ópticas requeridas. Para los enlaces inalámbricos se diseñan el radioenlace y las ubicaciones más adecuadas de las antenas. La hipótesis plantea que una red convergente mejora los servicios de comunicación de datos. El trabajo es una investigación aplicada, de tipo experimental teniendo como población a

todos los usuarios o dependencias de las distintas sedes de la mencionada universidad. Los resultados de este trabajo son verificados mediante simulaciones, se contrastan los cálculos contra los estándares y regulaciones de comunicaciones. La utilidad de este trabajo radica en que aporta criterios y procedimientos estandarizados de diseño de troncales óptica, a nivel de tendido de los cables como del presupuesto de potencia, y enlaces inalámbricos similares a los empleados en esta investigación.

Rodríguez (2001) Diseño de una red troncal SDH con fibra óptica para el Sur del Ecuador, en la Escuela de Ingeniería de la Escuela Politécnica Nacional.

El autor plantea como objetivo el diseño de una red troncal SDH con fibra óptica en el Sur del Ecuador para cubrir la demanda digital actual y futura de la población en la zona indicada. El autor analiza las diversas operadoras de telecomunicaciones presentes en el área geográfica y población de interés para su ampliación e interconexión de los mismos con la red troncal en diseño. La hipótesis planteada afirma que una red troncal con tecnología SDH permite cubrir la demanda actual y futura en el Sur del Ecuador. En el diseño de la red troncal se consideran aspectos detallados para la selección de la ruta, tendido de la fibra, ubicación de estaciones, diagramas lógicos y derivaciones, presupuesto de potencia y equipamiento en equipos de comunicación de datos a nivel óptico. La investigación es aplicada y de tipo experimental, realiza análisis de información y da conclusiones positivas respecto a la mejora de los servicios digitales empleando las tecnologías ópticas. El autor da como conclusión que las redes convergentes SDH proveen mayor ancho de banda, mayor calidad de servicio y confiabilidad. Por lo tanto, logra el objetivo de cubrir satisfactoriamente la demanda actual y futura. Este trabajo es de gran utilidad pues aporta diversos criterios, recomendaciones y procedimientos estandarizados aplicables en las diversas etapas de diseño y dimensionamiento de una troncal óptica.

Hernández (2014) Estudio comparativo del tendido y apropiación de la fibra óptica Colombia-Perú, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Piloto de Colombia.

El autor plantea como objetivo de su trabajo realizar un estudio comparativo de los proyectos de implementación de troncales ópticas, de alcance nacional, en

Colombia y Perú, para establecer recomendaciones a las fases pendientes en Perú. Dentro de las actividades del trabajo se detectan problemas en cuanto a cobertura e implementación en las diferentes fases, en el proceso de expansión, en los tiempos de ejecución, en los procedimientos y en los materiales y equipamiento. En base a ello, el autor presenta resultados como recomendaciones técnicas considerando que Colombia tiene experiencia de varios años en el tema. El trabajo consiste en una investigación aplicada, es un estudio comparativo que analiza información existente en una población que aglomera a dos naciones. Aporta en la presente investigación brindando un panorama amplio de las redes troncales ópticas de alcance nacional y los procedimientos y materiales empleados en dos países; ayuda a tener una visión más amplia de cómo los estándares de telecomunicaciones se aplican independiente de la ubicación geográfica. Así mismo, el trabajo brinda una amplia visión de las tecnologías ópticas como red de transporte que se tomarán como referencia en la investigación.

Mallama (2013) Estudio para la implementación del enlace de fibra óptica entre la subestación Jamondino y el centro local de control de Cedenar S.A. E.S.P, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño de Colombia.

El trabajo tuvo como objetivo realizar un estudio para la implementación de un enlace de fibra óptica, entre la subestación Jamondino y el centro local de control, para soportar las comunicaciones de la empresa CEDENAR (Centrales Eléctricas de Nariño). Se consideran aspectos como la normatividad, esquemas para el tendido óptico, selección de la ruta, selección del cable, cálculos de potencia, análisis de tráfico y diversos criterios para el diseño del enlace. El trabajo es de tipo descriptivo, recaba abundante información técnica, así como cálculos y el análisis de la misma. El autor concluye que el diseño realizado, empleado cable ADSS e incluyendo el análisis de tráfico, satisface con los requerimientos de comunicación de datos de la empresa mencionada. El trabajo aporta, expone y emplea diversos criterios, basados en estándares y normas vigentes, para la selección del tipo de cable, su tendido y demás aspectos mencionados. Por ello, fue de aporte importante para la presente investigación.

Guarachi (2016) Diseño de una red de fibra óptica de banda ancha para el sector de mayor demanda de ciudad Satélite, caso: TELECEL S.A., en la Facultad de Tecnología de la Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

El trabajo tuvo como objetivo diseñar una red óptica GPON, con topología FTTH y servicio triple play, para la ciudad Satélite, ubicada en el distrito 1 del municipio de El Alto, provincia de Murillo, departamento de La Paz, en Bolivia para mejorar las comunicaciones de datos. El autor plantea como hipótesis que la red de fibra óptica mejora las comunicaciones de datos en la ciudad mencionada. Ciudad Satélite cuenta con antiguas redes de cobre caracterizadas por su bajo ancho de banda y alto costo del servicio. El autor realiza una investigación documentaria, así como análisis y diseño. Para ello, considera como operador de los servicios a la empresa TELECEL al disponer de nodos troncales ópticos próximos a la ciudad Satélite. Se toman en cuenta las características de la población, las rutas de despliegue de la red y la cantidad de abonados. El autor da como conclusión que la red óptica de banda ancha diseñada mejora las comunicaciones y, además, reduce el costo del servicio para los usuarios con la ventaja de disponer de convergencia de los servicios de datos, voz y vídeo. El trabajo es relevante pues presenta diversos criterios y normativa para el dimensionamiento de una red óptica en cuanto a materiales y servicios.

León y Pérez (2016) Estudio de viabilidad para la implementación de un sistema óptico de alta velocidad (>40Gbps) espectralmente eficiente para su uso en redes de transporte de información del operador Claro, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

El trabajo tuvo como objetivo realizar un estudio de viabilidad económica y técnica para incrementar la capacidad y servicios actuales de las redes existentes y nuevas del operador Claro en Colombia, con velocidades hasta de 100Gbps. El autor realiza una investigación documentaria y toma de datos en campo y plantea como hipótesis que las redes ópticas de alta velocidad permiten un uso eficiente del espectro óptico y la agregación de nuevos servicios, con mayor ancho de banda y mayor cobertura de usuarios. Como conclusión se menciona que los sistemas ópticos de alta velocidad contribuyen a atender el aumento de demanda de los servicios digitales de alta velocidad, así como a la reducción de precios de los mismos. Este trabajo tiene un

aporte muy importante pues provee, como resultados, los procedimientos para el uso eficiente del ancho de banda y de los canales de transmisión manteniendo la calidad. También, otro aporte importante es el hecho de que la propuesta, para su implementación, implica cambios mínimos en la infraestructura actual existente. El trabajo del autor contribuye a la investigación aportando criterios acerca del dimensionamiento de una red en cuanto al ancho de banda, cantidad de usuarios; y, también, explica conceptos técnicos que determinan la capacidad de una red óptica.

Carrión y Cevallos (2011) Estudio y diseño de la red de fibra óptica para el transporte de aplicación triple play en el trayecto Cuenca – Girón - Pasaje, en la Facultad de Ingenierías de la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

El trabajo tuvo como objetivo realizar un estudio y diseño de una troncal óptica, de 167.2km y fibra ADSS de 48 hilos, para brindar servicios triple-play en la ruta Cuenca – Girón – Pasaje en la provincia de Azuay en Ecuador. El trabajo es una investigación aplicada, de tipo documentario. El autor analiza y presenta los diversos tipos de fibra, así como los estándares aplicables. También considera, para efectos de selección de la ruta de tendido del cable, la topografía de la región, la población, la densidad poblacional y la infraestructura existente. Se incluyen cálculos para determinar la demanda de tráfico en un horizonte de 20 años y se generan reportes de materiales requeridos bajo parámetros establecidos por los entes de telecomunicaciones del Ecuador y normas internacionales de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El trabajo tiene como resultados diversos entregables, especialmente mapas de recorrido de la fibra óptica y ubicación de postes de alta tensión y nodos ópticos. El autor concluye que el diseño realizado permite brindar servicios de datos proyectado para 20 años y, durante los cuales, se puede explotar con nuevos servicios y ancho de banda a demanda. El trabajo facilitó criterios para el dimensionamiento de una troncal óptica tomando en cuenta la demanda proyectada.

2.1.2 Nacionales

Bedregal (2012) Diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha para la región de San Martín, en la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú

Este trabajo tuvo como objetivo el diseño de una red de transporte con fibra óptica monomodo para mejorar los servicios de telecomunicaciones de banda ancha en la Región de San Martín. El proyecto se realizó en el marco de la implementación de dos grandes proyectos en el país: el Plan Nacional de Banda Ancha y la construcción de la Red Dorsal de Fibra Óptica del Perú. Se empleó el marco legal para aprovechar la infraestructura eléctrica de la Línea de Transmisión Carhuaquero - Cajamarca Norte – Cállic - Moyobamba (220 KV). A través de esta red eléctrica sale el tráfico de datos de la región de San Martín (vía su capital Moyobamba) hacia las redes troncales principales del país, ubicadas en la Costa. El primer capítulo, presenta un estudio geopolítico, económico y demográfico de la Región de San Martín. Luego, desarrolla el estado de los servicios de telecomunicaciones en la región. Estos factores en conjunto marcarán las motivaciones del presente proyecto. El segundo capítulo presenta la proyección de demanda para los servicios prioritarios y de banda ancha. El tercer capítulo presenta el diseño de la red de transporte. Se muestra inicialmente un breve detalle del proyecto de transmisión eléctrica mencionado para entender el recorrido de la red de transporte hasta la Costa. Luego, se presenta el trazado de la red junto con esquemáticos de las distancias asociadas, para finalmente presentar el diseño de la red de transporte final. Este trabajo es de tipo descriptivo, recolecta información documental y de campo tomando como universo a toda la región de San Martín. Guarda relación con el presente proyecto pues aporta como resultados los procedimientos de dimensionamiento, diseño e instalación de redes troncales de fibra óptica monomodo del tipo ADSS incluyendo el tendido de fibra óptica por las líneas eléctricas y consideraciones para determinar la proyección de demanda y los recursos de banda ancha para la población proyectado en horizontes de mediano plazo (5 años) y largo plazo (10 años). También aporta a la dimensión “presupuesto óptico de potencia” del presente trabajo brindando consideraciones para el cálculo de este.

Gutiérrez (2014) Estudio de Factibilidad para la Implementación de una Red de Fibra Óptica entre Desaguadero y Moquegua, en la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú

Esta investigación tiene como objetivo analizar la factibilidad de construcción de un enlace internacional con fibra óptica de Moquegua a Bolivia con la finalidad de

ofrecer y diversificar los servicios en el mercado boliviano. El autor propone el diseño de un enlace punto a punto con multiplexación DWDM para su integración con la red troncal de Perú. Se considera el tendido de 60.7km de fibra óptica ADSS a través de las redes eléctricas de media y alta tensión. También, el tendido de 180km de fibra óptica mediante postes de hormigón de 12m de altura. El análisis económico realizado justifica la inversión económica necesaria. Se mejora la penetración de internet incrementando la inversión en infraestructura de interconexión; a la vez, se logra disminuciones importantes en el costo de acceso a internet para los pobladores bolivianos. El trabajo aporta al proceso de diseño óptico, ancho de banda y el tendido de enlaces con fibra ADSS y los estudios socioeconómicos que justifican el empleo y beneficios de la tecnología óptica. Por ello, tiene relación con el presente trabajo en el cual se emplea la misma tecnología óptica.

López (2016) Diseño de una red de fibra óptica para la implementación del servicio de banda ancha en Coishco (Ancash), en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Ciencias y Humanidades – Perú

El trabajo tuvo como objetivo diseñar (sin implementar) una red de fibra óptica para ofrecer servicios de banda ancha en viviendas del municipio distrital de Coishco en Ancash. El trabajo aporta una propuesta de solución a uno de los problemas más grandes en el Perú como es el déficit de banda ancha desde hace ya muchos años. Se cuantifican los beneficios y se plantean las recomendaciones necesarias para la instalación de este servicio en los clientes. El trabajo recopila información documentaria y de campo, tomando como muestra a todo el universo de beneficiarios. Además, brinda procedimientos de dimensionamiento de la capacidad de los enlaces y cobertura en base a información relevante de la localidad (cantidad de viviendas, geografía, instituciones públicas y otros). El autor demuestra la factibilidad técnica y la mejor calidad del servicio de la red óptica como alternativa al servicio ofrecido en la zona con par de cobre. Esta investigación es de gran ayuda pues aporta al proceso de diseño de troncales ópticas y cobertura de las redes inalámbricas de acceso, consideradas como dimensiones en la presente tesis. El autor presenta los resultados

en la forma de planos lógicos, gráficos, tablas, planos y diagramas unifilares siendo, por ello, de valiosa utilidad en el presente proyecto.

Fernández (2013) Diseño de una red de banda ancha para la región Cajamarca, en la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú

Este trabajo tuvo como objetivo diseñar una red de banda ancha para interconectar y brindar servicios de comunicación de datos a todas las provincias de la región Cajamarca. La longitud de fibra abarca un total de 800.5km y su tendido se considera aprovechando la red eléctrica existente. El autor plantea la hipótesis de que el diseño de una red de banda ancha brinda servicios digitales a todas las provincias de Cajamarca, proyectada para diez años. Se presentan como resultados los tráfico de voz proyectos en el tiempo, así como la proyección del ancho de banda en los diez años, que hacen un total de 364.88Gbps. También se presentan los resultados de los recorridos de la fibra sobre un mapa y los diseños de diagramas unifilares correspondientes. El autor da las siguientes conclusiones: el tráfico proyectado para el 2023 en la región Cajamarca es de 790.5Gbps, la cual se consigue empleando la tecnología DWDM en las troncales ópticas; por tanto, el diseño realizado cumple con el objetivo propuesto. Este trabajo es importante pues analiza en detalle aspectos de dimensionamiento de tráfico y ancho de banda de acuerdo a la cantidad de usuarios y proyectado para un horizonte temporal de diez años.

Guerrero (2017) Estudio del diseño de una red de banda ancha usando una red de transporte de fibra óptica y tecnología WiMAX en la red de acceso para demostrar la mejoría de los servicios de telecomunicaciones en la provincia de Santa Cruz, en la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Este trabajo tuvo como objetivo el diseño de una red óptica de banda ancha y una red de acceso inalámbrica, basada en WiMAX, para mejorar el servicio de las telecomunicaciones, en este caso de internet, en las localidades de la provincia de Santa Cruz, Lambayeque. La metodología consistió en llevar a cabo un estudio demográfico y un análisis socio económico de las poblaciones de cada localidad para

establecer las ubicaciones de los nodos de distribución, así como del cálculo de la demanda de banda ancha. El autor detalla el diseño de la red de Telecomunicaciones y la selección de los equipos necesarios para las interfaces ópticas, además del número de enlaces inalámbricos para mejorar las comunicaciones en la provincia indicada. El trabajo es una investigación aplicada, de tipo preexperimental cuya hipótesis señala que las comunicaciones mejoran al usar redes ópticas como troncales, e inalámbricas en acceso. El autor presenta como resultados el diseño de la red de transporte óptico y de la red de acceso inalámbrico, con características de calidad de transmisión y de servicio, para la interconexión de todos los distritos de la provincia de Santa Cruz y sus localidades en beneficio de los usuarios en las instituciones educativas, de la policía y el sector de salud. El diseño está dimensionado a diez años y se realiza. El autor valida sus resultados mediante pruebas usando simuladores para medir el desempeño de la red y los parámetros de calidad. Este trabajo aporta criterios y procedimientos de diseño y validación de troncales ópticas y redes de acceso por lo cual es un antecedente importante al coincidir con los objetivos e hipótesis de la investigación.

Núñez (2018) Diseño de una red de transporte sobre fibra óptica para incrementar la banda ancha de las regiones: Arequipa, Moquegua, Puno y Tacna, en la Escuela Profesional de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa

Este trabajo tuvo como objetivo el diseño de una red óptica de transporte para satisfacer la demanda de banda ancha y lograr mayor conectividad en los departamentos de Arequipa, Moquegua, Tacna y Puno, en los próximos 10 años. El trabajo es una investigación aplicada, en el cual se realiza un diseño analítico y estudios estadísticos de información sobre las cuatro regiones indicadas y detalla el diseño dentro del contexto de implementación de las redes nacionales a cargo del estado: Plan Nacional de Banda Ancha y Red Dorsal Nacional de Fibra óptica del Perú (RDNFO). La metodología seguida consiste en un estudio inicial sobre la demografía de las cuatro regiones indicadas y sus necesidades de ancho de banda para, luego, diseñar y proyectar la red a 10 años. El autor indica como conclusión que el diseño realizado satisface la demanda de ancho de banda en las regiones indicadas. Este

trabajo es importante debido a que aporta criterios y procedimientos para evaluar los requerimientos de una red proyectada en el tiempo, específicamente en las variables de ancho de banda y cobertura.

Elias (2016) Diseño de una red de transporte de fibra óptica y de acceso inalámbrico para mejorar el acceso a los servicios de telecomunicaciones y lograr la conectividad integral de la provincia de Bagua, en la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Este trabajo, tiene como objetivo el diseño de una red óptica de transporte, con red de acceso inalámbrica, para mejorar el acceso a los servicios de telecomunicación y lograr la conectividad integral de los distritos de la provincia de Bagua. Se trata de una investigación aplicada en la cual se desarrolló un estudio demográfico y análisis económico de las localidades beneficiarias para estimar la demanda y capacidad de la red. El autor realiza el diseño de la red de transporte óptico y la selección de equipos que garanticen la demanda estimada. Igualmente, se diseña y proyecta la red de acceso inalámbrico para la interconexión de banda ancha de todas las localidades beneficiadas. El autor concluye que el diseño de la red de transporte por fibra óptica y red de acceso inalámbrica logra la conectividad integral de los distritos de Bagua, garantizando un ancho de banda adecuado a las necesidades estimadas de la población y de las instituciones públicas beneficiadas proyectadas a diez años, con calidad de transmisión y con calidad de servicio. Este trabajo aporta información sobre todas las variables de interés de la investigación especialmente en procedimientos y estándares aplicables para diseño y dimensionamiento.

Ruiz (2016) Implementación de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica del Perú, en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Este trabajo tuvo como objetivo la implementación de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica del Perú para interconectar todas las capitales de región del país y sus 180 capitales de provincia. El trabajo es una investigación aplicada, de tipo documental, analiza la mencionada red y presenta un resumen didáctico de sus características, construcción y potencialidades. Se incluye consideraciones

regulatorias; también, el diseño de la red a nivel de su core, protocolos de enrutamiento, red de agregación, red de distribución y red de conexión. El autor concluye que esta red permitirá la expansión de redes de transporte por cada región vislumbrando un panorama beneficioso para el mayor acceso a los servicios de banda ancha a nivel nacional, llegando no solo a capitales provinciales sino a los distritos y centros poblados alejados. Sin embargo, el autor advierte que el despliegue no se realiza al 100% dada las limitaciones de presupuesto y baja densidad poblaciones de ciertas zonas rurales. Este trabajo aporta a la presente investigación pues brinda información valiosa respecto al diseño de la red troncal a la cual se une la red troncal propuesta; también, brinda detalles sobre cobertura y sobre la variable ancho de banda, su dimensionamiento y capacidad proyectada.

Muñoz (2013) Diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha para la región Tumbes, en la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú

Este trabajo tuvo como objetivo el diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha, basada en fibra óptica, para mejorar la conectividad en la región Tumbes e integrar a todos los distritos de dicha región a la red dorsal nacional. El trabajo es una investigación aplicada, la metodología consistió en realizar un estudio demográfico y socioeconómico de la región para proyectar la capacidad de la red y la demanda de servicios e infraestructura a diez años. Luego, se realiza el diseño de la red. El tendido del cable de fibra óptica, de tipo ADSS, se proyecta para ser tendido por las torres de alta tensión. Se define el trazado de la ruta de la fibra óptica y la ubicación de los nodos ópticos. El trabajo es una investigación aplicada, tecnológica, teniendo como población y beneficiarios a todos los habitantes de la región Tumbes. El autor da como conclusión que una red de telecomunicaciones de banda ancha contribuye al mejoramiento de calidad de vida de la población y que la tecnología óptica empleada resulta una alternativa rentable con calidad de servicios y a mayor número de usuarios. Este trabajo contribuye a la presente investigación aportando criterios de dimensionamiento de la capacidad de una red en base a la demanda actual y proyectada; también, aporta procedimientos de tendido de cable óptico ADSS aprovechando las líneas eléctricas aéreas.

Dionisio (2017) Diseño e implementación de empalmería de fibra óptica de planta externa del enlace Caripa-Tarma-La Merced de la red de transmisión de fibra óptica de la empresa América Móvil, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes

Este trabajo es una investigación aplicada, de tipo experimental, que tuvo como objetivo el diseño e implementación de empalmería de planta externa de los enlaces de la ruta Caripa-Tarma-La Merced en la red de transmisión de fibra óptica de la empresa América Móvil. El autor plantea el uso de la tecnología DWDM para tender fibra en tramos mayores a 40 km de longitud. El autor, dentro de sus resultados, explica que, debido al uso de la tecnología DWDM, este tipo de red requiere que los empalmes de fibra tengan valores ínfimos de atenuación, entre 0 y 0.100 dB. También describe el análisis de requerimientos y los niveles de atenuación permitidos en concordancia con los estándares internacionales como la ITU y ANSI/TIA/EIA. Así, se presenta una metodología propia de acuerdo a esos parámetros con lo cual se define el equipamiento necesario para realizar y verificar la empalmería. Los resultados obtenidos en este trabajo fueron satisfactorios y fueron plasmados en protocolos de aceptación entregados a la empresa América Móvil. Dentro del protocolo están incluidos estadísticos para verificar los parámetros de atenuación. El autor concluye que se logró diseñar e implementar protocolos de empalmería de la red dorsal de la empresa América Móvil a través de la fusión mediante arco eléctrico y pruebas reflectométricas, cumpliendo los parámetros del estándar internacional ITU, TIA/EIA y los requerimientos de la empresa de la operadora móvil.

2.1.3 Antecedentes regionales

Cruz (2010) Análisis comparativo de soluciones tecnológicas para la formulación de un proyecto de telecomunicaciones rurales: redes ópticas y VSAT, en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad San Martín de Porres

Este trabajo tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo de soluciones tecnológicas para la formulación de un proyecto de telecomunicaciones rurales: redes ópticas frente a redes VSAT. El autor investiga y propone las bases metodológicas que

permiten la implementación de un proyecto de telecomunicaciones en áreas rurales del país. Se plantean dos alternativas tecnológicas a implementarse considerándose sistemáticamente los aspectos implicados: técnicos, económicos y legales, siendo datos relevantes para la toma de la mejor decisión. Las propuestas fueron realizadas, a modo de ensayo, en los departamentos de Ayacucho, Apurímac y Huancavelica, en las zonas más pobres y aisladas de la sierra andina. El trabajo corresponde a una investigación aplicada teniendo como población a todas las zonas rurales del Perú. Como parte de los resultados obtenidos se muestran los cálculos y dimensionamiento de la solución seleccionada, basada en fibra óptica y radio enlaces. El autor da como conclusión que la solución es, no solo viable e innovadora, sino también de bajo costo para las zonas rurales del Perú. Este trabajo es de gran ayuda pues es similar a la investigación y aporta criterios para la selección de la mejor alternativa de comunicación en zonas rurales.

Montes (2013) Modelo de red de acceso para poblados rurales sin servicios de telecomunicaciones en el Perú, en la Escuela de Postgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú

En este trabajo, el autor plantea como objetivo el desarrollo de un nuevo modelo de red de acceso aplicable a cualquier usuario en zonas rurales del Perú e independiente del servicio de telecomunicaciones. Se realiza un análisis del estado del arte de las telecomunicaciones en zonas rurales del Perú y los antecedentes de la universalización de los servicios digitales por parte de las entidades competentes y operadoras. Luego, se revisa diversas alternativas de redes acceso en base a diversos criterios que garanticen la robustez, calidad y cobertura de los servicios. La solución se inclina por una alternativa basada en fibra óptica interconectada con la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica. El trabajo realizado corresponde a una investigación de tipo aplicada, la población abarca todas las zonas rurales del Perú; el autor realiza una recopilación y análisis de información a efectos presentar como resultado, basado también en su amplia experiencia en proyectos de telecomunicaciones, la mejor alternativa de acceso para las zonas rurales. El trabajo es de gran importancia pues plantea una red de acceso similar a la de la presente investigación. Este trabajo emplea un diseño de investigación experimental y tiene como objetivo implementar una

solución para mejorar el servicio de Internet en una institución educativa de Huancavelica.

Chayña (2017) Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa AMITEL S.A.C., Puno, en la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Electrónica y Sistemas de la Universidad Nacional del Altiplano

Este trabajo tiene como objetivo el diseño de una red óptica de acceso de tipo FTTH, empleando el estándar GPON, para la empresa AMITEL de telecomunicaciones ante la necesidad de incrementar su cobertura frente a la demanda de servicios por parte de nuevos clientes. El trabajo es una investigación aplicada en la que se analiza y selecciona los distintos componentes de la red bajo estándares de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y otras recomendaciones aplicables. La red se dimensiona para 1500 viviendas, a lo largo de unas veinte cuadras, con servicios digitales de alta velocidad como TV, voz, datos, entre otros. El autor presenta resultados de diseño y concluye que las redes FTTH son una excelente opción para la implementación de redes de acceso debido a que usan fibra de extremo a extremo. Este trabajo es particularmente importante a la presente investigación debido a que aporta metodologías y criterios de diseño de una red de acceso en cuanto a dimensionamiento del tráfico por tipo de servicio y la distribución del servicio desde la troncal hasta los usuarios finales.

Rodríguez y Sánchez (2011) Diseño de una red de banda ancha para la región de La Libertad, en la Facultad de Ciencia e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú

El trabajo tiene como objetivo el diseño de una red de banda ancha para la conectividad integral de la región La Libertad para reducir la brecha digital existente y las consecuencias que acarrea en el desarrollo de los pueblos. El autor realiza un trabajo de investigación, con diagnóstico de la situación actual de los servicios de telecomunicaciones. Incluye toda la ingeniería del proyecto y planificación de la red y proyección de la demanda de los servicios. Como conclusiones, el autor señala que, en un horizonte de diez años, la capacidad requerida será siete veces mayor a la actual y,

con lo cual, determina, que la máxima velocidad de un usuario en hora punta será de 706Kbps. También, que el uso de las tecnologías DWDM permiten el aprovechamiento máximo de los recursos de red y la oferta de servicios. El trabajo contribuye de forma especial a la presente investigación pues aporta criterios y ejemplos de diseño de troncales dimensionados tomando en cuenta el tráfico estimados a futuro y, además, todo el desarrollo de ingeniería del enlace.

Huamán (2014) Diseño y aplicación de una red de telecomunicaciones de banda ancha para reducir los niveles de brecha digital en la región Pasco, en la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional del Centro del Perú

El trabajo tiene como objetivo el diseño y aplicación de una infraestructura de telecomunicaciones para el acceso a servicios de banda ancha, voz y datos en la región Pasco. Para ello se consideró una red de transporte redundante y de alta capacidad, de 758.34km con fibra monomodo de 24 hilos. El autor realizó un estudio demográfico de la región en cuanto a densidad poblacional y requerimientos de ancho de banda. Se estimó la demanda actual y futura. Como resultados el autor presenta el diseño de una red óptica redundante y con DWDM. Como conclusiones del trabajo, el autor señal que el uso de las modernas tecnologías ópticas influye significativamente en la oferta y mejora de los servicios digitales, así como en la reducción de la brecha digital y, por ello, recomienda su implementación en otras regiones del país. El trabajo detallado contribuye positivamente a la presente investigación al aportar metodologías para el cálculo y dimensionamiento del ancho de banda en usuarios finales como en conjunto. También, aporta información para el diseño de la red de transporte empleando mapas con información geo referenciada.

2.1.4 Antecedentes locales

Fernández y Sánchez (2014) Servicio de Internet mediante fibra óptica y radio enlace en la institución educativa Túpac Amaru del distrito de Palca – Huancavelica, en la Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica

Este trabajo, en el cual se emplea un diseño de investigación experimental, tuvo como objetivo implementar una solución para mejorar el servicio de Internet en una institución educativa de Huancavelica mediante el incremento del ancho de banda del servicio de Internet empleando fibra óptica como red troncal y radio enlaces como red de acceso. Así mismo, en la red de acceso, mejorar la potencia de recepción de la señal inalámbrica en los usuarios finales en la mencionada institución educativa. Esta investigación aporta con información referente al marco teórico y variables e indicadores de la presente tesis. También aporta procedimientos para la prueba de hipótesis de la mejora de la calidad de servicio y del ancho de banda en los beneficiarios. La hipótesis se valida en una muestra de 48 usuarios en los cuales se mide la velocidad de acceso a Internet empleándose como instrumentos fichas virtuales de registro de la información captada mediante aplicativos de medición de ancho de banda, tanto de subida como de bajada.

Secretaría Técnica del FITEL (2014) Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo Social de la Región Huancavelica, en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú

Este proyecto, en actual ejecución en la región Huancavelica, tiene como objetivo incrementar y mejorar los servicios de telecomunicaciones en los distritos de Huancavelica a través de redes mixtas de fibra óptica e inalámbrica incluyendo programas de capacitación en el uso y manejo de los servicios de telecomunicaciones. El proyecto solo considera a poblaciones que no tiene acceso a Internet o lo tiene de muy mala calidad y/o alto costo (servicios por radioenlace o satelitales) y que, además, cuentan con servicios de energía eléctrica. Se describe detalladamente la problemática regional en cuanto al acceso a las TICs. El proyecto es de tipo experimental con un universo de población en toda el área geográfica de la Región Huancavelica. Se describen los requerimientos y alternativas técnicas detalladas a nivel de los diversos componentes: troncal óptica, red de acceso, networking, seguridad electrónica, entre otros. El trabajo aporta invaluable información técnica de diseño y estándares ópticos e inalámbricos por parte de los mismos especialistas en el tema. Además, incluye procedimientos y metodologías de medición de diversas variables que caracterizan la

calidad de servicio y funcionamiento de las redes de transporte y de acceso, las mismas que se emplean en la etapa de validación de hipótesis en la presente tesis.

De La Cruz y Leiva (2015) Red de telecomunicación con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba, en la Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica

Este trabajo es una investigación cuantitativa que tuvo como objetivo determinar la red inalámbrica de telecomunicaciones, con servicios de internet de banda ancha, en las instituciones educativas de nivel primario en el distrito de Colcabamba, Huancavelica. El autor realiza una investigación aplicada, de nivel explicativo, cuasiexperimental con un solo grupo. Como parte de la metodología, emplea el software Nettraffic para las mediciones de las velocidades de subida y de bajada en una muestra de 49 instituciones educativas. Se verificó las velocidades antes y después de la implantación del sistema propuesto. Los resultados con la tecnología inalámbrica fueron superiores con respecto a la tecnología VSAT empleada por algunas instituciones educativas de la zona. Así mismo, se verificó el cumplimiento de las velocidades mínimas estipuladas según normativa vigente. El autor concluye que la implementación de la red inalámbrica de telecomunicaciones para el servicio de internet de banda ancha en las instituciones educativas de Colcabamba eleva significativamente las tasas de transferencia de subida y de bajada. También, comprueba un alto nivel de recepción de señal inalámbrica empleando polarización vertical en las antenas, más inmunes a las lluvias que, usualmente, afectan las comunicaciones inalámbricas en frecuencias del orden de los GHz. Este trabajo contribuye de forma importante a la presente investigación pues presenta herramientas y procedimientos de diseño y medición del servicio en el lado del usuario final.

Hernández y Yovera (2019) Propuesta de diseño de una red de transporte de fibra óptica para la mejora de la calidad y cobertura de telecomunicaciones en el distrito de Lalaquiz, Piura, en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Este trabajo es una investigación aplicada que tuvo como objetivo el diseño de

una red de transporte de fibra óptica para la mejorar la calidad y cobertura de las telecomunicaciones en el distrito de Lalaquiz en Piura. Se consideró la infraestructura eléctrica de media tensión para el tendido del cable óptico. Como parte de la metodología y criterios de diseño se consideró la calidad del servicio, la velocidad de transferencia de datos, la estabilidad de la red y su proyección a futuro como criterios mandatorios. El autor recaba información de georreferenciación de postes a lo largo del recorrido del cable óptico y elabora mapas en Google Earth y determina todos los requerimientos de cableado y ferretería en plantillas de diseño. También se incluye, aunque de manera bastante somera, aspectos de cálculo del presupuesto óptico de potencia y planta interna. El autor concluye que el diseño de la red mejorará la calidad de las comunicaciones y garantizará el ancho de banda adecuado a las necesidades de la población del distrito de Lalaquiz. Este trabajo es importante para el presente proyecto debido a que brinda metodologías de diseño de planta externa relacionado al tendido del cable óptico y dimensionamiento de todos los materiales requeridos y procedimientos de diseño y medición del servicio en el lado del usuario final.

Altamirano (2017) Implementación óptica para mejorar el tráfico de red, entre los distritos de San Isidro y Miraflores, en la Facultad de Ingeniería y Gestión de la Universidad Tecnológica de Lima Sur

Este trabajo es una investigación aplicada que tuvo como objetivo la implementación de una nueva troncal óptica para la transmisión de servicios de voz, datos y vídeo entre los distritos de San Isidro y Miraflores, la fibra empleada es de 1310nm con velocidades proyectadas hasta 100Gbps. El proyecto tiene como objetivo implementar una troncal con ancho de banda optimizado a los requerimientos de comunicación actuales, y futuros, entre los distritos mencionados frente a los problemas de intermitencias de los servicios por saturación de los enlaces existentes. El autor desarrolla procedimientos de cálculo de las pérdidas del enlace óptico empleando parámetros de acuerdo a fabricante y a estándares internacionales aplicables a la fibra monomodo. También, expone y sustenta la selección de los equipos de red, del fabricante Huawei, a ser ubicados en los extremos del enlace óptico. El autor incluye, en su trabajo, aspectos de implementación y pruebas del enlace y equipos en cuanto a operatividad básica y medición de ancho de banda

promedio y máxima, los mismos que se comparan con mediciones antes de la migración. El autor concluye indicando que el uso de la fibra óptica como troncal y siguiendo el procedimiento de diseño y verificación descritos, satisfacen plenamente los objetivos propuestos. Este trabajo contribuye a la presente investigación aportando metodologías para diseñar y verificar troncales ópticas.

2.2 Bases teóricas

En esta sección se describen los aspectos teóricos del presente trabajo relacionados a las variables, dimensiones o indicadores considerados.

2.2.1 Troncal óptica

Cables & Networks (2019) define una troncal óptica monomodo como un cable óptico de tipo monomodo capaz de soportar el tráfico de datos de múltiples usuarios o dispositivos, internamente pueden constar desde cuatro a 144 hilos ópticos y transmitir múltiples canales de datos usualmente a distancias del orden de los pocos a decenas de kilómetros con bajas pérdidas de potencia de la señal.

2.2.1.1 Conceptos y características técnicas de la fibra óptica

Viavi (2018) sostiene que una fibra óptica es una fibra fina, flexible y transparente que actúa como guía de ondas para transmitir luz entre sus extremos. La fibra óptica se utiliza como un medio de transmisión para telecomunicaciones y redes. Existen dos tipos: monomodo y multimodo. La primera transporta una sola longitud de onda o varias en caso de ser multiplexada (multiplexación por división de longitud de onda - WDM). La fibra multimodo transporta, también, una sola longitud de onda, pero a distintos ángulos (o modos) de ingreso a la fibra. Una sola fibra puede transportar muchos más datos que un par de cobre y se emplean en lugar de estas porque las señales viajan con menos pérdidas y son inmunes a las interferencias eléctrica y electromagnéticas; tampoco presentan el fenómeno de la diafonía. La fibra óptica consiste, típicamente, de un núcleo de vidrio transparente rodeado por un material de revestimiento transparente con un índice de refracción más bajo. Los parámetros que definen a una fibra óptica son los siguientes:

- Ventana o banda óptica de operación

Según Pan Dacom Direkt (2019), existen seis ventanas ópticas empleadas en la práctica (ver la Figura 13). Para el presente trabajo se emplea la ventana C, con ondas a 1550nm.

- Longitud de onda de trabajo

Viavi (2018) indica que los enlaces troncales, como es el caso del presente trabajo, se emplea luz de 1550nm de longitud de onda, ubicada en la banda C del espectro óptico.

Optical band		Wavelengths
O	(Original)-Band	1260 nm – 1360 nm
E	(Extended)-Band	1360 nm – 1460 nm
S	(Short)-Band	1460 nm – 1530 nm
C	(Conventional)-Band	1530 nm – 1565 nm
L	(Long)-Band	1565 nm – 1625 nm
U	(Ultralong)-Band	1625 nm – 1675 nm

Figura 13 – Bandas ópticas empleadas en telecomunicaciones

Fuente: <https://sites.google.com/a/piterow.us/jacek-com/interesting-stuff/dwdm-stuff/optical-bands>

- Atenuación/km

Es un parámetro que caracteriza las pérdidas/km en la señal que viaja por la fibra óptica. Según Viavi (2018) para 1550nm el valor típico de las pérdidas en cable óptico monomodo es de 0.25dB/km.

- Índice de refracción

Parámetro característico que representa el cociente entre la velocidad de transmisión de la luz en el vacío y la velocidad de la luz por la fibra óptica. Tiene valores típicos alrededor de 1.47 y es adimensional.

- Índice helicoidal

Parámetro que cuantifica el grado de torsión de las fibras al interior del cable.

Así, la longitud del cable es ligeramente menor a la longitud de la fibra en su interior. Los valores típicos están entre 1 y 2%.

- Coeficientes de dispersión cromática y por modo de polarización
Anritsu (2010) y VIAVI (2018) manifiestan que estos coeficientes cuantifican el ensanchamiento de los pulsos ópticos durante su propagación por la fibra. Los bits datos binarios viajan en portadoras senoidales moduladas en amplitud. La dispersión cromática es debida a que la señal no es únicamente de 1550nm (para monomodo) sino que tiene cierto ancho espectral, propagándose cada componente a distinta velocidad y llegando al otro extremo cada uno de ellos en distintos tiempos, esto se traduce en pulsos más anchos o dispersos. La dispersión por modo de polarización se produce por efectos mecánicos y ambientales en la fibra que modifican su geometría y afecta la propagación de las señales. Es típica en zonas de fuertes vientos o zonas con cambios muy marcados de temperatura; también debido a efectos mecánicos, como fuertes tensiones o presiones sobre la fibra.
- Apertura numérica
Viavi (2018) explica que la apertura numérica es un parámetro que representa el ángulo de ingreso de la señal óptica hacia la fibra tal que se pueda propagar y mantener dentro de la misma mediante reflexiones. La apertura numérica es el seno del máximo ángulo que puede formar el haz óptico con el eje longitudinal del cable.
- Longitud
Longitud, usualmente en kilómetros, del cable de fibra óptica. Según ZTT (2018), los cables ópticos se comercializan en bobinas o carretes de 4 a 6 km, típicamente.

2.2.1.2 Tendido de cable ADSS

Según ZTT (2018), los cables ADSS son cables de fibra óptica empleados como troncales con tendido aéreo auto soportado, no requieren de ningún cable adicional o mensajero (de acero, por ejemplo) para fijarlos entre postes a lo largo de su recorrido. Telnet (2018) recomienda que los cables de fibra óptica se seleccionan según las longitudes del vano y la flecha (ver la Figura 14) que determinan su

resistencia a la tracción. También se consideran aspectos como la velocidad del viento y el peso agregado por el hielo sobre la fibra. Para el tendido de estos cables se deben tomar en cuenta los aspectos detallados a continuación.

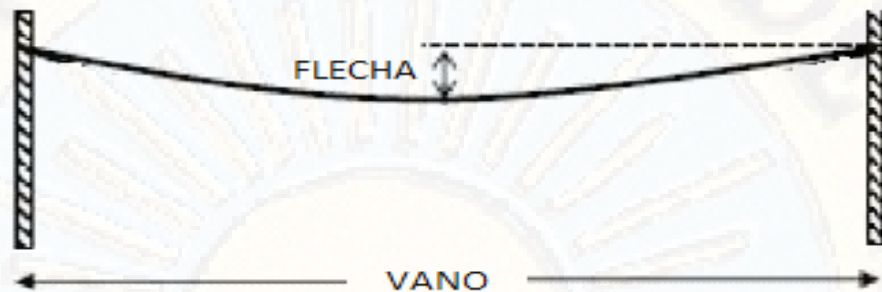


Figura 14. Flecha y vano en los tendidos aéreos de fibra óptica

Fuente: <https://www.telnet-ri.es/productos/cable-de-fibra-optica-y-componentes-pasivos/cable-aereo-adss/>

- Vano máximo y flecha entre postes
A mayor vano, se requiere cable de mayor diámetro y de mayor peso. Para menor flecha se requiere un cable más resistente.
- Número de cubiertas
Protecciones del cable, pueden ser una o dos.
- Tensión de la línea eléctrica
La cubierta de los cables soporta una tensión inducida de hasta 12 KV.
- Condiciones ambientales
Deben tomarse en cuenta las condiciones ambientales como la velocidad del viento, la carga de hielo y variaciones extremas temperatura.
- Número de fibras (en total y por tubo)
Condicionan el diámetro y peso del cable.

De acuerdo a Viavi (2018), los cables ADSS se fabrican bajo normas internacionales para garantizar su vida útil y la calidad de los servicios:

- EC 60793 – 1 parte 1
Especificaciones genéricas para fibra óptica.
- IEC 60793 – 2 parte 2
Especificaciones de producto para fibra óptica.

- IEC 60794 – 1 – 2
Procedimiento de prueba de cables de fibra óptica
- Telcordia GR-20
Requisitos genéricos para fibra óptica y cable.
- IEC 60794 – 4 – 20
Especificaciones sobre familia de cables ópticos aéreos auto soportados dieléctricos

ZTT (2018) señala que los cables de fibra óptica se fabrican en bobinas de 4 a 6 Km. Pueden ser fabricados en otras longitudes a pedido del cliente. En la Figura 15 se muestra la estructura y componentes internos del cable ADSS. En la Tabla 5 se muestran las propiedades típicas, físicas y mecánicas, de los cables ADSS de fibra óptica. En dicha tabla se puede observar que los cables ADSS de fibra óptica se fabrican con diversas cantidades de hilos o fibras: 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96 y 144. Trabajan en un rango de temperatura amplio, de -40 a 70°C e integran diversos materiales de refuerzo a la tracción.

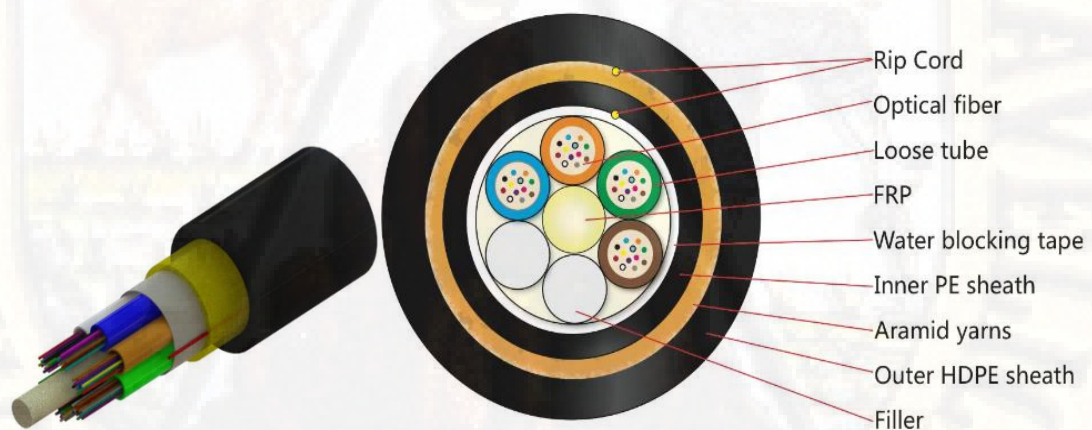


Figura 15. Estructura interna del cable tipo ADSS

Fuente: <https://bit.ly/2rwx0aG>

ICOPTIKS (2018) recomienda el empleo de spans adecuado para los cables de fibra óptica; la selección del span debe realizarse de acuerdo con las diversas medidas de vanos de los cables ópticos tendidos en el campo entre poste y poste (Tabla 6).

Tabla 5*Propiedades físicas y mecánicas de los cables ADSS*

Propiedad	Valor
Número de fibras	6, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 144
Número de tubos holgados/relleno	1/5, 2/4, 4/2, 6/0, 4/2, 6/0, 8/0, 12/0
Número de fibras por tubo holgado	6, 12
Diámetro exterior del cable (OD) (mm)	10.9, 11, 14.6
Peso del cable (kg/km)	89, 104, 161
Longitud típica bobina	4km
Rango de temperatura de operación	-40°C a +70°C
Máxima tensión de tracción estática	3000N
Vano máximo	100m

Fuente: Fibras Ópticas de México

www.fibrasopticasdemexico.com/fichas/fospc-xxx-x-adsssjhdpe.pdf**Tabla 6***Selección de cables según span*

Vano (m)	Span (m)
<= 200	200
200 a 300	300
300 a 400	400
400 a 600	600
>600	1000

Fuente: <https://www.icoptiks.mx/fibra-optica/cables-de-fibra-optica/>

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú (2018), recomienda, según la Tabla 7, las reservas de cable de fibra óptica de acuerdo con el tipo de zona geográfica o parte específica del tramo. En la Tabla 8 se detallan, según recomendaciones de FITEL (2018), los diversos elementos de ferretería o herrajes que se deben emplear a lo largo del tendido y recorrido del cable de fibra óptica por los postes de energía eléctrica. La distancia mínima de separación entre dos cables de fibra óptica (uno existente y otro nuevo) es de, al menos, 20cm. También, la profundidad de

empotramiento de los postes se calcula mediante la fórmula mostrada a continuación:

$$E = 0.1L + 0.6 \text{ (m)}$$

Tabla 7

Longitudes recomendadas de reserva de cable de fibra óptica

Caso	Reserva (m)
Zona urbana, cada 500m	40
Zona rural, cada 1000 a 1500m	40
Inicio de ruta	40
Fin de ruta	40
Caja de empalme	40

Fuente: FITEL - MTC

Por ejemplo, para un poste de 12m de altura, el empotramiento en el suelo sería de una profundidad de 1.8m. Por otro lado, en la Tabla 9 se muestran las distancias recomendadas de seguridad entre líneas eléctricas y líneas de comunicación de datos cuando van tendidos compartiendo la ruta (ver, también, la Figura 16).

Tabla 8

Diversos tipos de herrajes empleados en el tendido del cable de fibra óptica

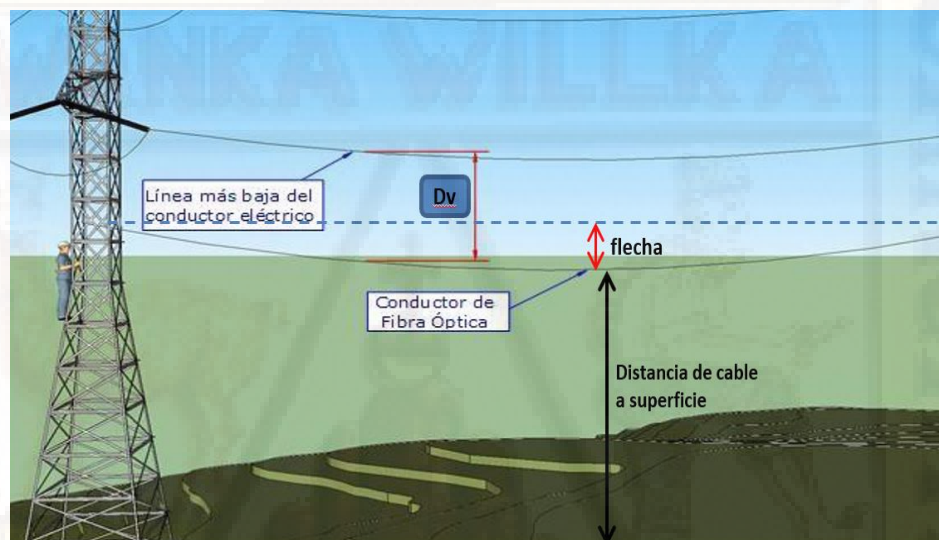
Caso	Herrajes para instalar
Vano uniforme	Tres herrajes de suspensión seguido de retención
Desviación de ruta, mayor a 20°	Retención
Inicio de ruta	Retención
Final de ruta	Retención
Tipo de vano y/o ángulo	Herraje de suspensión: S1, S2, S3, S4, S5, S6
Tipo de vano	Retención: R1, R2, R3, R4, R5, R6
Caja de empalme	Retención
Postes adyacentes	Retención
Amortiguadores	2, 4, 6 u 8 (de acuerdo con recomendaciones)
Postes	Riostras o riendas (según sean necesarios)
Desviación de ruta	Mensajero (en caso sea necesario)

Fuente: FITEL - MTC

Tabla 9*Distancias de seguridad entre líneas eléctricas y de comunicación*

Tensión de suministro	Distancia de seguridad vertical (Dv)
1. Conductor, ferretería y soporte del equipo, cable mensajero y soporte puestos a tierra	0.60m
2. Hasta 23 KV	1.80m
3. Más de 23 KV	1.8m más 0.01m por KV (sobre 23 KV)

Fuente: PRONATEL – MTC

**Figura 16.** Distancia de seguridad entre líneas eléctricas y de comunicación

Fuente: PRONATEL - MTC

Ferretería

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018) recomienda el uso de la ferretería, que se expone a continuación, para el tendido de los cables ópticos en los postes eléctricos.

Herrajes

Se utilizan para la sujeción del cable de fibra óptica. Existen dos tipos:

- Herraje de suspensión

Permite la fijación del cable ADSS al poste. Son usados dependiendo del largo del vano y del ángulo de la estructura (ver la Figura 17).

La carcasa de estos herrajes es de aluminio de tipo tangencial o corneta. Lleva dos cauchos que bordean y permiten un agarre suave del cable de fibra óptica. El eslabón y barra de extensión se emplean para spans mayores a 400m. La varilla helicoidal exterior está formada por varios alambres de acero y/o aluminio. Sirve como protección exterior de la chaqueta o superficie del cable ADSS. Existen diversos tipos de herrajes de suspensión, ver la Figura 18.

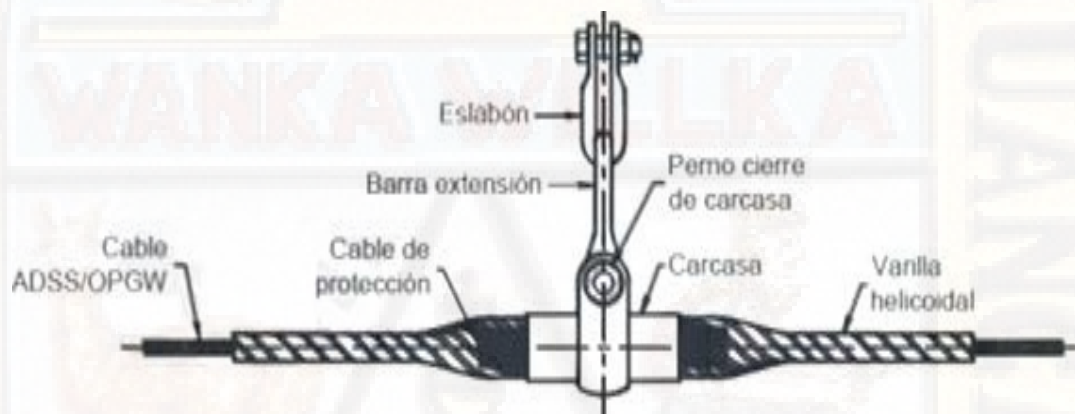


Figura 17. Partes de un herraje de suspensión para cables ópticos ADSS

Fuente: FITEL – MTC

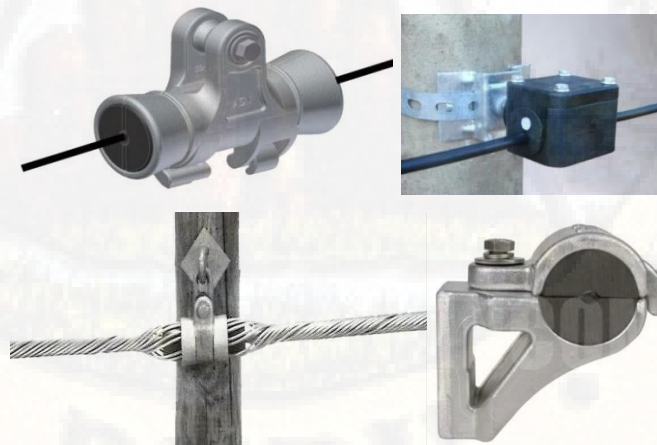


Figura 18. Tipos de herrajes de suspensión empleados para cables del tipo ADSS

Fuente: FITEL – MTC

b) Herraje de retención

Estos herrajes permiten la fijación del cable ADSS al poste o torre en un cambio de dirección mayor a 20° . Sus partes se muestran en la Figura 19.

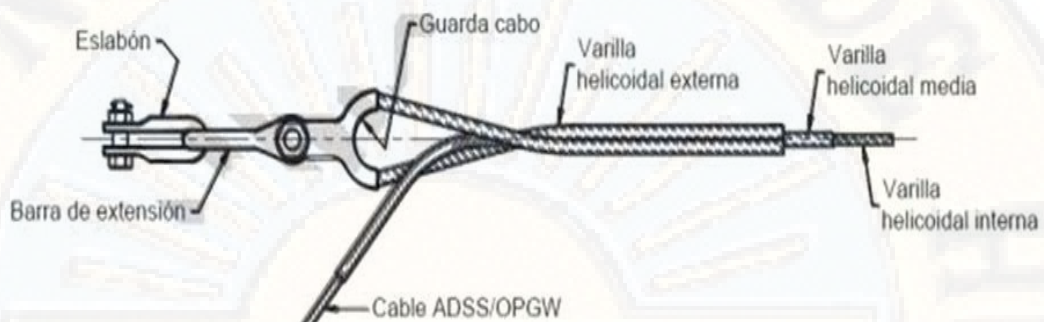


Figura 19. Partes de un herraje de retención para cables ópticos ADSS

Fuente: FITEL - MTC

El trompo platina o sujeción sirve como sujeción directa al poste, se utiliza para vanos de hasta 400 metros o dependiendo de las condiciones técnicas. El eslabón y barra de extensión consisten en una barra o brazo extensor. El guardacabo sirve como apoyo al preformado y permite el ajuste a movimientos helicoidales. La varilla helicoidal exterior es una varilla en forma de espiral encargada de realizar la fuerza al helicoidal interno para tramos largos o directamente al cable en vanos cortos para soportar la tensión. La varilla helicoidal interna sirve como protección de la fibra en vanos medios y largos.

c) Varillas preformadas

Para elegir un tipo de preformado (ver la Figura 20) se tienen en consideración la combinación del diámetro del conductor, diámetro interno, número de pasos, sentido del encordado y materia prima. La eficiencia máxima es mantenida por cada varilla ejerciendo una baja y uniforme presión radial. Luego de la aplicación del número correcto de varillas debe existir un pequeño espacio entre ellas. Para realizar la instalación de herrajes de retención o suspensión, es necesario conocer el tipo de cable a ser instalado, es decir la fabricación del mismo, su diámetro exterior, peso, máximo span y tensión. Además, la temperatura y hielo que soportarán una vez instalados. Para obtener la carga de tracción a la ruptura y deslizamiento de 100% a la carga de ruptura

del cable sin transferir esfuerzos mecánicos al núcleo del cable óptico, se requiere un juego de varillas de protección preformadas debajo de la retención. Se utiliza un extensor para mantener el radio del cable (Figura 21).

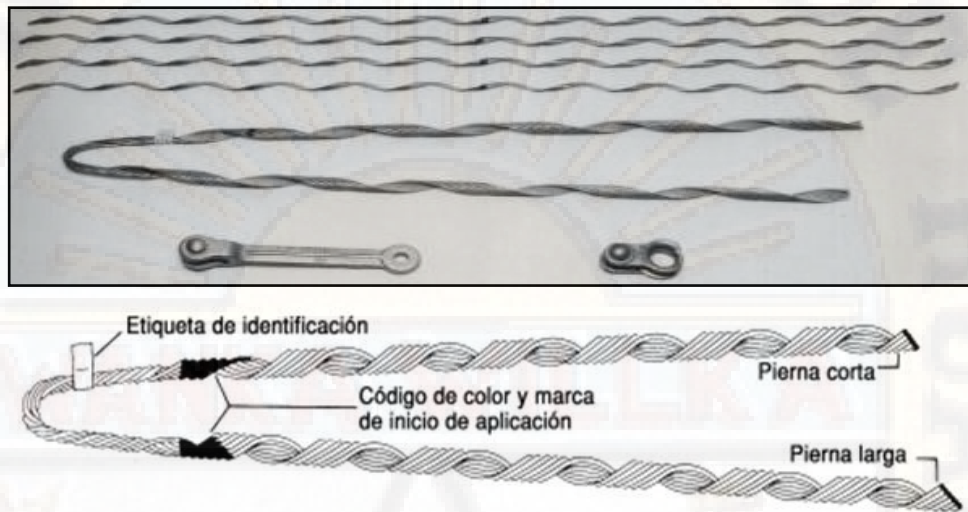


Figura 20. Varillas preformadas

Fuente: FITEL – MTC



Figura 21. Preformados y problemas que se pueden suscitar en ellos

Fuente: FITEL – MTC

d) Amortiguador

Es utilizado para atenuar las vibraciones en los cables producidas por los vientos que la azotan, contrarrestan la exposición al flujo del viento. Esta función es totalmente diferente de las protecciones contra concentraciones de tensión, fricción o abrasión y arco de potencia. Los dispositivos de amortiguamiento deben ser considerados solamente como complementarios a los productos preformados de

suspensión, retención y protección. En la Figura 22 se muestra un amortiguador típico empleado. La distribución recomendada de amortiguadores por vano y por distancia se muestra en la Tabla 10. Además de considerar el vano donde se instalen los amortiguadores, es necesario saber el diámetro del cable. El amortiguador espiral (de impacto) es muy eficiente para reducir las vibraciones eólicas en conductores, cables de guarda y cables de fibra óptica.



Figura 22. Amortiguador de cable de fibra óptica

Fuente: FITEL – MTC

Tabla 10

Distribución de amortiguadores por vano y por distancia

Inicial (m)	Final (m)	Cantidad estándar de amortiguadores (U)
0	140	0
240	480	2
480	720	4
720	960	6
960	1200	8
1200	1440	10
1440	1680	12

Fuente: FITEL – MTC

e) Corona coil

El atenuador de efecto corona (Figura 23) reduce los efectos eléctricos en las puntas de las varillas metálicas de protección de los conjuntos de anclaje y suspensión

para cables de fibra aéreos. Son empleados cuando el cable de fibra óptica está próximo a líneas de alto voltaje y que podría dañar la capa externa del cable. Las coronas coil están formadas por un plástico semi-conductivo que disipa el campo magnético que se forma entre la terminación de las varillas metálicas (conductivas) y el forro del cable ADSS. Esto es importante cuando el voltaje de línea es 115 KV o mayor.

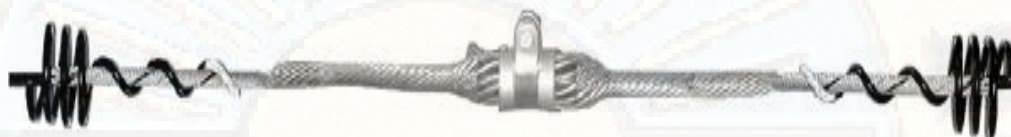


Figura 23. Corona coil, empleado para mitigar el efecto corona

Fuente: FITEL – MTC

Infraestructura

En cuanto a la infraestructura, el MTC (2018) recomienda que los cables ADSS pueden ser tendidos a través de postes. Estos poseen una carga de rotura y una altura predeterminada; en campo se encuentran alturas de 9, 11, 12, 15, 16 o 18 metros y cargas de rotura de 300, 400, 510, 750, 1050, 1300 kgf, además de postes de madera. Sobre estos apoyos están instalados los cables de baja tensión (220V), media tensión (13.2, 22.9, 34.5 y 44KV), además de los cables de redes de datos. También se emplean torres, estas son parte del sistema de distribución y suministro eléctrico, llevan las líneas eléctricas de media y alta tensiones con valores de 30, 60 a 500KV a grandes distancias. En algunos casos, por causas técnicas como catenarias pronunciadas, vanos muy largos u otros, se instalan infraestructura nueva con postes de 12 metros y profundidad del hueco de 1.8m.

Selección de los diámetros exteriores de los cables

12mm para vanos menores a span 200m

14mm para vanos mayores a 200 a 600m

15mm para vanos con anti-tracking

Flechas

La selección de flecha es de acuerdo con la longitud de los vanos:

1%	para vanos de 0 a 400m	2%	para vanos de 401 a 800m
3%	para vanos de 801 a 1000m	5%	para vanos mayores a 1000m

En el capítulo de Resultados se muestran los resultados de los cálculos realizados para determinar las flechas, spans, longitud de bobina; también se muestran, el material, tipo, estado, propiedad y nivel de tensión de cada poste. Así mismo, se listan las longitudes de los diversos vanos y reservas de cable y la ferretería y cajas de empalmes requeridos considerando el total de 23 postes empleados para el tendido entre los dos nodos a enlazar.

2.2.1.3 Presupuesto óptico de potencia

Según la organización FOA (2017), el presupuesto de potencia óptica se refiere a la cantidad de pérdida de potencia que un enlace de datos puede tolerar. Es la diferencia (en dB) entre la potencia óptica transmitida (dBm) y la sensibilidad del receptor (dBm). Tiene un valor máximo y un valor mínimo, lo que significa que necesita al menos un valor mínimo de pérdida para que no se sature el receptor y un valor máximo de pérdida para garantizar que el receptor tenga suficiente señal para funcionar en presencia del ruido de fondo. El cálculo del presupuesto óptico de potencia se realiza tomando en cuenta valores estandarizados de pérdidas y atenuación en los diversos elementos de un enlace óptico troncal que, de acuerdo con FOA (2017) son los mostrados en Tabla 11. Se pueden tomar otros valores, dados por el fabricante, siempre y cuando cumplan con los estándares. BICSI (2017) recomienda un procedimiento para el cálculo del presupuesto (ver Tabla 12).

Paso 1

Cálculo de la pérdida o atenuación total del cable en toda su longitud.

Esto se debe realizar a la longitud de onda de trabajo, típicamente de 1550nm en enlaces monomodo.

Paso 2

Cálculo de la pérdida total de conectores.

Para enlaces troncales se considera un para en cada extremo de la fibra.

Paso 3

Cálculo de la pérdida total por empalmes.

Los empalmes en enlaces troncales son de fusión con pérdidas típicas menores a 0.1dB.

Paso 4

Cálculo de la pérdida total por otros componentes

Paso 5

Cálculo de la ganancia del sistema.

Es igual a la suma de la potencia promedio de salida del transmisor y la sensibilidad mínima del receptor.

Paso 6

Cálculo de la penalización total de potencia

Tabla 11

Valores umbrales para caracterizar un enlace óptico

Prueba	Estándar	Umbral
Atenuación óptica a 1550nm	IEC60793-2-50	0.25dB/km
Pérdidas de inserción, par de conectores, 1550nm	IEC61300-3-7 ITU-T-G.671	0.2dB promedio 0.5dB máximo en el 97%
Pérdidas por empalme de fusión, 1550nm	IEC61300-3-7 ITU-T-L.12	0.1dB promedio 0.2dB máximo en el 97%
Macrocurvatura	IEEE 1222	0.1dB

Fuente: <http://www.thefoa.org/tech/standards.htm>

Tabla 12

Cálculos para determinar el presupuesto del enlace óptico

Paso uno - distancia
Distancia del cable (Distancia medida del sistema)
Pérdida por Km (Este valor lo debe obtener del fabricante del cable)
Pérdida total de la fibra (Distancia del cable x pérdida por Km)
Paso dos - Pérdida total de conectores
Pérdida por par de conectores (La pérdida máxima permitida por par de conectores durante la instalación. Este valor debe ser determinado por el Diseñador del Sistema. ANSI/TIA/EIA-568-C.3 recomienda un valor máximo de 0.75 dB.)
Número de pares de conectores (No se incluye los conectores que se enchufan al equipo.)
Pérdida total de conectores (Pérdida por par de conectores x número de pares de conectores.)
Paso tres - pérdida total por empalme
Pérdida por empalme individual (La pérdida máxima por empalme durante la instalación. Este valor deberá ser determinado por el Diseñador del Sistema. ANSI/TIA/EIA-568-C.3 recomienda un valor máximo de 0.3 dB para un empalme mecánico o de fusión.)
Número de empalmes (Incluye los empalmes mecánicos y de fusión.)
Pérdida total por empalmes (Pérdida por empalme individual x el número de empalmes.)
Paso Cuatro - Pérdida total por otros componentes
Pérdida óptica del switch (Este valor deberá ser obtenido del fabricante del switch)
Pérdida óptica por divisores (splitter) (Este valor deberá ser obtenido del fabricante del splitter.)
Pérdida óptica por otros componentes (Un ejemplo de otros componentes ópticos sería un HUB. Introduzca el valor para cualquier otro componente óptico diferente del switch y del splitter. Estos valores deberán ser obtenidos del fabricante del componente.)
Pérdida total por otros componentes (Pérdida óptica del switch + Pérdida óptica del splitter + Pérdida óptica por otros componentes)

Fuente: <https://www.bicsi.org/>

Tabla 12

Cálculos para determinar el presupuesto del enlace óptico (cont.)

Paso cinco - Especificaciones de los fabricantes de equipo de networking

Potencia de salida promedio del transmisor

(Este valor deberá ser obtenido del fabricante del transmisor. Si la especificación de la potencia de salida promedio del transmisor no está disponible, use la especificación de la potencia mínima de salida.)

Sensitividad mínima del receptor

(Este valor deberá ser obtenido del fabricante del receptor.)

Ganancia de sistema

(= Potencia Promedio de salida del transmisor – sensitividad mínima del receptor)

Paso seis - Penalizaciones totales de potencia

Penalizaciones de potencia

(Este valor deberá ser obtenido del fabricante del equipo. Si no cuenta con este valor, use 2.0 dB.)

Margen de reparación

(Un valor de 0.6 dB (2 empalmes x 0.3 dB de pérdida por empalme) es el que se utiliza típicamente.)

Penalización total de potencia

(= Penalización de potencia + Margen de reparación)

Paso siete - Presupuesto de pérdida por enlace

Ganancia del sistema

(= Potencia promedio de salida del transmisor – sensitividad mínima del receptor)

Penalización total de pérdida

(= Penalizaciones de potencia + Margen de reparación)

Presupuesto total de pérdida por enlace

(= Ganancia del sistema – penalizaciones de potencia)

Paso ocho - Margen de desempeño del sistema

Presupuesto total de pérdida por enlace

(= Ganancia del sistema – Penalizaciones de potencia)

Atenuación total del sistema de cableado

(= Pérdida total de la fibra + Pérdida total de conectores + Pérdida total por empalme + Pérdida total por otros componentes)

Calcular la pérdida por enlace

Margen de desempeño del sistema

(= Presupuesto total de pérdida por enlace – Atenuación total del sistema de cableado)

Fuente: <https://www.bicsi.org/>

2.2.2 Comunicación de datos

2.2.2.1 Velocidad de datos

FITEL (2018) señal que la velocidad de datos también se la conoce como ancho de banda o throughput y es la capacidad o velocidad de datos del enlace o servicio digital medido en bits/s y en condiciones reales de funcionamiento. No es, necesariamente, la máxima velocidad permitida por el enlace o equipo de comunicación de datos ya que el tráfico por una red no solo incluye el tráfico del usuario sino tráfico adicional de monitoreo y gestión e, incluso, tráfico de otros usuarios que comparten el servicio. Se mide en los equipos del usuario mediante aplicativos de medición del ancho de banda, tanto de subida como de bajada. Los umbrales son determinados por los proveedores de servicio y regulados según normas oficiales del Estado Peruano.

OSIPTEL emitió la Resolución de Consejo Directivo N° 123-2014-CD/OSIPTEL mediante el cual aprueba el Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones. Según dicho reglamento, las empresas operadoras están obligadas a brindar el servicio de Internet acorde con las prestaciones contratadas por el abonado. Así, la velocidad mínima se calcula como el 40% de la velocidad máxima contratada, tanto de subida como de bajada.

Según FITEL (2018), la velocidad máxima de descarga brindada a los usuarios en las poblaciones rurales es de 2Mbps, de subida es 512Kbps. Por lo tanto, las velocidades mínimas de descarga y de subida deben ser de 819.2Kbps y 204.8Kbps, respectivamente.

2.2.2.2 Cobertura

FITEL (2018) establece que las redes de acceso inalámbricas son las encargadas de brindar conectividad digital a los usuarios finales. Estas redes constan de antenas transmisoras/receptoras que radian una señal de radiofrecuencia y cubren, según su potencia y patrón de radiación, determinada área geográfica de interés. El área geográfica a la cual llega la señal inalámbrica, con potencia suficiente, se denomina cobertura. Sin embargo, la cobertura del servicio no es garantizada solamente por la cobertura de señal inalámbrica. Se requiere, además, que la señal

inalámbrica soporte múltiples canales o usuarios simultáneamente y la cual debe estar respaldada en una troncal óptica, tal como se comprobará en el presente trabajo.

Cambium Networks (2019) indica que los enlaces inalámbricos, con los cuales se da cobertura a la población de interés, emplean ondas en la banda no licenciada de 5.1 a 5.8 GHz para facilitar su libre acceso. Se emplean antenas punto-multipunto sectoriales trabajando en la banda mencionada. En la Figura 24 se observa una antena sectorial del fabricante Cambium Networks. Estas antenas disponen de ángulos de cobertura de 90° y 120° (Figura 25) y permiten el reuso de frecuencias con capacidades de hasta 120 usuarios configurables según demanda de abonados.

Según Hernando (2015), el RSSI (Received Signal Strength Indicator) se define como el promedio de la potencia total recibida en el puerto de la antena y en el ancho de banda de medición. Se considera la potencia procedente de todas las fuentes, incluyendo interferencias y ruido térmico. El RSSI depende de las condiciones de tráfico y de las interferencias. El RSSI es una métrica empleada para medir la potencia de la señal de radiofrecuencia recibida por el radio, en la antena. Según lo mencionado, la cobertura se cuantifica verificando y midiendo que la potencia de recepción de la señal inalámbrica, en diversos puntos del área de cobertura, no sea inferior a la sensibilidad indicada por el fabricante. Los usuarios del servicio reciben la señal en la última milla de la Red de Acceso la cual cuenta con una Estación Base instalada en el POP (Point Of Presence) desde la cual se distribuye la señal a toda el área de cobertura y usuario, como se muestra en la Figura 26. Los enlaces de la Estación Base, o nodo terminal, hacia los clientes se realizan mediante enlaces punto-multipunto (PMP, por sus siglas en inglés). La Tabla 13 muestra las características técnicas de las antenas sectoriales.

Cambium Networks has designed an antenna solution that enables network operators to increase the spectral efficiency and scale of their ePMP point-to-multipoint (PMP) distribution access networks. Wireless Service Providers deploying networks in 5 GHz spectrum will find this sector antenna for 90° and 120° applications especially well-suited for high-density networks requiring frequency re-use and wide-band spectrum coverage.

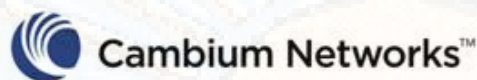


Figura 24. Antenas sectoriales para la red de acceso

Fuente: <https://www.cambiumnetworks.com/>

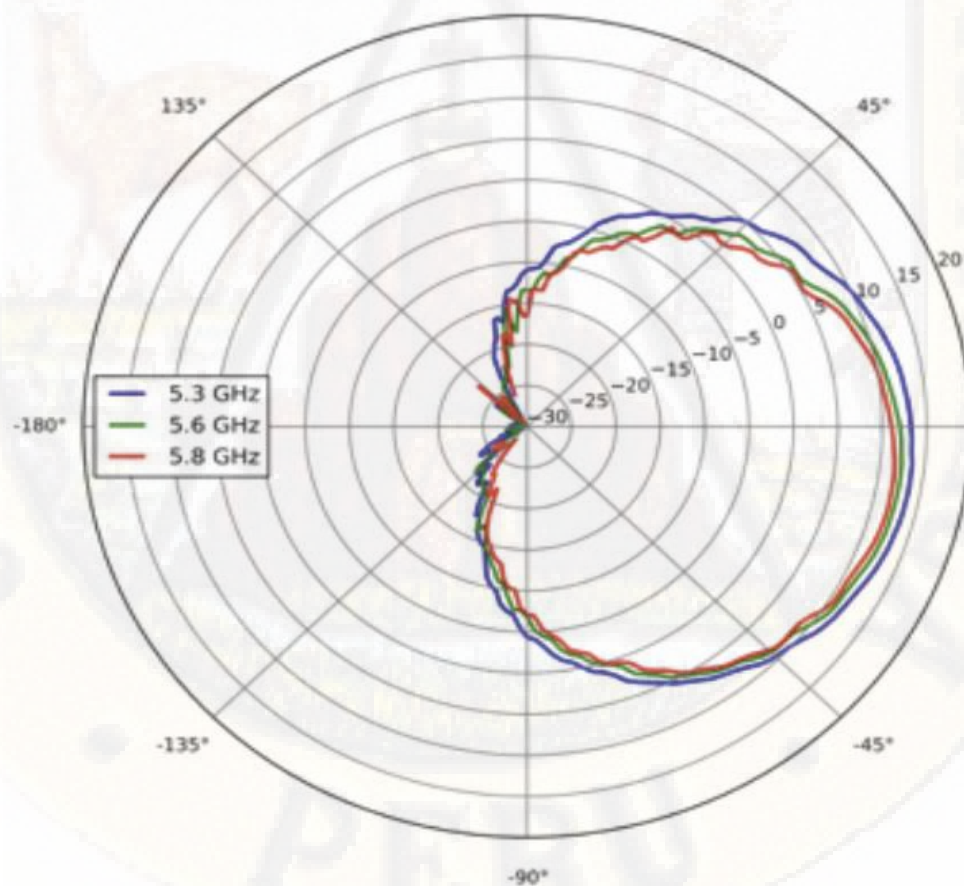


Figura 25. Patrón de radiación de una antena sectorial de 90°

Fuente: <https://www.smartwifiworks.com/ePMP-Sector-Antenna.asp>

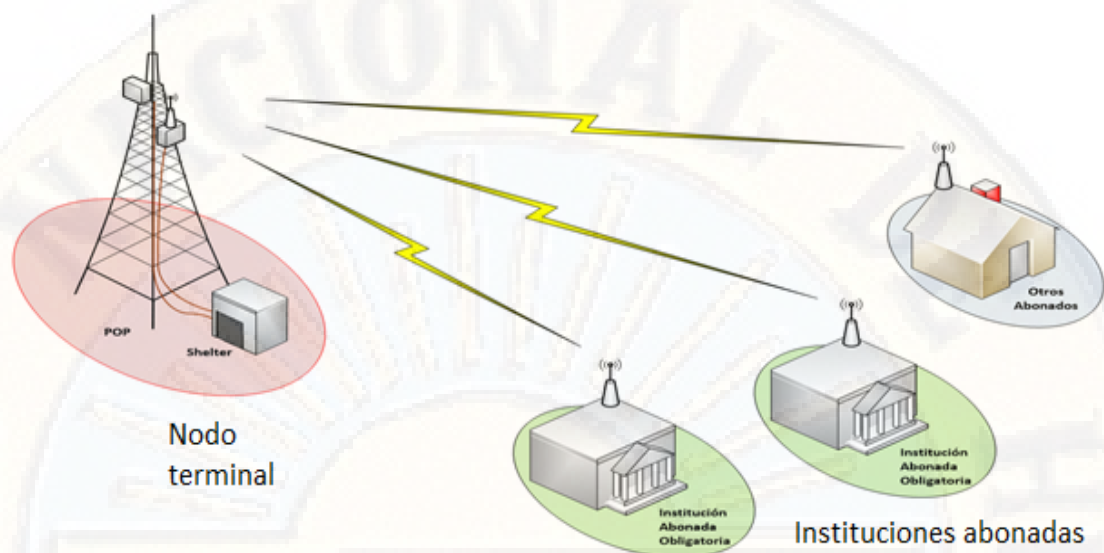


Figura 26. Topología de la última milla en la red de acceso, emplea antenas sectoriales

Fuente: FITEL – MTC

Tabla 13

Especificaciones técnicas de dos antenas sectoriales

Característica	Con sector de 90°	Con sector de 120°
Rango de frecuencia	5150-5875MHz	5150-5875MHz
Tipo de antena	Access Point Sectorial	Access Point Sectorial
Ganancia	15dBi	14dBi
VSWR	1:6:1 máximo	1:7:1 máximo
Aislamiento puerto a puerto	25dB	25dB
Polarización	Lineal doble, horizontal/vertical	Lineal doble, horizontal/vertical
Máxima potencia de entrada	5W	5W
Impedancia de entrada	50 Ohms	50 Ohms
Polarización cruzada	>18dB	18dB
Peso de la antena	3.1kg	3.1kg
Conector	2 x RP-SMA hembra	2 x RP-SMA hembra
Resistencia al viento	190km/h	190km/h

Fuente: <https://www.sicetelecom.it/wp-content/MU/datasheet/CAMBIUM-ANTENNAS-CAMBIUM-NETWORKS-old-AH00CBWA5120-SICE-Distributore-Italiano.pdf>

2.3 Definición de términos

ADSS

Cable de fibra óptica que no requiere mensajeros para sujetarse a los postes de la red de distribución eléctrica o instalados expresamente para los cables ópticos.

Ancho de banda

Es la capacidad de transmisión de determinado enlace o equipo. Se da en bits por segundo.

Antenas sectoriales

Antenas con capacidad de radiar en ángulos de 90 a 120° para dar cobertura a poblaciones circundantes. Se emplean en arreglos.

Conector

Dispositivo mecánico al cual se fija el extremo de una fibra óptica. Permite interconectar la fibra óptica con diversos equipos o instrumentos.

dB

Decibelios, unidad logarítmica de medida de ganancia.

dBm

Unidad logarítmica de medida de potencia.

Dispersión

Fenómeno por el cual los pulsos de luz empleados en fibra óptica sufren un aumento de ancho afectando a pulsos contiguos y, por ende, la calidad de la comunicación al tener efecto directo sobre la forma de onda de los bits transmitidos.

Empalme

Es la unión mecánica o por fusión de dos fibras ópticas.

Ethernet

Protocolos de capa 2 para redes LAN que permite la transmisión de datos por un medio compartido. Existen una versión empleada en redes de transporte.

Ferretería

Es el conjunto de accesorios metálicos que permiten la sujeción segura del cable de fibra óptica para su tendido en los postes.

Fibra monomodo

Fibra óptica fabricada para la transmisión de una señal óptica de una determinada banda y un único modo de transmisión.

Férula

Elemento que protege y cubre el hilo de fibra óptica en un conector.

Frame loss rate (tasa de pérdida de paquetes)

Mide la relación entre la cantidad de paquetes perdidos en una transmisión con respecto al total de paquetes transmitidos. Es un indicador de la calidad de servicio de una red o enlace de comunicación.

Jitter

Es la variación del retardo de transmisión de una señal. Es un indicador de la calidad de servicio de una red o enlace de comunicación.

Jumper

Cable de fibra óptica de corta longitud. Un extremo dispone de un conector y el otro no. El extremo sin conector se empalma a una fibra óptica.

Nodo

Hace referencia a un lugar o equipos donde confluyen los enlaces ópticos. Consta de una serie de equipos como routers y switches.

Nodo radioeléctrico

Hace referencia a un lugar o equipos donde se distribuyen enlaces radioeléctricos hacia otros nodos o usuarios.

OC (Optical Carrier – portadora óptica)

Señal óptica que transporta información digital mediante modulación.

Red de acceso

Parte de la red de comunicaciones que conecta a los abonados o usuarios finales con el nodo más próximo del proveedor de servicios.

Red Dorsal

Red troncal nacional de fibra óptica llevada a cabo por el FITEL del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Retardo

Es el tiempo que toma a una señal transmitirse a través de una red o enlace de datos. Es un indicador de la calidad de servicio de una red o enlace de comunicación.

SFP

Transceptor óptico/eléctrico hasta 1Gbps.

SFP+

Transceptor óptico/eléctrico hasta 10Gbps.

Router

Equipo de comunicación de datos que reenvía los paquetes hacia sus respectivos destinos tomando en cuenta los algoritmos de enrutamiento programados.

RSSI

Nivel de potencia recibida de la señal inalámbrica. Se mide en dBm.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Una red de transporte mejora la comunicación de datos en la población de Choclococha – Huancavelica.

2.4.2 Hipótesis específicas

- a) Una red de transporte, con fibra monomodo, mejora el ancho de banda para la comunicación de datos en la población de Choclococha – Huancavelica.

- b) Una red de transporte, con fibra monomodo, mejora la cobertura de la comunicación de datos en la población de Choclococha – Huancavelica.

2.5 Identificación de variables

Las variables representativas, identificadas para este proyecto, son todas cuantitativas y medibles a través de una serie de indicadores tal como se indican y numeran en la Tabla 14.

2.5.1 Variable independiente

- Red de transporte (RT)

Es una variable que se dimensiona según diseño, cálculos, buenas prácticas de ingeniería, criterios y estándares aplicables.

2.5.2 Variable dependiente

- Comunicación de datos (CD)

Es una variable compleja, multidimensional. Sus valores dependen de los resultados de la implementación de este trabajo y se cuantifica mediante una serie de indicadores.

2.6 Operacionalización de variables

La Tabla 14 contiene la definición operativa de variables, dimensiones e indicadores definidas para el presente trabajo. Se tiene como variable independiente a la Red de Transporte y, como variable dependiente, a la Comunicación de Datos. Para la primera se ha considerado solo una dimensión, la troncal óptica, con el presupuesto óptico como indicador. Para la variable dependiente se han considerado dos dimensiones: el ancho de banda y la cobertura, la primera se mide a través de la velocidad de datos y la segunda mediante la potencia de recepción.

Tabla 14*Matriz de operacionalización de variables*

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Variable independiente Red de transporte	Enlace óptico punto a punto con cable ADSS de fibra óptica, de alta velocidad y confiabilidad Servicios de datos, voz y vídeo	x. Troncal óptica	Presupuesto óptico (según estándar IEEE 802.3ae-2002, 10GBASE-ER)	dB
Variable dependiente Comunicación de datos	digitales ofrecida mediante troncal óptica como red de transporte e inalámbrica en la red de acceso	y ₁ . Ancho de banda Y ₂ . Cobertura	Velocidad de datos (throughput) Potencia de recepción (RSSI)	Kbps dBm

Fuente: Elaboración propia

Capítulo III: Metodología de la investigación

Teniendo planteado el problema de investigación y los objetivos a alcanzar, se procedió a establecer los procedimientos metodológicos que permitieron llevar a cabo la investigación.

3.1 Ámbito de estudio

El presente proyecto de investigación aborda temas de transmisión y recepción de señales mediante enlaces ópticos e inalámbricos. Por ello, se enfoca en los aspectos relacionados como son el tendido de la fibra óptica, el presupuesto de potencia óptica, los Access Points y las antenas sectoriales. Así mismo, también se consideran en el presente trabajo las antenas y equipos de transmisión y recepción de señal inalámbrica empleados por los usuarios del servicio; motivo por el cual el ámbito de estudio se enfoca en el sistema de comunicación de datos aplicado al poblado de Choclococha, distrito de Pomacocha, provincia del Acobamba en la región de Huancavelica.

3.2 Tipo de investigación

Según Padrón (2006), la investigación aplicada es aquel tipo de estudios orientados a resolver problemas de la vida cotidiana o controlar situaciones prácticas haciendo uso de teorías científicas previamente validadas. En tal sentido, el presente trabajo corresponde a una investigación aplicada pues busca una solución a una problemática concreta de las comunicaciones de datos en la población de Choclococha, mediante el diseño de un sistema óptico e inalámbrico, proceso en el cual se emplean conocimientos de ingeniería, estándares de telecomunicaciones y regulaciones aplicables.

3.3 Nivel de investigación

De acuerdo con Campos (2010), el nivel de investigación se refiere al nivel de profundidad del estudio a realizar. Existen diversos niveles, uno de ellos es el nivel explicativo, el cual busca la relación entre sí de dos o más variables. El presente trabajo

es de nivel explicativo porque busca determinar cuál es la influencia del diseño de una red de transporte óptica (variable independiente) en el ancho de banda y cobertura de las comunicaciones de datos (variable dependiente y sus dimensiones) en los usuarios del poblado de Choclococha en Huancavelica.

3.4 Métodos de investigación

Según Raffino (2019), los métodos de investigación se clasifican, de forma general, en lógicos y empíricos. Los métodos lógicos implican la utilización del pensamiento y el razonamiento para ejecutar deducciones, análisis y síntesis. En cambio, los métodos empíricos realizan experimentos, los cuales son experiencias replicables, controladas y documentadas. El presente trabajo emplea el método empírico, experimental, dado que se trata de llevar a cabo el diseño de un sistema físico de red de transporte óptica, de manera totalmente controlada y documentada aplicando procedimientos de ingeniería, para luego verificar los efectos de los resultados obtenidos en la mejora de la comunicación de datos en los usuarios del poblado de Choclococha en Huancavelica. Por otra parte, siendo más específicos, Reynaga (2013) señala que el método estadístico consiste en una serie de pasos para el manejo y procesamiento de los datos cuantitativos o cualitativos, obtenidos de la investigación, con el propósito de comprobar las hipótesis planteadas. La presente investigación opta por el método estadístico, como método específico de investigación, ya que es necesario para la recolección, presentación, procesamiento y análisis de los datos obtenidos como resultado de las mediciones de las diversas dimensiones de la variable dependiente a fin de demostrar cada una de las hipótesis planteadas.

3.5 Diseño de investigación

Según Martínez (2013), un diseño de investigación se define como el plan global para ejecutar una investigación e integra técnicas de recolección de datos, análisis, objetivos, e intenta dar, de una manera no ambigua, respuestas a las preguntas planteadas en la investigación. Arias (2012) señala, además, que el diseño de investigación puede ser documental, de campo y experimental. Por otro lado, Monje (2011), indica que los diseños experimentales tienen el propósito de determinar las

relaciones causa-efecto entre las variables bajo estudio, para lo cual uno o más grupos, llamados experimentales, se exponen a los estímulos y los resultados se comparan con los resultados de ese u otros grupos, llamados de control, que no reciben los estímulos. Arias (2012), precisa que la investigación experimental puede ser: pre-experimental, cuasi-experimental o experimental puro. El pre-experimental no tiene grupo de control; solo grupo experimental. Sánchez (2017), señala que existen tres diseños pre-experimentales. Uno de ellos se denomina Diseño de un Grupo solo después. En este diseño, se aplica un tratamiento a un grupo de control, luego se realiza la observación para evaluar los efectos del tratamiento.

De acuerdo con los autores mencionados previamente en esta sección, el presente trabajo se clasificó como una investigación pre-experimental con Diseño de un Grupo solo después. Esto es así, debido a que solo existe un grupo experimental (muestra no aleatoria de tamaño 60) al cual se aplica la variable independiente. Realizado el experimento, este grupo es evaluado en su variable dependiente para verificar las hipótesis que plantean la verificación de resultados contra valores mínimos esperados de rendimiento estipulados según regulaciones vigentes, estándares y especificaciones técnicas de los fabricantes y con los cuales se garantiza, precisamente, la calidad requerida de las comunicaciones de datos. No se considera la comparación con resultados de grupos que empleen otras tecnologías (específicamente la satelital) por varios motivos importantes: poca cantidad de usuarios por el alto costo de los mismos y su calidad inferior de servicio. Las características del servicio satelital no son necesarias medirlas, pues son de público conocimiento y están bajo regulación. Así mismo, no se considera pretest para el grupo experimental pues no tiene sentido realizar mediciones en un grupo que no cuenta con ningún servicio de comunicación de datos.

En base a lo expuesto, el diseño de investigación se denota por:

☒ X ☐ O

Donde:

X: Es la variable independiente, Red de transporte

O: Es la variable dependiente, Comunicación de datos

3.6 Población, muestra y muestreo

Monje (2011) indica que población es la totalidad de elementos (personas, objetos, fenómenos, etc.) que se van a estudiar dentro del ámbito de una investigación. El autor afirma que es posible abordar una investigación sobre la totalidad de una población, si esta es pequeña. Pero si la población es numerosa, surge la necesidad de seleccionar y fijar una muestra de la población. El mismo autor señala que una muestra es una porción representativa de una población, seleccionada con el fin de estudiar o medir las propiedades que caracterizan a la totalidad de dicha población. En el presente trabajo, la población consta de todos los posibles usuarios del sistema propuesto residiendo en el centro poblado de Choclococha del distrito de Pomacocha, Acobamba, Huancavelica. Debe tomarse en cuenta que el servicio se instala por vivienda y no a cada poblador. Choclococha consta de unos 1323 habitantes y unas 486 viviendas incluyendo instituciones públicas y privadas. Por lo tanto, la población es de 486, todas ellas de similares características.

Para efectos de la prueba de hipótesis, se realizó un muestreo no probabilístico, intencional, seleccionando los elementos de la muestra tal que se cubra de manera uniforme toda el área geográfica de la población. El tamaño mínimo necesario de la muestra se obtuvo aplicando la ecuación 3.1 y los datos de la Tabla 16.

$$n = \frac{N Z^2 p q}{e^2 (N-1) + Z^2 p q} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

Z = Nivel de confianza o coeficiente de confianza

e = Error de la muestra o error permitido

p = Proporción de unidades que poseen el atributo de interés en la población. Se conoce de antecedentes de estudios similares o de lo contrario de un estudio piloto.

En caso no existiera estudios similares y no pudieran hacerse un estudio piloto se considera la máxima varianza cuando $p = 0.5$.

q = Proporción de unidades que no poseen el atributo de interés en la población,
 $q = 1 - p$.

Tabla 15
Niveles de confianza y errores típicos

Nivel de confianza	Error	Z
75%	25%	1.15
80%	20%	1.28
85%	15%	1.44
90%	10%	1.65
95%	5%	1.96
95.5%	4.5%	2
99%	1	2.58

Reemplazando los valores en la ecuación 3.1, considerando un nivel de confianza del 90%, un error del 10% y población de 486 viviendas, obtenemos el siguiente resultado:

$$n = \frac{486 (1.65)^2 \times 0.5 \times 0.5}{(0.1)^2(486 - 1) + (1.65)^2 \times 0.5 \times 0.5} = 59.8$$

Por lo tanto, el número de muestras requeridas para la prueba de hipótesis es de 60.

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1 Técnicas de recolección de datos

Existen diversas técnicas para recabar información de las variables de una investigación. Flames (2012) señala que “Las técnicas de recolección de datos son una directriz metodológica que orientan científicamente la recopilación de información,

datos u opiniones” (p. 35). Algunas de estas técnicas son la observación y el análisis documental. Según Chávez (2019), la observación se define como una técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre un hecho o fenómeno relacionado al problema de la investigación. La técnica de recolección de datos empleada fue la observación pues fue necesario tomar datos de las variables dependientes, ya sea directamente de los sistemas de telecomunicaciones instalados en los usuarios del servicio de comunicación de datos o, bien, medidos con instrumentos adecuados.

3.7.2 Instrumentos de recolección de datos

Según Arias (2012), los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Para esta investigación los instrumentos empleados para la recolección de datos fueron las fichas de registro de datos. Las fichas se emplearon para registrar en ellas, las mediciones u observaciones realizadas de las diversas dimensiones de la variable de interés: velocidad de datos y cobertura inalámbrica. La información se organizó en tablas conteniendo filas para el total de muestras consideradas y columnas para las anotar los datos observados. La validación de los instrumentos de recolección de datos se realizó mediante juicio de expertos (ver en Anexos).

3.8 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.8.1 Técnicas de procesamiento de datos

Arias (2012) menciona que las técnicas de procesamiento de datos son las distintas operaciones a las que son sometidos los datos obtenidos en la etapa de recolección para organizarlos, codificarlos o tabularlos. En el presente trabajo se emplearon diversas herramientas informáticas para el procesamiento de los datos recolectados. A continuación, se detallan.

- Excel

La información obtenida de campo (ancho de banda y cobertura) y contenida en las fichas de registro, fueron organizadas y tabuladas para su posterior análisis y uso en la prueba de hipótesis.

- BaseCamp

Herramienta para el procesamiento de datos de campo (coordenadas GPS de postes existentes y nuevos) para el tendido de fibra óptica. Empleado en la etapa de diseño de la troncal óptica.

- Google Earth

Herramienta para la geolocalización de nodos, postes y tendido del cable óptico. Empleado en la etapa de diseño de la troncal óptica.

- LinkPlanner

Software empleado para el diseño y cálculo de la cobertura radioeléctrica y materiales a emplear para la red de acceso.

3.8.2 Técnicas de análisis de datos

Referente al análisis, Arias (2012) menciona que las técnicas de análisis de datos son las diversas técnicas empleadas para el tratamiento de la información con el objetivo de descifrar lo que revelan los datos recolectados. Por su parte, Cerda (2000) sostiene que el análisis de datos busca conceptualizar las relaciones, conclusiones, consecuencias y resultados que surjan de la información obtenida para la búsqueda de explicaciones y comprensión. Implica operaciones como descomponer, examinar, reconocer, comparar, relacionar, generalizar, entre otras. Dado que los datos recolectados son todos numéricos, se realizó un análisis cuantitativo empleando técnicas estadísticas que incluyeron la determinación de promedios, desviación estándar y el uso del estadístico Z para la prueba de hipótesis. Los resultados de ancho de banda fueron cotejados contra los valores mínimos esperados especificados según proveedor de servicios y umbrales de aceptación según normas. Del mismo modo, los resultados de cobertura radioeléctrica, cuantificado a través de la potencia radioeléctrica de recepción fueron cotejados contra los valores mínimos esperados indicados por el fabricante de las antenas (específicamente, se cotejó con el parámetro sensibilidad).

3.9 Descripción de prueba de hipótesis

Gómez (2006) señala que la prueba de hipótesis consiste en someter a escrutinio las hipótesis planteadas en el trabajo de investigación para determinar si son

apoyadas o refutadas. Por su parte, Icart (1998), indica que la prueba de hipótesis es el conjunto de procedimientos estadísticos que permiten decidir si los resultados de una investigación son el producto de efectos aleatorios o reales y con cierto nivel de probabilidad y que los parámetros de la población (promedio, moda, etc.) se pueden estimar a partir de los datos contenidos en la muestra. Según Icart (1998), las hipótesis se formulan de diferentes modos: conceptual (emplea términos simples), operativa y estadística (emplea estadísticos). Para comprobar una hipótesis se deben aplicar pruebas de significación estadística; para ello, se debe traducir la hipótesis conceptual a hipótesis estadística.

Según García (2014) existen dos tipos de hipótesis estadísticas:

- La hipótesis nula (H_0) que refuta, niega o plantea lo contrario de la hipótesis de investigación. Se asume inicialmente como verdadera.
- La hipótesis de investigación (H_1), conocida como hipótesis de trabajo o alternativa. Es contraria o en desacuerdo con la hipótesis nula.

Según Gómez (2006), se trata de demostrar la hipótesis nula H_0 (hipótesis que niega a la planteado por el investigador) pues lo que el investigador debe cuestionarse siempre son los casos que refutan su hipótesis y no los que la apoyan, por más que sean muchos, ya que aquellos tienen más valor probatorio que estos. La prueba de hipótesis rechaza o no la hipótesis nula para concluir respecto a la hipótesis alternativa. Dicho autor indica que existen tres tipos de hipótesis estadísticas:

a) Hipótesis estadística de estimación

Evalúan la hipótesis del investigador respecto al valor de algún parámetro estadístico de una muestra perteneciente a una población. Lo que se evalúa es la diferencia entre un valor hipotetizado y un valor observado en una muestra. El valor estimado es, usualmente, el promedio, pero pueden ser otros estadísticos (mediana, moda, etc.).

b) Hipótesis estadística de correlación

Representa estadísticamente la correlación entre dos o más variables.

c) Hipótesis estadística de la diferencia de estadísticos

Se compara un estadístico entre dos o más grupos.

La prueba de hipótesis para el presente trabajo toma los datos medidos (indicadores de la mejora de la comunicación de datos) del grupo experimental (población de Choclococha) luego de aplicarse el experimento (red troncal). Tal como se detalló en la sección de Diseño de Investigación, la presente investigación es del tipo pre-experimental, con un solo grupo y solo con post test. Los estadísticos calculados, en base a las mediciones de los indicadores, se contrastan contra valores estándar establecidos en normas regulatorias de los servicios públicos de telecomunicaciones de cumplimiento obligatorio o requisitos de funcionamiento de los equipos inalámbricos que, a su vez, cumplen con estándares y certificaciones. Según lo expuesto y mencionado por los diversos autores, se describe a continuación el procedimiento de la prueba de hipótesis realizada en la presente investigación.

a) Formulación de la hipótesis nula (H_0)

La prueba estadística tratará de rechazar esta hipótesis, ante lo cual se aceptará H_1 . Se formulan dos hipótesis nulas. Una respecto al ancho de banda o velocidad de datos en los usuarios del poblado de Choclococha, negando su mejora. Y, otra, respecto a la cobertura del servicio, negando también su mejora.

b) Formulación de la hipótesis alternativa (H_1)

Es la hipótesis de trabajo planteada por el investigador. Se formulan dos hipótesis, ambas contrarias a las hipótesis nulas planteadas previamente.

c) Establecer el nivel de significancia (α)

Indica la probabilidad de rechazar erróneamente una H_0 verdadera. Suele fijarse en 0.05. Se elige a partir del nivel de confianza. El nivel de confianza se calcula como $(1-\alpha)$.

d) Elegir y realizar la prueba estadística

Por el tamaño de la muestra se emplea la prueba Z. Esta prueba estadística tratará de rechazar H_0 , ante lo cual se aceptará H_1 . También, el resultado puede señalar la probabilidad (α) que H_0 sea cierta, es decir que los resultados se deban al azar. La prueba estadística se realiza asumiendo una distribución normal de la muestra.

Tanto para el ancho de banda, como para la cobertura, el parámetro a evaluar es el valor promedio de la muestra la cual se coteja contra un valor esperado según norma. El tipo de ensayo es unilateral pues se pretende demostrar que las dos dimensiones de la variable dependiente son mayores a un mínimo, estableciéndose, así, un valor crítico para cada caso.

e) Justificar la toma de decisión y concluir.

H_0 se rechaza en favor de H_1 solo si la evidencia muestral sugiere que H_0 es falsa (cuando el estadístico de prueba cae en la región crítica o rechazo). Caso contrario se continuará creyendo en la validez de H_0 (cuando el estadístico de prueba no cae en la región crítica). La conclusión se realiza respecto a H_0 .

Capítulo IV: Presentación de Resultados

En las secciones siguientes se describen los resultados obtenidos en la presente investigación por cada una de las variables consideradas: red de transporte como variable independiente y comunicación de datos como variable dependiente; así mismo, se presentan los resultados del diseño de la red de transporte y su validación.

4.1 Red de transporte

4.1.1 Diseño de la red de transporte

El diseño seleccionado de la red de transporte considera dos etapas:

- Definición del recorrido del enlace para determinar el kilometraje requerido de fibra óptica
- Cálculo del presupuesto de potencia

El diseño seleccionado es el adecuado debido a que considera valores reales de ubicación de postes y recorrido de la fibra a lo largo del tendido eléctrico de media tensión. Tanto la ubicación de postes, como el recorrido, fueron tomados mediante aplicaciones de geolocalización. Ello conlleva que los resultados de los cálculos de kilometraje de fibra y demás accesorios sean exactos y precisos. El kilometraje es importante pues influye directamente en el cálculo del presupuesto de potencia y, que, a su vez, determina que la señal óptica llegue al nodo destino con niveles adecuados de potencia. Se descartó diseños simplificados que solo consideran aproximaciones. Se muestra a continuación los resultados del diseño de la red de transporte.

4.1.1.1 Diseño del recorrido del enlace óptico

Debido a la cercanía geográfica se consideró el tendido de fibra óptica al centro poblado de Choclococha tomando como alimentador al Nodo Pomacocha ($12^{\circ}52'27''\text{S}$, $74^{\circ}31'54''\text{O}$) ubicado en el distrito del mismo nombre de la provincia de Acobamba. Este distrito se encuentra a una altura promedio de 3150msnm. En la Figura 27 se muestran el poste 23, ubicado en Pomacocha. En la Figura 28 se aprecia el recorrido definido para el tendido del cable de fibra óptica; consta de un total de 23

postes, incluyendo postes de media tensión (indicados en color azul) y postes nuevos (indicados en color amarillo). En la Figura 29 se muestra el poste 1, ubicado en Choclococha.



Figura 27. Vista satelital del nodo origen ubicado en Pomacocha

Fuente: Elaboración propia



Figura 28. Recorrido de la fibra, entre el nodo Pomacocha y el nodo a ubicarse en el centro poblado de Choclococha
Fuente: Elaboración propia

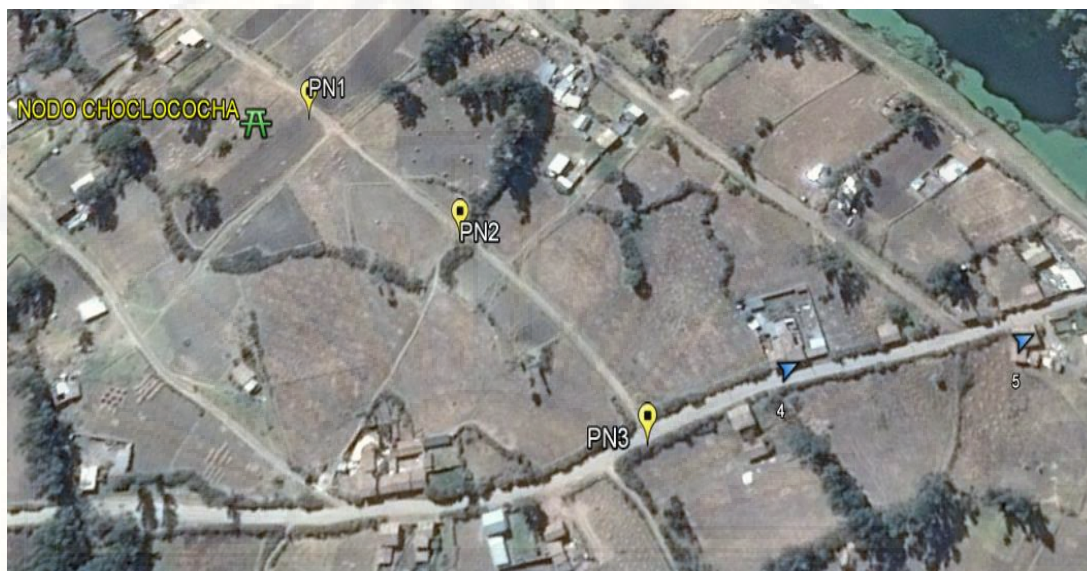


Figura 29. Vista satelital del nodo destino (PN1) ubicado en Choclococha

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 16 y 17 se muestran los resultados del diseño del tendido del cable óptico. La Tabla 16 muestra resultados relativos al cable óptico: longitud de tendido entre postes, distancia entre postes, flecha del cable, bobina empleadas. También, se precisa si el poste es existente o nuevo y su nivel de tensión eléctrica en servicio. Esta tabla es importante, pues permite dimensionar la cantidad de bobinas y fibra a emplear. Por su parte, la tabla 17 muestra aspectos relacionados a la ferretería. En dicha tabla, se precisan el material del poste (concreto o madera); posición y longitud de cable de reserva; tipos, cantidad y ubicación de empalmes; cantidad y ubicación de herrajes de retención, suspensión y soporte empleados; altura del cable sobre el nivel del suelo y, finalmente, la cantidad y ubicación de amortiguadores empleados. La red de transporte incluye el tendido de más de 2.91km de fibra óptica sobre redes de media tensión y en el derecho de la red vial (postes nuevos). Se emplea la infraestructura existente correspondiente a las torres de media tensión. Para el caso de la red vial se considera el empleo de postes plantados en paralelo a la ruta.

Tabla 16

Postes 1 a 23: código y tipo de elemento, distancias entre postes, flechas, spans, longitud de bobina; y niveles de tensión

Nodo/poste	Código de infraestructura	Tipo de elemento	Distancia entre elementos	Flecha	Span	Bobina	USO			
							AT	MT	BT	NP
Choclococha	S/C*	NODO	50.00	0.30	300	306-300 HNC				
1	POSTE NUEVO	POSTE	93.29	1.90	300	306-300 HNC				X
2	POSTE NUEVO	POSTE	79.21	0.40	300	306-300 HNC				X
3	POSTE NUEVO	POSTE	123.30	1.24	300	306-300 HNC				X
4	4VP02762	POSTE	64.24	0.50	300	306-300 HNC		X		
5	4VP02763	POSTE	312.89	4.69	300	306-300 HNC		X		
6	4VP02766	POSTE	101.20	1.01	300	306-300 HNC		X		
9	4VP02767	POSTE	211.36	2.64	300	306-300 HNC		X		
10	4VP02769	POSTE	186.57	1.87	200	206-200 HNC		X		
11	4VP02770	POSTE	100.23	1.00	200	206-200 HNC		X		
12	4VP02771	POSTE	122.16	1.22	200	206-200 HNC		X		
13	4VP02772	POSTE	61.59	0.31	200	206-200 HNC		X		
14	4VP02773	POSTE	101.87	1.02	200	206-200 HNC		X		
15	4VP02777	POSTE	127.76	1.28	200	206-200 HNC		X		
16	4VP02774	POSTE	106.47	1.06	200	206-200 HNC		X		
17	4VP02775	POSTE	162.70	1.63	200	206-200 HNC		X		
18	4VP02776	POSTE	120.86	1.21	200	206-200 HNC		X		
19	4VP49949	POSTE	103.66	1.04	200	206-200 HNC		X		
20	4VP02801	POSTE	107.09	1.07	200	206-200 HNC		X		
21	4VP02795	POSTE	123.56	1.24	200	206-200 HNC		X		
22	4VP02794	POSTE	100.34	1.00	200	206-200 HNC		X		
21	4VP02796	POSTE	52.51	0.26	200	206-200 HNC		X		
22	POSTE NUEVO	POSTE	40.82	0.44	200	206-200 HNC				X
23	POSTE NUEVO	POSTE	62.49	0.48	200	206-200 HNC				X
Pomacocha	S/C*	NODO	50.35	0.49	200	206-200 HNC				

Fuente: Elaboración propia

*S/C: Sin código

Tabla 17*Postes 1 a 23: altura, material, reservas y ferretería requerida*

Nodo/poste	Tipo de elemento	Altura de estructura (m)	Material de estructura	Reserva (m)	Empalme	Herrajes			Alt. del cable (m)
						Retención	Suspensión	Soporte	
Choclococha	Nodo	0	Nodo	40	0	Nodo	0	Nodo	Nodo
1	Poste	12	Concreto				S2	SS	8.5
2	Poste	12	Concreto			R2		SR	8
3	Poste	12	Concreto				S2	SS	8
4	Poste	11	Madera				S2	SS	8
5	Poste	11	Madera				S3	SS	8
6	Poste	11	Madera				S3	SS	8
9	Poste	11	Madera				S3	SS	8
10	Poste	11	Madera	40	Recto	R3		SR	8
11	Poste	11	Madera				S2	SS	8
12	Poste	11	Madera				S2	SS	8
13	Poste	11	Madera				S2	SS	8
14	Poste	11	Madera				S2	SS	8
15	Poste	11	Madera				S2	SS	8
16	Poste	11	Madera			R2		SR	8
17	Poste	11	Madera				S2	SS	8
18	Poste	11	Madera				S2	SS	8
19	Poste	11	Madera				S2	SS	8
20	Poste	11	Madera				S2	SS	8
21	Poste	11	Madera			R2		SR	8
22	Poste	11	Madera				S2	SS	8
21	Poste	11	Madera			R2		SR	8.5
22	Poste	12	Concreto			R1		SR	8
23	Poste	12	Concreto				S1	SS	8
Pomacocha	Nodo	0	0	40	0	Nodo	0	Nodo	Nodo

Fuente: Elaboración propia

Los postes disponibles, a lo largo del recorrido considerado para la fibra óptica, son de media tensión y, también, postes nuevos exclusivos para el tendido de la fibra óptica.

En la Figura 30 se muestra el diagrama unifilar del enlace óptico entre los nodos ubicados en Pomacocha y Choclococha. Este diagrama muestra el kilometraje de cable requerido, además de la ubicación y tipo de empalmes a lo largo del recorrido, los nodos, las secciones, los span por sección, los kilometrajes parciales y total. Así, el enlace óptico entre los nodos requiere un tendido de cable de fibra óptica de 2915.81m y consta de dos tramos con una caja de empalmes rectos ubicado a 1222m del nodo de Choclococha.



Figura 30. Diagrama unifilar de la red de transporte

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.2 Diseño del presupuesto de potencia

El cálculo del presupuesto de potencia es parte esencial del diseño de una troncal óptica. A continuación, se muestran los resultados del procedimiento de diseño seguido de acuerdo con los pasos y recomendaciones detalladas en la sección 2.2.1.3. En la Figura 31 se muestran los datos de las potencias de transmisión y recepción de los transceivers de fibra óptica en los routers de ambos nodos, con alcances de 40km.

Cantidad y pérdida de pares de conectores

Se consideran solo dos pares de conectores al tratarse de un enlace punto a punto. De acuerdo con el estándar IEC 61300-3-7, se toma 0.5dB como pérdida máxima por par de conectores.

Cantidad y pérdidas de empalmes de fusión

El tramo entre ambos nodos consta de tres empalmes (de acuerdo con

las tablas 16 y 17). La pérdida máxima por empalme, de acuerdo con el estándar IEC 61300-3-7 es de 0.1dB.

=====					
Optical Interface					
=====					
Transceiver Data					
Transceiver Type	: SFP				
Model Number	: 3HE05036AAAA01	ALA	IPU3ASLEAA		
TX Laser Wavelength	: 1550 nm		Diag Capable	: yes	
Connector Code	: LC		Vendor OUI	: 00:90:65	
Manufacture date	: 2016/09/14		Media	: Ethernet	
Serial Number	: UWC028H				
Part Number	: FTLX1671D3BTL-A6				
Optical Compliance	: 10GBASE-ER				
Link Length support	: 40km for SMF				
=====					
Transceiver Digital Diagnostic Monitoring (DDM), Internally Calibrated					
=====					
	Value	High Alarm	High Warn	Low Warn	Low Alarm
Temperature (C)	+31.5	+90.0	+85.0	-40.0	-45.0
Supply Voltage (V)	3.30	3.63	3.46	3.13	2.97
Tx Bias Current (mA)	83.1	100.0	95.0	55.0	50.0
Tx Output Power (dBm)	2.00	7.00	4.00	-4.70	-8.70
Rx Optical Power (avg dBm)	-5.81	2.00	-1.00	-15.80	-19.79
=====					

Figura 31. Datos del transceiver de fibra óptica, entre ellos las potencias de transmisión y recepción, también la longitud de onda de trabajo

Fuente: FITEL – MTC

Longitud de tendido de cable de fibra óptica

La longitud de fibra entre ambos nodos es de 2915.81 metros.

Longitud de onda de trabajo

La fibra óptica llevará una onda de 1550nm, es la longitud empleada para tramos troncales de gran alcance.

Pérdidas por kilómetro de fibra óptica a la longitud de onda de trabajo (1550nm)

Según el estándar IEC60793-2-50, las pérdidas/km son como máximo 0.25dB/km a 1550nm de longitud de onda de trabajo en el haz óptico.

Potencias mínima y máxima del transmisor

Esta información es obtenida de los transceivers a los cuales se conectan los dos hilos (transmisor y receptor) que conforman el enlace entre los dos nodos. Según la Figura 30, la potencia de salida del transmisor es de 2dB. Sin embargo, puede variar entre -4.7 y 4dBm.

Sensibilidad y potencia máxima del receptor

Estos valores se obtienen, también, de las características técnicas del transceiver mostrados en la Figura 30. El receptor trabaja con una potencia promedio de entrada de -5.81dB. Sin embargo, puede recibir entre -1 y -15.8dBm. Este último valor viene a ser su sensibilidad; es decir, el menor nivel de potencia que puede reconocer.

Penalización total de potencia

La penalización de potencia consta de dos partes:

- Penalización de potencia, lo da el fabricante, es de 2dB.
- Margen de reparación, típicamente se consideran dos empalmes de 0.3dB cada uno; da un total de 0.6dB.

La suma de los resultados previos viene a ser la penalización total de potencia (2.6dB).

Las variables de salida son las siguientes (todo considerado a 1550nm):

Atenuación total del sistema de cableado

Es la suma de pérdidas por los conectores, empalmes y la fibra.

Dos conectores, las pérdidas máximas son de $0.5\text{dB} \times 2 = 1\text{dB}$

Tres empalmes, las pérdidas máximas son de $0.1\text{dB} \times 3 = 0.3\text{dB}$

2915.81 metros de fibra óptica, las pérdidas máximas son de $0.25\text{dB} \times 2.915\text{km} = 0.729\text{dB}$

Luego, la atenuación total del sistema de cableado es:

$$1 + 0.3 + 0.729 = 2.029\text{dB}$$

Ganancia del sistema

Es la diferencia entre la potencia del transmisor y la sensibilidad o mínima potencia de recepción. Se consideran dos situaciones:

Con potencia máxima de transmisión:

$$\text{Ganancia del sistema} = 4\text{dBm} - (-15.8\text{dBm}) = 19.8\text{dB}$$

Con potencia mínima de transmisión:

$$\text{Ganancia del sistema} = -4.7\text{dBm} - (-15.8\text{dBm}) = 11.1\text{dB}$$

Presupuesto total de pérdida por enlace

Se calcula como la diferencia entre la ganancia del sistema y la penalización total de potencia. Igualmente se presentan dos casos extremos según la potencia del transmisor.

Con potencia máxima de transmisión:

$$\text{Presupuesto total de pérdida por enlace} = 19.8\text{dB} - 2.6\text{dB} = 17.2\text{dB}$$

Con potencia mínima de transmisión:

$$\text{Presupuesto total de pérdida por enlace} = 11.1\text{dB} - (2.6\text{dB}) = 8.5\text{dB}$$

Margen de desempeño del sistema

Se calcula como la diferencia entre el presupuesto total de pérdida por enlace y la atenuación total del sistema de cableado. De acuerdo con la potencia del transmisor, tenemos dos casos extremos:

Con potencia máxima de transmisión:

$$\text{Margen de desempeño del sistema} = 17.2\text{dB} - 2.029\text{dB} = 15.171\text{dB}$$

Con potencia mínima de transmisión:

$$\text{Margen de desempeño del sistema} = 8.5\text{dB} - (2.029\text{dB}) = 6.471\text{dB}$$

4.1.2 Resultados de indicadores de la red de transporte

En esta sección se muestran los resultados, por cada indicador, del diseño de la red de transporte.

4.1.2.1 Presupuesto óptico de potencia

En la Tabla 18 se muestran los resultados del indicador presupuesto óptico de potencia. El presupuesto total de pérdida es adecuado y suficiente pues los márgenes de desempeño del sistema garantizan que la potencia de recepción tenga siempre valores dentro de los umbrales de operación requeridos por el transceiver óptico.

Tabla 18

Resultados del indicador presupuesto óptico de potencia

Variable	Valor	
	Con potencia de transmisión mínima	Con potencia de transmisión máxima
Atenuación total del sistema de cableado	2.029dB	2.029dB
Ganancia del sistema	11.1dB	19.8dB
Presupuesto total de pérdida por enlace	8.5dB	17.2dB
Margen de desempeño del sistema	6.471dB	15.171dB

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Validación de la red de transporte

Las redes de transporte se validan mediante la ejecución de una serie de pruebas estandarizadas de caracterización del enlace óptico. Para los alcances del presente trabajo, y según la dimensión considerada para la variable independiente, se presenta la validación de la red de transporte en lo que respecta al presupuesto óptico de potencia. El objetivo de la prueba es determinar, de forma precisa, la pérdida total de cada uno de los hilos del cable óptico entre los nodos enlazados.

Además de dispositivos y materiales de limpieza óptica, la ejecución de la prueba se realizó siguiendo el estándar OFSTP-7 (TIA/EIA-526-7) y mediante dos dispositivos:

- Fuente de luz a 1550nm (se empleó la fuente FSL-300 de EXFO)
- Medidor de potencia (se empleó el medidor EPM-50 de EXFO)

En la Figura 32 se muestra las conexiones realizadas. La prueba se realiza por cada hilo y en ambos sentidos.

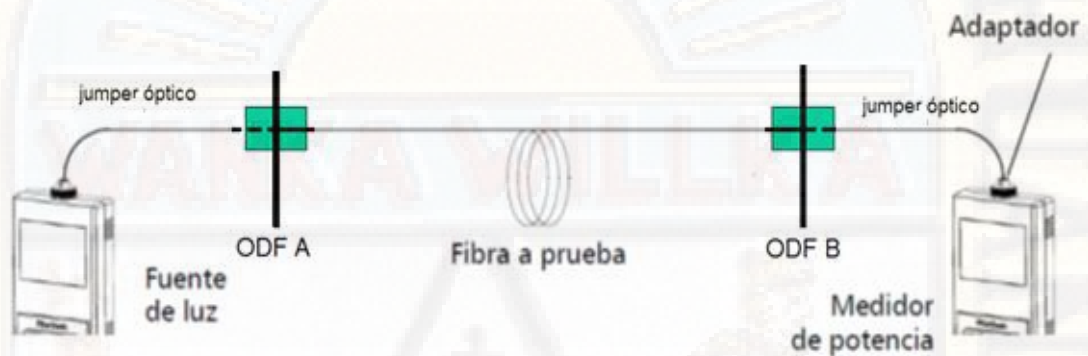


Figura 32. Conexiones y medición de las pérdidas en hilo óptico, sentido AB

Fuente: FITEL – MTC



Figura 33. Medición de pérdidas de potencia en uno de los hilos del cable óptico con EPM-50 de EXFO

Fuente: FITEL – MTC

En base a las mediciones realizadas en cada hilo, en ambos sentidos, se completó la Tabla x. Según esta tabla, se puede comprobar que ninguna de las mediciones sobrepasa el valor máximo teórico esperado (2.029dB) según diseño realizado.

Tabla 19

Mediciones de pérdidas de potencia en el cable óptico

Nº Fibra	Medida A-B (dB)	Medida B-A (dB)	Promedio (dB)
1	1.75	1.72	1.74
2	1.71	1.75	1.73
3	1.72	1.68	1.7
4	1.76	1.73	1.75
5	1.75	1.74	1.75
6	1.74	1.68	1.71
7	1.76	1.71	1.74
8	1.7	1.68	1.69
9	1.76	1.7	1.73
10	1.68	1.72	1.7
11	1.68	1.75	1.72
12	1.77	1.79	1.78

4.1.4 Resultados de indicadores de la comunicación de datos

En esta sección se presentan los resultados correspondientes a los indicadores de las dimensiones consideradas para la variable dependiente comunicación de datos. Así, la Tabla 19 contiene los resultados de la velocidad de datos (en kbps) como indicador de la dimensión ancho de banda. Los datos mostrados corresponden a un post test del grupo experimental, según el diseño considerado, consistente en una muestra de 60 viviendas del poblado de Choclococha.

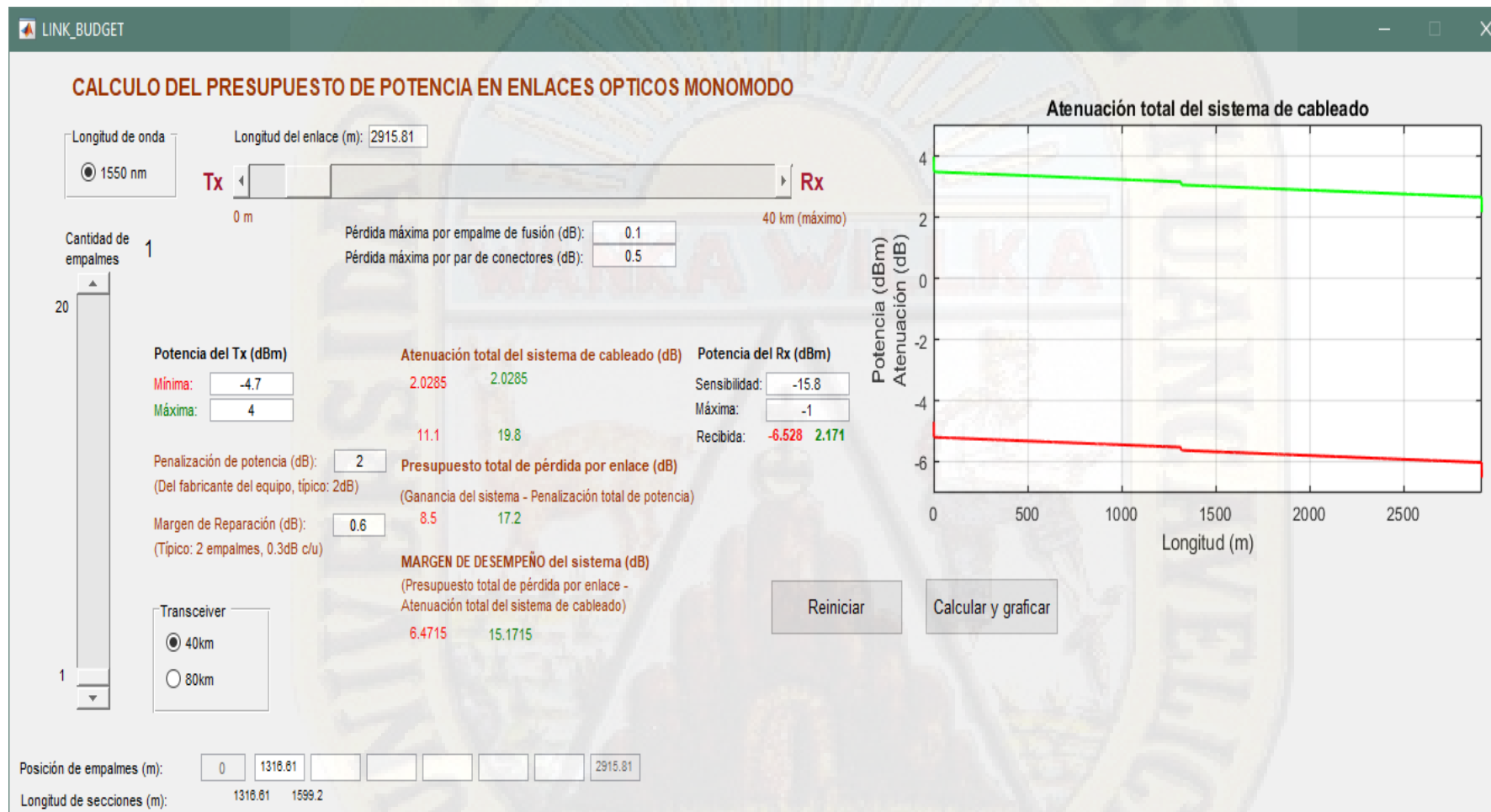


Figura 34. Aplicación desarrollada en Matlab para el cálculo y verificación de la atenuación total del enlace y el margen de desempeño del sistema. Se muestran los casos de transmisión con potencias mínima y máxima.

Fuente: Desarrollo del autor empleando Matlab (código fuente en Apéndice)

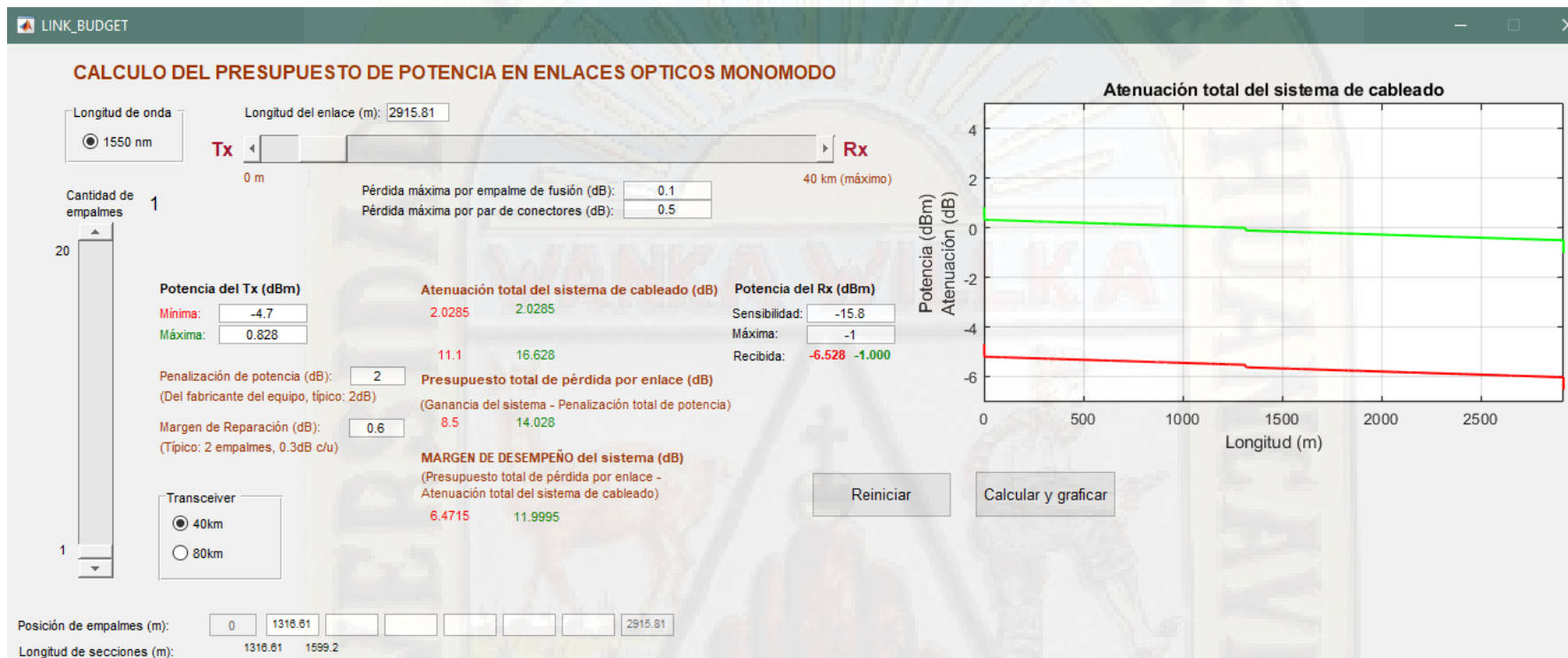


Figura 35. Aplicación desarrollada en Matlab para el cálculo y verificación de la atenuación total del enlace y el margen de desempeño del sistema. Se muestran los casos de transmisión con potencias mínima y máxima tolerable.

Fuente: Desarrollo del autor empleando Matlab (código fuente en Apéndice)

Tabla 20*Resultados de las mediciones de velocidad de datos en los usuarios*

Medición	Fecha	Hora	Velocidad de bajada (down link speed) (Kbps)	Velocidad de subida (up link speed) (Kbps)
1	25/10/2018	8:00 – 9:00	817	201
2	25/10/2018	9:00 – 10:00	820	208
3	25/10/2018	10:00 – 11:00	821	200
4	25/10/2018	11:00 – 12:00	816	199
5	25/10/2018	12:00 – 13:00	818	204
6	25/10/2018	14:00 – 15:00	814	202
7	25/10/2018	15:00 – 16:00	823	200
8	25/10/2018	16:00 – 17:00	822	201
9	25/10/2018	17:00 – 18:00	815	198
10	26/10/2018	8:00 – 9:00	818	187
11	26/10/2018	9:00 – 10:00	817	200
12	26/10/2018	10:00 – 11:00	825	201
13	26/10/2018	11:00 – 12:00	817	200
14	26/10/2018	12:00 – 13:00	810	208
15	26/10/2018	14:00 – 15:00	824	203
16	26/10/2018	15:00 – 16:00	818	204
17	26/10/2018	16:00 – 17:00	817	200
18	26/10/2018	17:00 – 18:00	819	197
19	27/10/2018	8:00 – 9:00	817	199
20	27/10/2018	9:00 – 10:00	822	202
21	27/10/2018	10:00 – 11:00	815	208
22	27/10/2018	11:00 – 12:00	818	208
23	27/10/2018	12:00 – 13:00	815	205
24	27/10/2018	14:00 – 15:00	821	210
25	27/10/2018	15:00 – 16:00	818	204
26	27/10/2018	16:00 – 17:00	825	208
27	27/10/2018	17:00 – 18:00	818	203
28	29/10/2018	8:00 – 9:00	819	209
29	29/10/2018	9:00 – 10:00	821	210
30	29/10/2018	10:00 – 11:00	825	208

Fuente: Elaboración del autor

Tabla 20 (cont.)*Resultados de las mediciones de velocidad de datos en los usuarios*

Medición	Fecha	Hora	Velocidad de bajada (down link speed) (Kbps)	Velocidad de subida (up link speed) (Kbps)
31	29/10/2018	11:00 – 12:00	815	207
32	29/10/2018	12:00 – 13:00	817	202
33	29/10/2018	14:00 – 15:00	824	200
34	29/10/2018	15:00 – 16:00	819	205
35	29/10/2018	16:00 – 17:00	816	207
36	29/10/2018	17:00 – 18:00	823	209
37	30/10/2018	8:00 – 9:00	818	205
38	30/10/2018	9:00 – 10:00	816	201
39	30/10/2018	10:00 – 11:00	824	200
40	30/10/2018	11:00 – 12:00	817	206
41	30/10/2018	12:00 – 13:00	824	204
42	30/10/2018	14:00 – 15:00	820	209
43	30/10/2018	15:00 – 16:00	819	200
44	30/10/2018	16:00 – 17:00	811	207
45	30/10/2018	17:00 – 18:00	817	209
46	31/10/2018	8:00 – 9:00	820	203
47	31/10/2018	9:00 – 10:00	819	207
48	31/10/2018	10:00 – 11:00	821	205
49	31/10/2018	11:00 – 12:00	814	209
50	31/10/2018	12:00 – 13:00	820	204
51	31/10/2018	14:00 – 15:00	819	199
52	31/10/2018	15:00 – 16:00	819	208
53	31/10/2018	16:00 – 17:00	822	205
54	31/10/2018	17:00 – 18:00	821	203
55	01/11/2018	8:00 – 9:00	827	204
56	01/11/2018	9:00 – 10:00	818	209
57	01/11/2018	10:00 – 11:00	819	207
58	01/11/2018	11:00 – 12:00	824	201
59	01/11/2018	12:00 – 13:00	819	204
60	01/11/2018	12:00 – 13:00	818	206

Fuente: Elaboración del autor

La Tabla 20, muestra los resultados de las mediciones de potencia de recepción inalámbrica para la dimensión cobertura. Corresponden a un post test del grupo experimental en una muestra de 60 viviendas de Choclococha.

Tabla 21

Mediciones de niveles de recepción inalámbrica

Medición	Latitud sur	Longitud oeste	Altura sobre el nivel del mar (m)	Potencia de recepción (dBm) Down link RSSI
1	12° 28' 3.8"	74° 46' 23.15"	2701	-78
2	12° 28' 4.4"	74° 46' 23.13"	2695	-77
3	12° 28' 5.18"	74° 46' 23.12"	2690	-75
4	12° 28' 5.73"	74° 46' 23.1"	2688	-76
5	12° 28' 6.15"	74° 46' 20.97"	2698	-75
6	12° 28' 6.35"	74° 46' 20.32"	2699	-74
7	12° 28' 6.67"	74° 46' 19.34"	2700	-74
8	12° 28' 7. 3"	74° 46' 18.83"	2701	-72
9	12° 28' 8. 23"	74° 46' 18.74"	2700	-71
10	12° 28' 9. 1"	74° 46' 18.63"	2691	-69
11	12° 28' 9.61"	74° 46' 18.54"	2689	-68
12	12° 28' 10.12"	74° 46' 18.14"	2690	-69
13	12° 28' 11.34"	74° 46' 17.93"	2694	-70
14	12° 28' 11.98"	74° 46' 17.48"	2683	-66
15	12° 28' 12.21"	74° 46' 16.42"	2688	-65
16	12° 28' 12.83"	74° 46' 16.91"	2692	-66
17	12° 28' 13.39"	74° 46' 15.39"	2689	-62
18	12° 28' 13.52"	74° 46' 15.11"	2690	-63
19	12° 28' 13.71"	74° 46' 14.93"	2687	-62
20	12° 28' 12.91"	74° 46' 14.38"	2694	-60
21	12° 28' 12.62"	74° 46' 13.12"	2691	-60
22	12° 28' 13.23"	74° 46' 12.65"	2689	-59
23	12° 28' 13.91"	74° 46' 11.58"	2701	-58
24	12° 28' 14.65"	74° 46' 10.48"	2698	-59
25	12° 28' 16.32"	74° 46' 10.21"	2688	-58
26	12° 28' 19.08"	74° 46' 9.73"	2686	-59
27	12° 28' 17.56"	74° 46' 7.27"	2697	-55
28	12° 28' 18.51"	74° 46' 7.27"	2697	-56
29	12° 28' 19.68"	74° 46' 7.27"	2698	-55
30	12° 28' 21.32"	74° 46' 3.41"	2696	-54

Tabla 21 (cont.)*Mediciones de niveles de recepción inalámbrica*

Medición	Latitud sur	Longitud oeste	Altura sobre el nivel del mar (m)	Potencia de recepción (dBm) Down link RSSI
31	12° 28' 21.1"	74° 46' 3.44"	2694	-53
32	12° 28' 20.43"	74° 46' 3.49"	2699	-49
33	12° 28' 20.9"	74° 46' 2.58"	2701	-48
34	12° 28' 21.65"	74° 46' 2.22"	2702	-50
35	12° 28' 22.24"	74° 46' 2.03"	2700	-53
36	12° 28' 22.84"	74° 46' 1.95"	2698	-52
37	12° 28' 23.65"	74° 46' 3.26"	2690	-55
38	12° 28' 22.76"	74° 46' 4.43"	2694	-55
39	12° 28' 22.12"	74° 46' 4.78"	2693	-56
40	12° 28' 21.44"	74° 46' 5.01"	2693	-58
41	12° 28' 21.78"	74° 46' 4.71"	2697	-59
42	12° 28' 21.14"	74° 46' 4.42"	2694	-61
43	12° 28' 22.47"	74° 46' 4.55"	2692	-60
44	12° 28' 22.41"	74° 46' 4.6"	2699	-59
45	12° 28' 22.39"	74° 46' 4.63"	2694	-63
46	12° 28' 23.38"	74° 46' 3.78"	2690	-62
47	12° 28' 23.38"	74° 46' 2.16"	2695	-63
48	12° 28' 23.56"	74° 46' 2.34"	2694	-64
49	12° 28' 23.97"	74° 46' 2.62"	2693	-65
50	12° 28' 24.3"	74° 46' 2.66"	2689	-65
51	12° 28' 24.38"	74° 46' 2.53"	2687	-68
52	12° 28' 24.41"	74° 46' 2.38"	2691	-70
53	12° 28' 24.43"	74° 46' 1.38"	2694	-70
54	12° 28' 24.44"	74° 46' 1.26"	2695	-71
55	12° 28' 24.43"	74° 46' 1.21"	2696	-72
56	12° 28' 25.45"	74° 46' 2.15"	2685	-72
57	12° 28' 26.75"	74° 46' 2.03"	2674	-75
58	12° 28' 27.23"	74° 46' 1.65"	2680	-73
59	12° 28' 28.0"	74° 46' 1.13"	2669	-74
60	12° 28' 28.47"	74° 45' 59.56"	2674	-73

Fuente: Elaboración del autor

4.1.5 Prueba de hipótesis

Dado que el diseño de investigación empleado es de tipo pre experimental, solo con grupo experimental y post test, las mediciones realizadas a los indicadores de la variable independiente se sometieron a prueba de hipótesis. Existen un total de dos hipótesis específicas, las mismas que se verifican a continuación siguiendo los pasos descritos en la sección 3.9 (Descripción de prueba de hipótesis).

a) Hipótesis 1

Una red de transporte, con fibra monomodo, mejora el ancho de banda para la comunicación de datos en la población de Choclococha - Huancavelica.

Se empleó la prueba de hipótesis estadística Z, unilateral y con distribución normal. La hipótesis conceptual se formula de forma estadística: hipótesis nula e hipótesis alternativa. Para ello, es necesario mencionar que, de acuerdo con el Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones, emitida el 10 de octubre de 2014, mediante la Resolución del Consejo Directivo del OSIPTEL N° 123-2014-CD-OSIPTEL¹, y en vigencia desde el mes de marzo de 2015, las operadoras están obligadas a brindar y garantizar que las velocidades mínimas de sus enlaces de Internet sean del 40% de la contratada, tanto de subida como de bajada. Para una velocidad contratada de bajada de 2Mbps y de subida de 512Kbps, el operador garantiza que las velocidades mínimas sean de 819.2Kbps y 204.8Kbps, respectivamente. Se demostrará que la velocidad del servicio de acceso a Internet al usuario final es igual o superior a esos valores.

Hipótesis nula, H_0

El ancho de banda (velocidad de datos o throughput) en los usuarios del servicio de Internet con red de transporte es igual a 819.2Kbps (para descarga) e igual a 204.8Kbps (para subida).

Hipótesis alternativa, H_1

¹ <https://www.osiptel.gob.pe/Archivos/ResolucionAltaDireccion/ConsejoDirectivo/Res123-2014-CD.pdf>

El ancho de banda (velocidad de datos o throughput) en los usuarios del servicio de Internet con red de transporte es mayor a 819.2Kbps (para descarga) y mayor a 204.8Kbps (para subida).

Se realizó la verificación de la hipótesis nula H_0 , tanto para el ancho de banda de bajada como para el ancho de banda de subida, empleando los estadísticos mostrados en la Tabla 21.

Tabla 22

Estadísticos obtenidos de las mediciones de ancho de banda

Estadístico	Velocidad de bajada (down link speed) (Kbps)	Velocidad de subida (up link speed) (Kbps)
Promedio	819.1	204.3
Desviación estándar	3.5	4.3

Fuente: Elaboración propia del autor

BAJADA

Según los datos de la Tabla 21, tenemos:

$$\bar{x} = 819.1 \text{ Kbps}$$

Es el valor medio muestral, es el promedio de las mediciones de la velocidad de bajada.

$$\sigma = 3.5 \text{ Kbps}$$

Es la desviación estándar de las mediciones de la velocidad de bajada

Además, $\mu_0 = 819.2 \text{ Kbps}$, es el valor medio esperado

Se determina, a continuación, la zona de aceptación.

Para un nivel de significación de $\alpha = 0.1$ (nivel de confianza del 90%), se determinó el intervalo de aceptación mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Intervalo de aceptación} = \left[\mu_0 - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \infty \right]$$

Donde:

n Tamaño de la muestra (60)

z_{α} Estadístico, valor crítico, su valor es de 1.65 para $\alpha = 0.1$ o nivel de confianza de 90% (1.65)

$z_{\alpha/2}$ Igual a $0.1/2 = 0.05$, corresponde a un nivel de confianza de 1.96

Reemplazando los valores:

$$\text{Intervalo de aceptación} = \left[819.2 - 1.96 \frac{3.5}{\sqrt{60}}, \infty \right]$$

$$\text{Intervalo de aceptación} = [818.32, \infty]$$

Conclusión: se verificó que el valor promedio obtenido de velocidad de bajada (819.1 Kbps) es mayor que 818.32; es decir, está dentro del intervalo de confianza. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) en favor de la hipótesis alternativa.

SUBIDA

Según los datos de la Tabla 21, tenemos:

$$\bar{x} = 204.3 \text{ Kbps}$$

Es el valor medio muestral, es el promedio de las mediciones de la velocidad de subida.

$$\sigma = 4.3 \text{ Kbps}$$

Es la desviación estándar de la velocidad de subida

Además, $\mu_0 = 204.8 \text{ Kbps}$, es el valor medio esperado

Se determina, a continuación, la zona de aceptación.

Para un nivel de significación de $\alpha = 0.1$ o nivel de confianza de 0.9, se determinó el intervalo de aceptación mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Intervalo de aceptación} = \left[\mu_0 - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \infty \right]$$

Donde:

n Tamaño de la muestra (60)

z_{α} Valor crítico, es 1.645 para $\alpha = 0.05$ o nivel de confianza de 0.95

$z_{\alpha/2}$ Igual a $0.1/2 = 0.05$, corresponde a un nivel de confianza del 95% (1.96)

Reemplazando los valores:

$$\text{Intervalo de aceptación} = \left[204.8 - 1.96 \frac{4.3}{\sqrt{60}}, \infty \right]$$

$$\text{Intervalo de aceptación} = [203.7, \infty]$$

Conclusión: se verificó que el valor promedio obtenido (204.3 Kbps) es mayor que 203.7Kbps; es decir, está dentro del intervalo de confianza. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0), para velocidad de subida, en favor de la hipótesis alternativa correspondiente.

Se comprobó que las velocidades, tanto de subida como de bajada, son mayores a las indicadas como umbrales acordes a los exigidos según normas vigentes. De forma complementaria, comparamos estas velocidades con las del servicio satelital ofrecidas en Choclococha. Según la Tabla 1.3, la velocidad de subida de este servicio es de 512Kbps (a un costo de S/ 950.00 mensual). Esta velocidad de subida está por debajo de la velocidad de 2Mbps (u 819.2Kbps garantizados) ofrecida por el servicio mediante fibra óptica. Para el caso de la velocidad de subida, los servicios satelitales ofrecen 128Kbps frente a los 201.9Kbps del servicio mediante fibra óptica. Existen servicios satelitales a velocidades mayores pero su costo sube prohibitivamente para usuarios comunes.

b) Hipótesis 2

Una red de transporte, mediante fibra monomodo, mejora la cobertura de la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica.

Se empleó la prueba de hipótesis estadística Z, unilateral y con distribución normal. La hipótesis conceptual se formula de forma estadística: hipótesis nula e hipótesis alternativa. Para ello, es necesario mencionar que la potencia de recepción mínima (sensibilidad del receptor) es de -86dBm, valor señalado por el fabricante de los equipos, Cambiun Networks y corresponde a la mínima potencia reconocible por

el receptor. Se demostrará que la potencia promedio recibida es superior a ese valor. Para ello, se plantearon dos hipótesis estadísticas.

H_0 , hipótesis nula

Mediante la red de acceso inalámbrica la potencia promedio de recepción es igual a -86dBm no lográndose cobertura adecuada en toda la localidad considerada.

H_1 , hipótesis alternativa

Con la red de acceso inalámbrica la potencia promedio de recepción es mayor a -86dBm lográndose cobertura en toda la localidad considerada.

En la Tabla 22 se muestran los estadísticos obtenidos de las mediciones realizadas en la muestra de tamaño.

Tabla 23

Mediciones de niveles de recepción inalámbrica

Estadístico	Potencia de recepción (dBm)
	Downlink RSSI
Promedio	-63.9
Desviación estándar	8.0

Según la Tabla 22, tenemos:

$\bar{x} = -63.9dBm$ Promedio de las mediciones de la potencia de recepción

$\sigma = 8 dBm$ Desviación estándar de las mediciones de la potencia de recepción

Además, $\mu_0 = -86dBm$, es el valor medio esperado

Para un nivel de significación de $\alpha = 0.1$, o nivel de confianza de 0.9, se determinó el intervalo de confianza mediante la siguiente fórmula:

$$Intervalo\ de\ confianza = \left[\bar{x} - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \infty \right]$$

Donde:

n	Tamaño de la muestra (60)
z_{α}	Estadístico, valor crítico, su valor es de 1.645 para $\alpha = 0.1$ o nivel de confianza de 0.9
$z_{\alpha/2}$	Su valor es de 1.96 para $\alpha/2 = 0.05$ o nivel de confianza de 0.95

Se reemplazó los valores, obteniéndose el siguiente intervalo de confianza:

$$\text{Intervalo de confianza} = \left[-86 - 1.96 \frac{8.0}{\sqrt{60}}, \infty \right]$$

$$\text{Intervalo de confianza} = [-88.02, \infty]$$

Conclusión: se verificó que el valor promedio obtenido en las mediciones de potencia de recepción (-63.9 dBm) fue mayor que el límite inferior (-88.02 dBm) del intervalo de confianza; es decir, está dentro de dicho intervalo. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) en favor de la hipótesis alternativa H_1 .

4.2 Discusión de resultados

Se discute a continuación los resultados, obtenidos en el presente trabajo, por cada una de las dimensiones de las variables consideradas.

Variable independiente: Red de Transporte

Dimensión: Troncal óptica, Indicador 2: Presupuesto óptico

Según la Tabla 18, se encontró que el presupuesto óptico de potencia, caracterizado por el margen de desempeño del sistema, es de 6.496dB con potencia de transmisión mínima y de 15.196dB con potencia de transmisión máxima. Estos resultados, evaluados en el peor caso (a menor potencia de transmisión) y en el mejor caso (a mayor potencia de transmisión) evidencian que la troncal óptica dispone de buen margen para eventuales problemas de degradación de señal debido a diversos factores como los ambientales, de mantenimiento de conectores, nuevos empalmes u otros. Así mismo, los resultados muestran que la atenuación total del sistema de

cableado (es decir, las pérdidas de potencia debido a la fibra, empalmes y conectores que conforman la troncal), es apenas de 2.004dB. La ganancia del sistema (es decir, la diferencia de potencias del transmisor y receptor) está en el rango de 11.1dB a 19.8dB. también, el presupuesto total de pérdida por enlace está en el rango de 17.2 a 8.5dB. Todos esos valores ponen en evidencia que el sistema dispone de margen suficiente de trabajo que cubre cualquier pérdida de potencia debido a causas diversas como falta de mantenimiento, nuevos empalmes por reparación, degradación de componentes, entre otros. El procedimiento de cálculo seguido no es el mismo que otros autores mencionados en los antecedentes; por ejemplo, Guerrero (2017) solo muestra como resultado una tabla conteniendo las pérdidas de cada elemento de la troncal y sumando un margen de reserva, por todo concepto, de solo 3dB. Es el mismo caso de Gutiérrez (2014) y Criollo (2015) con la diferencia que suman dos márgenes de reserva, uno de 3dB por equipos y otro de 2dB por la fibra. Por su parte, otros autores, como Gómez (2015) y Núñez (2018), consideran los diversos elementos del enlace, sin embargo, sus procedimientos de cálculo son poco detallados al no considerar la potencia de transmisión ni la sensibilidad del receptor. Cabe mencionar que ningún autor emplea un procedimiento de cálculo basado en recomendaciones internacionales como si es el caso del presente estudio. Otro aspecto importante del presupuesto óptico son las pérdidas por dispersión consideradas por algunos autores como Bedregal (2012) para una red provincial en la región San Martín. Este tipo de pérdidas no están incluidas en los resultados del presupuesto óptico del presente estudio debido a que no se manifiestan a velocidades menores a los 10Gbps (ver Sección 2.2.1.1). Bedregal (2012) toma en cuenta las atenuaciones por dispersión ya que su estudio se realiza para 10Gbps.

Variable dependiente: Comunicación de datos

Dimensión: Ancho de banda, Indicador: velocidad de datos

La Tabla 19 muestra los resultados de la velocidad de datos en la muestra considerada. El indicador de velocidad de datos realmente consta de dos velocidades, la de subida y la de bajada, siendo común indicar comercialmente solo la de bajada (2Mbps). Los datos muestran que la velocidad de bajada, o de descarga, es siempre mayor que la de subida. Esto está en concordancia no solo con lo ofrecen

comercialmente las operadoras de telecomunicaciones, sino por el hecho que los usuarios de Internet generan más tráfico de descarga que de subida. Para ambas velocidades, los resultados muestran variación alrededor del valor mínimo esperado que, según normativa impuesta por el organismo regulador, las operadoras deben cumplir para garantizar condiciones mínimas de servicio en cuanto a la velocidad de datos contratada por el cliente. En las zonas rurales del Perú, la velocidad propuesta por el MTC, FITELE (2014), y la ofrecida por las operadoras es de 2Mbps (de bajada), esta velocidad, relativamente reducida, es apropiada a la baja densidad poblacional, y por ende bajo tráfico, de esas zonas. Similar situación se refleja en otros países de la región, como Colombia, Rodríguez (2014), donde también se ofrece 2Mbps a las instituciones públicas dentro del plan de banda ancha de ese país. 2Mbps es la velocidad más baja y económica, apropiada para introducir los servicios digitales en zonas rurales. Conforme aumenta el tráfico por usuario, se incrementa la velocidad ofertada. Por ejemplo, en Cajamarca se ofrece 4Mbps a usuarios en las ciudades, Fernández (2013). De los 2Mbps de bajada, se garantiza solo el 40%; para subida la velocidad ofrecida es de 512Kbps e, igualmente, se garantiza solo el 40%. Así, el sistema óptico garantiza solo 819.2Kbps de bajada (40% de 2Mbps) y 204.8Kbps de subida (40% de 2Mbps). Comparado con el sistema satelital (Tabla 3), muy común en zonas rurales aisladas o de difícil acceso, y empleado usualmente por empresas privadas y algunas entidades estatales, este garantiza solo el 15% de la velocidad contratada. Así, solo garantiza 76.8Kbps de bajada (15% de 512Kbps) y 19.2Kbps de subida (15% de 128Kbps). Estos resultados están muy por debajo a los ofrecidos por el sistema óptico. Estas amplias diferencias de velocidades a favor del sistema óptico se traducen en una mejor calidad de servicio. Fernández y Sanchez (2014) muestran resultados de mediciones de velocidad satelital en un estudio en Huancavelica, similar al presente trabajo, arrojando como velocidad promedio de descarga y subida los 10Kbps. Cabe señalar que la velocidad de datos depende mucho del presupuesto de potencia; es decir, si la potencia de la señal se degrada, la velocidad cae y se manifiesta ante el usuario como latencias, intermitencias o cortes en su servicio. A diferencia del sistema óptico, es conocida la falta de robustez del sistema satelital, muy sensible a problemas ambientales como las lluvias y fenómenos ambientales eléctricos muy comunes en la serranía peruana. Cruz (2010), en un estudio realizado al evaluar

alternativas tecnológicas para zonas rurales, menciona que la velocidad típica para el servicio de Internet mediante la tecnología satelital es de 600Kbps y concluye que, dentro de los criterios de decisión, está el tecnológico: la alternativa debe brindar calidad de servicio y potencial de expansión a futuro. Concluye y recomienda que la alternativa basada en fibra como red troncal e inalámbrica como red de acceso es la mejor. Del mismo modo, Montes (2013) analiza la tecnología satelital VSAT empleada en medios rurales y concluye igual que Cruz (2010), favor de la tecnología óptica actualmente en pleno auge y masificación.

Dimensión: Cobertura. Indicador: Potencia de recepción (RSSI)

La Tabla 20 demuestra que el nivel de recepción de la señal inalámbrica (parámetro conocido como RSSI, por sus siglas en inglés) toma valores por encima de la potencia mínima reconocible por el equipo receptor del cliente. Mediciones y resultados similares son mostrados por Fernández y Sánchez (2014), pero con una muestra de solo 31 mediciones con el fin de demostrar que la potencia recibida es mayor a la mínima reconocible por el equipo receptor inalámbrico ubicado en las instalaciones del usuario. Elias (2016) y Guerrero (2017), en sus respectivos trabajos, para mejorar las telecomunicaciones en las provincias de Bagua y Santa Cruz, respectivamente, consideran en sus resultados la potencia mínima de recepción para garantizar que la señal inalámbrica sea reconocida por el equipo receptor. Esta potencia mínima, especificada por el fabricante de los equipos empleados es, para el presente estudio, de -86dBm. A diferencia de la velocidad de datos, los valores obtenidos para la potencia de recepción no pueden ser menores a la mínima especificada por el fabricante; si ocurriera tal situación implicaría que el servicio se viera afectado. Los datos de la Tabla 20 muestran, también, que la potencia recibida por el cliente toma valores más bajos en aquellos puntos geográficos (dados por sus coordenadas) más alejados de la antena transmisora (ubicada en el nodo de Choclococha). Conforme los puntos de medición son más próximos a la antena transmisora, la potencia de la señal recibida por el cliente es mayor. El peor caso corresponde a la medición 1 en la que se obtuvo una potencia de recepción de -78dBm, 12dB por encima del mínimo aceptable. Este margen puede contrarrestar eventuales problemas de comunicación como los debidos a factores ambientes. Sin embargo, a

diferencia de los sistemas satelitales, no afectaría por igual a todos los usuarios sino solo a los ubicados más lejos de la antena transmisora. Los resultados demuestran que la cobertura de la señal, y por ende del servicio, se da en toda el área geográfica del poblado de Choclococha estando totalmente disponible para nuevos usuarios. El nivel de señal se ve influenciado, también, por la banda de frecuencia empleada. Al igual que Guerrero y Elias, el presente estudio emplea la banda libre de 5GHz debido a que es una banda aun poco empleada lo cual ayuda a evitar interferencias de señales más comunes en la banda de 2.4GHz. Como en el presente estudio, otros autores, tales como Fernández y Sánchez (2014), Elias (2016) y Guerrero (2017), realizaron sus trabajos considerando radios y antenas del fabricante Cambium Networks. Sin embargo, el proceso de diseño de los radioenlaces lo realizaron con el software RadioMobile. Si bien este software es de amplio uso en los ambientes académicos y profesionales, actualmente Cambium Networks se ha convertido en líder de tecnologías inalámbricas brindando gratuitamente su propio software de diseño de radio enlaces punto a punto y punto-multipunto el cual es empleado en el presente estudio.

Conclusiones

Acorde a los objetivos e hipótesis propuestos en la presente investigación, se presentan a continuación las respectivas conclusiones.

- a) La aplicación de una red de transporte, con fibra monomodo, en la población de Choclococha, Huancavelica, mejoró el ancho de banda de la comunicación de datos. Esta conclusión se fundamenta en los resultados obtenidos en el presente trabajo. Así, la Tabla 18, muestra que el indicador de presupuesto óptico de potencia es completamente óptimo al brindar márgenes de desempeño amplios (6.5dB para potencia de transmisión mínima y 15.2dB a máxima potencia). Estos márgenes, calculados en base a procedimientos recomendados por BICSI (*The Building Industry Consulting Service International, Inc.*) consideran todas las causas posibles de degradación del sistema o eventuales descensos de la potencia de la señal óptica. Este aspecto es sumamente importante pues garantiza que la señal transmitida siempre tendrá niveles adecuados de potencia y, por ende, garantiza, también, la velocidad del servicio tal como se ve reflejado en los resultados de las mediciones de ancho de banda de los usuarios mostrados en la Tabla 19. En dicha tabla se constata que la velocidad de datos o ancho de banda del cliente cumple con la velocidad mínima exigida según normativa vigente, tanto de subida como de bajada y qué, además, son muy superiores a los ofrecidos por los sistemas VSAT de tecnología satelital.
- b) La aplicación de una red de transporte, con fibra monomodo, en la población de Choclococha, Huancavelica, mejoró la cobertura de la comunicación de datos. Esta conclusión se fundamenta en los resultados mostrados en la Tabla 20 en la cual se constata que la cobertura de la comunicación de datos, medido a través del nivel de señal inalámbrica recibida (RSSI) en los equipos de los usuarios, es completa, en todo el ámbito geográfico del poblado de Choclococha pues los puntos de medición considerados cubren toda el área de interés y por el hecho de que cada usuario recibe una señal con nivel de potencia por encima del mínimo especificado por el fabricante (sensibilidad del receptor) y con ancho de banda

según lo esperado. Debe tenerse en cuenta que la cobertura no debe considerarse solo como geográfica sino, además, con cobertura de ancho de banda adecuado a cada usuario. Así, el uso de tecnologías ópticas provee ancho de banda amplio a ser distribuido inalámbricamente en toda el área geográfica de interés. Deben confluír cobertura geográfica con cobertura de ancho de banda. La tecnología satelital ofrece amplia cobertura geográfica, pero con anchos de bandas sumamente bajos, actualmente esta tecnología está siendo desplazada por soluciones como las planteadas en el presente trabajo.

Como conclusión final, los resultados del presente trabajo y la demostración de cada una de las hipótesis planteadas ponen en evidencia las grandes ventajas de usar las modernas tecnologías ópticas para proveer comunicación e información a las zonas más alejadas del Perú, con ancho de banda y cobertura adecuados y garantizados de acuerdo a estándares mínimos de cumplimiento regulados. Adicionalmente, dado que las comunicaciones por fibra óptica se caracterizan por su elevado ancho de banda, se emplean para brindar diversos servicios de voz, datos y vídeo simultáneamente a los abonados y a velocidades mucho más elevadas que otras tecnologías. Así mismo, permiten atender a mayor número de abonados. Comparado con los servicios satelitales, muy comunes en zonas alejadas, las redes ópticas si ofrecen al abonado la ventaja de aumentar el ancho de banda fácilmente a costos asequibles. También, al soportar altas velocidades, las redes ópticas permiten que el usuario contrate o acceda a contenidos o servicios digitales que demanden, no solo mayor ancho de banda, sino también un equipamiento más potente y moderno. El costo del servicio de acceso a internet mediante fibra óptica se reduce considerablemente comparado con otras tecnologías como la satelital. Para los mismos anchos de banda, el costo del servicio basado en redes ópticas es considerablemente menor que con otras tecnologías.

Recomendaciones

- a) Se recomienda el empleo e implementación de redes de transporte con cable óptico, ADSS monomodo, a 1550nm, para la mejora e incremento del ancho de banda de la comunicación de datos aplicado a usuarios en zonas rurales como es el caso del presente estudio. Se recomienda la tecnología óptica debido que ofrece no solo mejora del ancho de banda, muy superiores y no comparables con la tecnología satelital, sino a que tiene la capacidad de incremento progresivo de la velocidad, garantizando la sostenibilidad y disponibilidad del sistema a lo largo del tiempo según demanda de tráfico o incremento de usuarios o servicios ofrecidos por las operadoras de telecomunicaciones.
- b) Se recomienda el empleo e implementación de redes de transporte con cable óptico, ADSS monomodo, a 1550nm, para la mejora de la cobertura de la comunicación de datos en zonas rurales tal como se demostró en el presente estudio. La disponibilidad de una troncal óptica con amplio ancho de banda permite que esta sea distribuida de manera uniforme y según demanda a todos los usuarios garantizando cobertura de servicio y no solo geográfica como es el caso del sistema satelital.
- c) Si bien el empleo de las TICs se ha masificado en la actualidad, es necesario realizar actividades de sensibilización y capacitación a los pobladores de Choclococha, no solo para familiarizarlos e incentivarlos al uso de estas tecnologías sino también para que le den un uso provechoso y responsable que redunde en desarrollo de la persona y la colectividad en general.
- d) Se recomienda que este tipo de proyectos reciban mayor difusión y apoyo en acción conjunta de la academia, las instituciones públicas y las empresas privadas con la finalidad de llevar o mejorar las comunicaciones en muchas localidades relegadas en su desarrollo por falta de acceso a las TICs.
- e) Se recomienda que la universidad lidere y ejecute proyectos de emprendimiento y apoyo social en TICs dirigido a los distritos y poblados de Huancavelica mediante la asesoría e impulso de proyectos y emprendimientos tecnológicos.

Referencias Bibliográficas

- Flames, A. (2012). Trabajo de grado cuantitativo y cualitativo. Orientación para la presentación de trabajos de grado. Ed. de la Universidad Bolivariana de Venezuela.
- Agilent Technologies. (2001). *Fiber Optic. Technical Training Manual* . USA: Agilent Technologies.
- Agilent Technology. (2001). Optical Time Domain Reflectometers, Pocket Guide.
- Alonso. (2018). Métodos de investigación de enfoque experimental.
Obtenido de:
<http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>
- ANRITSU. (2010). Dispersion in Optical Fibers.
- Arias. (2012). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. 6ta edición, Ed. Episteme, Venezuela.
- Balanis, C. A. (1997). *Antenna Theory. Analysis and Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Bedregal, C. (2012) Diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha para la región de San Martín. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú
- BICSI. (2017). Optical Link Budget. Obtenido de:
<https://www.bicsi.org/education-certification/education-@-bicsi-learning-academy/technical-publications/bicsi-library>
- Cables & Networks. (2019). *What is a fiber trunk cable*. Obtenido de
http://www.cables-and-networks.com/what_is_a_fiber_trunk_cable.html
- Cambium Networks. (2019). *LINKPlanner - Design Networks*. Obtenido de
<https://www.cambiumnetworks.com/products/management/linkplanner>
- Cambium Networks. (2019). *PMP Products & Solutions*. Obtenido de
<https://www.cambiumnetworks.com/products/pmp-distribution/>
- Campos. (2010). Introducción al arte de la investigación científica. México. Porrúa.
- Cardama Aznar, A., & Roca, L. J. (2002). *Antenas*. Barcelona: Alfaomega.

- Cerda, H. (2000). *Los elementos de la investigación. Cómo reconocerlos, diseñarlos y construirlos*. Bogotá: Editorial El Búho.
- Cruz, M. (2010) Análisis comparativo de soluciones tecnológicas para la formulación de un proyecto de telecomunicaciones rurales: redes ópticas y VSAT, Universidad San Martín de Porres, Perú
- Chávez, D. (2019). Conceptos y técnicas de recolección de datos en la investigación jurídico social. Obtenido de:
http://perso.unifr.ch/derechopenal/assets/files/articulos/a_20080521_56.pdf
- Chomycz, B. (2000). *Fiber Optic. Installer's Field Manual*. New York: McGraw-Hill.
- Criollo, L. (2015) Diseño de red convergente de fibra óptica para interconectar los campus de la Universidad de las Américas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.
- Dacom Direkt. (2019). *What is wdm*. Obtenido de:
<https://www.pandacomdirekt.com/en/technologies/wdm/what-is-wdm.html>
- Dionisio, E. (2017) Diseño e implementación de empalmería de fibra óptica de planta externa del enlace Caripa-Tarma-La Merced de la red de transmisión de fibra óptica de la empresa América Móvil, Universidad Peruana Los Andes, Perú
- Elias, M. (2016) Diseño de una red de transporte de fibra óptica y de acceso inalámbrico para mejorar el acceso a los servicios de telecomunicaciones y lograr la conectividad integral de la provincia de Bagua, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú
- EXFO. (2008). *Guide to WDM. Technology and Testing. A unique Reference for the Fiber Optic Industry*.
- EXFO. (2019). *FTB-735C - metro/PON FTTx/MDU OTDR*. Obtenido de
<https://www.exfo.com/es/productos/pruebas-de-redes-de-campo/otdr-y-iolm/ftb-735c/>
- Feng, X. (2013). *Optical Time Domain Reflectometers*.
- Fernández, C. (2013). Diseño de una red de banda ancha para la región Cajamarca. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú
- Fernandez, L., Sánchez, P. (2014) Servicio de Internet mediante fibra óptica

- y radio enlace en la institución educativa Túpac Amarú del distrito de Palca - Huancavelica, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú
- FITEL (2014) instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Huancavelica, Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Perú
- FITEL. (2018). Banda Ancha de Amazonas. Obtenido de:
https://www.proyectosapp.pe/RepositorioAPS/0/2/JER/ST_BANDA_ANCHA_AMAZONAS/Anexo_8_A_LPE_Amazonas_Ica_Lima_13Set17.docx
- FOA. (2017). Fiber Optical Standards. Obtenido de:
<http://www.thefoa.org/tech/standards.htm>
- GARMIN. (2019). *BaseCamp*. Obtenido de <https://www.garmin.com/es-ES/shop/downloads/basecamp>
- Gómez. (2006). Introducción a la metodología de la investigación científica. 1ra edición, Ed. Brujas, Argentina
- Gómez. (2015). Desarrollo de aplicación de software para automatizar el diseño de enlaces ópticos y su aplicación en un enlace para la central Minas-San Francisco. Universidad de Azuay, Ecuador
- Guerrero, B. (2017) Estudio del diseño de una red de banda ancha usando una red de transporte de fibra óptica y tecnología WiMax en la red de acceso para demostrar la mejora de los servicios de telecomunicaciones en la provincia de Santa Cruz, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú
- Gutierrez, E. (2014) Estudio de factibilidad para la implementación de una red de fibra óptica entre Desaguadero y Moquegua, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014
- GSMA. (2016). *Inclusión digital en América Latina y el Caribe*. Obtenido de: Ministerio de Educación:
<http://disde.minedu.gob.pe/handle/123456789/4766?show=full>
- García (2014). Metodología de la investigación, bioestadística y bioinformática en ciencias médicas y de la salud. 2da edición, Ed. McGraw-Hill, México
- Hernández, A. (2014) Estudio comparativo del tendido y apropiación de la fibra óptica "Colombia - Perú", Universidad Piloto de Colombia, Colombia.

- Hernando, (2015). Comunicaciones Móviles. 3ra edición, Editorial Universitaria Ramón Areces, Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Icart. M.T. (1998). El uso de hipótesis en la investigación científica. Rev. Atención Primaria, Vol. 21, Núm. 3, pp. 172-178. Obtenido de:
<https://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-articulo-el-uso-hipotesis-investigacion-cientifica-15038>
- ICOPTIKS, (2018), Cables de fibra óptica. Obtenido de:
<https://www.icoptiks.mx/fibra-optica/cables-de-fibra-optica/>
- IEEE. (2009). *MetroEthernet*. Obtenido de:
<http://www.ieee.org.ar/downloads/metroethernet.pdf>
- INEI. (2017). *Huancavelica. Compendio Estadístico 2017*. Obtenido de:
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1494/libro.pdf
- JDSU. (2000). Reference Guide To Fiber Optic Testing - Second Edition.
- López, E. (2016) Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (Ancash). Universidad de Ciencias y Humanidades, Perú
- Martinez. (2013). Diseño de investigación. principios teórico-metodológicos y prácticos para su concreción. Universidad Nacional de Córdoba. Obtenido de:
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/anuario/article/download/12664/13040/>
- Monje. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. Universidad Surcolombiana.
- Montes, L. (2013) Modelo de rd de acceso para poblados rurales sin servicio de telecomunicaciones en el Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú
- Muñoz, C. (2013) Diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha para la región Tumbes, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú
- MTC. (2018). Viceministerio de Comunicaciones. *Agenda Pendiente, Sector Comunicaciones*. Obtenido de:
http://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2018/Transportes/files/forotelecomunicaciones/mtc_vmc_8nov_nakagawa.pdf

- Núñez, A. (2018) Diseño de una red de transporte sobre fibra óptica para incrementar la banda ancha de las regiones: Arequipa, Moquegua, Puno y Tacna. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú
- Padron, J. (2006). *Investigar, reflexionar y actuar en la práctica docente*.
Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf?fbclid=IwAR3k1CsY2e5oCkuhJP0>
- Quevedo, D. (2011) Diseño e implementación de calidad de servicio (QoS) en la red de transporte de datos del municipio del distrito metropolitano de Quito (MDMQ). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- Raffino. (2019). Investigar. Obtenido de:
<https://concepto.de/investigar/#ixzz68I3o2kGw>
- Reynaga, J. (2013). Apuntes de estadística, El método estadístico. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Rodriguez, D. (2001) Diseño de red troncal SDH con fibra óptica para el sur de Ecuador, Escuela Politécnica Nacional, 2001
- RP Photonics. (2019). *Bandwidth*. Obtenido de:
<https://www.rp-photonics.com/bandwidth.html>
- Ruiz, P. (2016) Implementación de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica en el Perú. Electrónica - UNMSM, Vol. 19, Nro 1, Perú
- Sánchez, H., Reyes, C. (2017) Metodología y Diseños en la Investigación Científica. Business Support Aneth SRL, Perú
- Solano, A. (2015) Análisis y diseño de enlace de fibra óptica monomodo para dependencias del campus ciudad universitaria de la UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Tamayo. (2019). Técnicas e instrumentos de recolección de datos.
Obtenido de:
<http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/23.pdf>
- Telnet. (2018). *Cable aéreo ADSS*. Obtenido de:
[Shttps://www.telnet-ri.es/productos/cable-de-fibra-optica-y-componentes-pasivos/cable-aereo-adss/](https://www.telnet-ri.es/productos/cable-de-fibra-optica-y-componentes-pasivos/cable-aereo-adss/)

TIA/EIA. (2000). Optical Fiber Cabling Components Standard (TIA/EIA-568-B.3).

En T. I. Association.

UIT. (2016). Unión Internacional de Telecomunicaciones. Obtenido de:..

<https://www.itu.int/>. Obtenido de Propagación de las ondas radioeléctricas:

<https://www.itu.int/rec/R-REC-P/es>

UPNA. (2015). *Estudio Experimental de estructuras laser de fibra óptica con anillo óptico*. Trabajo de fin de grado, España.

Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las

realidades con evidencia científica. Educación, vol. 33, núm. 1, 2009, pp.

155-165 Universidad de Costa Rica San Pedro, Montes de Oca, Costa Rica

VIAVI. (2018). Reference Guide to Fiber Optic Testing. Volume 1, 2

ZTT. (2018). *Self Supporting Cable -ADSS*. Obtenido de

<http://zttcable.com/solution/show-218.html>

ANEXO 01: Instrumentos de recolección de datos

FICHA 1 - REGISTRO DE DATOS DE ANCHO DE BANDA			
Tesista	Cuellar Tito, Evins	Tipo de prueba	Post-test
Variable dependiente	Comunicación de datos	Dimensión	Ancho de banda
		Indicadores	Velocidad de datos en el cliente, de subida y bajada (Kbps)
Fecha de inicio		Fecha de fin	
Lugar de recolección de datos	Centro poblado de Choclococha, distrito de Pomacocha, provincia de Acobamba, Región Huancaavelica		
Universo	Viviendas del centro poblado de Choclococha		
Muestra	60 viviendas		

Objetivo del instrumento

Recolección de datos de ancho de banda en el poblado de Choclococha, en una muestra de 60 viviendas y según procedimiento indicado a continuación.

Herramientas y equipos

- Computadora portátil con puerto Ethernet, conector RJ45
- Cuaderno de apuntes

Procedimiento de recolección de datos

La toma de datos se realiza siguiendo los siguientes pasos.

- a) Anota en la ficha de registro la fecha y hora de inicio de la prueba de la vivienda visitada.
- b) Desactivar el software antivirus y/o antispam en las computadoras del usuario.
- c) Desactivar, en las computadoras del usuario, las actualizaciones automáticas del sistema operativo y toda aplicación residente en memoria que pueda iniciar una transferencia automática hacia/desde Internet (Ares, cliente de correo electrónico, redes sociales, etc.)
- d) Conectar la computadora portátil a un puerto LAN del switch del usuario.
- e) Comprobar el acceso a Internet.
- f) Ingresar al navegador de Internet y luego al siguiente portal: <http://www.speedtest.net/> (ver Figura 1).
- g) Desactivar la opción de elementos emergentes y habilitar los complementos de tipo "Control ActiveX". La configuración de privacidad para la zona de Internet debe ser "Aceptar todas las cookies".
- h) Una vez cargado el portal, dar clic en el botón "GO".
- i) Repetir el test de velocidad tres veces y considerar el valor promedio.
- j) Realizar una captura de pantalla de los resultados de cada prueba realizada.
- k) Anotar el valor promedio en la ficha de registro de datos.
- l) Repetir los pasos para cada vivienda visitada.

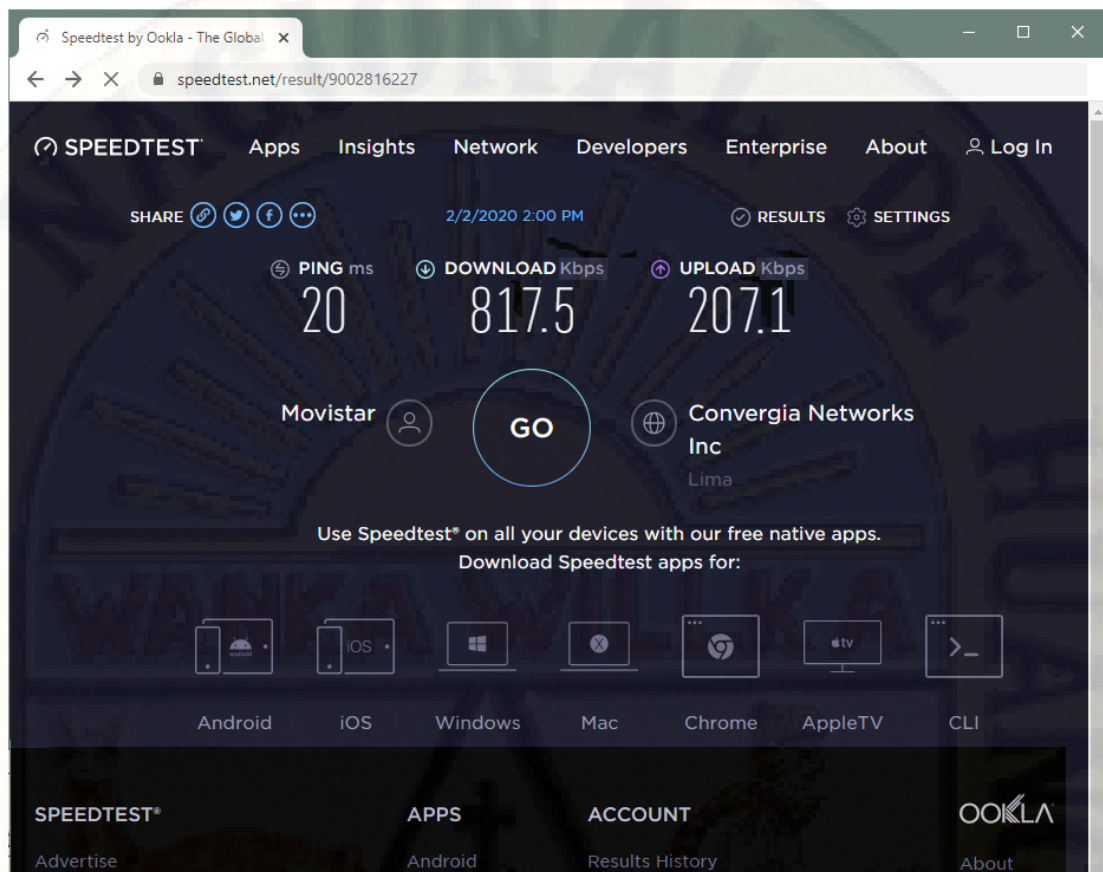


Figura 1. Entorno del software para medición de ancho de banda del usuario

Tabla 1*Resultados de las mediciones de ancho de banda*

Medición	Fecha	Hora	Velocidad de bajada (down link speed) (Kbps)	Velocidad de subida (up link speed) (Kbps)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				

Tabla 1

Resultados de las mediciones de ancho de banda (cont.)

35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

FICHA 2 - REGISTRO DE DATOS DE COBERTURA			
Tesista	Cuellar Tito, Evins	Tipo de prueba	Post-test
Variable dependiente	Comunicación de datos	Dimensión	Cobertura
		Indicadores	Potencia de recepción, RSSI (dBm)
Fecha de inicio		Fecha de fin	
Lugar de recolección de datos	Región Huancavelica, provincia de Acobamba, distrito de Pomacocha, centro poblado de Choclococha		
Universo	Viviendas del centro poblado de Choclococha		
Muestra	60 viviendas		

Objetivo del instrumento

Recolección de datos de cobertura del servicio de datos en el poblado de Choclococha, en una muestra de 60 viviendas y según procedimiento indicado a continuación.

Herramientas y equipos

- Computadora portátil con puerto Ethernet, conector RJ45
- Dispositivo GPS
- Cuaderno de apuntes

Procedimiento de recolección de datos

La toma de datos se realiza siguiendo los siguientes pasos.

- Anota en la ficha de registro la fecha y hora de inicio de la prueba de la vivienda visitada.
- Obtener, con el dispositivo GPS, la latitud, la longitud y la altura de la vivienda visitada.
- Anotar los valores en la ficha de registro.
- Conectar la laptop al puerto LAN del PoE del CPE (ver Figura 1).

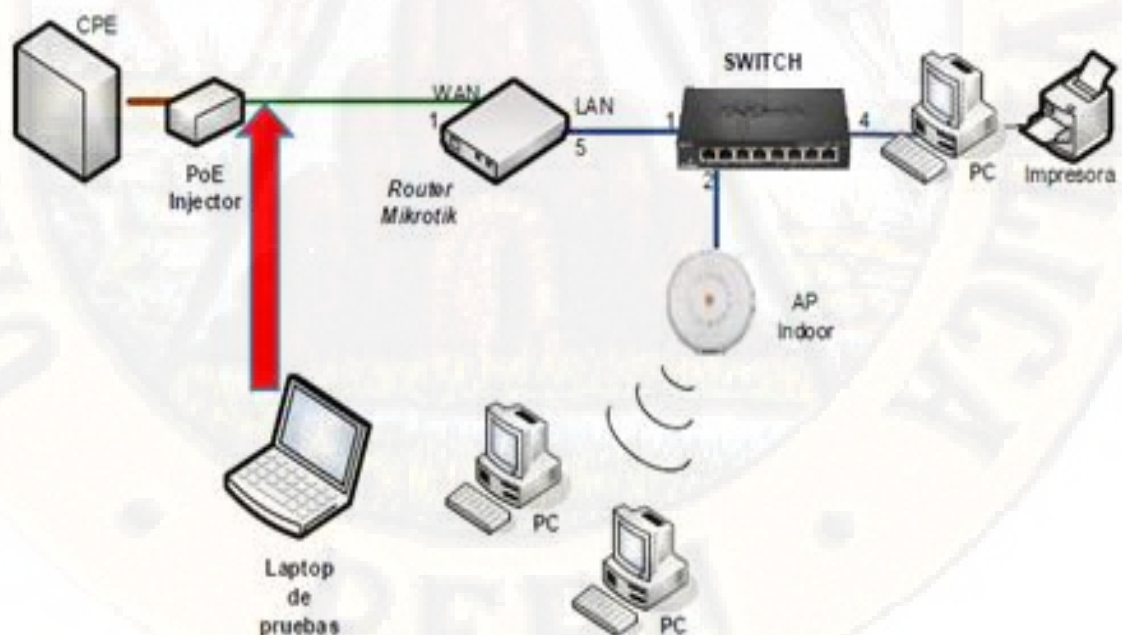


Figura 1. Conexión de la laptop de pruebas para realizar la medición de cobertura

- q) Configurar la laptop de pruebas con una dirección IP para acceder al CPE.
- r) Usando un navegador de Internet escribir la dirección IP correspondiente al equipo IDU a fin de ingresar a su aplicación de gestión.
- s) De la pestaña "Home", leer el valor del parámetro para el nivel de señal recibida "Downlink RSSI (dBm)" (ver la Figura 2).
- t) Anotar dicho valor en la ficha de registro de datos.
- u) Repetir los pasos en la siguiente vivienda.

Home

Device Name	SM_CU-0150-CS01	Wireless MAC Address	00:04:56:E0:FA:FF
Operating Frequency	5835 MHz	Ethernet MAC Address	00:04:56:E0:FA:FE
Operating Channel Bandwidth	20 MHz	IP Address	10.45.115.1
Transmitter Output Power	24 dBm	Date and Time	04 Sep 2015, 00:09:36 PET
Antenna Gain	16 dBi	System Uptime	3 days, 0 hour, 9 minutes, 37 seconds
Country	Other	System Description	--
Subscriber Module Mode	TDD	Registered AP SSID	CU-0150_B\$_0
Subscriber Module Priority	Normal	Registered AP MAC Address	00:04:56:D7:58:80
Network Mode	Bridge	Device Coordinates	-14.31106, -72.13749
Downlink RSSI	-53 dBm	Link Quality (Uplink)	100 %
Downlink SNR	38 dB	Link Capacity (Uplink)	80 %
Uplink MCS	MCS 15	Ethernet Status	100 Mbps / Full
Downlink MCS	MCS 15	Wireless Status	Up
cnMaestro Remote Management	Enabled - The Registered AP Is Onboarded		
cnMaestro Connection Status	Connected to 10.254.42.117		
cnMaestro Account ID	cnmaestro_on_premises		

Figura 2. Parámetros del enlace inalámbrico del cliente mostrados por el Access Point del usuario

Tabla 1

Resultados de las mediciones de ancho de banda

Medición	Latitud sur	Longitud oeste	Altura sobre el nivel del mar (m)	Potencia de recepción (dBm) Downlink RSSI
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				

Tabla 1

Resultados de las mediciones de ancho de banda (cont.)

35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	

ANEXO 02: Informes de expertos

INFORME DE OPINION DE EXPERTO CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTO QUE MIDEN LA VARIABLE DEPENDIENTE

I. DATOS DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: MARTINEZ VARCLA RUBEN GINO
 Grado académico: MAGISTER IN BUSINESS ADMINISTRATION (MBA), DOCTORADO ING. ELECTRICA (C)
 Profesión: INGENIERO ELECTRONICO
 Empresa/institución donde labora: TELECOM & ENERGY SAC
 Cargo que desempeña: GERENTE GENERAL
 Email: RMARTINEZ@TELECOMPERU.COM
 Teléfono: 936579656

II. DATOS DEL INSTRUMENTO

Denominación del instrumento: FICHA 1 – REGISTRO DE DATOS DE ANCHO DE BANDA
 FICHA 2 – REGISTRO DE DATOS DE COBERTURA

Autor del instrumento: LUGLAR TITO EVANS
 Título de la tesis: DISEÑO DE RED DE TRANSPORTE, MEDIANTE FIBRA MONOMODO, PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN LA POBLACIÓN DE CHOCLOCOCHA – HUANCAYELICA.
 Programa de posgrado: CIENCIAS DE INGENIERIA, MENCIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN.
 Universidad: UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYELICA.

III. VALIDACION DE LOS INSTRUMENTOS

VARIABLE DEPENDIENTE: COMUNICACIÓN DE DATOS

N°	Dimensión/indicador	Pertinencia ¹		Relevancia ³		Claridad ⁴		Sugerencias
	DIMENSIÓN 1 Ancho de banda	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	Velocidad de datos de bajada (Kbps)	x		x		x		
2	Velocidad de datos de subida (Kbps)	x		x		x		

	DIMENSIÓN 2 Cobertura	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	Potencia de recepción, RSSI (dBm)	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia⁴): _____

¹ Pertinencia

El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

² Relevancia

El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

³ Claridad

Se entiende, sin dificultad alguna, el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

⁴ Suficiencia

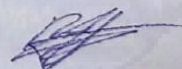
Se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

IV. RESULTADOS DE LA VALIDACION

Opinión sobre la aplicabilidad de los instrumentos

FAVORABLE x DEBE MEJORAR _____ NO FAVORABLE _____

18 de junio de 2019



Firma del experto

INFORME DE OPINION DE EXPERTO
CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTO QUE MIDEN LA VARIABLE DEPENDIENTE

I. DATOS DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: Bedriñana Sarmiento, Efraín Amílcar
 Grado académico: Maestría en Administración de Negocios
 Profesión: Ingeniero Electrónico
 Empresa/institución donde labora: TELSAT SRL
 Cargo que desempeña: Gerente de Proyecto
 Email: ebedrinana@telsat.pe
 Teléfono: 996475392

II. DATOS DEL INSTRUMENTO

Denominación del instrumento: FICHA 1 – REGISTRO DE DATOS DE ANCHO DE BANDA
 FICHA 2 – REGISTRO DE DATOS DE COBERTURA
 Autor del instrumento: CUELLAR TITO, EVINS
 Título de la tesis: Diseño de la Red de Transporte, Media Fibra Monomodo, para mejorar la comunicación de Datos en la población de Choclococha - Huancavelica
 Programa de posgrado: Ciencias de Ingeniería con mención en Tecnologías de la Información y Comunicación
 Universidad: Universidad Nacional de Huancavelica

III. VALIDACION DE LOS INSTRUMENTOS

VARIABLE DEPENDIENTE: COMUNICACIÓN DE DATOS

Nº	Dimensión/indicador	Pertinencia ¹		Relevancia ³		Claridad ⁴		Sugerencias
	DIMENSIÓN 1 Ancho de banda	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	Velocidad de datos de bajada (Kbps)	x		x		x		Ninguna
2	Velocidad de datos de subida (Kbps)	x		x		x		Ninguna

	DIMENSIÓN 2 Cobertura	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	Potencia de recepción, RSSI (dBm)	x		x		x		Ninguna

Observaciones (precisar si hay suficiencia⁴): SI

¹ Pertinencia

El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

³ Claridad

Se entiende, sin dificultad alguna, el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

² Relevancia

El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

⁴ Suficiencia

Se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

IV. RESULTADOS DE LA VALIDACION

Opinión sobre la aplicabilidad de los instrumentos

FAVORABLE X DEBE MEJORAR NO FAVORABLE

Huancavelica, 20 de Junio de 2019


Firma del experto

INFORME DE OPINION DE EXPERTO
CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTO QUE MIDEN LA VARIABLE DEPENDIENTE

I. DATOS DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: OPORTO DIAZ, EDGARD
 Grado académico: MAGISTER EN INGENIERIA BIOMEDICA
 Profesión: INGENIERO ELECTRONICO
 Empresa/institución donde labora: TELSAT / UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
 Cargo que desempeña: COORDINADOR DE PROYECTOS DE SUPERVISION DE FIBRA OPTICA / DOCENTE
 Email: edgard.oporto@gmail.com
 Teléfono: 985620246

II. DATOS DEL INSTRUMENTO

Denominación del instrumento: FICHA 1 – REGISTRO DE DATOS DE ANCHO DE BANDA
 FICHA 2 – REGISTRO DE DATOS DE COBERTURA
 Autor del instrumento: CUELLAR TITO, EVINS
 Título de la tesis: Diseño de red de transporte, media fibra monomodo, para mejorar la comunicación de datos en la población de Choclococha - Huancavelica
 Programa de posgrado: Ciencias de Ingeniería, mención en Tecnologías de la Información y Comunicación
 Universidad: Universidad Nacional de Huancavelica

III. VALIDACION DE LOS INSTRUMENTOS

VARIABLE DEPENDIENTE: COMUNICACIÓN DE DATOS

Nº	Dimensión/indicador	Pertinencia ¹		Relevancia ³		Claridad ⁴		Sugerencias
	DIMENSIÓN 1 Ancho de banda	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	Velocidad de datos de bajada (Kbps)	X		X		X		NINGUNA
2	Velocidad de datos de subida (Kbps)	X		X		X		NINGUNA

	DIMENSIÓN 2 Cobertura	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	Potencia de recepción, RSSI (dBm)	X		X		X		NINGUNA

Observaciones (precisar si hay suficiencia⁴): SI

¹Pertinencia

El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

³Claridad

Se entiende, sin dificultad alguna, el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

²Relevancia

El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

⁴Suficiencia

Se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

IV. RESULTADOS DE LA VALIDACION

Opinión sobre la aplicabilidad de los instrumentos

FAVORABLE X DEBE MEJORAR NO FAVORABLE

Huancavelica, 21 de JUNIO de 2019

Firma del experto

ANEXO 03: Procedimiento de diseño de red de datos

El procedimiento de diseño seguido tuvo como objetivo traducir los requisitos de los usuarios de la población de Choclococha, de forma sistemática y controlada, en una especificación que defina y facilite la aplicación del servicio de comunicación de datos a la mencionada población.

La norma ISO 9001 exige que el proceso de diseño esté claramente documentado. Como parte de los procedimientos deben incluirse mecanismos para:

- Controlar y verificar el trabajo de diseño para asegurar el cumplimiento de los requisitos. Esto incluirá toda la documentación pertinente de la organización estructura, responsabilidad y autoridad.
- Proporcionar un plan de diseño para las actividades de diseño, y asegurarse de que el plan se actualiza a medida que el diseño evoluciona. Los planes deben incluir la identificación de la responsabilidad y los recursos para cada actividad de diseño, el calendario de actividades, los puntos de control para supervisar el progreso y la programación de revisiones y verificación. El diseño es, en realidad, un proceso continuo o iterativo.
- Asegurar que se asigne personal debidamente cualificado y equipado con los recursos adecuados para hacer el trabajo.
- Documentar todos los procesos y materiales empleados.

Por otra parte, el diseño de una red de datos es un proceso que abarca el diseño topológico, la síntesis de la red y la realización de la red. El estándar ITU-T G.7712/Y.1703 (*Architecture and specification of data communication network*) da las pautas para el proceso de diseño que tiene como objetivo garantizar que la red, y sus servicios, satisfagan las necesidades de los usuarios y del operador. Se deben cumplir, también, con los acuerdos de nivel de servicio (SLA – *service level agreements*). La metodología de diseño y planificación consiste de cinco capas:

- a) Evaluación de necesidades y evaluación de recursos
- b) Planificación de la red a corto plazo
- c) Recursos informáticos

- d) Planificación de redes a largo y mediano plazo
- e) Operaciones y mantenimiento, examina la red periódicamente para verificar su funcionamiento.

El proceso de diseño es equivalente a la similar a PPDIOO (*Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, and Optimize*) de Cisco System y las especificadas por ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*) de Axelos.

Como parte de la planificación de una red o servicio se debe decidir sobre los protocolos y las tecnologías de transmisión relacionadas a la cuatro primeras capas del modelo TCP/IP (estándar RFC 6119 de IETF). Se pueden emplear herramientas de modelamiento como el Opnet Modeler Suite. Como se mencionó, el proceso de diseño de la red consta de tres pasos:

- a) Diseño topológico, tiene como objetivo determinar la ubicación de los componentes y cómo conectarlos.
- b) Síntesis de redes, tiene como objetivo determinar el tamaño/características de los componentes empleados según criterios de rendimiento como el grado de servicio (GOS) o calidad de servicio (QoS). Durante el proceso de diseño de la red, se estima la carga de tráfico esperada para dimensionar la capacidad de la red, incluyendo las horas punta. Para el presente proyecto se empleó información de redes similares. El proceso de diseño permite determinar la topología de la red, los requisitos de calidad, entre otros.
- c) Realización de la red, tiene como objetivo determinar la forma de satisfacer las necesidades de capacidad y garantizar la fiabilidad de los servicios de red.

ANEXO 04: Validación de la red de datos

La validación de la red de datos se realizó luego de la verificación y durante la entrega de la red del cliente. Para ello, se empleó procedimientos y controles documentados con los siguientes propósitos:

- Confirmar que la red cumpla con los requisitos del cliente, mediante la realización de un programa acordado de pruebas de aceptación, realizadas bajo condiciones definidas.
- Auditar la red entregada para asegurar que se ajusta a la descripción del contrato y a la documentación de diseño.

Como parte de la validación de la red de datos, se realizó revisiones formales documentadas en sus diversas etapas y con participación de todas las áreas competentes, así como supervisores especializados. Los resultados de los exámenes fueron documentados y registrados. Las revisiones fueron realizadas por personas independientes del proceso de diseño real con el objetivo de confirmar que:

- El diseño esté libre de errores importantes
- El diseño documentado esté completo
- El diseño cumpla con los requisitos estipulados

Además de la revisión del diseño, centrado en los documentos de diseño, se verificó el cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio (SLA) mediante pruebas de calidad de los enlaces IP de acuerdo con los criterios de calidad de una red Carrier Ethernet. Estas pruebas están basadas en la recomendación ITU-T Y.1564 y establece la medición de los parámetros a continuación y que, además, no deben superar los límites indicados en la Figura A4-1.

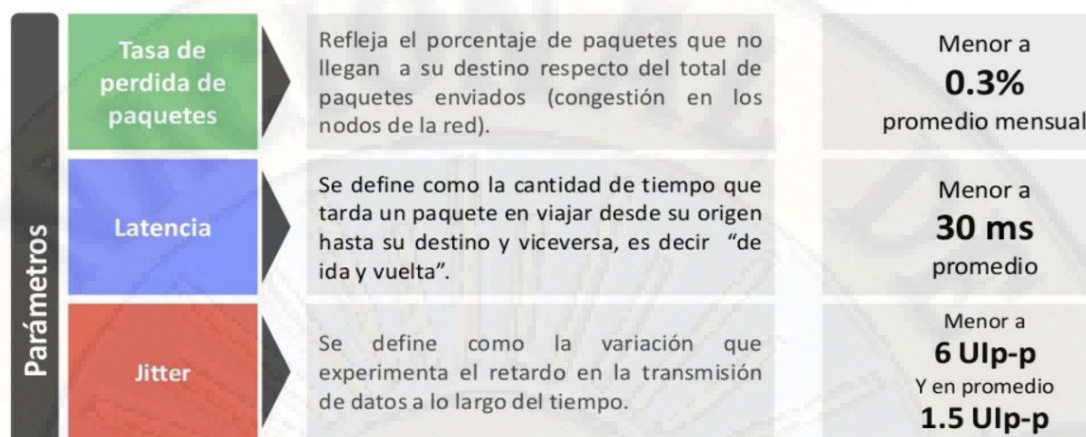


Figura A4-1 – Parámetros de calidad en la Red de Transporte

Fuente: FITEL, MTC. www.mtc.gob.pe

Tasa de pérdida de paquetes

Está basado en la recomendación EITF RFC 2544. Para la ejecución de la prueba se implementó un servicio Ethernet VPLS de 1Gbps con protocolo de transporte IP/MPLS, con protocolo de enrutamiento IS-IS y con tres tamaños de trama hasta de 9100KB.

Latencia

Está basado en la recomendación EITF RFC 2544. Para la ejecución de la prueba se implementará un servicio Ethernet VPLS de 1Gbps con protocolo de transporte IP/MPLS y enrutamiento IS-IS y con tamaños de trama de: 1518, 1024 y 9100KB. El promedio de latencia debe ser menor de 30ms, *roundtrip*.

Jitter

Está basado en la recomendación EITF RFC 2544. Mide la variación en el tiempo de retardo de la llegada de paquetes. Para la ejecución de la prueba se implementará un servicio Ethernet VPLS de 1Gbps con protocolo de transporte IP/MPLS, con protocolo de enrutamiento IS-IS y con tamaños de trama de: 1518, 1024 y 9100KB. El promedio de jitter de la red debe ser menor a 10 ms. El jitter máximo debe ser menor de 20 ms.

Para la ejecución de las pruebas de Throughput, Latencia, Jitter y tasa de pérdida de paquetes se consideró la implementación de una prueba Y.1564, la cual permite desarrollar todas las pruebas en mención. El promedio de pérdida de paquetes a través de toda la Red debe ser menor de 0.3%. El enlace óptico entre los dos nodos considerados se realizó en capa 2 mediante Carrier Ethernet. En las paginas siguientes se muestran los resultados de las pruebas realizadas, todas satisfactorias.

Reporte de calidad de servicio: Prueba Y.1564

EXFO Inc.

Page 1 of 12

SUMMARY

Results Summary

Test Status	
Service Configuration Test Status	Completed, Pass
Service Performance Test Status	Completed, Pass
Pass/Fail Verdict	PASS
Start Time	6/30/2018 03:04:43 PM
Duration	00d:00:10:51
Test Recovery	0

EtherSAM

Services Summary			
	Service Name	Service Configuration Test	Service Performance Test
1	Service 1	PASS	PASS

Service Configuration Summary							
	Service Name	Direction	Frame Loss Rate	Max Jitter (ms)	Max Latency (ms)	Max Throughput (Mbit/s)	Service Verdict
1	Service 1	L->R	0.0E-00	< 0.015		1000.000	PASS
		R->L	0.0E-00	< 0.015	< 0.015	999.999	PASS

Service Performance Summary							
	Service Name	Direction	Frame Loss Rate	Max Jitter (ms)	Max Latency (ms)	Avg Throughput (Mbit/s)	Service Verdict
1	Service 1	L->R	0.0E-00	< 0.015		1000.000	PASS
		R->L	0.0E-00	< 0.015	< 0.015	999.999	PASS

VLAN Preservation	No Mismatch Detected
--------------------------	----------------------

EtherSAM_(Y.1564)_2018.06.30_15.25.11

6/30/2018 3:25:16 PM

Setup Summary

Application Type	EtherSAM (Y.1564)
-------------------------	-------------------

Interface	Port 1
Interface/Rate	1GE Optical
Connector	SFP+

Auto-Negotiation	Enabled
-------------------------	---------

EtherSAM

DTS Enabled	
Remote ID	MAX-860G66
Nat Router Detection	No NAT
Local WAN IP	N/A
Pass/Fail Verdict	Enabled

Sub-Tests			
Service Configuration Test		Service Performance Test	
Ramp Test	Enabled	Status	Enabled
Burst selection	Disabled	Duration	00d:00:10:00
Duration (s)	25		

Ramp	
Step Time (s)	5
Step Values	
1	50 %
2	75 %
3	90 %
4	100 %

Services

Total Committed TX Rate (Mbit/s)	L->R	1000.000
	R->L	1000.000

Services Summary

	Service Name	Profile	Frame Size (Bytes)	Direction	CIR (Mbit/s)	Max Jitter (ms)	Max Latency (ms)	Frame Loss Rate	CBS (Bytes)
1	Service 1	Data	1500	L->R	1000.000	2.0		1.0E-03	--
				R->L	1000.000	2.0	15.0	1.0E-03	

TEST RESULTS

Ethernet Traffic

Frame Type	TX Count	RX Count
Multicast	0	0
Broadcast	2	2
Unicast	50638855	50642240
Non-Unicast	2	2
Total	50638857	50642242

Frame Size (Bytes)	RX Count	%
< 64	0	0
64	305	0
65 - 127	9	0
128 - 255	133	0
256 - 511	226	0
512 - 1023	1980	0
1024 - 1518	50639589	99
> 1518	0	0
Total	50642242	

Detailed EtherSAM Results

EtherSAM_(Y.1564)_2018.06.30_15.25.11

6/30/2018 3:25:16 PM

Service Configuration Test

Service 1 : Service 1

Committed Steps						
Committed Step	Direction	Frame Loss Rate	Max Jitter (ms)	Max Latency (ms)	Verdict	Avg Throughput (Mbit/s)
1-50%CIR	L->R	0.0E-00	< 0.015		PASS	500.000
	R->L	0.0E-00	< 0.015	< 0.015	PASS	499.999
2-75%CIR	L->R	0.0E-00	< 0.015		PASS	750.000
	R->L	0.0E-00	< 0.015	< 0.015	PASS	749.999
3-90%CIR	L->R	0.0E-00	< 0.015		PASS	900.000
	R->L	0.0E-00	< 0.015	< 0.015	PASS	899.999
CIR	L->R	0.0E-00	< 0.015		PASS	1000.000
	R->L	0.0E-00	< 0.015	< 0.015	PASS	999.999

EXFO Inc.

Page 7 of 12

Service Performance Test

Service 1 : Service 1

	Direction	Average	Minimum	Maximum	Estimate
Throughput (Mbit/s)	L->R	1000.000	999.989	1000.001	N/A
	R->L	999.999	999.989	1000.001	N/A
Jitter (ms)	L->R	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015
	R->L	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015
Latency (ms)	Round-trip	< 0.015	< 0.015	< 0.015	N/A
		Seconds	Count	Rate	
Frame Loss	L->R	0	0	0.0E00	
	R->L	0	0	0.0E00	
Out-of-Sequence	L->R	0	0	0.0E00	
	R->L	0	0	0.0E00	

TEST SETUP

EXFO Inc.

Page 8 of 12

Clock Synchronization

Clock Mode	Internal
------------	----------

Detailed Services Configuration

IP Version	IPv4	
Global Pass/Fail Verdict	Enabled	
	L->R	R->L
Total Committed TX Rate (Mbit/s)	1000.000	1000.000

Service 1

Service Profile

Service Name	Service 1
Profile	Data
Frame Size Type	Fixed
Frame Size (Bytes)	1500

SLA Parameters

	L->R	R->L
Information Rate		
CIR (Mbit/s)	1000.000	1000.000
Burst Size		
Performance Criteria		
Max Jitter (ms)	2.0	2.0
Max Latency (ms)	15.0	15.0
Frame Loss Rate	1.0E-03	

ANEXO 05: Propuesta de equipos ópticos de la red de transporte

La red de transporte, aparte del cable óptico, consta de dos nodos ópticos ubicados en los extremos del enlace. En la Figura x, se muestra el nodo de Pomacocha del cual parte la troncal diseñada hacia el nodo destino ubicado en la localidad de Choclococha. Al interior del nodo se encuentran una serie de equipos: energía, climatización, seguridad electrónica y, por supuesto, los equipos de comunicación de datos para la red de transporte.



Figura x – Nodo óptico ubicado en Pomacocha

Fuente: Registro fotográfico del autor

El nodo de Pomacocha se conecta con los nodos de Acobamba y Caja. Según la Figura 4.7, dispone de un gabinete con dos ODFs; también, dos racks. El ODF 1 tiene un cable ADSS de 48 hilos que se conecta con el nodo de Caja. El ODF 2 tiene un cable ADSS, también de 12 hilos que se conecta con el nuevo nodo de Choclococha.

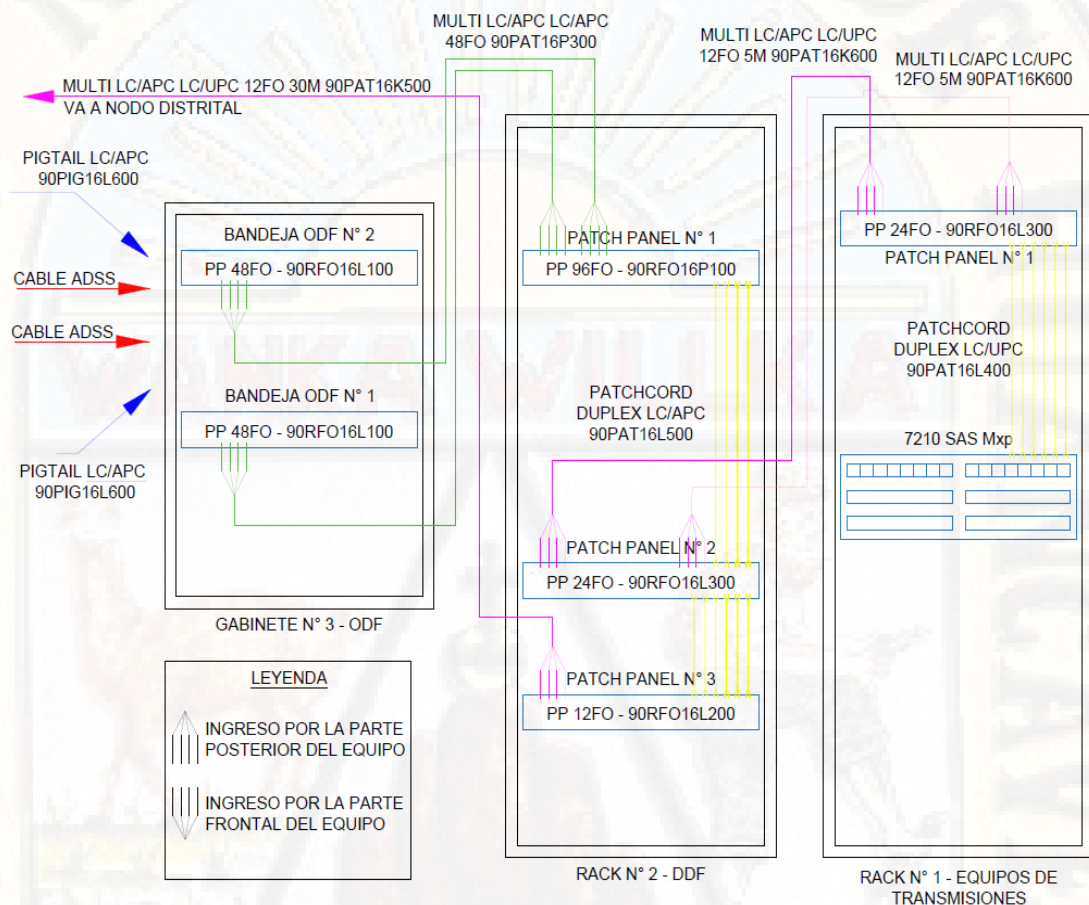
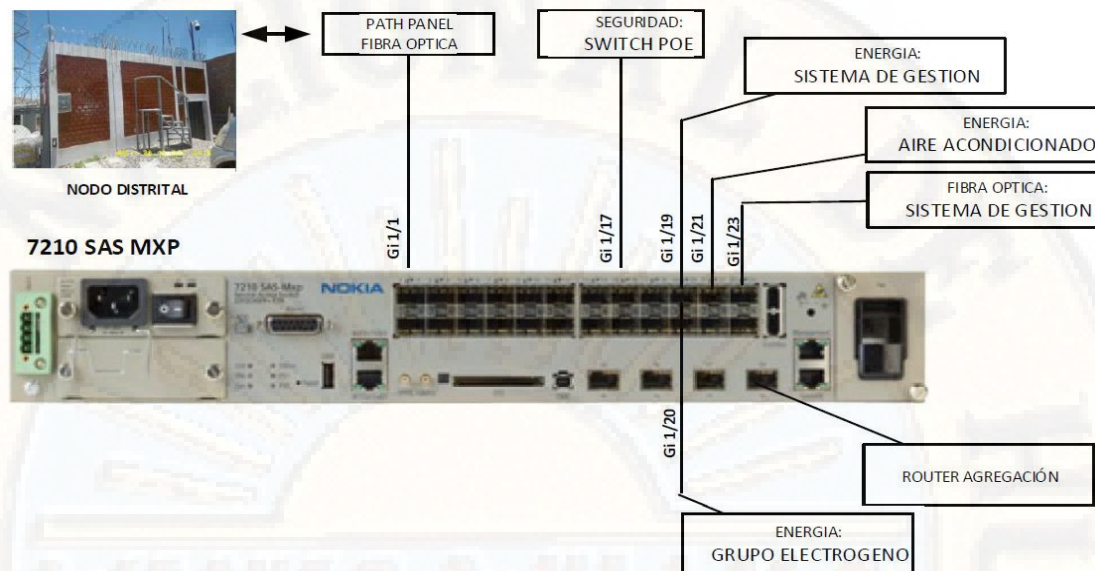


Figura 4.7 – Esquema de conexión de datos en el nodo Pomacocha, está formado por dos ODFs (1 y 2) y dos racks (1 y 2)

Fuente: FITEL – MTC

El ODF 3 se dispone para ser enlazado con el nodo de Choclococha. Se emplean dos hilos, uno para transmisión y otro para recepción. Existen hilos de reserva empleados como respaldo o para nuevos servicios. Se emplea un router Nokia 7210 SAS Mxp. La conexión en el router es a un puerto óptico con un transceiver de 1Gbps. La distribución de los puertos del router 7210 SAS MXP se muestra en la Figura 4.8.

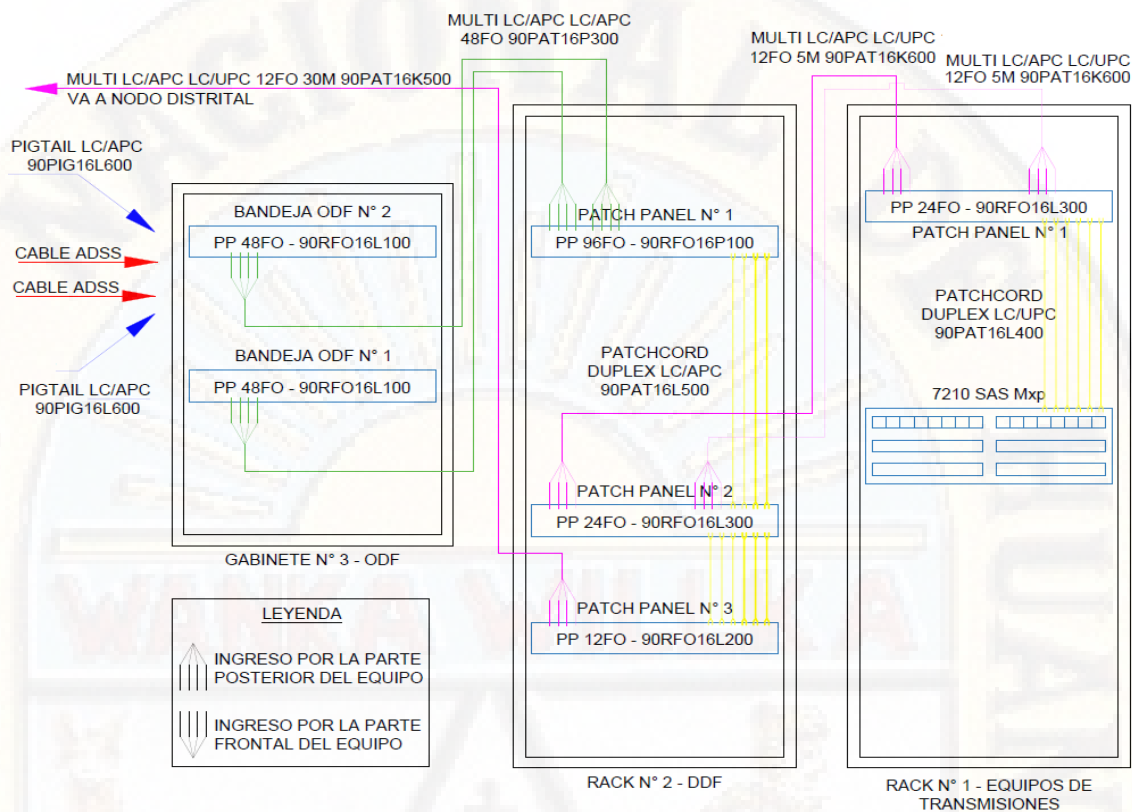


NODO DE DISTRIBUCION - 7210 SAS-Mxp															
ASIGNACIÓN DE MÓDULOS - CAPACIDAD - 1 G												ASIGNACIÓN DE MÓDULOS - CAPACIDAD - 10 G			
1 opt	3 opt	5 opt	7 opt	9 opt	11 opt	13 eth	15 eth	17 eth	19 eth	21 eth	23 eth				
DISTRITAL	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	Seguridad	Smartpacks	Aire Acondicionado	Gestor Fibra Optica				
2 opt	4 opt	6 opt	8 opt	10 opt	12 opt	14 eth	16 eth	18 eth	20 eth	22 eth	24 eth	25 opt	26 opt	27 opt	28 opt
LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	DWDM	Seguridad (Reservada)	Grupo Electrogeno	Energia (Reservada)	Puerto de Gestión (F.O/Seguridad/Energia)	DISTRIBUCION-AGREGACION-CORE (10G)			

Figura 4.8 – Diagrama de conectividad del router Nokia 7210SAS-MXP. Consta de 16 puertos ópticos y 12 puertos eléctricos

Fuente: FITEL – MTC

La Figura 4.9 muestra las conexiones en el nodo de Choclococha. Consta de un gabinete con dos ODFs: ODF1, conectado al nodo de Pomacocha con cable ADSS de 12 hilos; ODF2, conectado a un nodo previsto para Acobamba con cable ADSS de 48 hilos. Existen dos racks: RACK 1, con equipos de transmisión de datos; RACK 2, con tres patch panels que enlazan entre si los ODFs con los equipos de comunicación de datos del RACK 1, además de enlazarse con el nodo de acceso de Choclococha para da cobertura a los usuarios finales.



PLANTA EXTERNA			NODO DE DISTRIBUCION - TRANSPORTE	
ODF	NODO	CUENTA	DESTINO LOGICO	RACK N° 2 - DDF
1	Pomacocha HC-0239	(hilos 1-48)	Pomacocha	Patch Panel N° 1 hilo 37,38 -> Patch Panel N 2 hilo 2,1
2	Acobamba HC-0003	(hilos 1-48)	Callanmarca(Agg)	Patch Panel N° 1 hilo 53,54 -> Patch Panel N 2 hilo 4,3
			Puente (Acobamba-Pomacocha)	Patch Panel N° 1 hilo 1,2 -> Patch Panel N 1 hilo 50,49
			Distrital	Patch Panel N° 3 hilo 1, 2 -> Patch Panel N 2 hilo 14, 13

NODO DE DISTRIBUCION - TRANSPORTE		NODO DISTRITAL - ACCESO	
RACK N° 1 - EQUIPO DE TRANSMISIONES	EQUIPO ACTIVO - 7210 SAS - MXP	RACK N° 1 - EQUIPO DE TRANSMISIONES	EQUIPO ACTIVO - 7210 SAS - MXP
Patch Panel N° 1 hilo 1,2	Puerto 1/1/26 - Conexión Directa	-	-
Patch Panel N° 1 hilo 3,4	Puerto 1/1/25 - Conexión Directa	-	-
Patch Panel N° 1 hilo 13,14	Puerto 1/1/27 - Conexión Invertida	Patch panel N° 1 hilo 1,2	Puerto 1/1/25 - Conexión Directa

Figura 4.9 – Conexiones en el nuevo nodo de Choclococha

Fuente: FITEL – MTC

ANEXO 06: Ventajas económicas de la propuesta tecnológica

La presente propuesta tiene inmejorables ventajas económicas frente a la tecnología satelital, única alternativa disponible en zonas rurales de baja densidad poblacional, como es el caso de Choclococha. Estas ventajas se reflejan en el costo mensual del servicio aplicado a los usuarios del mismo.

Así, según la Tabla 3, el costo del servicio de internet satelital (tecnología VSAT) es de S/ 950 Soles mensuales. Este monto es para una velocidad de descarga de 512 Kbps (0.5 Mbps) y dos computadoras como máximo. También, existe el servicio de 0.75 Mbps con un costo de S/ 1430 Soles mensuales y seis computadoras como máximo. Por su parte, de acuerdo a la Resolución N° 148-2018-CD-OSIPTEL se establecen tarifas topes para el acceso a Internet, con tecnología óptica, en las zonas rurales del Perú, según se detalla en la Tabla 24.

Además del costo, muchísimo más económico, la tecnología óptica supera ampliamente a la satelital, tanto en velocidad y calidad de servicio. Respecto a la velocidad, es importante resaltar que la tecnología satelital solo garantiza el 15% de la velocidad ofertada. Por su parte, los sistemas de telecomunicaciones basados en fibra óptica garantizan el 40% de la velocidad ofertada.

Tabla 24

Tarifas de Internet en zonas rurales

Velocidad de descarga (Mbps)	Velocidad mínima garantizada (%)	Renta Mensual (S/ sin IGV)
2	40%	76.03
4	40%	113.82
8	40%	141.30
12	40%	154.64
20	40%	172.83
40	40%	207.75

Fuente: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/establecen-tarifas-tope-del-servicio-de-acceso-a-internet-pa-resolucion-no-148-2018-cdosiptel-1663177-2/>

ANEXO 07: Código fuente del aplicativo en Matlab

```
function varargout = LINK_BUDGET(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
    'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @LINK_BUDGET_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn', @LINK_BUDGET_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn', [] , ...
    'gui_Callback', []);

if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

function LINK_BUDGET_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
%clc
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);

%CONDICIONES INICIALES
pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global Longitud_Enlace;
global Tamano;
global Ptx_max;
global Ptx_min;
global Prx_max;
global Prx_min;
global Posicion_Empalmes;
global CantidadEmpalmes;
CantidadEmpalmes = str2double(get(handles.text52, 'String'))
global final;
    Longitud_Enlace = str2double(get(handles.edit31, 'String'))
    x = 0 : 1 : round(Longitud_Enlace);
    Tamano = size(x)
    y = zeros(Tamano);

    %POTENCIAS
    Ptx_max = str2double(get(handles.edit4, 'String'));
    Ptx_min = str2double(get(handles.edit3, 'String'));
    Prx_max = str2double(get(handles.edit14, 'String'));
```

```

Prx_min = str2double(get(handles.edit13, 'String'));
set( handles.text35, 'String', Ptx_min - Prx_min);
set( handles.text36, 'String', Ptx_max - Prx_min);

%POSICION DE EMPALMES
Posicion_Empalmes = zeros(CantidadEmpalmes+2);
Posicion_Empalmes(1) = round(str2double(get(handles.edit27, 'String')));
Posicion_Empalmes(CantidadEmpalmes+2) = round(str2double(get(handles.edit30,
'String')));

for i=2:CantidadEmpalmes+1
    Posicion_Empalmes(i) = round(str2double(get(handles.Tag(i-1), 'String')));
end

%VERIFICACION DE LAS POSICIONES DE LOS EMPALMES
for i = 2:CantidadEmpalmes+1
    if Posicion_Empalmes(i) >= Longitud_Enlace
        helpdlg('La posición de los empalmes debe ser menor a la longitud del tramo',
'Aviso');
        return;
    end
end

%CURVA PARA POTENCIA MAXIMA DEL TRANSMISOR
%PRIMER CONECTOR
tf = x <= 1;           %PRIMER CONECTOR (su inicio)
y(tf) = Ptx_max;       %Ptx máxima
tf = x >= 2 & x <= 3;   %PRIMER CONECTOR (su final), caída de 0.5dB
y(tf) = Ptx_max - 0.5;  %Ptx_max - 0.5

%SECCIONES Y EMPALMES
for i = 2:CantidadEmpalmes+2
    %Curva de la sección
    tf = x >= Posicion_Empalmes(i-1)+4 & x <= Posicion_Empalmes(i)-1;
    y(tf) = -0.25*x(tf)/1000 + (Ptx_max - 0.5) - (i-2)*0.1;
    Final = y(Posicion_Empalmes(i)-1);

    %Caída del empalme
    tf = x >= Posicion_Empalmes(i) & x <= Posicion_Empalmes(i)+ 3;
    if i==CantidadEmpalmes+2
        y(tf) = Final - 0.5;
    else
        y(tf) = Final - 0.1;
    end
end

plot(x,y,'g','LineWidth',1.5);
grid on
grid minor

```



```

xlabel('Longitud (m)')
ylabel({'Potencia (dBm)'; 'Atenuación (dB)'})
title('Atenuación total del sistema de cableado')

%CALCULOS
%Atenuación total del sistema de cableado
ATSC = Ptx_max - (Final - 0.5);
%Ganancia del sistema
GS = Ptx_max - Prx_min;
%Penalización total de potencia
PTP = str2double(get(handles.edit32,'String')) +
    str2double(get(handles.edit33,'String'));
%Presupuesto total de pérdida por enlace
PTPE = GS - PTP;
%Margen de desempeño del sistema
MDS = PTPE - ATSC;

%REPORTES
set( handles.text34, 'String', ATSC );
set( handles.text36, 'String', GS);
set( handles.text38, 'String', PTPE);
set( handles.text48, 'String', MDS);
set( handles.text41, 'String', Final - 0.5);

%CURVA PARA POTENCIA MINIMA DEL TRANSMISOR
%PRIMER CONECTOR
tf = x <= 1;           %PRIMER CONECTOR (su inicio)
y(tf) = Ptx_min;       %Ptx máxima
tf = x >= 2 & x <= 3;  %PRIMER CONECTOR (su final), caída de 0.5dB
y(tf) = Ptx_min - 0.5; %Ptx_max - 0.5

%SECCIONES Y EMPALMES
for i = 2:CantidadEmpalmes+2
    %Curva de la sección
    tf = x >= Posicion_Empalmes(i-1)+4 & x <= Posicion_Empalmes(i)-1;
    y(tf) = -0.25*x(tf)/1000 + (Ptx_min - 0.5) - (i-2)*0.1;
    Final = y(Posicion_Empalmes(i)-1);

    %Caída del empalme
    tf = x >= Posicion_Empalmes(i) & x <= Posicion_Empalmes(i)+ 3;
    if i==CantidadEmpalmes+2
        y(tf) = Final - 0.5;
    else
        y(tf) = Final - 0.1;
    end
end
plot(x,y,'r','LineWidth',1.5);
ylim([Final - 1 5]);
xlim([0 Longitud_Enlace]);

```

```

%CALCULOS
%Atenuación total del sistema de cableado
ATSC = Ptx_min - (Final - 0.5);
%Ganancia del sistema
GS = Ptx_min - Prx_min;
%Penalización total de potencia
PTP = str2double(get(handles.edit32, 'String')) + str2double(get(handles.edit33, 'String'));
%Presupuesto total de pérdida por enlace
PTPE = GS - PTP;
%Margen de desempeño del sistema
MDS = PTPE - ATSC;

%REPORTES
set( handles.text22, 'String', ATSC );
set( handles.text35, 'String', GS);
set( handles.text37, 'String', PTPE);
set( handles.text47, 'String', MDS);
set( handles.text40, 'String', Final - 0.5);

%CALCULO DE SECCIONES
for i=1:CantidadEmpalmes-1
    dos = str2double(get(handles.Tag(i+1), 'String'));
    uno = str2double(get(handles.Tag(i), 'String'));
    seccion = dos - uno;
    set(handles.Secciones(i+1), 'String', num2str(seccion));
end
seccion = str2double(get(handles.Tag(1), 'String'));
set(handles.Secciones(1), 'String', seccion);
dos = str2double(get(handles.edit30, 'String'));
uno = str2double(get(handles.Tag(CantidadEmpalmes), 'String'));
seccion = dos - uno;
CantidadEmpalmes
set(handles.Secciones(CantidadEmpalmes+1), 'String', seccion);

%Lectura de la longitud del SLIDER y su visualización
function slider1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global Longitud_Enlace;
sliderValue = get(handles.slider1, 'Value');
set( handles.edit31, 'String', sliderValue);
Longitud_Enlace = sliderValue;
set( handles.edit30, 'String', Longitud_Enlace )

function edit31_Callback(hObject, eventdata, handles)
global Longitud_Enlace;
Longitud_Enlace = str2double(get(handles.edit31, 'String'));
set( handles.slider1, 'Min', 0, 'Max', 40000, 'Value', Longitud_Enlace );
set( handles.edit30, 'String', Longitud_Enlace )

```

```

%REINICIO, VALORES POR DEFECTO
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
%CONDICIONES INICIALES
global Longitud_Enlace;
global CantidadEmpalmes;
CantidadEmpalmes = 1;
CantidadEmpalmes2 = str2double(get(handles.text52, 'String'));
%Selección de transceiver de 40km
set( handles.radiobutton11, 'Value', 1);
set( handles.radiobutton12, 'Value', 0);

%Cantidad de empalmes a 6
Longitud_Enlace = 2915.81;
set( handles.slider1, 'Min', 0, 'Max', 40000, 'Value', Longitud_Enlace);
set(handles.text27,'string',' 40 km (máximo)')
set(handles.edit31,'string', Longitud_Enlace)
set(handles.edit30,'string', Longitud_Enlace)
set(handles.slider2, 'Min', 1, 'Max', 20, 'Value', 1);
set( handles.text52, 'String', 1);

set(handles.edit3, 'String', '-4.7');
set(handles.edit4, 'String', '4');
set(handles.edit13, 'String', '-15.8');
set(handles.edit14, 'String', '-1');
ylim([-15.8 4]);
xlim([0 Longitud_Enlace]);

for i=1:6
    handles.Tag(i) = uicontrol('Style','edit',...
        'Position',[220+(i-1)*50 99 45 19],...
        'BackgroundColor',[1 1 1],...
        'ForegroundColor',[0 0 0],...
        'FontSize',7,...
        'String',i);
end

set( handles.Tag(1), 'String', 1247);
set( handles.Tag(2), 'String', '');
set( handles.Tag(3), 'String', '');
set( handles.Tag(4), 'String', '');
set( handles.Tag(5), 'String', '');
set( handles.Tag(6), 'String', '');

for i = 1:7
    handles.Secciones(i) = uicontrol('Style','text',...
        'Position',[195+(i-1)*50 75 45 19],...
        'ForegroundColor',[0 0 0],...
        'FontSize',7); %,...
        %'String',i);

```

```

end
guidata(hObject, handles);
handles.edit30.Position = [220+6*50 99 45 19];
handles.edit30.FontSize = 7;

if CantidadEmpalmes2 > 6
    for i = 8:CantidadEmpalmes2
        delete(handles.Secciones(i));
        i
    end
    for i = 7:CantidadEmpalmes2
        delete(handles.Tag(i));
    end
end
guidata(hObject, handles);
cla;

%Lectura de la longitud del SLIDER y su visualización
function slider2_Callback(hObject, eventdata, handles)
Empalmes = str2double(get(handles.text52, 'String'))
sliderValue = get(handles.slider2, 'Value');
sliderValue = round(sliderValue)
set(handles.text52, 'String', num2str(sliderValue));
set(handles.slider2, 'Value', sliderValue);

if sliderValue >= Empalmes
    for i = Empalmes+1:sliderValue
        handles.Tag(i) = uicontrol('Style','edit',...
            'Position',[220+(i-1)*50 99 45 19],...
            'BackgroundColor',[1 1 1],...
            'ForegroundColor',[0 0 0],...
            'FontSize',7);
        %'String',i);
        %handles.Tag(i).String = i+3;
        %set(handles.Tag(i), 'String', sliderValue+30);
    end

    if i== sliderValue
        handles.edit30.Position = [220+sliderValue*50 99 45 19];
        handles.edit30.FontSize = 7;
    end
    guidata(hObject, handles);

    for i = Empalmes+1:sliderValue+1
        handles.Secciones(i) = uicontrol('Style','text',...
            'Position',[195+(i-1)*50 75 45 19],...
            'ForegroundColor',[0 0 0],...
            'FontSize',7); %,...
        %'String',i);
    end
end

```



```

        %handles.Tag(i).String = i+3;
        %set(handles.Tag(i), 'String', sliderValue+30);
    end
    guidata(hObject, handles);

    if i== sliderValue
        handles.edit30.Position = [220+sliderValue*50 99 45 19];
        handles.edit30.FontSize = 7;
    end

else
    for i = sliderValue+1:Empalmes
        delete(handles.Tag(i));
    end
    for i = sliderValue+2:Empalmes+1
        delete(handles.Secciones(i));
        handles.edit30.Position = [220+(sliderValue)*50 99 45 19];
    end
    guidata(hObject, handles);

end

function edit17_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit15_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit18_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit16_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit11_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit12_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit13_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit13_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit14_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit14_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit19_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit20_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit21_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit21_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit22_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit22_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit23_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit23_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit24_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit24_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit25_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit25_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit27_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit27_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit28_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit28_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit29_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit29_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit30_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit30_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit31_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit32_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit33_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit32_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit33_Callback(hObject, eventdata, handles)
function slider2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor',[.9 .9 .9]);
end
function varargout = LINK_BUDGET_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;

```

```

function radiobutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function radiobutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function slider1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor',[.9 .9 .9]);
end
function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function uibuttongroup4_SelectionChangedFcn(hObject, eventdata, handles)
sliderValue = get(handles.slider1, 'Value');
if hObject == handles.radiobutton11
    set(handles.text27,'string',' 40 km (máximo)')

    if sliderValue > 40000
        set( handles.slider1, 'Min', 0, 'Max', 40000, 'Value', 40000);
        set(handles.edit31,'string','40000')
        set(handles.edit30,'string','40000')
        sliderValue = 40000;
    else
        set( handles.slider1, 'Min', 0, 'Max', 40000);
    end
end

```



```

        set(handles.edit31,'string',sliderValue)
    end
    set(handles.edit3, 'String', '-4.7');
    set(handles.edit4, 'String', '4');
    set(handles.edit13, 'String', '-15.8');
    set(handles.edit14, 'String', '-1');
    ylim([-15.8 4]);
    xlim([0 sliderValue]);

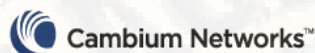
elseif hObject == handles.radiobutton12
    set(handles.text27,'string',' 80 km (máximo)')
    set(handles.slider1, 'Min', 0, 'Max', 80000);
    set(handles.edit31,'string',sliderValue)

    set(handles.edit3, 'String', '0');
    set(handles.edit4, 'String', '5');
    set(handles.edit13, 'String', '-26.02');
    set(handles.edit14, 'String', '-7');
    ylim([-26.02 5]);
    xlim([0 sliderValue]);
end

function edit34_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit34_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

ANEXO 08: Datasheets de equipos inalámbricos



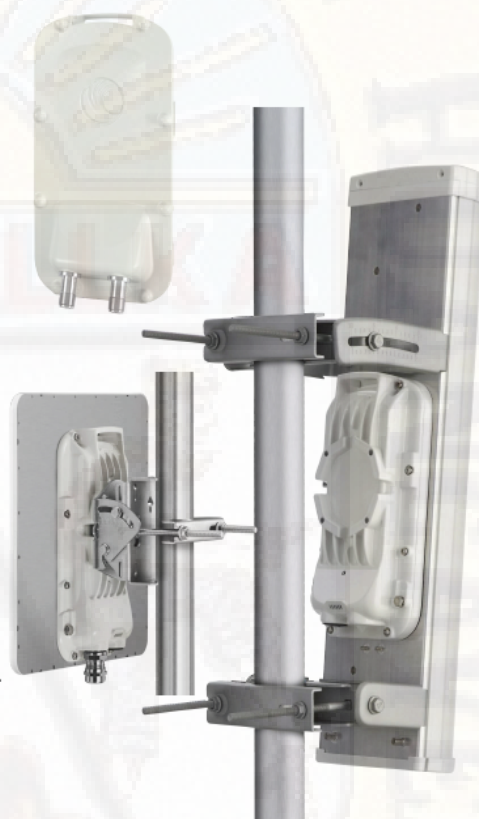
PMP 450i Access Point SPECIFICATION SHEET

PMP 450i Access Point

Cambium Networks industry-leading 450 platform includes the all new PMP 450i and PTP 450i radios. The 450i product platform is the most scalable industrial-grade wireless broadband solution available.

Key Features:

- **Ultra-wide band** radios support the entire band, whether in 5 GHz or 3 GHz. Advanced radio design improves transmit power and increases receive sensitivity.
- **Rugged metal enclosure** designed to meet IP-66 and IP-67 standards to withstand harsh environments. Optional ATEX/HAZLOC certified models available for hazardous deployments.
- **Dynamic Interference Filtering** to provide industry leading noise isolation for improved performance
- Updated FPGA and SoC architecture **triples the processing power** compared to PMP 450
- **Multifunction AUX port** allows for greater flexibility for deployment by adding a camera or other PoE directly.
- Options for **Integrated 90° sector antenna** optimized for frequency re-use (>35 dB F/B), high gain, null fill and predictable performance, or **Integrated 10° sector antenna** for highly directional sectors.
- Now capable of up to **300 Mbps per sector** in a 40 MHz channel.



PRODUCT		RoW	US	EU	DES only	IC
5 GHz Model Numbers	Connectorized	C050045A001B	C050045A002B	C050045A003B	C050045A004B	C050045A015B
	Integrated 10° sector			C050045A049B		
	Integrated 90° sector	C050045A005C	C050045A006C	C050045A007C	C050045A008C	C050045A016C
3 GHz Model Numbers	Connectorized	C030045A001A	C030045A001A	C030045A001A	C030045A003A	C030045A001A
	Integrated 90° sector	C030045A002A	C030045A002A	C030045A002A	C030045A004A	C030045A002A

SPECTRUM

Channel Spacing	Configurable on 2.5 MHz increments, 3 GHz customizable to 50 KHz					
Frequency Range	3 GHz : 3300 - 3900 MHz			5 GHz : 4900 - 5925 MHz		
Channel Width	5 MHz, 7 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz, 30 MHz or 40 MHz			5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz, 30 MHz or 40 MHz		

Specifications

PMP 450I Access Point SPECIFICATION SHEET

INTERFACE

MAC (Media Access Control) Layer	Cambium Networks proprietary
Physical Layer	2x2 MIMO OFDM
Ethernet Interface	100/1000BaseT, full duplex, rate auto negotiated (802.3 compliant)
Protocols Used	IPv4, IPv6, UDP, TCP/IP, ICMP, Telnet, SNMP, HTTP, FTP
Network Management	IPv4/IPv6 (dual stack), HTTP, HTTPS, Telnet, FTP, SNMPv2c and v3, Cambium Networks cnMaestro™
MTU	1700 bytes
VLAN	802.1ad (DVLAN Q-inQ), 802.1Q with 802.1p priority, dynamic port VID

PERFORMANCE

Subscriber Per Sector	Up to 238	
ARQ	Yes	
Modulation Levels (Adaptive)	MCS	Signal to Noise Required (SNR, in dB)
2X	QPSK	10
4X	16QAM	17
6X	64QAM	24
8X	256QAM	32
Maximum Deployment Range	Up to 40 miles (64 km)	
Latency	3 - 5 ms, typical	
GPS Synchronization	Yes, via Autosync (CMM5 or UGPS)	
Quality of Service	Diffserve QoS	

LINK BUDGET

Integrated Sector Antenna	90° Azimuth, 8° Elevation (3dB rolloff), 2° Electrical Downtilt, Dual polarity, or 10° Azimuth, 10° Elevation (3dB rolloff), Dual polarity
Antenna Gain	17 dBi ± 1 dBi integrated 90° sector, 23 dBi ± 1 dBi integrated 10° sector
Maximum Transmit Power	+28 dBm (MIMO, Combined H+V) (+25 dBm for 3 GHz) (may be limited by regulations)
Maximum EIRP	+43 dBm combined output (may be limited by regulations)

PHYSICAL

3 GHz

5 GHz

Antenna Connection		50 ohm, N-Type (Connectorized version only)	
Surge Suppression (LPU fitted)		EN61000-4-5: 1.2us/50us, 500 V voltage waveform Recommended external surge suppressor: Cambium Networks Model # C000000L033A	
Mean Time Between Failure		> 40 Years	
Environmental		IP67, IP66	
Temperature / Humidity		-40°C to +60°C (-40°F to +140°F), 0-100% condensing	
Weight	Connectorized	Approx. 2.0 kg (4.5 lbs)	Approx. 2.0 kg (4.5 lbs)
	Integrated	Approx. 7 kg (15.5 lbs)	Approx. 6.8 kg (15 lbs)
Wind Survival	Connectorized	322 km/h (200 mi/h)	322 km/h (200 mi/h)
	Integrated	322 km/h (200 mi/h)	322 km/h (200 mi/h)
Dimensions (HxWxD)	Connectorized	26.0 x 13.4 x 6.4 cm (10.3" x 5.3" x 3.3")	26.0 x 13.4 x 6.4 cm (10.3" x 5.3" x 3.3")
	90° Integrated	73.2 x 19.7 x 15 cm (28.8" x 7.8" x 5.9")	59.5 x 15.7 x 15.5 cm (23.4" x 6.2" x 6.1")
	10° Integrated		31.0 x 31.0 x 6.4 cm (12" x 12" x 2.5")
Power Consumption		15 W typical, 18 W max, 45 W max with Aux port PoE out enabled	
Input Voltage		48-59 V DC, 802.3at compatible	

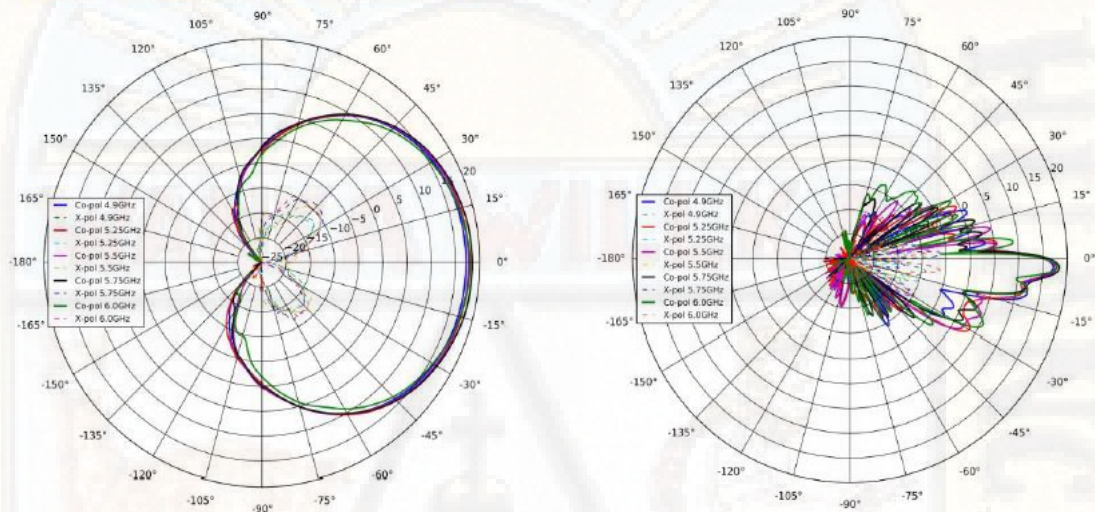
© 2019 Cambium Networks Ltd. All rights reserved.

Specifications

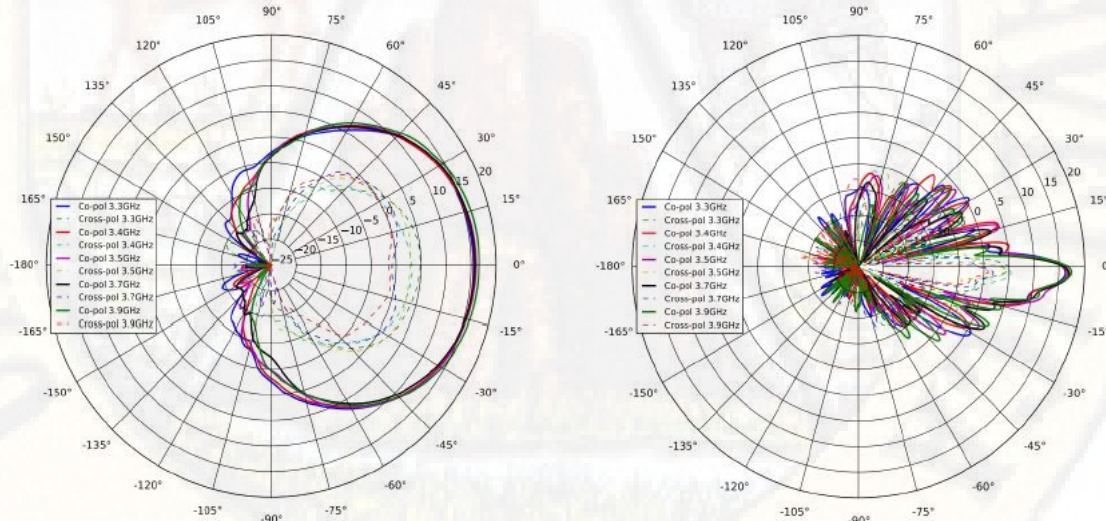
PMP 450i Access Point SPECIFICATION SHEET

SECURITY	3 GHz	5 GHz
Encryption	FIPS-197 128-bit AES, 256-bit AES*	FIPS-197 128-bit AES, 256-bit AES*
CERTIFICATIONS		
Industry Canada	109W-0028 (3 GHz)	109AO-50450i (4.9, 5.2, 5.4, 5.8 GHz)
FCC ID	Z8H89FT0028 (3 GHz)	QWP-50450i (4.9, 5.1, 5.2, 5.4, 5.8 GHz)
CE	EN 302 326-2 v1.2.2 (3 GHz)	EN 301 893 v1.8.1 (5.4 GHz) EN 302 625 v1.1.1 (Broadband Disaster Relief, 4.9 GHz, 5.1 GHz) EN 302 502 v1.2.1 (5.8 GHz)

5 GHz ANTENNA PATTERN FOR 90° INTEGRATED SECTOR:



3 GHz ANTENNA PATTERN FOR 90° INTEGRATED SECTOR:



© 2019 Cambium Networks Ltd. All rights reserved.

CN PMP 450i AP 01252019

* Requires optional license

PMP 450i Subscriber Module

Cambium Networks industry-leading 450 platform includes the all new PMP 450i and PTP 450i radios. The 450i product platform is the most scalable industrial-grade wireless broadband solution available.

Key Features:

- An **ultra-wide band** radio supports 4900 MHz to 5925 MHz with dynamic interference filtering, improved transmit power and better receive sensitivity.
- **Rugged metal enclosure** designed to meet IP-66 and IP-67 standards to withstand harsh environments. Optional ATEX/HAXLOC certified models available for hazardous deployments.
- **Dynamic Interference Filtering** to provide industry leading noise isolation for improved performance
- Updated FPGA and SoC architecture **triples the processing power** compared to PMP 450
- **Multifunction AUX port** allows for greater flexibility for deployment by adding a camera or other PoE directly.



PRODUCT

Model Numbers	5 GHz	Connectorized	C050045C001A
		Integrated	C050045C002A

SPECTRUM

Channel Spacing	Configurable on 2.5 MHz increments
Frequency Range	4900 - 5925 MHz
Channel Width	5 MHz, 10 MHz or 20 MHz

INTERFACE

MAC (Media Access Control) Layer	Cambium Networks proprietary
Physical Layer	2x2 MIMO OFDM
Ethernet Interface	100/1000BaseT, full duplex, rate auto negotiated (802.3 compliant)
Protocols Used	IPv4, UDP, TCP, IP, ICMP, Telnet, SNMP, HTTP, FTP
Network Management	HTTP, HTTPS, Telnet, FTP, SNMP v3
VLAN	802.1ad (D-VLAN Q-in-Q), 802.1Q with 802.1p priority, dynamic port VID

CN PMP450i SM 07302015

Specifications

PMP 450I Subscriber Module SPECIFICATION SHEET

PERFORMANCE

ARQ	Yes	
Modulation Levels (Adaptive)	MCS	Signal to Noise Required (SNR, in dB)
2X	QPSK	10
4X	16QAM	17
6X	64QAM	24
8X	256QAM	32
Maximum Deployment Range	Up to 40 miles (64 km)	
Latency	3 - 5 ms, typical	
GPS Synchronization	Yes, via Autosync (CMM3, CMM4)	
Quality of Service	Diffserve QoS	

LINK BUDGET

Antenna Beam Width	10° azimuth for 23 dBi integrated antenna	
Antenna Gain	+23 dBi H+V, integrated or external	
Transmit Power Range	40 dB dynamic range (to EIRP limit by region) (1 dB step)	
Maximum Transmit Power	+27 dBm combined output	

PHYSICAL

Antenna Connection	50 ohm, N-Type (Connectorized version only)	
Surge Suppression	EN61000-4-5: 1.2us/50us, 500 V voltage waveform Recommended external surge suppressor: Cambium Networks Model # C000000L033A	
Mean Time Between Failure	> 40 Years	
Environmental	IP66, IP67	
Temperature / Humidity	-40°C to +60°C (-40°F to +140°F), 0-95% non-condensing	
Weight	Connectorized	Approx. 2.0 kg (4.5 lbs)
	Integrated	Approx. 2.5 kg (5.5 lbs)
Wind Survival	Connectorized	322 km/h (200 mi/h)
	Integrated	200 km/h (124 mi/h)
Dimensions (HxWxD)	Connectorized	26.0 x 13.4 x 6.4 cm (10.3" x 5.3" x 3.3")
	Integrated	31.0 x 31.0 x 6.4 cm (12" x 12" x 2.5")
Power Consumption	15 W typical, 25 W max, 55 W max with Aux port PoE out enabled	
Input Voltage	48-59 V DC, 802.3at compliant	
Mounting	Wall or Pole mount with Cambium Networks Model # N000045L002A	

SECURITY

Encryption	56-bit DES, FIPS-197 128-bit AES
------------	----------------------------------

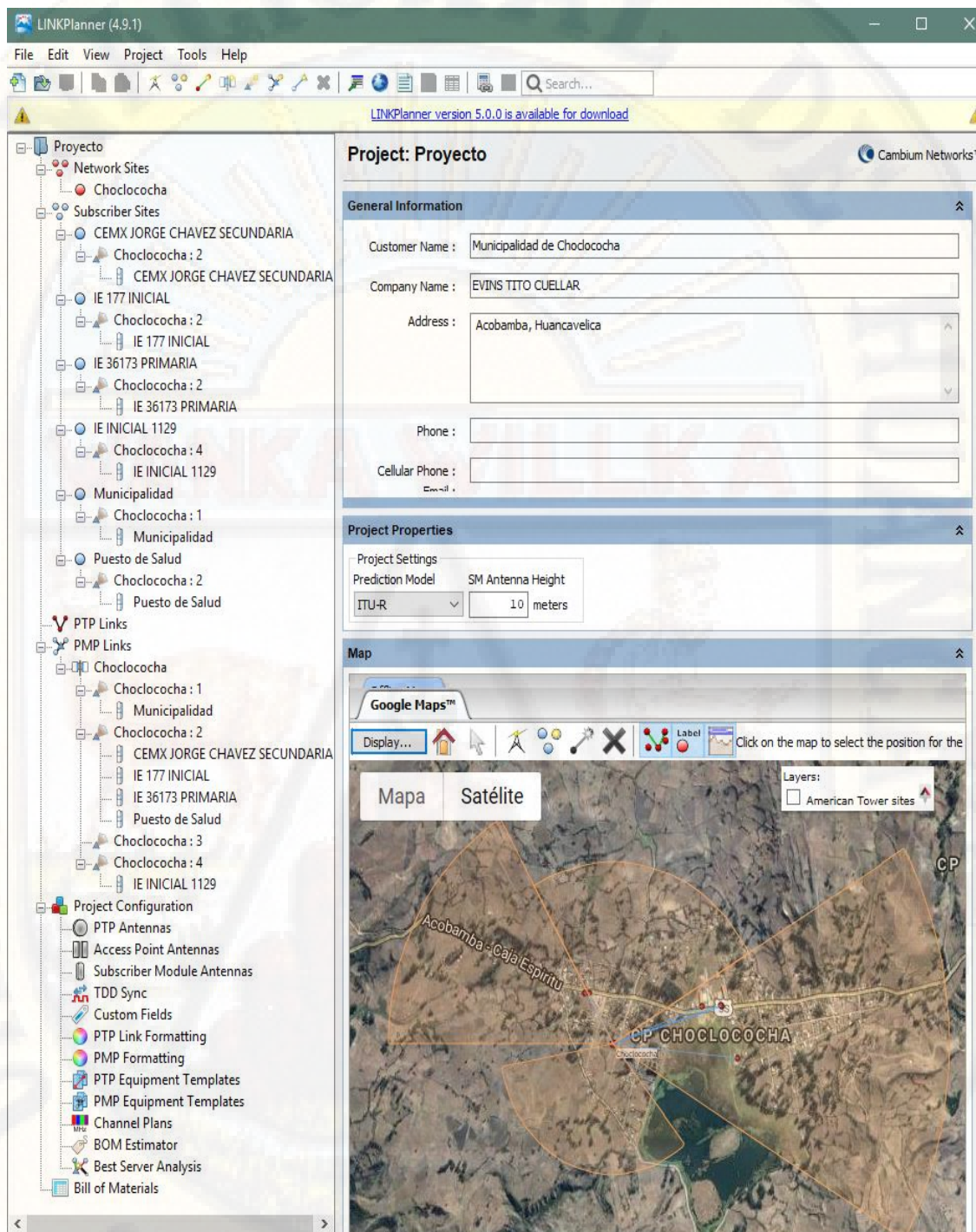
Certifications

Industry Canada	TBD (4.9, 5.4, 5.8 GHz)
FCC ID	QWP-50450I (4.9, 5.4, 5.8 GHz)
CE	EN 301 893 v1.7.1 (5.4 GHz)
	EN 302 625 v1.1.1 (Broadband Disaster Relief, 4.9 GHz, 5.1 GHz)
	EN 302 502 v1.2.1 (5.8 GHz)

© 2015 Cambium Networks Ltd. All rights reserved.

CN PMP450I SM 07302015

ANEXO 09: Reportes generados con LINKPlanner



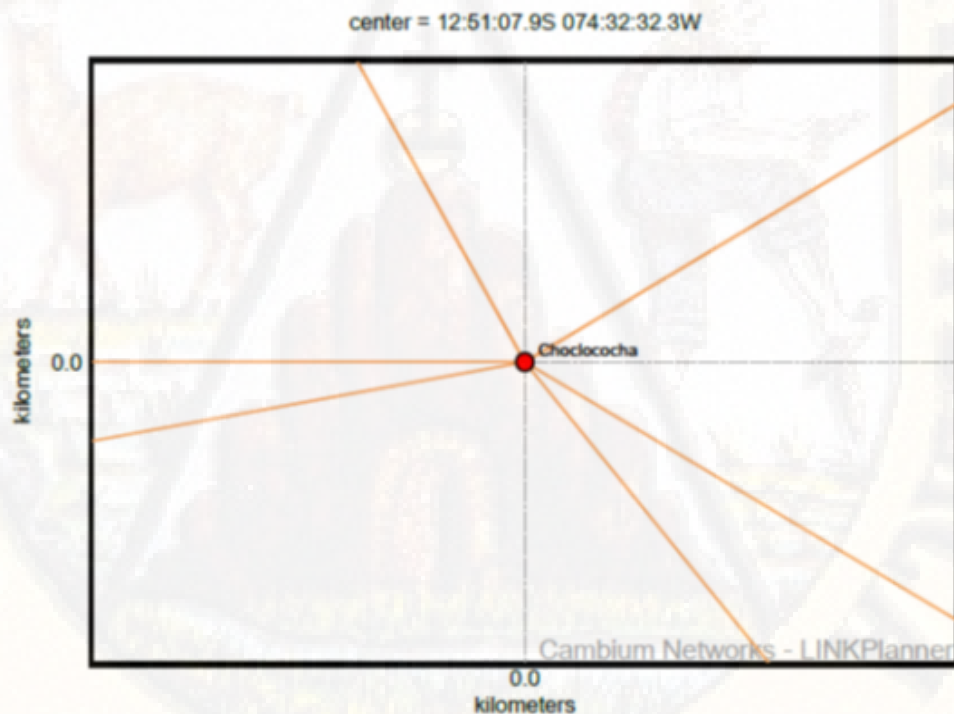
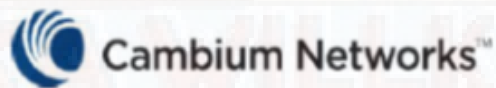
Project Proyecto LINKPlanner Proposal Report

29 June 2019

Organization:

Phone:

Email:



1. Project Summary

Project: Proyecto

Description: Implementación de acceso inalámbrico en el centro poblado de Choclococha, distrito de Pomacocha, provincia de Acobamba, Región Huancavelica

General Information	
Customer Name	Municipalidad de Choclococha
Company Name	EVINS TITO CUELLAR
Address	Acobamba, Huancavelica
Phone	
Cell Phone	
Email	etc884@hotmail.com

Access Point Name	Product	Antenna Azimuth	Beamwidth	Band	Max Range	Connected Subscribers	Total Predicted Throughput
Choclococha : 1	PMP450i	15.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	1	122.88 Mbps
Choclococha : 2	PMP450i	90.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	4	122.88 Mbps
Choclococha : 3	PMP450i	200.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	0	0.00 Mbps
Choclococha : 4	PMP450i	300.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	1	122.88 Mbps

Bill of Materials : PMP Network

Part Number	Qty	Description
01010419001	8	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	4	LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050045A006	4	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (FCC). Requires suffix "B" or newer
EW-E4PM45AP-WW	4	PMP450/450i Access Point Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	4	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)

Bill of Materials : Subscriber Modules

Part Number	Qty	Description
(no part number)	6	Unspecified Power Lead. (set the region in the Bill of Materials options)
C000000L033	6	Gigabit Surge Suppressor (56V)
C050045C002	6	5 GHz PMP 450i SM, Integrated High Gain Antenna
EW-E4PM4ISM-WW	6	PMP450i Subscriber Module Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	6	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
N000045L002	6	Tilt Bracket Assembly

2. Choclococha

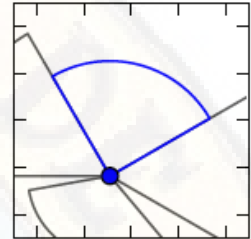
Hub Summary	
Hub Name	Choclococha
Latitude	12:51:07.9S
Longitude	074:32:32.3W
Number of Access Points	4
Number of Connected Subscribers	6
Total Predicted DL Throughput	294.91 Mbps
Total Predicted UL Throughput	73.73 Mbps
Total Throughput	368.64 Mbps

Access Point Name	Product	Antenna Azimuth	Beamwidth	Band	Max Range	Connected Subscribers	Total Predicted Throughput
Choclococha : 1	PMP450i	15.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	1	122.88 Mbps
Choclococha : 2	PMP450i	90.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	4	122.88 Mbps
Choclococha : 3	PMP450i	200.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	0	0.00 Mbps
Choclococha : 4	PMP450i	300.0°	90.0°	5.8 GHz	1 miles	1	122.88 Mbps

Bill of Materials : PMP Network		
Part Number	Qty	Description
01010419001	8	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	4	LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050045A006	4	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (FCC). Requires suffix "B" or newer
EW-E4PM45AP-WW	4	PMP450/450i Access Point Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	4	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP). Total cable requirements are aggregated at the network level



Choclococha : 1



Access Point Summary	
AP Name	Choclococha : 1
Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna
Modeled Beamwidth	90°
Antenna Azimuth	15.00° from True North 18.94° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Connected Subscribers	1
Max Range	1 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Total Predicted DL Throughput	98.30 Mbps
Total Predicted UL Throughput	24.58 Mbps
Total Predicted Throughput	122.88 Mbps
Downlink Data	75 %

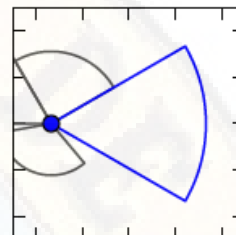
Subscriber Module Summary

Name	Latitude	Longitude	Product	Range	Antenna Gain
Municipalidad	12:51:01.5S	074:32:35.8W	PMP450i	0.223 km	23.0 dBi

Bill of Materials : Access Point		
Part Number	Qty	Description
01010419001	2	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	1	LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050045A006	1	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (FCC). Requires suffix "B" or newer
EW-E4PM45AP-WW	1	PMP450/450i Access Point Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP). Total cable requirements are aggregated at the parent level



Choclococha : 2



Access Point Summary	
AP Name	Choclococha : 2
Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna
Modeled Beamwidth	60°
Antenna Azimuth	90.00° from True North 93.94° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Connected Subscribers	4
Max Range	2 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Total Predicted DL Throughput	98.30 Mbps
Total Predicted UL Throughput	24.58 Mbps
Total Predicted Throughput	122.88 Mbps
Downlink Data	75 %

Subscriber Module Summary

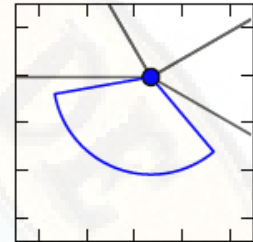
Name	Latitude	Longitude	Product	Range	Antenna Gain
CEMX JORGE CHAVEZ SECUNDARIA	12:51:03.2S	074:32:19.1W	PMP450i	0.424 km	23.0 dBi
IE 177 INICIAL	12:51:03.2S	074:32:16.2W	PMP450i	0.508 km	23.0 dBi
IE 36173 PRIMARIA	12:51:03.0S	074:32:16.3W	PMP450i	0.504 km	23.0 dBi
Puesto de Salud	12:51:09.6S	074:32:13.8W	PMP450i	0.559 km	23.0 dBi

Bill of Materials : Access Point		
Part Number	Qty	Description
01010419001	2	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	1	LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050045A005	1	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (ROW). Requires suffix "B" or newer
EW-E4PM45AP-WW	1	PMP450/450i Access Point Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP). Total cable requirements are aggregated at the parent level

Bill of Materials : Subscriber Modules		
Part Number	Qty	Description
(no part number)	3	Unspecified Power Lead. (set the region in the Bill of Materials options)
C000000L033	3	Gigabit Surge Suppressor (56V)
C050045C002	3	5 GHz PMP 450i SM, Integrated High Gain Antenna
EW-E4PM4ISM-WW	3	PMP450i Subscriber Module Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	3	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
N000045L002	3	Tilt Bracket Assembly



Choclococha : 3

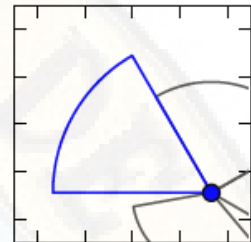


Access Point Summary	
AP Name	Choclococha : 3
Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna
Modeled Beamwidth	120°
Antenna Azimuth	200.00° from True North 203.94° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Connected Subscribers	0
Max Range	1 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Total Predicted DL Throughput	0.00 Mbps
Total Predicted UL Throughput	0.00 Mbps
Total Predicted Throughput	0.00 Mbps
Downlink Data	75 %

Bill of Materials : Access Point		
Part Number	Qty	Description
01010419001	2	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	1	LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050045A006	1	5 GHz PMP 450i Integrated Access Point, 90 degree (FCC). Requires suffix "B" or newer
EW-E4PM45AP-WW	1	PMP450/450i Access Point Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP). Total cable requirements are aggregated at the parent level



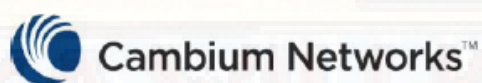
Choclococha : 4



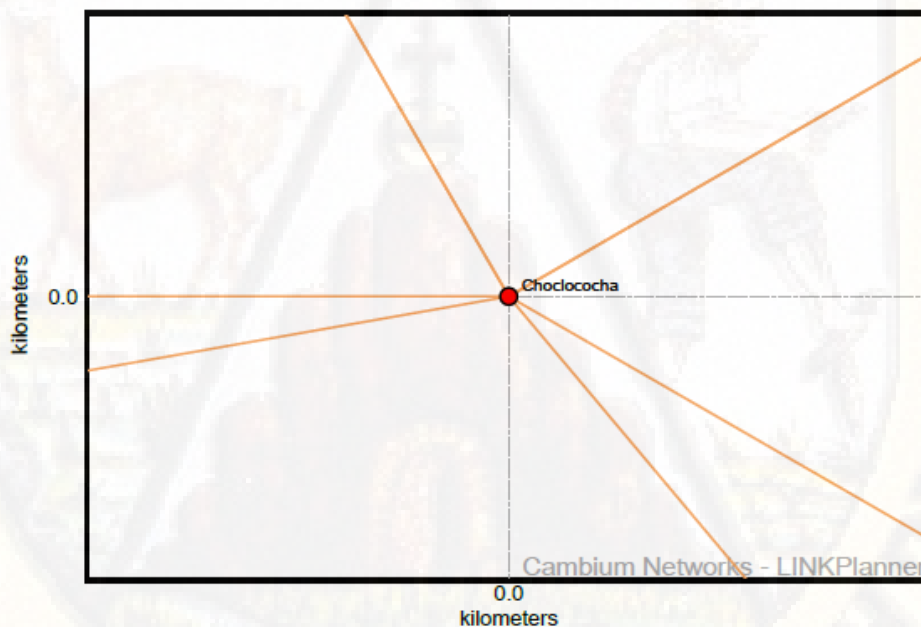
Access Point Summary	
AP Name	Choclococha : 4
Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 4.9 - 6 GHz, 90/120 deg Sector Antenna
Modeled Beamwidth	60°
Antenna Azimuth	300.00° from True North 303.94° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Connected Subscribers	1
Max Range	1 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Total Predicted DL Throughput	98.30 Mbps
Total Predicted UL Throughput	24.58 Mbps
Total Predicted Throughput	122.88 Mbps
Downlink Data	75 %

Project Proyecto LINKPlanner PMP Installation Report 29 June 2019

Organization:
Phone:
Email:

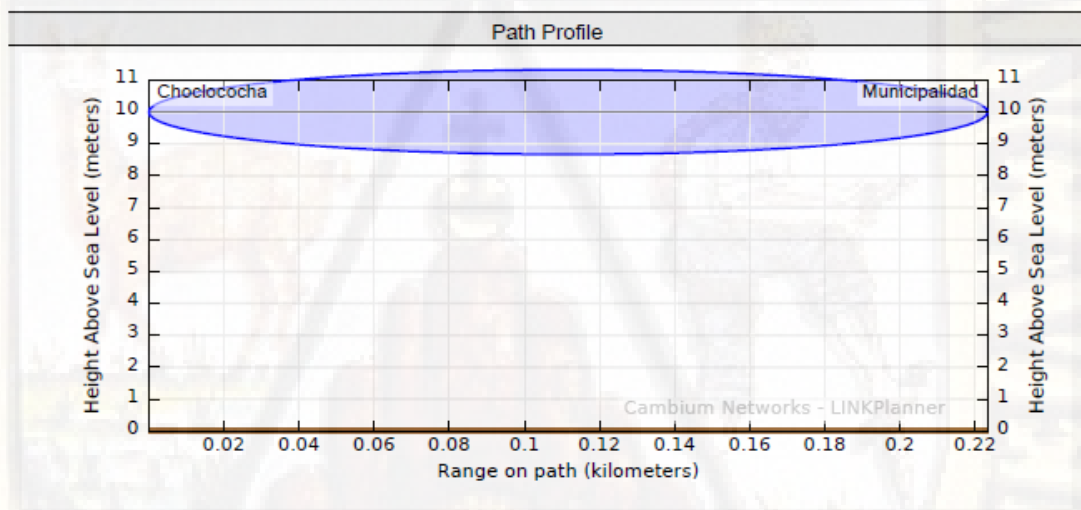


center = 12:51:07.9S 074:32:32.3W



8. Choclococha : 1 to Municipalidad

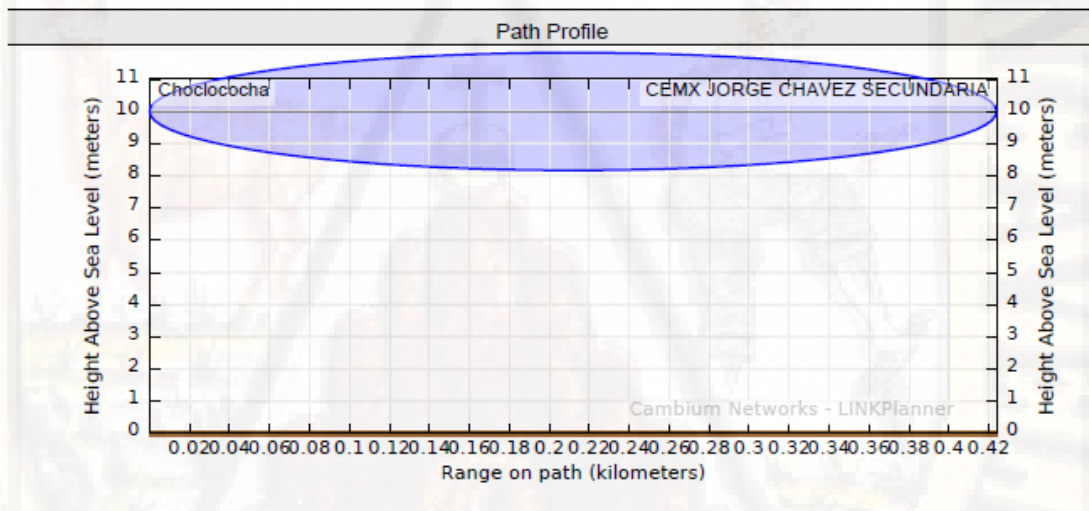
Summary	
AP Name	Choclococha : 1
SM Name	Municipalidad
Customer Company Name	EVINS TITO CUELLAR
Link Type	No Profile
AP Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
SM Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	0.223 kilometers
Free Space Path Loss	94.68 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Downlink Data	75 %



Bill of Materials		
Part Number	Qty	Description
(no part number)	1	Unspecified Power Lead. (set the region in the Bill of Materials options)
C000000L033	1	Gigabit Surge Suppressor (56V)
C050045C002	1	5 GHz PMP 450i SM, Integrated High Gain Antenna
EW-E4PM4ISM-WW	1	PMP450i Subscriber Module Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
N000045L002	1	Tilt Bracket Assembly

10. Choclococha : 2 to CEMX JORGE CHAVEZ SECUNDARIA

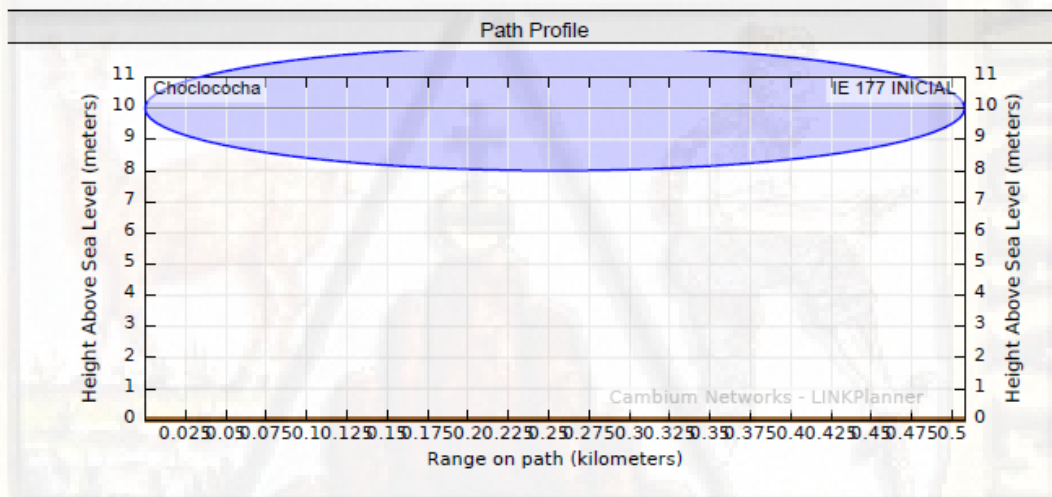
Summary	
AP Name	Choclococha : 2
SM Name	CEMX JORGE CHAVEZ SECUNDARIA
Customer Company Name	EVINS TITO CUELLAR
Link Type	No Profile
AP Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
SM Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	0.424 kilometers
Free Space Path Loss	100.24 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Downlink Data	75 %



Bill of Materials		
Part Number	Qty	Description
(no part number)	1	Unspecified Power Lead. (set the region in the Bill of Materials options)
C000000L033	1	Gigabit Surge Suppressor (56V)
C050045C002	1	5 GHz PMP 450i SM, Integrated High Gain Antenna
EW-E4PM4ISM-WW	1	PMP450i Subscriber Module Extended Warranty, 4 Additional Years

11. Choclococha : 2 to IE 177 INICIAL

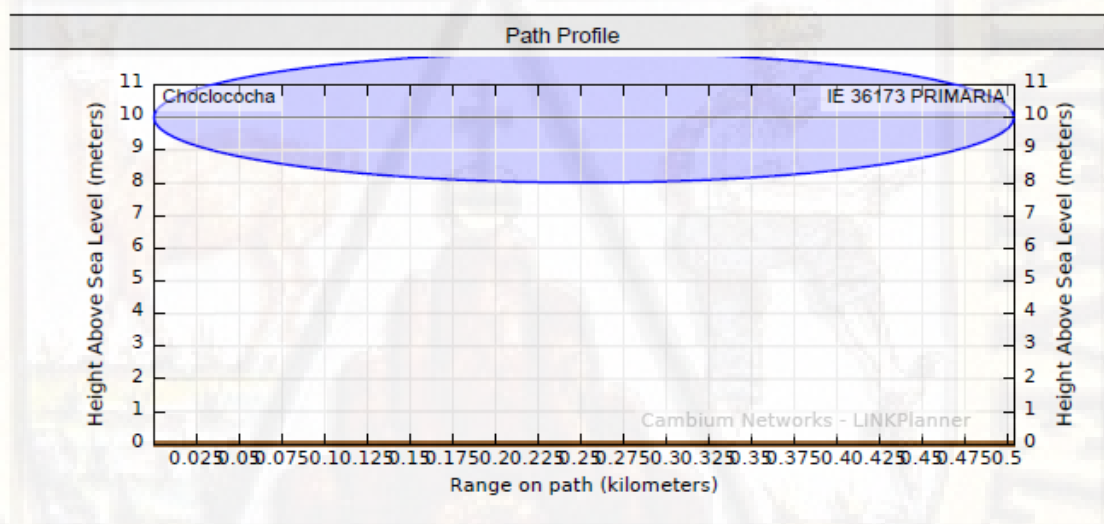
Summary	
AP Name	Choclococha : 2
SM Name	IE 177 INICIAL
Customer Company Name	EVINS TITO CUELLAR
Link Type	No Profile
AP Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
SM Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	0.508 kilometers
Free Space Path Loss	101.81 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Downlink Data	75 %



Bill of Materials		
Part Number	Qty	Description
(no part number)	1	Unspecified Power Lead. (set the region in the Bill of Materials options)
C000000L033	1	Gigabit Surge Suppressor (56V)
C050045C002	1	5 GHz PMP 450i SM, Integrated High Gain Antenna
EW-E4PM4ISM-WW	1	PMP450i Subscriber Module Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
N000045L002	1	Tilt Bracket Assembly

12. Choclococha : 2 to IE 36173 PRIMARIA

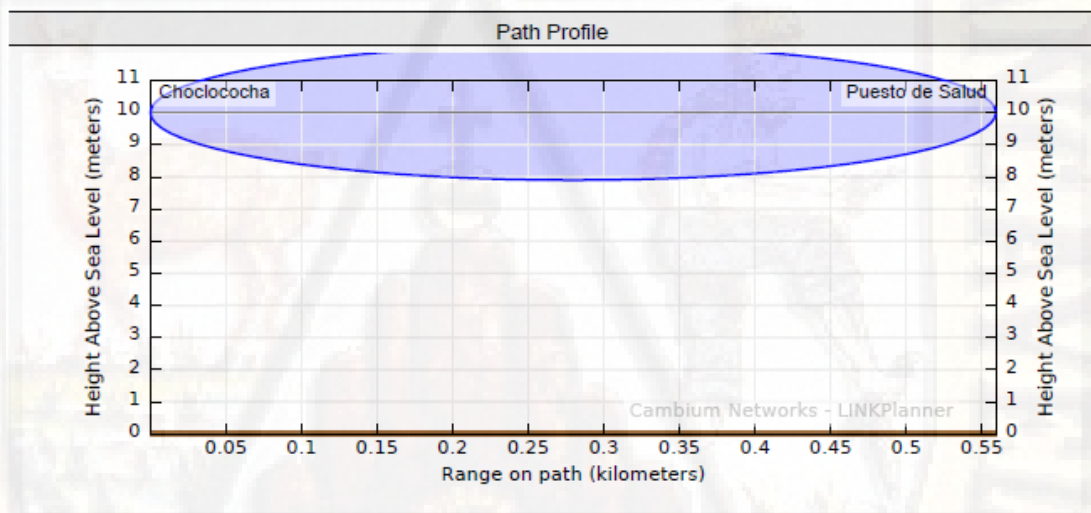
Summary	
AP Name	Choclococha : 2
SM Name	IE 36173 PRIMARIA
Customer Company Name	EVINS TITO CUELLAR
Link Type	No Profile
AP Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
SM Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	0.504 kilometers
Free Space Path Loss	101.75 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Downlink Data	75 %



Bill of Materials		
Part Number	Qty	Description
(no part number)	1	Unspecified Power Lead. (set the region in the Bill of Materials options)
C000000L033	1	Gigabit Surge Suppressor (56V)
C050045C002	1	5 GHz PMP 450i SM, Integrated High Gain Antenna
EW-E4PM4ISM-WW	1	PMP450i Subscriber Module Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
N000045L002	1	Tilt Bracket Assembly

13. Choclococha : 2 to Puesto de Salud

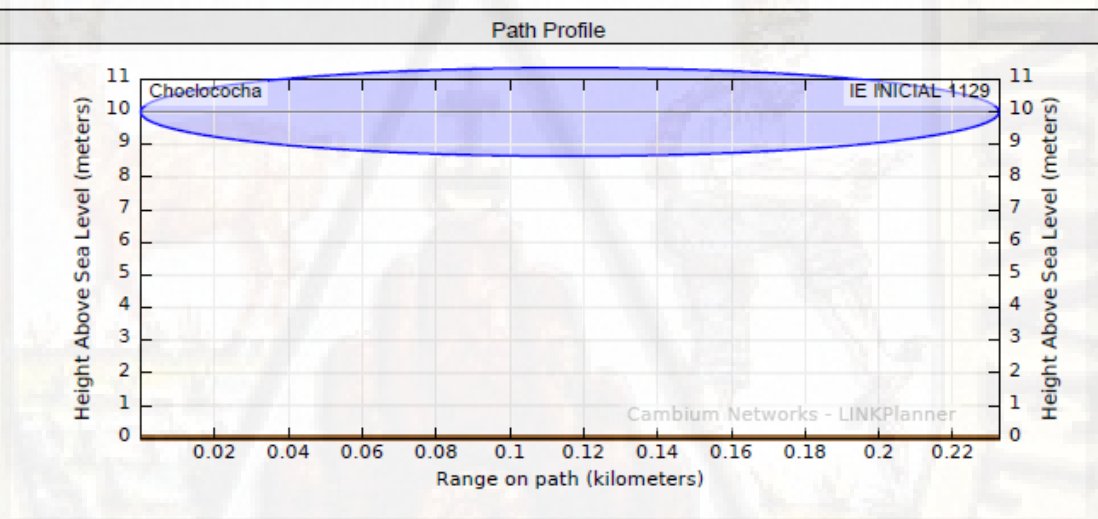
Summary	
AP Name	Choclococha : 2
SM Name	Puesto de Salud
Customer Company Name	EVINS TITO CUELLAR
Link Type	No Profile
AP Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
SM Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	0.559 kilometers
Free Space Path Loss	102.65 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Downlink Data	75 %



Bill of Materials		
Part Number	Qty	Description
(no part number)	1	Unspecified Power Lead. (set the region in the Bill of Materials options)
C000000L033	1	Gigabit Surge Suppressor (56V)
C050045C002	1	5 GHz PMP 450i SM, Integrated High Gain Antenna
EW-E4PM4ISM-WW	1	PMP450i Subscriber Module Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
N000045L002	1	Tilt Bracket Assembly

15. Choclococha : 4 to IE INICIAL 1129

Summary	
AP Name	Choclococha : 4
SM Name	IE INICIAL 1129
Customer Company Name	EVINS TITO CUELLAR
Link Type	No Profile
AP Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
SM Equipment Type	PMP450i (running Release 16.0)
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	0.233 kilometers
Free Space Path Loss	95.03 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Downlink Data	75 %



Bill of Materials		
Part Number	Qty	Description
(no part number)	1	Unspecified Power Lead. (set the region in the Bill of Materials options)
C000000L033	1	Gigabit Surge Suppressor (56V)
C050045C002	1	5 GHz PMP 450i SM, Integrated High Gain Antenna
EW-E4PM4ISM-WW	1	PMP450i Subscriber Module Extended Warranty, 4 Additional Years
N000000L034	1	POWER SUPPLY, 30W, 56V - Gbps support
N000045L002	1	Tilt Bracket Assembly

ANEXO 10: Matriz de consistencia

TÍTULO: “DISEÑO DE RED DE TRANSPORTE, MEDIANTE FIBRA MONOMODO PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN LA POBLACIÓN DE CHOCLOCOCHA - HUANCAMELICA”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE PROYECTOS, TECNOLÓGICOS E INNOVACIÓN Y SISTÉMICOS

PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
Problema General ¿Cómo una red de transporte mejora la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica?	Objetivo General Diseñar una red de transporte, mediante fibra monomodo, para mejorar la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica.	Antecedentes - Internacionales <ul style="list-style-type: none"> Universidad del Azuay Ecuador (2015): Gómez “Desarrollo de aplicación de software para automatizar el diseño de enlaces ópticos y su aplicación en un enlace para la central Minas-San Francisco” 	Hipótesis General Una red de transporte mejora la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica.	Identificación de variables Variable Independiente Red de transporte (RT) Dimensiones - Troncal óptica	Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Población y Muestra Población La población consta de todos los posibles usuarios del sistema en el centro poblado de Choclococha, Huancavelica. El servicio se instala por vivienda y no a cada poblador. En tal sentido, la población está conformada por las 486 viviendas existentes,
Problemas específicos a) ¿Cómo una red de transporte mejora el ancho de banda de la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica?	Objetivos específicos a) Mejorar el ancho de banda de la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica.	<ul style="list-style-type: none"> Universidad Nacional Autónoma de México México (2015): Solano “Análisis y diseño de enlace de fibra monomodo para dependencias del 	Hipótesis específica a) Una red de transporte, con fibra monomodo, mejora el ancho de banda para la comunicación de datos en la población de Choclococha – Huancavelica.	Variable dependiente Comunicación de datos Dimensiones - Ancho de banda - Cobertura	

<p>b) ¿Cómo una red de transporte mejora la cobertura de la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica?</p>	<p>b) Determinar el diseño de la red de transporte para mejorar la cobertura de la comunicación de datos en la población de Choclococha, Huancavelica.</p>	<p><i>campus ciudad universitaria de la UNAM</i>".</p> <p>- Nacionales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú (2012): Bedregal. <i>"Diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha para la región de San Martín"</i> • Pontificia Universidad Católica del Perú Perú (2014): Gutierrez. <i>"Estudio de Factibilidad para la implementación de una Red de Fibra Óptica entre Desaguadero y Moquegua"</i> • Universidad de Ciencias y Humanidades Perú (2016): López. 	<p>b) Una red de transporte, con fibra monomodo mejora la cobertura de la comunicación de datos en la población de Choclococha – Huancavelica.</p>		<p>todas ellas de similares características.</p> <p>Muestra</p> <p>El tamaño (n) de muestra, conociendo el tamaño de la población, se determinó aplicando la siguiente fórmula:</p> $n = \frac{N Z^2 p q}{d^2(N - 1) + Z^2 p q}$ <p>N = 486 Z = 0.9 p = 0.5 q = 0.5 d = 0.1</p> <p>n = 60</p> <p>Técnicas de recolección de datos</p> <p>Las técnicas de recolección de datos empleadas en este trabajo fueron:</p>
---	--	--	--	--	---

		<p><i>“Diseño de una red de fibra óptica para la implementación del servicio de banda ancha en Coishco (Ancash)”.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pontificia Universidad Católica del Perú Perú (2013): Fernández. <i>“Diseño de una red de banda ancha para la región Cajamarca”.</i> - Regionales y locales • Universidad Nacional de Huancavelica, Perú (2014): Fernández <i>“Servicio de Internet mediante fibra óptica y radio enlace en la institución educativa Túpac Amaru del distrito de Palca - Huancavelica”.</i> 		<p>5 Observación</p> <p>6 Análisis documental</p> <p>Los datos se tomaron directamente de los equipos de telecomunicaciones o mediante equipos de medición.</p> <p>Instrumentos de recolección de datos</p> <p>Se emplearon los siguientes instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fichas de registro de datos - Listas de cotejo <p>Las fichas se emplearon para registrar en ellas, las mediciones realizadas de las variables de interés.</p> <p>También se emplearon, en la etapa de diseño, mapas de relieve, analizador de</p>
--	--	--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú (2014): FITEL. <i>“Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo Social de la Región de Huancavelica”</i> <p>Marco Teórico Referencial</p> <ul style="list-style-type: none"> ADSS Ancho de banda Antenas sectoriales Conector dB dBm Dispersión Empalme Ethernet Ferretería Fibra monomodo: Férula: 		<p>red, GPS, cámara fotográfica, laptop, aplicativos de medición de velocidad y potencia de recepción de señal inalámbrica, cuaderno de apuntes.</p> <p>Técnicas de Procesamiento de datos</p> <p>Prueba de hipótesis</p> <p>La información obtenida de campo (medición y lectura de las variables de interés) contenida en las fichas de registro, fueron procesadas en Excel para su ordenamiento y tabulación.</p> <p>Técnicas de análisis de datos</p> <p>Los datos procesados fueron luego analizados, también en Excel,</p>
--	--	--	--	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Jumper • Nodo • Nodo radioeléctrico • OC • Red de acceso • Red Dorsal • Router • SFP • SFP+ • Router • RSSI 		<p>mediante técnicas estadísticas asumiendo distribución normal y estimando el valor promedio de la población, a partir de la muestra tomada. Se emplearon y verificaron hipótesis nulas mediante regiones críticas.</p>
--	---	--	--

ANEXO 11: Base de datos

La información para el diseño e implementación del tendido de fibra óptica es copiosa debido a la gran cantidad de postes que puede requerir y toda la información asociada a cada uno de ellos, a los tramos de fibra entre postes y, también, todos los accesorios empleados para su sujeción. La información incluye también geolocalización para localizar, tanto los postes como el recorrido del tendido, sobre un mapa.

Toda la información se gestiona del siguiente modo en sus distintas fases:

a) Etapa de campo

La actividad inicial consiste en recopilar datos de campo:

- Postes: altura, material, propietario, coordenadas, nivel de tensión eléctrica en servicio, ubicado o no dentro de propiedad privada, fotografías.
- Distancia entre postes; tipo, características y desniveles del terreno, accesibilidad, verificar si el tendido cruza por alguna propiedad privada, fotografías.
- Ubicación de nuevos postes. Se define la ubicación georreferenciada de los nuevos postes requeridos para llevar el tendido hasta los nodos respectivos. Esto es opcional en caso exista tendido eléctrico que pase próximo a los nodos ópticos.

b) Etapa de gabinete

Toda la información recopilada mediante GPS se descarga al software Basecamp empleado para este tipo de trabajos. El software genera un archivo kmz con la ubicación de los postes y el recorrido de la fibra los mismos que luego se pueden visualizar sobre Google Maps tal como se mostró en el presente trabajo.

Además, la información recopilada manualmente es ingresada a una hoja de cálculos para su análisis y procesamiento. Como resultado se obtiene información para el despliegue de la fibra óptica:

- Cantidad de bobinas de fibra óptica requeridas
- Longitud total de fibra a emplear
- Longitud de fibra a emplear según span

- Distancias entre postes (span)
- Flecha del cable óptico entre postes
- Ubicación y longitud de reservas de cable
- Tipo y cantidad de accesorios de ferretería requeridos

En las dos gráficas siguientes se muestra el software Basecamp con la información de georreferenciación de los postes (PN: poste nuevo).

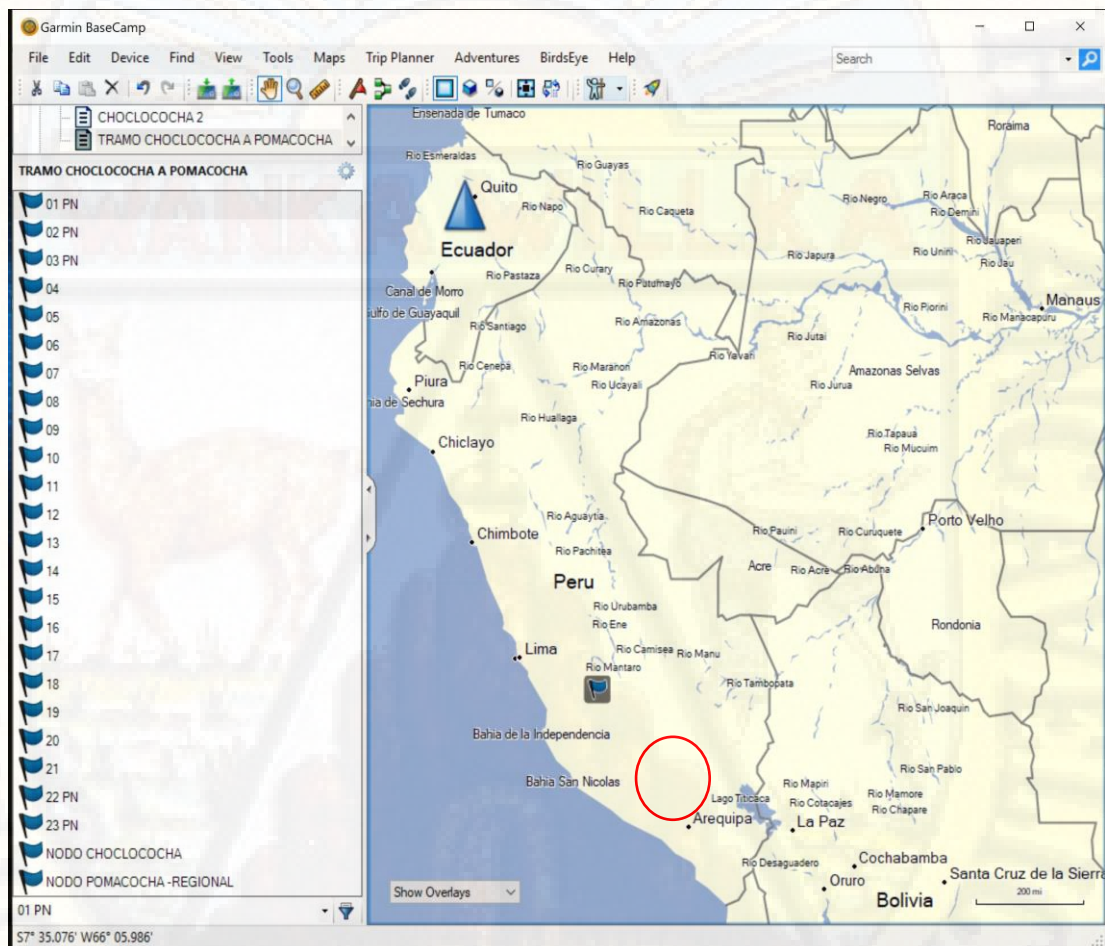


Figura – Base de datos con información de georreferenciación de los postes, existentes y nuevos, a lo largo del recorrido del cable óptico. Se muestra en el mapa la ubicación del recorrido (en rojo)

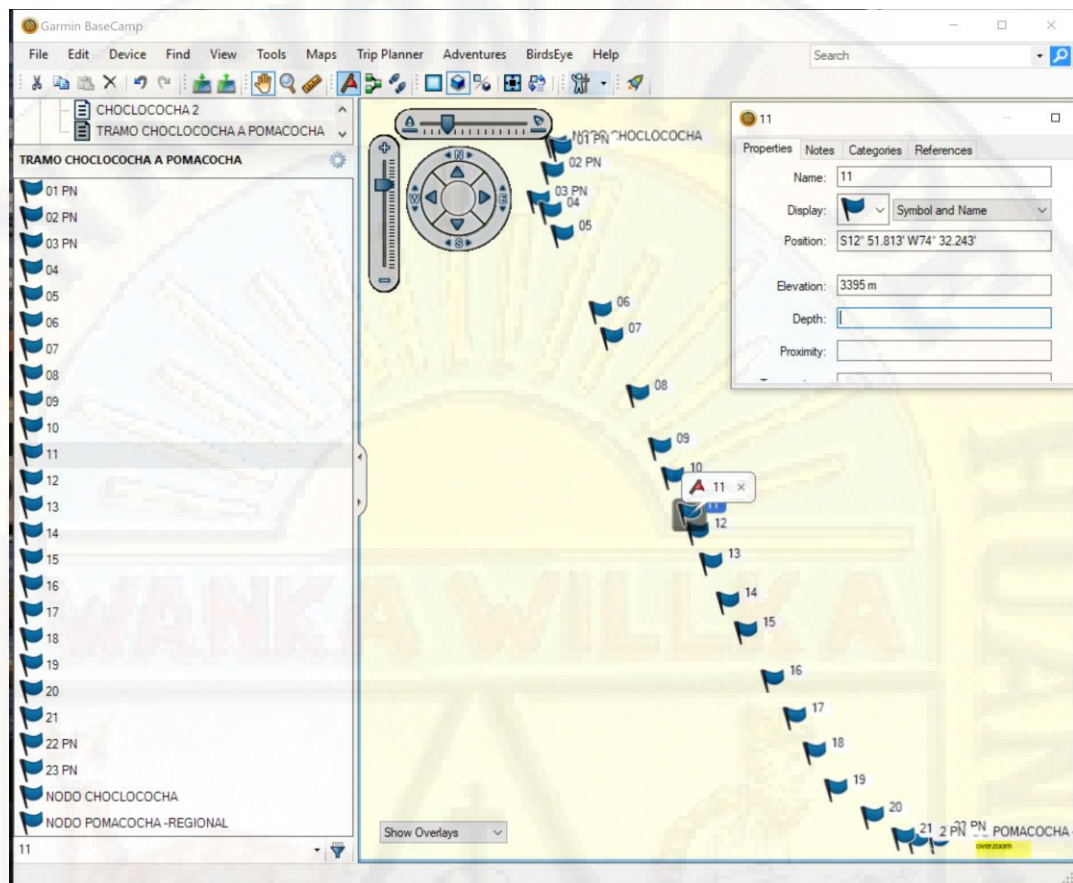


Figura – Base de datos con información de georreferenciación (coordenadas y altura) de los postes, existentes y nuevos. La información es obtenida mediante un dispositivo GPS y descargada a la base de datos del software Basecamp

En los tres cuadros siguientes se muestra la información ingresada y procesada en Excel con la que se determina la información de campo necesaria para el despliegue de la fibra óptica.

DISEÑO DE RED DE TRANSPORTE				PLANTILLA DE VERIFICACIÓN EN CAMPO													
ENLACE/TRAMO	CHOCLOCOCHA - POMACOCHA			Cantidad de fibra óptica	2816.06 metros	SPAN 300	1247.06m	SPAN 200	1569.45m								
Fecha	MAYO DE 2019																
ITEM	Código Infraestructura	Dirección	TRAMO	Tipo de elemento	Costado Vía	Distancia entre Elementos	Flecha	Span	Bobina	C O R D E N A D A S							
										Latitud		Longitud		UTM		Altura (MSNM)	
										Grad	Min	Seg	UTM X	UTM Y			
NODO CHOCLOCOCHA	S/C	CALLE HACIA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	NODO	IZQUIERDA	50.00	0.30	300	306-300 HNC	-12°	51'	08.07"	450338	8579160	3374		
1	POSTE NUEVO	CALLE HACIA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	IZQUIERDA	93.29	1.90	300	306-300 HNC	-12°	51'	08.53"	450318	8579145	3374		
2	POSTE NUEVO	CALLE HACIA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	IZQUIERDA	79.21	0.40	300	306-300 HNC	-12°	51'	11.46"	450342	8579056	3371		
3	POSTE NUEVO	CALLE HACIA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	IZQUIERDA	123.30	1.24	300	306-300 HNC	-12°	51'	15.04"	450387	8578946	3368		
4	4VP02762	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	64.24	0.50	300	306-300 HNC	-12°	51'	16.4"	549659	8578903	3360		
5	4VP02763	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	312.89	4.69	300	306-300 HNC	-12°	51'	19.2"	549710	8578818	3356		
6	4VP02766	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	101.20	1.01	300	306-300 HNC	-12°	51'	28.0"	549868	8578549	3380		
9	4VP02767	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	211.36	2.64	300	306-300 HNC	-12°	51'	30.9"	549912	8578458	3375		
10	4VP02769	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	186.57	1.87	200	206-200 HNC	-12°	51'	37.0"	550010	8578271	3365		
11	4VP02770	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	IZQUIERDA	100.23	1.00	200	206-200 HNC	-12°	51'	42.4"	550092	8578105	3368		
12	4VP02771	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	IZQUIERDA	122.16	1.22	200	206-200 HNC	-12°	51'	45.3"	550138	8578016	3391		
13	4VP02772	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	IZQUIERDA	61.59	0.31	200	206-200 HNC	-12°	51'	48.8"	550193	8577907	3395		
14	4VP02773	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	101.87	1.02	200	206-200 HNC	-12°	51'	50.6"	550222	8577853	3389		
15	4VP02777	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	127.76	1.28	200	206-200 HNC	-12°	51'	53.4"	550267	8577766	3361		
16	4VP02774	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	106.47	1.06	200	206-200 HNC	-12°	51'	56.9"	550320	8577658	3318		
17	4VP02775	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	162.70	1.63	200	206-200 HNC	-12°	51'	59.5"	550376	8577580	3272		
18	4VP02776	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	120.86	1.21	200	206-200 HNC	-12°	52'	03.6"	550458	8577452	3214		
19	4VP49949	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	103.66	1.04	200	206-200 HNC	-12°	52'	06.7"	550524	8577357	3179		
20	4VP02801	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	107.09	1.07	200	206-200 HNC	-12°	52'	09.5"	550581	8577271	3169		
21	4VP02795	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	123.56	1.24	200	206-200 HNC	-12°	52'	12.4"	550642	8577183	3167		
22	4VP02794	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	100.34	1.00	200	206-200 HNC	-12°	52'	14.5"	550747	8577118	3163		
21	4VP02796	CARRETERA POMACOCHA	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	DERECHA	52.51	0.26	200	206-200 HNC	-12°	52'	16.1"	550834	8577068	3163		
22	POSTE NUEVO	CALLE SIN	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	IZQUIERDA	40.82	0.44	200	206-200 HNC	-12°	52'	16.35"	450930	8578906	3162		
23	POSTE NUEVO	CALLE SIN	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	POSTE	IZQUIERDA	62.49	0.48	200	206-200 HNC	-12°	52'	15.94"	450869	8578919	3155		
NODO POMACOCHA	S/C	CALLE SIN	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA	NODO	IZQUIERDA	50.35	0.49	200	206-200 HNC	-12°	52'	16.35"	450868	8578906	3147		

USO				CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA																	Acceso		
AT	MT	BT	NP	Cables Telemáticos	Cables Eléctricos	Cables a Instalar	Total de Cables	Estructura	Nivel de Tensión	Cruce de Líneas	Altura de estructura (m)	Resistencia de estructura	Material de estructura	Distancia al borde de la vía (m)	Estado de la estructura	Propietario de infraestructura	Elementos o equipos ubicados en la estructura	Para Aplomar	Zona de Instalación				
				0	0	0	0	NODO		NO	0	ND	NODO	NODO	NODO	NODO	NODO	NODO	NO	NODO	SI		
			X	0	0	1	1	SIMPLE		NO	12	ND	CONCRETO	CONCRETO	7	BUENO	POSTE NUEVO	POSTE NUEVO	NO	TIERRA	SI		
			X	0	0	1	1	SIMPLE		NO	12	ND	CONCRETO	CONCRETO	10	BUENO	POSTE NUEVO	POSTE NUEVO	NO	TIERRA	SI		
			X	0	0	1	1	SIMPLE		NO	12	ND	CONCRETO	CONCRETO	33	BUENO	POSTE NUEVO	POSTE NUEVO	NO	TIERRA	SI		
X				0	1	1	2	SIMPLE	5 Kv	NO	11	ND	MADERA	MADERA	3	BUENO	ELECTROCENTRO	CABLES ELECTRICOS	NO	TIERRA	SI		
X				0	1	1	2	SIMPLE	5 Kv	NO	11	ND	MADERA	MADERA	10	BUENO	ELECTROCENTRO	CABLES ELECTRICOS	NO	TIERRA	SI		
X				0	1	1	2	SIMPLE	5 Kv	NO	11	ND	MADERA	MADERA	ND	BUENO	ELECTROCENTRO	CABLES ELECTRICOS	NO	TIERRA	SI		
X				0	1	1	2	SIMPLE	5 Kv	NO	11	ND	MADERA	MADERA	ND	BUENO	ELECTROCENTRO	CABLES ELECTRICOS	NO	TIERRA	SI		
				0	1	1	2	SIMPLE	5 Kv	NO	11	ND	MADERA	MADERA	58	BUENO	ELECTROCENTRO	CABLES ELECTRICOS	NO	TIERRA	SI		
				0	1	1	2	SIMPLE	5 Kv	NO	11	ND	MADERA	MADERA	6	BUENO	ELECTROCENTRO	CABLES ELECTRICOS	NO	TIERRA	SI		
X				0	1	1	2	SIMPLE	5 Kv	NO	11	ND	MADERA	MADERA	27	BUENO	ELECTROCENTRO	CABLES ELECTRICOS	NO	TIERRA	SI		
X				0	1	1	2	SIMPLE	5 Kv	NO	11	ND	MADERA	MADERA	12	BUENO	ELECTROCENTRO	CABLES ELECTRICOS	NO	TIERRA	SI		
X				0	1	1	2	SIMPLE	5 Kv	NO	11	ND	MADERA	MADERA	2	BUENO	ELECTROCENTRO	CABLES ELECTRICOS	NO	TIERRA	SI		
X				0	1	1	2	SIMPLE	5 Kv	NO	11	ND	MADERA	MADERA	10	BUENO	ELECTROCENTRO	CABLES ELECTRICOS	NO	TIERRA	SI		
X				0	1	1	2	SIMPLE	5 Kv	NO	11	ND	MADERA	MADERA	ND	BUENO	ELECTROCENTRO	CABLES ELECTRICOS	NO	TIERRA	SI		
X				0	1	1	2	SIMPLE	5 Kv	NO	11	ND	MADERA	MADERA	ND	BUENO	ELECTROCENTRO	CABLES ELECTRICOS	NO	TIERRA	SI		

Reserva (m)	Empalme/ Sangría	Herrajes			Altura del cable (m)	Amortiguador
		Retención	Suspensión	Soporte		
0	0	NODO		NODO	NODO	0
			S2	SS	8.5	0
		R2		SR	8	0
			S2	SS	8	0
			S2	SS	8	0
			S3	SS	8	4
			S3	SS	8	2
			S3	SS	8	4
50	EMPALME RECTO	R3		SR	8	2
			S2	SS	8	2
			S2	SS	8	2
			S2	SS	8	0
			S2	SS	8	2
			S2	SS	8	2
		R2		SR	8	2
			S2	SS	8	2
			S2	SS	8	2
			S2	SS	8	2
			S2	SS	8	2
		R2		SR	8	2
			S2	SS	8	2
		R2		SR	8.5	0
		R1		SR	8	0
			S1	SS	8	0
0	0	0	0	0	0	0

ANEXO 12: Artículo científico

Artículo publicadas en las paginas

<http://isbn.bnpp.gob.pe/catalogo.php?mode=detalle&nt=107581>

<https://archive.org/details/disen-o-de-redes-de-transporte-y-acceso-mediante-fibra-monomodo-y-antenas-sector>



CONIMERA 2019
XXIII Congreso Nacional de Ingeniería
Mecánica, Eléctrica y Ramas Afines

Evento Oficializado por el Ministerio de Energía y Minas con
Resolución Ministerial N° 151-2019-MEN/DM



CERTIFICADO

Otorgado a:

ING. EVINS CUELLAR TITO

Por su participación en el XXIII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica,
Eléctrica y Ramas Afines, llevado a cabo del 16 al 18 de octubre de 2019
en calidad de:

PONENTE DE TRABAJO TÉCNICO



Ing. José Carlos Armas Solf
Presidente
Capítulo de Ingeniería Mecánica y Mecánica Eléctrica y
Presidente Comisión Organizadora XXIII CONIMERA



Ing. Oscar Rafael Anyosa
Decano
Consejo Departamental de Lima
Colegio de Ingenieros del Perú



Lima - Perú

**“Oportunidades y Propuestas de la
Ingeniería en el Bicentenario”**

El Director Secretario del CDL-CIP quien suscribe deja CONSTANCIA que el Certificado expedido por el Capítulo de Ingeniería Mecánica y Mecánica Eléctrica del Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú a EVINS CUELLAR TITO, en razón a su participación como PONENTE DE TRABAJO TÉCNICO en el XXIII CONIMERA CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELÉCTRICA Y RAMAS AFINES, el cual se encuentra registrado en el Libro de Registro de Diplomas y/o Certificados Libro N° XI y Folio N° 81 que obra en esta Secretaría.

San Isidro, 18 de octubre de 2019.

ING. CIP JOSÉ ROBERTO CORREA GUARNÍZ
DIRECTOR SECRETARIO



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE LIMA
Capítulo de Ingeniería Mecánica
y Mecánica Eléctrica



LIBRO DE RESÚMENES DE TRABAJOS TÉCNICOS DE INGENIERÍA APLICADA



CONIMERA 2019 XXIII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Ramas Afines

Evento Oficializado por el Ministerio de Energía y Minas con
Resolución Ministerial N° 151-2019-MEN/DM

SOSTENIBILIDAD Y SEGURIDAD ENERGÉTICA

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

MÁQUINAS, MONTAJE & METAL
MECÁNICA Y GESTIÓN DE ACTIVOS

INGENIERÍA DE TRANSPORTE

Oportunidades y Propuestas
de la Ingeniería en el Bicentenario"

PROGRAMA GENERAL



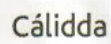
XXIII CONIMERA

"Oportunidades y Propuestas de la Ingeniería en el Bicentenario"

OFICIALIZADO POR :



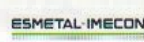
AUSPICIADORES :



COLABORADORES TÉCNICOS :



EXPOFERIA TÉCNICA:



ISBN: 978-612-45931-3-0



9 786124 593130

© Capítulo de Ingeniería Mecánica y Mecánica Eléctrica

XXIII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Ramas Afines

Título:

Libro de Resúmenes

Concurso de Trabajos de Investigación de Ingeniería Aplicada
XXIII CONIMERA

Autor (es): Varios

Editado por:

Capítulo de Ingeniería Mecánica y Mecánica Eléctrica

Consejo Departamental de Lima

Colegio de Ingenieros del Perú

Calle Marconi 210, San Isidro, Lima, Perú

RUC: 20173173181

1a. edición - Octubre 2019

HECHO EL DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERÚ N° 2019-11703

ISBN: 978-612-45931-3-0

Se terminó de imprimir en Octubre del 2019 en:

De: Ediciones e Impresiones Andina S.A.C.

Dirección: Los Gorriones N° 264 - Chorrillos

Teléfonos: 251-2654 / 989138152



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE LIMA
Capítulo de Ingeniería Mecánica
y Mecánica Eléctrica

XXIII CONIMERA
"Oportunidades y Propuestas de la Ingeniería en el Bicentenario"



PRESENTACIÓN

El Colegio de Ingenieros del Perú (CIME - CDL - CIP), tiene el agrado de invitar a los profesionales de la ingeniería nacional e internacional, a las autoridades, académicos y funcionarios de empresas públicas y privadas, al público en general, a participar en el XXII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Ramas Afines, identificado por sus siglas como XXII CONIMERA, que se realizará en la Ciudad de Lima del 16 al 18 de Octubre de 2019.

El Primer Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Ramas Afines (I CONIMERA), se llevó a cabo en diciembre de 1970. El evento dejó una grata impresión por la calidad de los trabajos presentados. Una gran cantidad de estos, constituían propuestas de jóvenes ingenieros a la solución de problemas técnicos nacionales en el campo de la ingeniería electromecánica y ramas afines.

A partir de esa fecha y a lo largo de los años, los CONIMERA se han realizado con regularidad y han contribuido en cada oportunidad a afianzar la identidad de los ingenieros peruanos con la necesidad de aportar al desarrollo del país y a la ingeniería nacional, en correspondencia al contexto económico y social en que se encontraba el país. Desde sus inicios los CONIMERA motivaron el interés de diferentes instancias de los gobiernos, las instituciones y las empresas, las que han tomado muchas veces en cuenta las recomendaciones acordadas en los CONIMERA.

Actualmente, el país vive momentos de zozobra política con hechos que han socavado el cimiento moral y ético del país, además del embate de la naturaleza que ha afectado a muchos pueblos y ciudades importantes del interior del país, lo que representa un reto para la ingeniería peruana en la Reconstrucción del país y que avancemos significativamente hacia una sociedad más inclusiva, con una economía más sostenible y con igualdad de oportunidades para todos los peruanos. Estas circunstancias establecen nuevos retos para los ingenieros, que estamos tomando en cuenta en este próximo XXIII CONIMERA, cuyo lema es: **"OPORTUNIDADES Y PROPUESTAS DE LA INGENIERÍA EN EL BICENTENARIO"**.

En esta oportunidad, el XXIII CONIMERA se constituirá en un foro en el cual los ingenieros intercambiarán experiencias y opiniones sobre la

problemática de la ingeniería nacional, en el marco de cuatro ejes temáticos centrales:

SOSTENIBILIDAD Y SEGURIDAD ENERGÉTICA - INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
MAQUINAS, MONTAJE METAL, MECÁNICA Y GESTIÓN DE ACTIVOS
INGENIERÍA DE TRANSPORTE

Estamos realizando un gran esfuerzo para que la XXIII versión CONIMERA se desarrolle en un ambiente más apropiado y cómodo, que otorguen un mayor realce al evento y permita una amplia convocatoria de los profesionales ubicados en los diferentes sectores institucionales, académicos y empresariales, en los que se desarrolla la ingeniería nacional en la solución de problemas de interés general, en los temas asociados al CONIMERA.

El XXIII CONIMERA, en esta oportunidad comprenderá tres eventos centrales:

- **Presentación de Trabajos Técnicos:**
 - Presentación de Trabajo Tipo Exposición.
 - Presentación de Trabajo Tipo Póster.
- **Ciclo de Conferencias Magistrales**
- **ExpoFERIA Técnica.**

Dos actividades técnicas adicionales:

- **Charlas Técnicas-Comerciales.**
- **Proyectos STARTUPS**

Reiteramos nuestra invitación a la colectividad de profesionales de la ingeniería, mundo académico, empresarial y representantes de organizaciones gubernamentales a participar en las actividades que presenta el XXIII CONIMERA.

Atentamente,

Ing. JOSÉ CARLOS ARMAS SOLF
Presidente

Capítulo de Ingeniería Mecánica y Mecánica Eléctrica y
Presidente Comisión Organizadora XXIII CONIMERA





COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE LIMA
Capítulo de Ingeniería Mecánica
y Mecánica Eléctrica

XXIII CONIMERA

"Oportunidades y Propuestas de la Ingeniería en el Suroeste"



MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

ES COPIA AUTÉNTICA!

Luisa Cueva Obando
Luisa Cueva Obando
Asesora Despacho Subsecretaría de Energía
Ministerio de Energía y Minas

Resolución Ministerial No. 151-2019-MEM/DM

Lima, 21 de mayo de 2019

VISTOS: El Expediente N° 2894262, el Informe N° 014-2019-MEM-DGE-DNE, emitido por la Dirección Normativa de Electricidad de la Dirección General de Electricidad, el Memo-0158-2019/MEM-SG-OIIC, de la Oficina de Imagen Institucional y Comunicaciones y el Informe N° 410-2019-MEM/OGAJ, emitido por la Oficina General de Asesoría Jurídica del Ministerio de Energía y Minas, y,

CONSIDERANDO:

Que, mediante Carta N° 042-2019/D.CDL-CIP, registro N° 2894262, del 25 de enero de 2019, el Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú, solicitó al Ministerio de Energía y Minas la oficialización del evento denominado XXIII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Ramas Afines – XXIII CONIMERA, que se realizará del 16 al 18 de octubre de 2019, en las instalaciones del Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú, distrito de San Isidro;

Que, a través del Informe N° 014-2019-MEM-DGE-DNE, del 17 de abril de 2019, la Dirección Normativa de Electricidad de la Dirección General de Electricidad emitió opinión favorable a la oficialización del mencionado evento, señalando que su finalidad es promover el desarrollo de la ingeniería nacional en el ámbito de la Ingeniería Mecánica, Eléctrica y ramas afines, el intercambio de experiencias con una visión actualizada del uso eficiente de los recursos energéticos; así como, presentar y debatir temas de interés nacional a través de conferencias magistrales;

Que, mediante Memo-0158-2019/MEM-SG-OIIC, del 24 de abril de 2019, la Oficina de Imagen Institucional y Comunicaciones, señaló que estima conveniente proceder con el trámite correspondiente para la oficialización del citado evento;

Que, mediante Informe N° 410-2019-MEM/OGAJ, del 29 de abril de 2019, la Oficina General de Asesoría Jurídica emitió opinión favorable a la solicitud presentada, señalando que resulta legalmente viable la oficialización del evento;

Que, de lo señalado en los Informes de Vistos, la institución solicitante cumple con los requisitos señalados en la Resolución Ministerial N° 050-2001-EM/SG, que aprueba el procedimiento para la oficialización de eventos nacionales por parte del Ministerio; por lo que resulta procedente disponer la oficialización del mencionado evento;

De conformidad con la Resolución Ministerial N° 050-2001-EM/SG, que aprueba el procedimiento para la oficialización de eventos nacionales por parte del Ministerio y el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas, aprobado por Decreto Supremo N° 031-2007-EM y sus modificatorias;

SE RESUELVE:

Artículo Único.- Oficializar el evento denominado XXIII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Ramas Afines – XXIII CONIMERA, que se realizará del 16 al 18 de octubre de 2019, en las instalaciones del Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú, distrito de San Isidro

Regístrese, comuníquese y publíquese.

Francisco Ismodes Mezzano
FRANCISCO ISMODES MEZZANO
Ministro de Energía y Minas





COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE LIMA
Capítulo de Ingeniería Mecánica
y Mecánica Eléctrica

XXIII CONIMERA
"Oportunidades y Propuestas de la Ingeniería en el Bicentenario"





COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE LIMA
Capítulo de Ingeniería Mecánica
y Mecánica Eléctrica

XXIII CONIMERA

"Oportunidades y Propuestas de la Ingeniería en el Bicentenario"



CÓDIGO: IT-17



TEMA

**DISEÑO DE REDES DE
TRANSPORTE Y ACCESO,
MEDIANTE FIBRA MONOMODO
Y ANTENAS SECTORIALES,
PARA LA POBLACIÓN DE
CHOCLOCOCHA - HUANCavelica**



AUTOR (ES)

Evins Cuellar Tito



INSTITUCIÓN

**Universidad Nacional
de Huancavelica**



Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo proponer una solución al problema de la ausencia de servicios de telecomunicaciones, con calidad de servicio y cobertura, en el poblado de Choclococha ubicado en Huancavelica. La propuesta consiste en enlazar dicha localidad con la red óptica regional a través del nodo óptico más próximo ubicado en el distrito de Pomacocha. Para ello, se realizó el diseño de planta externa consistente en el tendido de cable óptico empleando como medio de soporte las redes eléctricas de media tensión a lo largo del recorrido. El diseño parte con el levantamiento de información de campo para la georreferenciación de los postes existentes y de los nuevos requeridos y la definición de la ruta del tendido, empleando las aplicaciones Google Earth y Basecamp, entre el nodo destino en Choclococha y el nodo de Pomacocha. Se realizó el cálculo y determinación del tendido y ferretería a emplearse en base a la información de campo y datos técnicos del cable óptico. Además, se desarrolló un software interactivo en Matlab para el cálculo y verificación del presupuesto óptico de potencia tomando en cuenta estándares aplicables y datos técnicos de cables, accesorios y transceivers. Se incluyó, también, el cálculo del presupuesto de potencia y cobertura radioeléctrica en la localidad mediante el software LINKPlanner de Cambium Networks. Los resultados del diseño están basados en soluciones comerciales estandarizadas y cumplen con los objetivos planteados.





Código del trabajo: IT-17

DISEÑO DE REDES DE TRANSPORTE Y ACCESO, MEDIANTE FIBRA MONOMODO Y ANTENAS SECTORIALES, PARA LA POBLACION DE CHOCLOCOCHA - HUANCAMELICA

Evins Cuellar Tito

Escuela de Posgrado, Universidad Nacional de Huancavelica
Pampas, Huancavelica, Perú
Email: etc884@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo proponer una solución al problema de la ausencia de servicios de telecomunicaciones, con calidad de servicio y cobertura, en el poblado de Choclococha ubicado en Huancavelica. La propuesta consiste en enlazar dicha localidad con la red óptica regional a través del nodo óptico más próximo ubicado en el distrito de Pomacocha. Para ello, se realizó el diseño de planta externa consistente en el tendido de cable óptico empleando como medio de soporte las redes eléctricas de media tensión a lo largo del recorrido. El diseño parte con el levantamiento de información de campo para la georreferenciación de los postes existentes y de los nuevos requeridos y la definición de la ruta del tendido, empleando las aplicaciones Google Earth y Basecamp, entre el nodo destino en Choclococha y el nodo de Pomacocha. Se realizó el cálculo y determinación del tendido y ferretería a emplearse en base a la información de campo y datos técnicos del cable óptico. Además, se desarrolló un software interactivo en Matlab para el cálculo y verificación del presupuesto óptico de potencia tomando en cuenta estándares aplicables y datos técnicos de cables, accesorios y transceivers. Se incluyó, también, el cálculo del presupuesto de potencia y cobertura radioeléctrica en la localidad mediante el software LINKPlanner de Cambium Networks. Los resultados del diseño están basados en soluciones comerciales estandarizadas y cumplen con los objetivos planteados.

Palabras clave: Presupuesto óptico de potencia, red de transporte, antenas sectoriales, LINKPlanner, ADSS.

Nomenclatura

ADSS	All Dielectric Self Supported
AP	Access Point
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power
PMP	Point To MultiPoint
MT	Media Tensión
RDNFO	Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica
TIC	Tecnologías de la Información y Comunicaciones
AP	Access Point

I. INTRODUCCIÓN

Las redes de fibra óptica se encuentran con un alto grado de penetración en muchas partes del mundo. Sin embargo, no ocurre lo mismo en localidades de baja densidad poblacional, economía de subsistencia o geografía accidentada. En la actualidad, el gobierno del Perú viene ejecutando el proyecto de las redes regionales de fibra óptica, las cuales se conectan a la RDNFO, troncal ya implementada que recorre todas las capitales regionales del Perú. Las redes regionales intentan cubrir a la mayor parte de ciudades y pueblos de cada región, pero la cobertura no es al 100%, hay localidades no consideradas que seguirán postergadas por muchos años [1]. Existen soluciones a esta problemática, como los enlaces satelitales que se emplean usualmente para estos casos, pero suelen ser costosos y propensos a latencia y baja calidad del servicio especialmente debido a condiciones climáticas como las lluvias. Su empleo se

suele limitar, por su alto costo, a instituciones y usuarios no domésticos.

En el presente trabajo se propone enlazar la localidad de Choclococha a la red óptica regional mediante una solución basada en fibra óptica ADSS como red de transporte e inalámbrica como red de acceso. Esta solución es similar a las empleadas en las redes regionales pero adaptadas a una realidad específica a fin de optimizarla en lo tecnológico y económico sin afectar sus prestaciones.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día las sociedades requieren, como ingrediente fundamental para su desarrollo, disponer de acceso a las TIC. Este hecho se ha convertido prácticamente en una necesidad fundamental de toda persona. El acceso a Internet es necesario pues a través de ella se abre un mundo de información y un mundo de oportunidades de alcance solo limitadas por la capacidad e interés de cada uno. Sin embargo, lamentablemente, la realidad en muchos pueblos del Perú dista bastante de ser la ideal o siquiera aproximarse a ella. Gran cantidad de localidades, generalmente las menos pobladas o aquellas poco accesibles por su agreste geografía, se encuentran en una situación de abandono o aislamiento tecnológico limitando seriamente sus posibilidades de desarrollo en todo nivel. Según estadísticas del Instituto Nacional de Estadística e Informática y estudios del grupo GSMA, organización mundial que agrupa a operadores móviles, 65% de la población de las provincias del Perú no usan Internet. Además, a nivel de todo Perú, el 81% de la población de las zonas rurales no emplean Internet. También, indica que la situación es más crítica en la población adulta (edades de 25 a más años) y en los niveles socioeconómicos más bajos (C y D/E) [2-3].

El centro poblado de Choclococha está ubicada en el distrito de Pomacocha, provincia de Acobamba de la Región Huancavelica. Su municipio fue fundado el 10 de setiembre de 2014; está ubicada a una altitud de 3370msnm y abarca una extensión territorial de 106.34km². Las actividades económicas principales de la población de Choclococha son la agricultura y la ganadería. Cuenta con una población de 1323 habitantes al 2015 con unas 486 viviendas. Si bien en el distrito existe acceso a internet satelital, su costo es elevado; el plan más económico es de 512Kbps a S/ 950 Soles mensuales y con contención de 8 a 1. El alto costo mensual del servicio y su velocidad relativamente baja la convierte en inaccesibles para los habitantes que no disponen de los recursos económicos suficientes. Se aprecia, entonces, una problemática muy seria que discrimina el acceso a fuentes de información y todos los beneficios y potencialidades asociados a este tipo de herramientas tecnológicas.

En la actualidad, el mercado de las tecnologías de telecomunicaciones ópticas ofrece gran variedad de productos y soluciones a precios competitivos dada la gran oferta y demanda existentes. Por ello, es viable plantear soluciones alternativas, que no pasen por esperar al Estado, sino por aprovechar las redes regionales mediante la ejecución de proyectos de beneficio

específico, y por ende de menor tiempo de ejecución e inversión, como el planteado en el presente trabajo.

III. PROPUESTA DE SOLUCION

En las secciones siguientes se describe el diseño de las redes de transporte y de acceso realizadas como parte de este trabajo. Dada su envergadura, para el caso de la Red de Transporte se consideran solo el diseño de la Planta Externa y el cálculo del presupuesto óptico de potencia. Para el caso de la red de acceso se considera el diseño de la cobertura inalámbrica en la localidad mediante el uso de antenas sectoriales.

A. Red de transporte

1) Planta Externa. Debido a la cercanía geográfica se ha considerado realizar el tendido de fibra óptica al centro poblado de Choclococha tomando como nodo alimentador al Nodo Pomacocha (12°52'27"S 74°31'54"O) ubicado en el distrito del mismo nombre de la provincia de Acobamba, a una altura promedio de 3150msnm. La red de transporte incluye el tendido de 2.81km de cable ADSS [4] de fibra óptica sobre redes de MT y en el derecho de la red vial (postes nuevos paralelos a la ruta). En la Fig. 1 se aprecia el poste 8 con las características de la estructura. En la Fig. 2 se muestra el recorrido del cable óptico. Consta de 23 postes: 18 postes de MT (indicados en color azul) y 5 postes nuevos (en color amarillo). El poste 1 se ubica en Choclococha y, el poste 23, en Pomacocha.

Enlace:	CHOCLOCOCHA-POMACOCHA
Código:	4VP02769
Tipo:	POSTE
Distancia entre estructuras (m):	186.57
Distancia acumulada (m):	1407.05
Distrito:	POMACOCHA
Latitud:	-12°51'37.0"
Longitud:	-74°32'20.7"
Altura (msnm):	3365
Tensión:	MT
Cables telemáticos:	0
Cables eléctricos:	1
Estructura:	SIMPLE
UTM X:	550010
UTM Y:	8578271
Amortiguadores:	2
Materia:	MADERA



Figura 1. CARACTERÍSTICAS Y FOTOGRAFÍA DE LA ESTRUCTURA: POSTE 8, DE MT



Figura 2. MAPA SATELITAL CON EL RECORRIDO DE 2.81Km DE CABLE ADSS MEDIANTE LOS POSTES DE MT (EN AZUL) Y POSTES NUEVOS (EN AMARILLO)

El diseño inicia con la recopilación en campo de información de los postes, incluyendo su georreferenciación con GPS. Esta información se carga en el software Basecamp [5] y se genera la ruta del tendido del cable óptico en un archivo KML que puede visualizarse en Google Earth (ver Fig. 2). Luego, en Excel se elaboró los requerimientos de ferretería, así como,

también, se definió el metrado del cable óptico entre postes: flecha, span, tipo de cable según span y flecha, entre otros. Los criterios seguidos para el diseño son los indicados en las tablas 1 a 5 [6]. En la Tab. 1, se indica el span máximo permitido del cable óptico, se seleccionan de acuerdo a la separación existente entre postes. El cable óptico se sujeta a los postes eléctricos mediante accesorios de ferretería; entre ellos están los herrajes de suspensión y los de retención. Existen diversos tipos de acuerdo al poste (nuevo o existente) y al vano del cable óptico. Según el vano se designan según la Tab. 2. En la Fig. 3 se muestran los herrajes de suspensión y retención para postes nuevos.

Tabla 1. SELECCIÓN DEL CABLE OPTICO SEGÚN SPAN

Rango de vano (m)	Span máximo del cable ADSS (m)
≤ 200	200
200 a 300	300
300 a 400	400
400 a 600	600
>600	1000

Tabla 2. SELECCIÓN DE HERRAJES SEGÚN VANO

Herraje de suspensión	Herraje de retención	Vano máximo
S1	R1	Hasta 110m
S2	R2	100 a 220m
S3	R3	200 a 330m
S4	R4	300 a 440m
S5	R5	400 a 660m
S6	R6	600 a 1000m

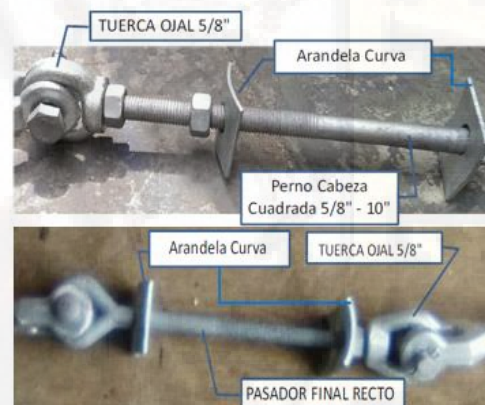


Figura 3. FERRETERÍAS DE SUSPENSIÓN (SUPERIOR) Y RETENCIÓN (INFERIOR) PARA POSTES NUEVOS

Las longitudes recomendadas de reserva de cable ADSS a lo largo del tendido dependen de si la zona es urbana o no y si está próximo a un nodo de inicio o fin o a una caja de empalmes. En la Tab. 2 se dan los detalles para determinar las longitudes de reserva de cable. Para el caso actual, se requiere solo un empalme dado que la zona es rural. Las distancias mínimas entre líneas eléctricas y cables ópticos se detallan en la Tab. 3. La selección de flecha máxima del cable óptico se da en porcentaje respecto a la longitud de los vanos, se indican en la Tab. 4. Los cables ópticos, con tendido aéreo entre postes, tienden a moverse u oscilar por la fuerza del viento que, sumado a las dilataciones y compresiones por temperatura, pueden afectar la propagación de la señal óptica a través del cable (fenómeno denominado dispersión por modo de polarización) [7]. Para ello, se instalan amortiguadores para mitigar las oscilaciones del cable. En la Tab. 5 se indican la cantidad de amortiguadores requeridos según la distancia entre postes.

Tabla 3. LONGITUDES RECOMENDADAS DE RESERVA DE CABLE OPTICO

Caso	Reserva (m)
Zona urbana, cada 500m	40
Zona rural, cada 1000 a 1500m	40
Inicio de ruta	40
Fin de ruta	40
Caja de empalme	40

Tabla 4. DISTANCIAS DE SEGURIDAD ENTRE CABLES ELECTRICOS Y CABLE DE FIBRA OPTICA

Caso o tensión de suministro	Distancia de seguridad vertical
Conductor, ferretería y soporte del equipo, cable mensajero y soporte puestos a tierra	0.60m
Hasta 23 KV	1.80m
Más de 23 KV	1.8m más 0.01m por KV (sobre 23 KV)

Tabla 5. FLECHA MAXIMA DEL CABLE OPTICO

Máxima flecha (% de longitud del cable óptico)	Vano permitido
1%	0 a 400m
2%	401 a 800m
3%	801 a 1000m
5%	> 1000m

La profundidad de empotramiento del poste está dada por la Ec. (1).

$$E = 0.1L + 0.6 \text{ (m)} \quad (1)$$

Donde:

L: Longitud del poste

E: Profundidad de penetración

Finalmente, en la Tab. 6, se presentan los herrajes requeridos según diversos casos a lo largo del tendido.

Tabla 6. TIPOS DE HERRAJES A INSTALAR EN EL TENDIDO DEL CABLE ADSS

Caso	Herrajes requeridos
Vano uniforme	Tres herrajes de suspensión seguido de uno de retención
Desviación de ruta, mayor a 20°	Retención
Inicio de ruta	Retención
Final de ruta	Retención
Tipo de vano y/o ángulo	Herraje de suspensión: S1, S2, S3, S4, S5, S6
Tipo de vano	Retención: R1, R2, R3, R4, R5, R6
Caja de empalme	Retención
Postes adyacentes	Retención
Amortiguadores	2, 4, 6 u 8 (de acuerdo con recomendaciones)
Postes	Riostras o riendas (según sean necesarios)
Desviación de ruta	Mensajero (en caso sea necesario)

Con la información de campo y los estándares de tendido de cable ADSS, se elaboró los requerimientos, especificaciones y metrado a emplearse en el tendido del cable ADSS entre las localidades de Choclococha y Pomacocha empleando los postes de MT de 5KV. Estas se presentan en las tablas 7 y 8. En la Tab. 7 se numeran los 23 postes, la distancia entre ellos, la flecha del cable ADSS, el vano, el tipo de fibra según vano y la altura del poste. En la Tab. 8 se muestran los requerimientos calculados en cuanto a reserva de cable (en el poste 10), cantidad y tipo de empalmes (un solo empalme recto en el poste 10), cantidad y tipo de herrajes de suspensión, retención y soporte; también, la cantidad y ubicación de amortiguadores.

Tabla 7. ESPECIFICACIONES PARA EL TENDIDO DEL CABLE ADSS ENTRE POSTES

ITEM	Estructura y nivel de tensión	Distancia entre Elementos	Flecha	Span	ID. de la bobina de fibra óptica	Altura de estructura (m)
NODO Choclococha	NODO	50.00	0.30	300	308-300 HNC	0
1	POSTE	93.29	1.90	300	308-300 HNC	12
2	POSTE	79.21	0.40	300	308-300 HNC	12
3	POSTE	123.30	1.24	300	308-300 HNC	12
4	POSTE 5 KV	64.24	0.50	300	308-300 HNC	11
5	POSTE 5KV	312.89	4.89	300	308-300 HNC	11
6	POSTE 5KV	101.20	1.01	300	308-300 HNC	11
9	POSTE 5KV	211.36	2.84	300	308-300 HNC	11
10	POSTE 5KV	186.57	1.87	200	208-200 HNC	11
11	POSTE 5KV	100.23	1.00	200	208-200 HNC	11
12	POSTE 5KV	122.16	1.22	200	208-200 HNC	11
13	POSTE 5KV	61.59	0.31	200	208-200 HNC	11
14	POSTE 5KV	101.87	1.02	200	208-200 HNC	11
15	POSTE 5KV	127.76	1.28	200	208-200 HNC	11
16	POSTE 5KV	106.47	1.06	200	208-200 HNC	11
17	POSTE 5KV	162.70	1.63	200	208-200 HNC	11
18	POSTE 5KV	120.86	1.21	200	208-200 HNC	11
19	POSTE 5KV	103.66	1.04	200	208-200 HNC	11
20	POSTE 5KV	107.09	1.07	200	208-200 HNC	11
21	POSTE 5KV	123.58	1.24	200	208-200 HNC	11
22	POSTE 5KV	100.34	1.00	200	208-200 HNC	11
21	POSTE 5KV	52.51	0.26	200	208-200 HNC	11
22	POSTE	40.82	0.44	200	208-200 HNC	12
23	POSTE	62.49	0.48	200	208-200 HNC	12
NODO Pomacocha	NODO	50.35	0.49	200	208-200 HNC	0

Tabla 8. ESPECIFICACIONES DE LA FERRETERIA A SER EMPLEADA PARA EL TENDIDO DEL CABLE ADSS

ITEM	Reserva (m)	Empalmes	Herrajes de retención	Herrajes de suspensión	Herrajes de soporte	Amortiguador
NODO Choclococha	0	0	NODO		NODO	0
1				S2	SS	0
2			R2		SR	0
3				S2	SS	0
4				S2	SS	0
5				S3	SS	4
6				S3	SS	2
9				S3	SS	4
10	50	RECTO	R3		SR	2
11				S2	SS	2
12				S2	SS	2
13				S2	SS	0
14				S2	SS	2
15				S2	SS	2
16			R2		SR	2
17				S2	SS	2
18				S2	SS	2
19				S2	SS	2
20				S2	SS	2
21			R2		SR	2
22				S2	SS	2
21			R2		SR	0
22			R1		SR	0
23				S1	SS	0
NODO Pomacocha	0	0	0	0	0	0

2) Presupuesto óptico de potencia. Se desarrolló un software interactivo (Fig. 4), empleando Matlab y su entorno GUIDE de programación gráfica, para la simulación y cálculo del presupuesto de potencia del enlace óptico, monomodo, entre los nodos de Pomacocha y Choclococha. Para el cálculo y determinación del presupuesto de potencia se tomaron en cuenta las siguientes variables y parámetros de entrada [8-9].

- Cantidad y pérdida por par de conectores

Se consideran solo dos pares de conectores (un par en cada extremo del cable) dado que se trata de un enlace punto a punto. De acuerdo con el estándar IEC 61300-3-7, se toma 0.5dB como pérdida máxima por par de conectores.

- Cantidad y pérdidas de empalmes de fusión

El tramo entre ambos nodos consta de tres empalmes. Dos en los extremos (cable ADSS fusionado con pigtailes) y uno en el poste 10, empalme recto. La pérdida máxima por empalme, de acuerdo con el estándar IEC 61300-3-7 es de 0.1dB.

- Longitud de tendido de cable de fibra óptica

La longitud del tramo entre ambos nodos es de 2816 metros.

- Longitud de onda de trabajo

La fibra óptica trabaja con una onda de 1550nm, es la longitud empleada para tramos troncales de gran alcance debido a sus bajas pérdidas.

- Pérdidas por kilómetro de fibra óptica a 1550nm

De acuerdo con el estándar IEC60793-2-50, las pérdidas por kilómetro deben ser como máximo 0.25dB/km.

- Potencias mínima y máxima del transmisor

Esta información es obtenida de los transceivers a los cuales se conectan los dos hilos (transmisor y receptor) que conforman el enlace entre los dos nodos. La potencia de salida del transmisor es de 2dB. Sin embargo, puede variar entre -4.7 y 4dBm. Para las simulaciones con el aplicativo se consideran los valores extremos.

- Sensibilidad y potencia máxima del receptor

Estos valores se obtienen, también, de las características técnicas del transceiver. El receptor trabaja con una potencia promedio de -5.81dB. Sin embargo, puede recibir entre -1 y -15.8dBm. Este último valor viene a ser su sensibilidad o potencia mínima que puede recibir e interpretar correctamente.

- Penalización total de potencia

Consta de dos partes. La primera es la penalización de potencia, lo da el fabricante del equipo, típicamente es 2dB. La segunda es el margen de reparación, típicamente se consideran dos empalmes de 0.3dB cada uno; da un total de 0.6dB. La suma de los resultados previos viene a ser la penalización total de potencia (2.6dB).

Las variables de salida son las siguientes (a 1550nm):

- Atenuación total del sistema de cableado

Viene a ser la suma de pérdidas debidas a los conectores, empalmes y la propia fibra.

- Dos conectores, las pérdidas máximas son de $0.5\text{dB} \times 2 = 1\text{dB}$
- Tres empalmes, las pérdidas máximas son de $0.1\text{dB} \times 3 = 0.3\text{dB}$
- 2816 metros de fibra óptica, las pérdidas máximas son de $0.25\text{dB} \times 2.816\text{km} = 0.704\text{dB}$

Luego, la atenuación total del sistema de cableado es: $(1 + 0.3 + 0.704) \text{ dB} = 2.004\text{dB}$

- Ganancia del sistema

Es la diferencia entre la potencia del transmisor y la sensibilidad o mínima potencia de recepción. Se consideran dos situaciones:

- Con potencia máxima de transmisión
Ganancia del sistema = $4\text{dBm} - (-15.8\text{dBm}) = 19.8\text{dB}$
- Con potencia mínima de transmisión
Ganancia del sistema = $-4.7\text{dBm} - (-15.8\text{dBm}) = 11.1\text{dB}$

- Presupuesto total de pérdida por enlace

Se calcula como la diferencia entre la ganancia del sistema y la penalización total de potencia. Igualmente se presentan dos casos extremos según la potencia del transmisor.

- Con potencia máxima de transmisión
Presupuesto total de pérdida por enlace = $19.8\text{dB} - 2.6\text{dB} = 17.2\text{dB}$
- Con potencia mínima de transmisión
Presupuesto total de pérdida por enlace = $11.1\text{dB} - (2.6\text{dB}) = 8.5\text{dB}$

- Margen de desempeño del sistema

Se calcula como la diferencia entre el presupuesto total de pérdida por enlace y la atenuación total del sistema de cableado. De acuerdo con la potencia del transmisor, tenemos dos casos extremos:

- Con potencia máxima de transmisión
Margen de desempeño del sistema = $17.2\text{dB} - 2.004\text{dB} = 15.196\text{dB}$
- Con potencia mínima de transmisión
Margen de desempeño del sistema = $8.5\text{dB} - (2.004\text{dB}) = 6.496\text{dB}$

El presupuesto óptico de potencia se calculó para los dos escenarios extremos:

- a) Transmisor al máximo de potencia, se obtiene una señal de 2.196dBm en el lado receptor.
- b) Transmisor al mínimo de potencia, se obtiene una señal de -6.503Bm en el lado receptor.

El primer resultado (2.196dBm) supera al máximo permitido por el receptor (-1dBm). Por ello, la potencia máxima de transmisión debe reducirse para evitar saturación o daño del receptor. El máximo de potencia transmitida debe ser de

0.804dBm, valor con el cual se consigue una potencia de recepción de -1dBm que es, justamente, el valor límite permitido por el receptor. El segundo resultado (-6.503dBm) está por encima del mínimo reconocible (-15.8dBm) por el receptor.

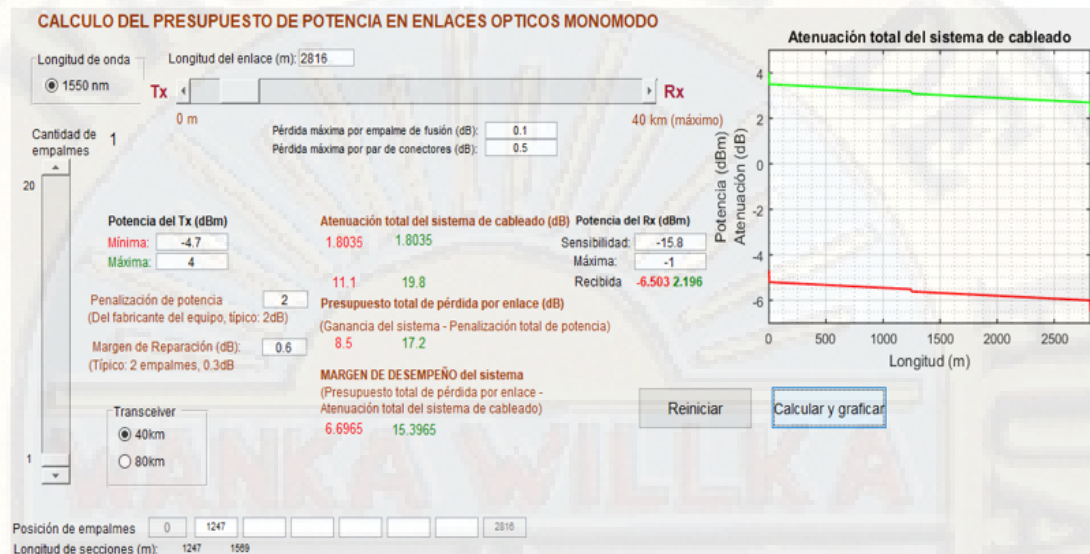


Figura 4. PRESUPUESTO DE POTENCIA CALCULADO MEDIANTE APLICACIÓN DESARROLLADA EN MATLAB

B. Red de acceso

La Red de Acceso consta de enlaces radioeléctricos punto-multipunto, en la banda no licenciada de 5.8GHz, radiando desde el nodo en Choclococha hacia toda la localidad a su alrededor. Con esta tecnología se llegará a cada poblador e instituciones privadas y públicas, especialmente colegios, establecimientos de salud y comisarias, entre otras.

El diseño del sistema radiante se realizó mediante el software LINKPlanner de Cambium Network [10]. Igualmente, los diversos equipos y antenas son del mismo fabricante. El objetivo del diseño es modelar la cobertura inalámbrica en toda el área geográfica del poblado de Choclococha. Así mismo, el software recomienda y permite seleccionar los equipos y antenas más adecuados según la información ingresada; así como las potencias de radiación, alcance, ángulos de cobertura e inclinación, entre otros.

El proceso de diseño con LINKPlanner se inicia definiendo el nodo radioeléctrico (ver Fig. 5) mediante sus coordenadas geográficas y nombre. Luego, en ese nodo, se define un HUB, que viene a ser la concentración de uno o más Access Points que radiarán mediante antenas sectoriales (de 90° o 120° como máximo cada una) a toda la población de Choclococha. Paso seguido, se configuran los Access Points (Tab. 9), cuatro en total,

con los cuales se logra cobertura al 100%. Cada Access Point cubre cierto sector del distrito, con cierto alcance, y constan de una antena sectorial PMP y un radio transmisor/receptor en banda libre de 5.8GHz (ver Fig. 7, izquierda). Todas las radios de los Access Points son del modelo PMP450i de Cambium Networks, 20MHz/canal y EIRP de 45dBm, están fabricados con carcasa metálica y cumplen con IP66 e IP67 para entornos adversos, soportan velocidades de datos de hasta 300Mbps con canales de hasta 40MHz. Estas radios disponen de interfaz 100/1000BaseT y trabajan con los protocolos IPv4, IPv6, UDP, TCP/IP, ICMP, HTTP y FTP. Soportan, también, diversos protocolos de gestión de red. Cada radio y antena permiten atender hasta 238 usuarios. Pueden trabajar con diversas modulaciones digitales (QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM). Las radios PMP 450i tiene latencias de orden de 3 a 5ms. Su alcance máximo es de 64km.

En la Figura 6 se muestran los resultados de la simulación de cobertura realizada con el software LINKPlanner. El simulador se integra con Google Maps mostrando la cobertura sobre el mapa del poblado de Choclococha. El punto en color rojo es el nodo radioeléctrico en el cual están ubicados los cuatro Access Points y las antenas sectoriales.

Las radios de abonado se muestran en la Fig. 7, derecha, trabajan en la banda de 5.8GHz. Están fabricados en metal, cumplen con los estándares IP66 e IP67 para entornos adversos. Trabajan hasta 300Mbps por cada sector en canales de 40MHz. Soporta diversos anchos de canales (5, 7, 10, 15, 20, 30 y 40 MHz). Emplean protocolos IPv4, IPv6, UDP, TCP/IP, ICMP, Telnet, SNMP, HTTP, FTP y protocolos de administración diversos como SNMP. Respecto a la potencia, la ganancia de la antena es de 23dBi, la potencia de salida máxima de la radio es de 28dBm y la máxima EIRP es de 50dBm, con alcances de hasta 64km [11-12].

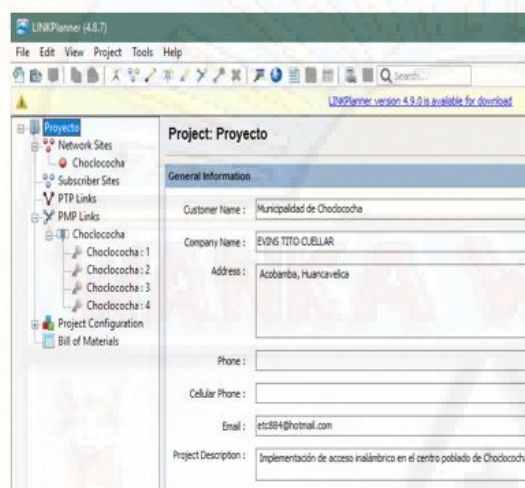


Figura 5 DEFINICIÓN DE UN HUB UBICADO EN EL NODO RADIOELÉCTRICO Y COMPUESTO DE CUATRO AP

Tabla 9. DEFINICIÓN DE LOS AP

Access Point Name	Product	Antenna Azimuth	Beamwidth	Band
Choclococha : 1	PMP450i	15.0°	90.0°	5.8 GHz
Choclococha : 2	PMP450i	90.0°	60.0°	5.8 GHz
Choclococha : 3	PMP450i	200.0°	120.0°	5.8 GHz
Choclococha : 4	PMP450i	300.0°	60.0°	5.8 GHz



Figura 6. COBERTURA INALÁMBRICA EN EL CENTRO POBLADO DE CHOCLOCOCHA CON CUATRO ACCESS POINTS Y SUS RESPECTIVAS ANTENAS SECTORIALES



Figura 7. ACCESS POINT (IZQUIERDA) Y MODULO DE ABONADO (DERECHA)

IV. CONCLUSIONES

El diseño de una red, empleando fibra óptica como enlace troncal, y radios PMP como red de acceso de los abonados, brindan una solución viable a la carencia de sistemas de telecomunicaciones con calidad de servicio en el poblado de Choclococha, ubicada en la región de Huancavelica. Así, la calidad del servicio es garantizada al emplearse fibra óptica, de por sí inmune a las interferencias; además, su operatividad se da cumpliendo con pruebas de caracterización del enlace y parámetros de calidad como el jitter, latencia, throughput y pérdidas de paquetes [13-16]. El uso de fibra óptica como red troncal supera completamente los problemas asociados al empleo de comunicación vía satélite, muy sensible a las condiciones ambientales. En tal sentido, prácticamente se descarta ese factor y se garantiza no solo la calidad, sino también la disponibilidad del servicio.

Las comunicaciones por fibra óptica se caracterizan por su elevado ancho de banda. Tal es así que se emplean para brindar diversos servicios de voz, datos y video simultáneamente a los abonados y a velocidades mucho más elevadas que otras tecnologías. Así mismo, las redes ópticas al tener mayor ancho de banda permiten atender a mayor número de abonados. Comparado con los servicios satelitales, las redes ópticas ofrecen al abonado la ventaja de aumentar el ancho de banda fácilmente. Al soportar altas velocidades, las redes ópticas permiten que el usuario contrate o acceda a contenidos o servicios digitales que demanden, no solo mayor ancho de banda, sino también un equipamiento más potente y moderno. En tal sentido, el usuario puede contar con computadoras y otros medios, como laptops, tablets y smartphones, con los cuales acceder y beneficiarse del elevado ancho de banda de las redes ópticas. Esta característica va de la mano con el uso simultáneo de varios equipos a la vez sin pérdida de velocidad. Las redes ópticas también influyen en el aumento de la cobertura de acceso a Internet. Al disponer de mayor ancho de banda los servicios se pueden distribuir a mayor cantidad de usuarios o beneficiarios del centro poblado de Choclococha.

El costo del servicio de acceso a internet mediante fibra óptica se reduce considerablemente comparado con otras tecnologías como la satelital. Para los mismos anchos de banda, el costo del servicio basado en redes ópticas es considerablemente menor que con otras tecnologías. Las tarifas del servicio de acceso a Internet para hogares serán determinadas por el operador y estarán sujetas al régimen tarifario supervisado por el OSIPTEL.

La aplicación gráfica desarrollada, empleando Matlab, permitió el dimensionamiento y verificación del presupuesto óptico de potencia del enlace entre los nodos extremos. Mediante esta aplicación el diseñador puede comprobar el efecto de diversos parámetros o elementos que determinan el presupuesto de potencia tales como: potencias mínima y máxima del transmisor, potencia máxima permitida por el receptor, sensibilidad del receptor, longitud del tramo, cantidad de empalmes y conectores, longitud de onda y parámetros estipulados por los estándares o dados por los fabricantes.

Finalmente, el empleo de sistemas inalámbricos basados en antenas sectoriales punto multipunto con capacidad de atender a un elevado número de usuarios a la vez influye positivamente en el aumento de cobertura tanto de clientes como geográfica al disponer de ancho de banda, ancho de haz y alcance que cumplen los requerimientos actuales y futuros.

V. RECOMENDACIONES

Se recomienda que el presente proyecto sea presentado a la Municipalidad del centro poblado de Choclococha para la búsqueda o disposición de fuentes de financiamiento.

Si bien el empleo de las TIC se ha masificado en la actualidad, es necesario realizar actividades de sensibilización y capacitación a los pobladores del centro poblado de Choclococha, no solo para familiarizarlos e incentivarlos al uso de estas tecnologías, sino también para darle un uso provechoso y responsable que redunde en desarrollo de la persona y la colectividad en general.

Es necesario que un operador privado de telecomunicaciones se encargue de la prestación de los servicios de voz y datos digitales a ser brindados en el poblado de Choclococha. Como parte de sus actividades se debe incluir la difusión de estos servicios y la capacitación y contratación de personal local.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Huancavelica por su apoyo y aportes en el desarrollo del presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] MTC Viceministerio de Comunicaciones, 2018. *Agenda Pendiente, Sector Comunicaciones*. Obtenido de http://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2018/Transp_ortes/files/forotelecomunicaciones/mtc_vmc_8nov_nakagawa.pdf
- [2] INEI 2017. *Huancavelica. Compendio Estadístico 2017*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1494/libro.pdf
- [3] GSMA, 2016. *Inclusión digital en América Latina y el Caribe*. Obtenido de Ministerio de Educación: <http://disde.minedu.gob.pe/handle/123456789/4766?show=full>
- [4] ZTT, 2019. *Self Supporting Cable -ADSS*. Obtenido de <http://zttcable.com/solution/show-218.html>
- [5] GARMIN, 2019. *BaseCamp*. Obtenido de <https://www.garmin.com/es-ES/shop/downloads/basecamp>
- [6] Chomycz, B, 2000. *Fiber Optic. Installer's Field Manual*. New York: McGraw-Hill.
- [7] ANRITSU, 2010. *Dispersion in Optical Fibers*.
- [8] TIA/EIA, 2000. *Optical Fiber Cabling Components Standard (TIA/EIA-568-B.3)*. En T. I. Association.

- [9] NECA/FOA, 2016. *NECA/FOA 301-2016, Standard for Installing and Testing Fiber Optics*. Disponible en: https://www.thefoa.org/tech/ref/1pstandards/NECA301-16_P.pdf
- [10] Cambium Networks, 2019. *LINKPlanner - Design Networks*. Obtenido de: <https://www.cambiumnetworks.com/products/management/linkplanner/>
- [11] Cambium Networks, 2019. *PMP Products & Solutions*. Obtenido de: <https://www.cambiumnetworks.com/products/pmp-distribution/>
- [12] Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2016. <https://www.itu.int/>. Obtenido de Propagación de las ondas radioeléctricas: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P/es>
- [13] EXFO, 2019. *FTB-735C - metro/PON FTTx/MDU OTDR*. Obtenido de <https://www.exfo.com/es/productos/pruebas-de-redes-de-campo/otdr-y-iolm/ftb-735c/>
- [14] IEEE, 2009. *MetroEthernet*. Obtenido de <http://www.ieee.org.ar/downloads/metroethernet.pdf>
- [15] JDSU, 2000. *Reference Guide To Fiber Optic Testing - Second Edition. 1.*
- [16] VIAVI, 2016. *Key Test Practices that Minimize Optical Network Downtime*.



Evins Cuellar Tito, nació en la provincia de Acobamba Departamento de Huancavelica en 1980, bachiller en Ingeniería Electrónica por la Universidad Nacional de Huancavelica, egresado actualmente de la Maestría en Ciencias de Ingeniería en mención de Gestión de tecnología de la información y comunicación (TIC) por la misma universidad.

Cuento con amplia experiencia en telecomunicaciones, he trabajado por más de 10 años en diversos proyectos en todo el Perú como Coordinador, supervisor y ejecutor de diversos contratos relacionados a redes de transporte con fibra óptica, redes de acceso, pruebas y mediciones de caracterización de enlaces ópticos, sistemas satelitales VSAT, telefonía móvil de distintos operadores entre otros. Los trabajos fueron realizados para clientes como GILAT PERU, AZTECA COMUNICACIONES, PRONATEL (ex FITEL), MINEDU, AENOR PERU, TECNOCOM PERU entre otros.

Artículo científico de tesis de investigación, presentado, expuesto y publicado en un congreso Internacional – Organizado en la Escuela Profesional de INGENIERIA DE SISTEMAS –FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA – SISTEMAS DE LA UNH – CITIC 2020 –VIII CONGRESO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION Y COMUNICACIÓN.

Red óptica de transporte para mejorar las comunicaciones en Choclococha, Huancavelica

Evins Cuellar Tito

*Escuela de Posgrado, Universidad Nacional de Huancavelica
Huancavelica, Perú*

ecuellariti@cip-junin.org.pe

Abstract— Este trabajo tiene como objetivo proponer una solución al problema de la ausencia de servicios de telecomunicaciones, con calidad de servicio y cobertura adecuados, en el poblado de Choclococha, Huancavelica. Para ello, se presenta el diseño de un enlace óptico como red troncal enmarcado en una investigación de tipo aplicada y experimental. La variable independiente es la red óptica de transporte y la variable dependiente es la comunicación de datos. Esta última fue definida mediante el indicador de throughput a nivel del usuario. Se realizaron mediciones de este indicador, en una muestra representativa de la población, obteniéndose resultados que fueron validados respecto a los valores esperados según regulaciones vigentes. Así, el throughput medido superó el 40% de velocidad de datos garantizado por el operador de telecomunicaciones. Por lo tanto, se concluyó que la solución propuesta mejora las comunicaciones de Choclococha con velocidad óptima.

Palabras claves—ADSS, presupuesto de enlace óptico, red óptica de transporte, planta externa, throughput.

I. INTRODUCCIÓN

Las redes de fibra óptica se encuentran con un alto grado de penetración en muchas partes del mundo. Sin embargo, no ocurre lo mismo en localidades de baja densidad poblacional, economías de subsistencia o en geografías accidentadas. En la actualidad, el gobierno del Perú viene implementando redes ópticas pero la cobertura no es al 100% [1]. Existen soluciones a esta problemática, como los enlaces satelitales, empleados usualmente para estos casos, pero son costosos y propensos a latencia y baja calidad del servicio debido a las condiciones climáticas. Según estadísticas oficiales y estudios privados, el 65% de la población de las provincias del Perú no usan Internet [2][3] y el 81% de la población rural no emplean Internet.

Bajo el escenario descrito, el presente trabajo tuvo como objetivo implementar una red óptica de transporte para mejorar las comunicaciones en Choclococha, Huancavelica; específicamente, se busca mejorar la velocidad de datos en los usuarios del servicio. La solución planteada consiste en el diseño e implementación de la red óptica de transporte para enlazar Choclococha con la red óptica regional mediante procedimiento estandarizado y basado en fibra óptica ADSS, a 1550nm de longitud de onda. El trabajo es una investigación aplicada, pre-experimental con Diseño de Un Grupo solo después. Para verificar la hipótesis relacionada a la mejora del

throughput se realizó un muestreo no probabilístico con una muestra de 60 usuarios del servicio. Se recolectaron datos de mediciones de throughput en fichas registro y se analizaron cuantitativamente empleando técnicas estadísticas basadas en cálculos de promedios, desviación estándar y el estadístico Z. Choclococha está ubicada en el distrito de Pomacocha, provincia de Acobamba de la Región Huancavelica. Se ubica a 3370msnm con una extensión de 106.34km². Cuenta con 1323 habitantes al 2015, y 486 viviendas. Solo disponen de acceso a internet satelital, pero su costo es elevado; el plan más económico es de 512Kbps a S/ 950 Soles mensuales, nada atractiva para los habitantes que no disponen de los recursos económicos suficientes. Se aprecia, entonces, una problemática muy seria que discrimina el acceso a la información y sus beneficios y potencialidades asociados a este tipo de herramientas tecnológicas. Por ello, se plantea la presente solución, que pretende aprovechar las redes regionales mediante proyectos de beneficio específico, con menor tiempo de ejecución e inversión.

II. ANTECEDENTES

La fibra óptica es el medio de transmisión por excelencia. Por su gran ancho de banda, bajísimas pérdidas e inmunidad al ruido, es ampliamente empleado, tanto para enlaces troncales, como en redes locales. En el Perú, el año 2014, el estado peruano firmó el Contrato de Concesión del proyecto "Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica" que abarcó la instalación de 13500km de fibra óptica y la implementación de 322 nodos a nivel nacional, integrando a 22 capitales regionales, 180 capitales provinciales y 136 localidades. En fechas posteriores, y hasta la actualidad, se viene implementado las redes a nivel de cada región, las cuales tratan de cubrir la mayor cantidad de localidades. Sin embargo, debido a factores como la baja densidad poblacional, existen muchas localidades excluidas dentro del alcance de estas redes [9]. Debido a ello, existen diversos antecedentes de trabajos que plantean soluciones a dicha problemática. Todas ellas proponen el uso de la fibra óptica como medio de transporte troncal y aprovechando la presencia de la red dorsal o regional más próxima para enlazarse a ella y tener acceso a las autopistas de las comunicaciones. Por ejemplo, [14] plantea el diseño de una red de banda ancha para Cajamarca empleado tendido aéreo. A nivel internacional, [13]

plantea una red troncal con fibra óptica en el sur de Ecuador. [16] realiza un análisis comparativo entre redes óptica y redes satelitales para uso en zona rurales concluyendo que las primeras son óptimas en costo y calidad con respecto a la solución satelital usualmente empleada por el sector industrial debido a su alto costo.

III. DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE

Dada su envergadura, se consideran solo el diseño de la planta externa, el cálculo del presupuesto óptico de potencia y las pruebas de validación.

A. Planta Externa

Debido a la cercanía geográfica se consideró realizar el tendido óptico al centro poblado de Choclococha tomando como nodo alimentador al Nodo Pomacocha ($12^{\circ}52'27''S$ $74^{\circ}31'54''O$) ubicada en el distrito del mismo nombre de la provincia de Acobamba, ubicada a 3150msnm. El diseño inició con la recopilación en campo de información de los postes a lo largo de la red eléctrica y su georreferenciación con GPS. Esta información se cargó en el software Basecamp tal como se muestra en la Fig. 1 y se generó la ruta del tendido del cable óptico en un archivo KML visualizable en Google Earth [4]. Luego, en Excel, se elaboró los requerimientos de ferretería y se definió el metrado del cable óptico entre postes: flecha, span, tipo de cable según span y flecha, entre otros. Los criterios seguidos para ello están desde las tablas I a III. En la tabla I, se indica el span máximo permitido del cable óptico, se seleccionan de acuerdo a la separación entre postes. El cable óptico se sujeta a los postes eléctricos mediante accesorios de ferretería: herrajes de suspensión y de retención. Según los datos recopilados, la red de transporte considera el despliegue de 2.81km de cable de fibra óptica, de tipo ADSS, adecuados para su tendido sobre redes eléctricas de media tensión y en el derecho de la red vial con postes nuevos paralelos a la ruta [5].

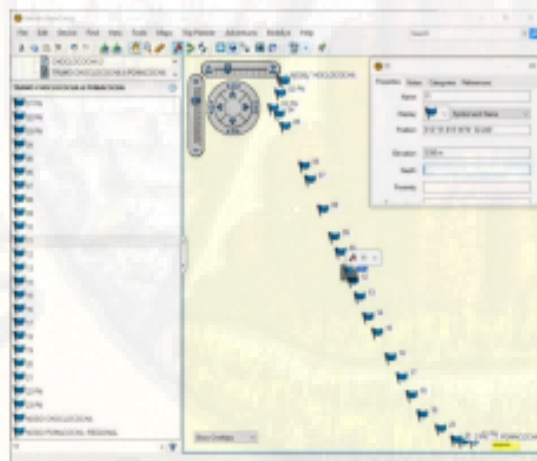


Fig. 1 Empleo de Basecamp para la georreferenciación de postes, las coordenadas fueron obtenidas empleando un dispositivo GPS de Garmin.
Fuente: Elaboración del autor

Las longitudes recomendadas de reserva de cable ADSS dependen si la zona es urbana o no y si está próximo a un nodo de inicio o fin o a una caja de empalmes. En la tabla II, se muestran las longitudes recomendadas de reserva de cable. Para el caso actual, se requiere solo un empalme. La selección de flecha máxima del cable óptico se da en porcentaje respecto a la longitud de los vanos (tabla III). Los cables con tendido aéreo entre postes, tienden a oscilar por el viento que, sumado a las dilataciones y compresiones por variaciones de temperatura ambiental, pueden afectar la propagación de la señal óptica a través del cable debido a la dispersión por modo de polarización [6]. Por ello, se instalan amortiguadores para mitigar tales oscilaciones. La cantidad de amortiguadores requeridos se determinó según fuentes autorizadas [7][8]. Con los datos de campo y los estándares de tendido de cable ADSS, se elaboró las especificaciones y metrado a emplearse en el tendido entre las localidades de Choclococha y Pomacocha usando los postes de MT de 5KV [9].

TABLA I
SELECCIÓN DE CABLE ÓPTICO SEGÚN EL SPAN

Rango del vano (m)	Span máximo del cable ADSS (m)
≤ 200	200
200 a 300	300
300 a 400	400
400 a 600	600
> 600	1000

Fuente: Ex Fondo de Inversión en Telecomunicaciones [9]

TABLA II
LONGITUDES DE RESERVA DE CABLE ÓPTICO

Rango del vano (m)	Span máximo del cable ADSS (m)
Zona urbana, cada 500m	40
Zona rural, cada 1000 a 1500m	40
Inicio de ruta	40
Fin de ruta	40
Caja de empalme	40

Fuente: Ex Fondo de Inversión en Telecomunicaciones [9]

TABLA III
FLECHA MÁXIMA DEL CABLE ÓPTICO

Rango del vano (m)	Span máximo del cable ADSS (m)
≤ 200	200
200 a 300	300
300 a 400	400
400 a 600	600
> 600	1000

Fuente: Ex Fondo de Inversión en Telecomunicaciones [9]

B. Presupuesto Óptico de Potencia

El presupuesto óptico de potencia se determinó mediante un aplicativo desarrollado en Matlab, que permitió su simulación y cálculo; se tomaron en cuenta variables y parámetros siguiendo un procedimiento estandarizado [10].

- Cantidad y pérdida por par de conectores

Se consideran dos pares de conectores, uno en cada extremo del cable. Según el estándar IEC 61300-3-7, se toma 0.5dB como pérdida máxima por par de conectores.

- Cantidad y pérdidas de empalmes de fusión

El tramo entre ambos nodos consta de tres empalmes. Dos en los extremos (cable ADSS fusionado con pigtailed) y uno en el poste 10, empalme recto. La pérdida máxima por empalme, de acuerdo con el estándar IEC 61300-3-7 es de 0.1dB.

- Longitud de tendido de cable de fibra óptica

La longitud del tramo entre ambos nodos es de 2915 metros.

- Longitud de onda de trabajo

La fibra óptica trabaja a 1550nm, longitud empleada para tramos troncales de gran alcance debido a sus bajas pérdidas.

- Pérdidas por kilómetro de fibra óptica a 1550nm

De acuerdo con el estándar IEC60793-2-50, las pérdidas por kilómetro deben ser como máximo 0.25dB/km.

- Potencias mínima y máxima del transmisor

Se obtienen de los transceivers conectados a la fibra óptica. La potencia de salida del transmisor es de 2dBm, pero puede variar entre -4.7 y 4dBm.

- Sensibilidad y potencia máxima del receptor

Estos valores los da el fabricante del transceiver. El receptor trabaja con una potencia promedio de -5.81dBm pero puede recibir entre -1 y +15.8dBm.

- Penalización total de potencia

Consta de dos partes. La primera es la penalización de potencia, lo da el fabricante del equipo, típicamente es 2dB. La segunda es el margen de reparación, típicamente se consideran dos empalmes de 0.3dB cada uno; da un total de 0.6dB. La suma de ambos es la penalización total de potencia (2.6dB).

Las variables de salida son las siguientes (a 1550nm):

- Atenuación total del sistema de cableado

Es la suma de pérdidas debidas a los conectores, empalmes y a la propia fibra. Se calculan a continuación.

Dos conectores, las pérdidas máximas son de:

$$0.5\text{dB} \times 2 = 1\text{dB}$$

Tres empalmes, las pérdidas máximas son de:

$$0.1\text{dB} \times 3 = 0.3\text{dB}$$

Fibra óptica de 2915m (incluyendo reservas), las pérdidas máximas son de:

$$0.25\text{dB} \times 2.915\text{km} = 0.729\text{dB}$$

Luego, la atenuación total del sistema de cableado es:

$$(1 + 0.3 + 0.729)\text{dB} = 2.029\text{dB}$$

- Ganancia del sistema

Es la diferencia entre la potencia del transmisor y la sensibilidad de recepción. Se consideran dos situaciones:

Con potencia máxima de transmisión

$$\text{Ganancia del sistema} = 4\text{dBm} - (-15.8\text{dBm}) = 19.8\text{dB}$$

Con potencia mínima de transmisión

$$\text{Ganancia del sistema} = -4.7\text{dBm} - (-15.8\text{dBm}) = 11.1\text{dB}$$

- Presupuesto total de pérdida por enlace

Se calcula como la diferencia entre la ganancia del sistema y la penalización total de potencia. Igualmente se presentan dos casos extremos según la potencia del transmisor.

Con potencia máxima de transmisión

Presupuesto total de pérdida por enlace:

$$19.8\text{dB} - 2.6\text{dB} = 17.2\text{dB}$$

Con potencia mínima de transmisión

Presupuesto total de pérdida por enlace:

$$11.1\text{dB} - (2.6\text{dB}) = 8.5\text{dB}$$

- Margen de desempeño del sistema

Se calcula como la diferencia entre el presupuesto total de pérdida por enlace y la atenuación total del sistema de cableado. De acuerdo con la potencia del transmisor, se dan dos casos:

Con potencia máxima de transmisión

$$\text{Margen de desempeño del sistema: } 17.2\text{dB} - 2.029\text{dB} = 15.171\text{dB}$$

Con potencia mínima de transmisión

$$\text{Margen de desempeño del sistema: } 8.5\text{dB} - (2.029\text{dB}) = 6.471\text{dB}$$

El presupuesto óptico de potencia se calculó para los dos escenarios extremos:

- Transmisor al máximo de potencia, se obtiene una señal de 2.17dBm en el lado receptor.
- Transmisor al mínimo de potencia, se obtiene una señal de -6.53dBm en el lado receptor.

IV. RESULTADOS

A. Tendido de la Red de Transporte

En la Fig. 2 se muestra el recorrido del cable óptico. Consta de 23 postes: 18 de media tensión (azules) y 5 nuevos (amarillos). El poste 1 está en Choclococha y, el 23, en Pomacocha.



Fig. 2 Mapa satelital con el recorrido de 2915.81m de cable ADSS
Fuente: Elaboración del autor

En la Fig. 3 se presenta el diagrama unifilar del enlace óptico entre los nodos de Pomacocha y Choclococha. Se muestra el kilometraje de cable requerido, la ubicación y el tipo de empalmes a lo largo del recorrido, los nodos, las secciones, los

span por sección y los kilometrajes parciales y total. Según el diagrama, el enlace óptico entre los nodos requiere un tendido de cable de fibra óptica de una longitud de 2915.81m, incluyendo reservas, y consta de dos tramos con una caja de empalmes rectos ubicado a 1222m del nodo de Choclococha.



Fig. 3 Diagrama unifilar de la red de transporte
Fuente: Elaboración del autor

La tabla IV muestra los resultados del diseño del tendido óptico. Se detallan la longitud de tendido entre postes, la distancia entre postes, la flecha del cable y las bobinas empleadas. Se precisa si el poste es existente o nuevo y su nivel de tensión eléctrica en servicio. Esta tabla permite dimensionar la cantidad de bobinas y fibra a emplear. Los aspectos relacionados a la ferretería incluyen el material del poste (concreto o madera); posición y longitud de cable de reserva; tipos, cantidad y ubicación de empalmes; cantidad y ubicación de herrajes de retención, suspensión y soporte empleados; también, la altura del cable sobre el nivel del suelo y la cantidad y ubicación de amortiguadores para evitar oscilaciones del tendido óptico debido a las fuerzas del viento o lluvia.

B. Cálculo del Enlace Troncal

El cálculo del presupuesto de potencia se realizó según procedimiento detallado. En la Fig. 4 se muestran las potencias de transmisión y recepción de los transceivers ópticos en los routers de ambos nodos, con alcances de 40km. En la Fig. 5, se muestran los resultados del cálculo del presupuesto potencia. El primer resultado (2.171dBm) supera al máximo permitido por el receptor (-1dBm). Por ello, la potencia máxima de transmisión se reduce para evitar saturación del receptor. El máximo de potencia transmitida es 0.804dBm, para conseguir una potencia de recepción de -1dBm, el valor límite permitido por el receptor. El segundo resultado (-6.528dBm) está por encima del mínimo reconocible (-15.8dBm) por el receptor.

C. Mediciones de throughput

La tabla V muestra las mediciones de velocidad, de subida y bajada, en la muestra de 60 usuarios del servicio. Con esos datos se realizó un análisis estadístico para validar si cumplen con las regulaciones vigentes. \bar{x} es el valor promedio de la velocidad de bajada, en la muestra considerada. El valor obtenido está ligeramente por encima del mínimo garantizado por el operador

de telecomunicaciones (40% de 2Mbps).

BAJADA

$\bar{x} = 819.1 Kbps$ Velocidad de bajada, valor medio muestral

$\sigma = 3.5 Kbps$ Desviación estándar, velocidad de bajada

TABLA IV
ESPECIFICACIONES DE TENDIDO DEL CABLE ÓPTICO ADSS ENTRE POSTES

Nodo	Estructura, tensión, altura	Distancia entre elementos	Flecha	Span
Nodo Choclococha	Nodo	50.00	0.30	300
1	Poste 12m	93.29	1.90	300
2	Poste 12m	79.21	0.40	300
3	Poste 12m	123.30	1.24	300
4	Poste 5 KV 11m	64.24	0.50	300
5	Poste 5 KV 11m	312.89	4.69	300
6	Poste 5 KV 11m	101.20	1.01	300
9	Poste 5 KV 11m	211.36	2.64	300
10	Poste 5 KV 11m	186.57	1.87	200
11	Poste 5 KV 11m	100.23	1.00	200
12	Poste 5 KV 11m	122.16	1.22	200
13	Poste 5 KV 11m	61.59	0.31	200
14	Poste 5 KV 11m	101.87	1.02	200
15	Poste 5 KV 11m	127.76	1.28	200
16	Poste 5 KV 11m	106.47	1.06	200
17	Poste 5 KV 11m	162.70	1.63	200
18	Poste 5 KV 11m	120.86	1.21	200
19	Poste 5 KV 11m	103.66	1.04	200
20	Poste 5 KV 11m	107.09	1.07	200
21	Poste 5 KV 11m	123.56	1.24	200
22	Poste 5 KV 11m	100.34	1.00	200
21	Poste 5 KV 11m	52.51	0.26	200
22	Poste 12m	40.82	0.44	200
23	Poste 12m	62.49	0.48	200
Nodo Pomacocha	Nodo	50.35	0.49	200

Fuente: Elaboración del autor

Transceiver Data

```

Transceiver Type : SFP
Model Number : 38125030000000 ALB 1P300100A
Tx Laser Wavelength : 1550 nm
Connector Type : LC
Manufacturer date : 2016/08/19
Serial Number : 80000000
Part Number : FTLX16700001-00
Optical Compliance : 1000001-00
Link Length support : 40km for SFP
  
```

Transceiver Digital Diagnostic Monitoring (DDM), Internally Calibrated

	Value	High Alarm	High Mark	Low Mark	Low Alarm
Temperature (C)	+31.5	+30.0	+35.0	-40.0	-45.0
Supply Voltage (V)	3.30	3.63	3.66	3.12	2.67
Tx Bias Current (mA)	83.9	100.0	95.0	55.0	50.0
Tx Output Power (dBm)	2.00	2.00	4.00	-4.70	-8.70
Rx Optical Power (avg dBm)	-6.81	2.00	-1.00	-15.00	-19.70

Fig. 4 Datos del transceiver de Fibra Óptica
Fuente: Ex Fondo de Inversión en Telecomunicaciones [9]

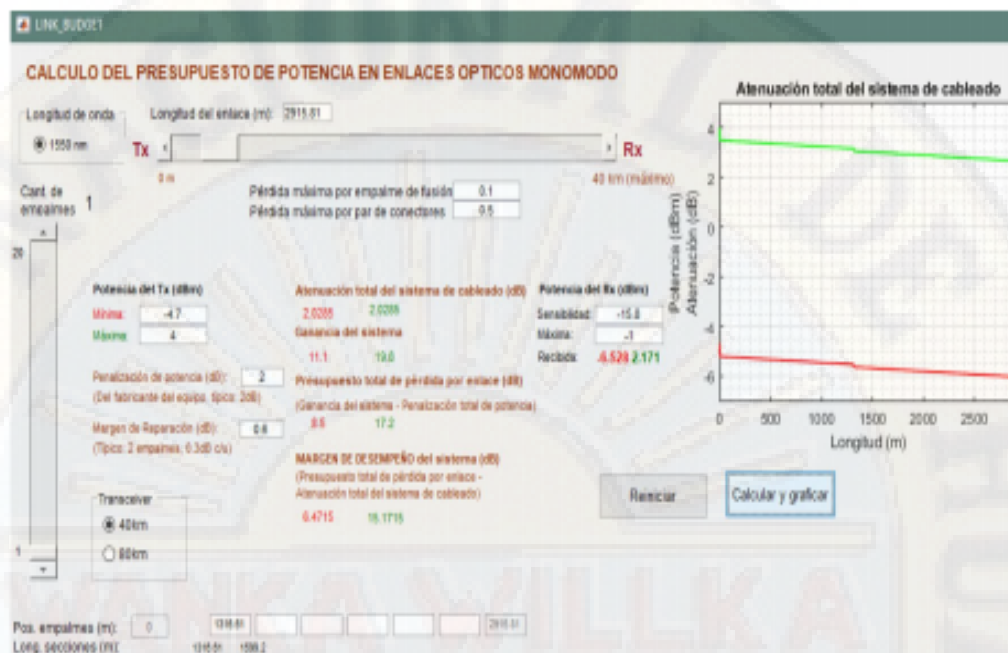


Fig. 5 Presupuesto de potencia calculo mediante aplicación desamollada en Matlab.
Fuente: Elaboración del autor

La desviación estándar obtenida demuestra baja variación de la velocidad, indicando que el proveedor no brinda más del 40% de velocidad obligado por regulaciones. Luego, se determinó la zona de aceptación con nivel de confianza de 95% y con valores de n , z_{α} , y $z_{\alpha/2}$. Para $\mu_0 = 819.2 \text{ Kbps}$ (valor medio esperado, especificado por el operador de telecomunicaciones como el mínimo garantizado de velocidad de bajada), se obtuvo:

$$\text{Intervalo de aceptación} = \left[819.2 - 1.96 \frac{2.5}{\sqrt{60}}, \infty \right] = [818.32, \infty]$$

El valor medio esperado (819.2Kbps) está incluido dentro del intervalo de confianza obtenido; esto comprueba que, para la población bajo estudio, la velocidad de bajada supera el mínimo requerido especificado por el operador de telecomunicaciones.

SUBIDA

$\bar{x} = 204.3 \text{ Kbps}$ Velocidad de subida, valor medio muestral
 $\sigma = 4.3 \text{ Kbps}$ Desviación estándar, velocidad de subida

\bar{x} cuantifica el valor promedio de la velocidad de subida en la muestra de 486 abonados. El valor está ligeramente por debajo del mínimo garantizado por el operador (204.8Kbps). La desviación estándar obtenida muestra ligera variación de la velocidad de subida, mayor a la variación de bajada. Esto evidencia que la velocidad de subida es más fluctuante, pero próximo al mínimo garantizado. Luego, se determinó la zona de aceptación para un nivel de confianza del 95% y con los mismos valores de n , z_{α} , y $z_{\alpha/2}$. Para $\mu_0 = 204.8 \text{ Kbps}$, se obtuvo:

$$\text{Intervalo de aceptación} = \left[204.8 - 1.96 \frac{4.3}{\sqrt{60}}, \infty \right] = [203.7, \infty]$$

El valor medio esperado (204.8Kbps) está incluido dentro del intervalo de confianza obtenido; demostrando que la velocidad de subida supera el mínimo estipulado.

TABLA V
MEDICIONES DE THROUGHPUT EN LOS USUARIOS

Medición	Fecha	Velocidad de bajada (Kbps)	Velocidad de subida (Kbps)
1	25/10/2018	817	201
2	25/10/2018	820	208
3	25/10/2018	821	200
4	25/10/2018	816	199
5	25/10/2018	818	204
6	25/10/2018	814	202
7	25/10/2018	823	200
8	25/10/2018	822	201
9	25/10/2018	815	198
10	26/10/2018	818	187
11	26/10/2018	817	200
12	26/10/2018	825	201
13	26/10/2018	817	200
14	26/10/2018	810	208
15	26/10/2018	824	203
16	26/10/2018	818	204
17	26/10/2018	817	200
18	26/10/2018	819	197
...
60	01/11/2018	818	206

Fuente: Elaboración del autor

V. DISCUSION

Según los resultados de los cálculos de cableado, dados en la tabla IV, el cable óptico es con spans de 200m y 300m. La elección depende de la flecha entre poste y poste y de la separación entre ellos. Se pueden emplear cables de menor vano y costo, pero implica más empalmes y más ferretería. Tampoco es adecuado económicamente, pues el cable se adquiere en bobinas de 4km. Es necesario un análisis cuidadoso para lograr un compromiso técnico y económico que minimice materiales y costos, sin afectar los requerimientos dados en las tablas I a III. Una vez instalado el cable se realizó mediciones con instrumentos como OTDR, ver [10], [11] y [12].

Según la Fig. 5, el margen de desempeño del sistema, fue de 6.47dB para potencia de transmisión mínima y de 15.17dB para potencia de transmisión máxima. Los resultados muestran que la atenuación total del cableado es solo 2.03dB. La ganancia del sistema está en el rango de 11.1dB a 19.8dB. El presupuesto total de pérdida por enlace está en el rango de 17.2 a 8.5dB. Estos valores, evaluados en el peor y mejor caso, evidencian que la troncal dispone de buen margen para eventuales problemas de degradación de señal debido causas como los ambientales, mantenimiento, etc.

La tabla V muestra los resultados de la velocidad de datos. La velocidad de bajada es siempre mayor que la de subida. Esto está en concordancia que los usuarios generan más tráfico de descarga que de subida. Los resultados muestran variación alrededor del valor mínimo esperado que, según el regulador, las operadoras deben cumplir para garantizar condiciones mínimas de servicio. En las zonas rurales, la velocidad ofrecida es 2Mbps (de bajada), esta velocidad es apropiada para la baja densidad poblacional y bajo tráfico de esas zonas [9]. Similar situación se refleja en otros países de la región, como Colombia, ver [13], donde también se ofrece 2Mbps a las instituciones públicas. Conforme aumenta el tráfico por usuario, se incrementa la velocidad ofertada. Por ejemplo, en Cajamarca se ofrece 4Mbps en las ciudades, ver [14]. Según regulación, el sistema óptico garantiza 819.2Kbps de bajada (40% de 2Mbps) y 204.8Kbps de subida (40% de 2Mbps). Comparado con el sistema satelital, este garantiza solo el 15% de la velocidad contratada, ver [15]. Así, solo garantiza 76.8Kbps de bajada (15% de 512Kbps) y 19.2Kbps de subida (15% de 128Kbps). Estos resultados están muy por debajo a los ofrecidos por el sistema óptico. [14] muestra mediciones de velocidad satelital en Huancavelica arrojando una velocidad promedio de descarga y subida de solo 10Kbps. A diferencia del sistema óptico, es conocida la falta de robustez y baja velocidad del sistema satelital, muy sensible a problemas ambientales. [16].

VI. CONCLUSIONES

La red óptica de transporte, desarrollada en el presente trabajo, mejoró la comunicación de datos en Choclococha, Huancavelica. Así, de acuerdo a los resultados y cálculos realizados, se verificó que el valor promedio obtenido de velocidad de bajada (819.1 Kbps) es mayor que 818.32Kbps; es decir, está dentro del intervalo definido para un nivel de

confianza de 0.95. Del mismo modo, se verificó que el valor promedio obtenido para la velocidad de subida (204.3 Kbps) es mayor que 203.7Kbps; es decir, está dentro del intervalo definido para un nivel de confianza de 0.95. Estas verificaciones, comprueban no solo los valores esperados, sino que brindan la garantía de calidad de servicio. Por lo tanto, se concluye que la velocidad de datos mejora con la red de transporte desarrollada. Así mismo, el diseño de una red, empleando fibra óptica como enlace troncal, brinda una solución viable a la carencia de sistemas de telecomunicaciones con calidad de servicio en el poblado de Choclococha. El uso de fibra óptica como red troncal supera completamente los problemas asociados al empleo de comunicación vía satélite, muy sensible a las condiciones ambientales, además de garantizar también la disponibilidad del servicio. Comparado con los servicios satelitales, las redes ópticas ofrecen al abonado la ventaja de aumentar el ancho de banda fácilmente. Al soportar altas velocidades, las redes ópticas permiten al usuario contratar contenidos digitales con mayor ancho de banda.

REFERENCIAS

- [1] MTC. (2018) Agenda Pendiente, Sector Comunicaciones. Viceministerio de Comunicaciones. [Online]. Available: http://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones/2018/Transportes/files/Fortelecomunicaciones/mte_vmc_8nov_nakagawa.pdf
- [2] INEI. (2017) Huancavelica - Censo Estadístico 2017. [Online]. Available: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones-digitales/Est/Lib1494/libro.pdf>
- [3] GSMA. (2016) Inclusión digital en América Latina y el Caribe. [Online]. Available: <http://dsid.minedu.gob.pe/handle/123456789/4766/show-full>
- [4] GARMIN. (2019) BaseCamp. [Online]. Available: <https://www.garmin.com/es-ES/shop/download/basecamp>
- [5] ZTT. (2019) All Dielectric Self Supporting Cable - ADSS. [Online]. Available: <http://zttcable.com/solution/show-218.html>
- [6] ANRITSU. (2010). Dispersion in Optical Fibers. [Online]. Available: http://dl.edn-anritsu.com/en-us/test-measurement/files/Technical-Notes/White-Paper/Disp_in_Opt_Fibers_PMD_CD.pdf
- [7] B. Chorney. *Fiber Optic Installer's Field Manual*. New York: McGraw-Hill, 2000.
- [8] NECA/FOA. (2016) NECA/FOA 301-2016, Standard for Installing and Testing Fiber Optics. [Online]. Available: https://www.thefoa.org/techie/ftpstandards/NECA301-16_P.pdf (accedido el 24/01/2020).
- [9] FITEL. *Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Huancavelica*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú, 2014.
- [10] BICSI. (2017). Optical Link Budget. [Online]. Available: [https://www.bicsi.org/education-certification/education-\(i\)-bicsi-learning-academy/technical-publications/bicsi-library](https://www.bicsi.org/education-certification/education-(i)-bicsi-learning-academy/technical-publications/bicsi-library)
- [11] EXFO. (2019). FTB-735C - metro/PON FTTx/MDU OTDR. [Online]. Available: <https://www.exfo.com/es/productos/pruebas-de-redes-de-campo/otdr-y-iolm/ftb-735c/>
- [12] JDSU. *Reference Guide To Fiber Optic Testing - Second Edition*. Volume 1, 2010.
- [13] Rodríguez, D. *Diseño de red troncal SDH con fibra óptica para el sur de Ecuador*, Escuela Politécnica Nacional, 2001.
- [14] Fernández, C. *Diseño de una red de banda ancha para la región Cajamarca*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, 2013.
- [15] OSIPTEL. (2018) Ficha informativa de tarifas de internet satelital. [Online]. Available: <https://servicios.ch.osiptel.gob.pe/ConsultaSIR/T/BuscarFrmVerTarifa.aspx?Tarifa=137529f>
- [16] M. Cruz. *Análisis comparativo de soluciones tecnológicas para la formulación de un proyecto de telecomunicaciones rurales: redes ópticas y VSAT*, Universidad San Martín de Porres, Perú, 2010.




TEMARIO

- Gestión de proyectos en nuevas arquitecturas de Software: Microservicios.
- Sistema de respuestas inteligentes en robots de Software.
- Análisis de variables cuantitativas y cualitativas en la Investigación Científica. Una perspectiva desde la Ciencia de Datos.
- Realidad extendida en las ciudades inteligentes.
- De la academia a la industria y de regreso, la seguridad de la información desde un enfoque integral.
- Principios de construcción del almacenamiento masivo de información.
- Ambiente de enseñanza de la ingeniería de computación orientado a las competencias: una experiencia en la formación del arquitecto de Software
- Vulnerabilidades de los sistemas de información remotos. ¿Qué es en realidad seguro?





UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABVELICA
(CREADA POR LEY N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA - SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

VIII CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

CERTIFICADO

Otorgado a: **Ing. EVINS CUELLAR TITO**

Por haber participado como **PONENTE** en el "VIII Congreso Internacional en Tecnologías de Información y Comunicación", realizado por la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas - UNH en la modalidad virtual, evento que se llevó a cabo del 14 al 18 de diciembre del presente, con una duración total de 70 horas académicas.

Aprobado con resolución de Consejo Universitario N° 0744-2020-CU-UNH

Tayacaja, diciembre de 2020



Dr. Fernando Vilebro Sunchu Crispin
Director de la EPIS
UNH



Dr. Javier Francisco Márquez Camarena
Decano de la FIES
UNH



Carlos Alcides Almidón Ortiz
Coordinador General
VIII CITIC 2020



ANEXO 13: Reporte anti-plagio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
(Creada por Ley N° 25265)

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
REPOSITORIO INSTITUCIONAL



UNICHECK

Certificado de Originalidad

Por medio de este documento de Originalidad el área de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Huancavelica, certifica y da fe que el trabajo de investigación titulado: **“DISEÑO DE RED DE TRANSPORTE, MEDIANTE FIBRA MONOMODO PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN LA POBLACIÓN DE CHOCLOCOCHA - HUANCVELICA”** presentado por el autor: **CUELLAR TITO, Evins** con la finalidad de obtener el **GRADO DE MAESTRO** en la mención: **GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN** el Repositorio Institucional hace saber que **es una obra original** y no ha sido presentado ni publicado en otras revistas científicas nacionales e internacionales ni en sitio o portal electrónico.

Por tanto, basándonos en el cumplimiento del Art.7 inciso b) del Reglamento del Software Anti plagio de la UNH y su Directiva, el área de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Huancavelica dictamina que este trabajo de investigación fue analizado por el software anti plagio UNICHECK y al estar dentro de los parámetros establecidos, esta investigación es **aceptado como original**.

ADJUNTO:

- ✓ Captura de pantalla de la revisión del trabajo de investigación en el software anti plagio - UNICHECK.

El presente Certificado se expide el 04 de octubre del año 2019.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL
[Firma]
Dr. RAUL URETAMURADO
Jefe de la Oficina del Repositorio Institucional

