

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Electrónica

Tesis

**Diseño de una red FTTH utilizando el estándar Gpon
para mejorar los servicios de telecomunicaciones en el
distrito de Marcona**

Cesar Galindo Supo

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Carlos Quispe Anccasi
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 2 de Julio de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

“DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON PARA MEJORAR LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL DISTRITO DE MARCONA”

Autores:

1. Cesar Galindo Supo – EAP. Ingeniería Electrónica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 14 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|--|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☐ | NO ☒ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir “SI”):15 | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☒ | NO ☐ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTO

En primero agradecer a Dios por darme a mi madre Bernardina que me enseñó la felicidad y la verdadera tristeza cuando partió de esta vida sin embargo acompañó mi vida académica viendo la elaboración de mi tesis dándome fuerzas hasta hoy en los sueños como un Angel cuida desde los cielos.

A mi padre por su incondicional apoyo y sus sabios consejos a mis hermanos por la competitividad que muestran e incentivan la voluntad de seguir adelante.

A Maggy que día a día apoya con la organización de entre mis desordenes, a Edward por la ternura que deslumbra y alegra a mi familia.

A todos por cada momento, ha sido un apoyo e incentivo de culminar de mi investigación.

DEDICATORIA

A mi familia, por ser mi fuerza en los momentos de duda, mi impulso cuando sentía que no podía más y el abrazo que siempre me levantó. Gracias por caminar conmigo, por creer en mí incluso cuando yo no lo hacía. este logro es tanto mío como suyo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I:.....	19
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	19
1.1. Fundamentación del problema	19
1.2. Planteamiento y formulación del problema	20
1.2.1. Problema General.....	20
1.2.2. Problemas Específicos	20
1.3. Objetivos de la investigación	20
1.3.1. Objetivo General.....	20
1.3.2. Objetivos Específicos.....	21
1.4. Justificación e importancia	21
1.4.1. Justificación de la investigación	21
1.4.2. Importancia de la Investigación.....	23
1.5. Delimitación del proyecto.....	23
1.5.1. Limitaciones Económicas	23
1.5.2. Limitaciones Bibliográficas	24
1.5.3. Limitación informática.....	24

1.6.	Hipótesis	24
1.6.1.	Hipótesis General.....	24
1.6.2.	Hipótesis Específicas	24
1.7.	Variables y operacionalización de variables.....	25
1.7.1.	Variable Independiente	25
1.7.2.	Variable Dependiente.....	25
CAPÍTULO II:.....		27
MARCO TEÓRICO		27
2.1.	Antecedentes de la investigación	27
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	27
2.1.2.	Antecedentes Nacionales	30
2.2.	Bases Teóricas	34
2.2.1.	Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON	34
2.2.2.	Mejora de los servicios de telecomunicaciones	42
CAPÍTULO III:		51
METODOLOGÍA		51
3.1.	Método y alcance de investigación	51
3.2.	Tipo de investigación.....	51
3.3.	Nivel de investigación.....	51
3.4.	Diseño de la investigación	51
3.5.	Población y muestra.....	52
3.5.1.	Población.....	52
3.5.2.	Muestra	53
3.6.	Técnica e instrumentos de recolección de datos	54
3.6.1.	Técnicas de recolección de datos	54

3.6.2.	Instrumentos de recolección de datos	55
3.7.	Técnicas y análisis de datos	55
CAPÍTULO IV:.....		57
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN		57
4.1.	Análisis de la situación actual.....	57
4.1.1.	Revisión de la Infraestructura Actual	57
4.2.	Identificación de las Deficiencias y Limitaciones	65
4.2.1.	Deficiencias Técnicas	65
4.2.2.	Limitaciones Económicas	66
4.2.3.	Limitaciones de Acceso	66
4.2.4.	Limitaciones Regulatorias	67
4.3.	Requisitos para la Implementación de la red FTTH con estándar GPON	67
4.3.1.	Infraestructura de Fibra Óptica	68
4.3.2.	Equipos de Red	68
4.3.3.	Topología de Red.....	69
4.3.4.	Requisitos de Energía y Refrigeración	69
4.3.5.	Gestión del Proyecto	69
4.4.	Diseño de la Red FTTH-GPON.....	70
4.4.1.	Componentes Principales.....	70
4.4.2.	Arquitectura de la Red	73
4.5.	Diseño de la solución	74
4.5.1.	Red FTTH Primaria.	75
4.5.2.	Red FTTH Secundaria	77
4.5.3.	Cálculo matemático de pérdida y atenuación	80
4.5.4.	Planificación de la Implementación.....	86

CAPÍTULO V:	89
CONSTRUCCIÓN	89
5.1. Gestión de permisos	89
5.2. Obras preliminares (traslados equipos, materiales)	91
5.3. Replanteo de la obra	95
5.4. Instalación de poste, canalización	95
5.5. Instalación cable de fibra óptica	97
5.5.1. Instalación de la red subterráneo	98
5.5.2. Instalación de la red aéreo	99
5.6. Instalación de dispositivos y empalmes	101
5.6.1. Instalación Divicau (caja acceso universal con capacidad para divisor)	104
5.6.2. Caja Terminal Óptica (CTO)	105
5.7. Pruebas y Verificación	107
5.7.1. Simulación de Red FTTH en OptiSystem	108
5.7.2. Pruebas de Potencia Físico	110
5.7.3. Prueba IOLM (Intelligent Optical Link Mapping)	118
5.7.4. Prueba de Desempeño de Red	123
5.7.5. Validación de Hipótesis	137
5.8. Evaluación económica	141
5.8.1. Evaluación económica Material	141
5.8.2. Evaluación económica Mano de obra	144
5.8.3. Análisis de rentabilidad	148
5.9. Resultados	153
CONCLUSIONES	156
REFERENCIAS	158

ANEXOS.....	163
Anexo 01: Matriz de consistencia.....	163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	26
Tabla 2. Variables Independientes y dependientes	26
Tabla 3. Población del distrito San Juan de Marcona	52
Tabla 4. Altitud y coordenadas de San Juan de Marcona	53
Tabla 5. Instrumentos de Investigación y su Precisión.....	55
Tabla 6. Cantidad de abonados en Armario.....	64
Tabla 7. Pérdidas máximas de eventos	81
Tabla 8. Cálculo de pérdidas de tramo red FTTH	83
Tabla 9. Calculo potencia llegada en CTO1 – CTO 20	85
Tabla 10. Calculo potencia llegada en CTO21 – CTO 37	86
Tabla 11. Cronograma proyecto ejecución FTTH Marcona.....	87
Tabla 12. Material red de distribución.....	92
Tabla 13. Material red Alimentador.....	93
Tabla 14. Equipos activos planta interna	93
Tabla 15. Parámetros de construcción FTTH	108
Tabla 16. Valores de potencia medido en CTO 1 al CTO 37 de la red FTTH.	114
Tabla 17. Perdida de tramo medición IOLM CTO 1 al CTO 37.	123
Tabla 18. Prueba velocidad y latencia red cobre en nodo 1 al nodo 20.....	127
Tabla 19. Prueba velocidad y latencia en red FTTH nodo 1 al nodo 20.....	132
Tabla 20. Pruebas de normalidad.....	137
Tabla 21. Prueba de T de Student de la velocidad de descarga	138
Tabla 22. Prueba de T de Student de la velocidad de subida.....	139
Tabla 23. Prueba de T de Student de la latencia de subida.....	140
Tabla 24. Prueba de T de Student de la latencia de descarga	140

Tabla 25. Cuantificación Material Alimentador FTTH.	142
Tabla 26. Cuantificación Material distribución red FTTH.	143
Tabla 27. Cuantificación de equipos activos.	144
Tabla 28. Cuantificación Mano de obra diseño red FTTH.	145
Tabla 29. Cuantificación Mano de obra red alimentación FTTH.	146
Tabla 30. Cuantificación Mano de obra red distribución red FTTH.	147
Tabla 31. Cuantificación Mano de obra planta interna red FTTH.	147
Tabla 32. Flujo Neto (Fj) de caja proyectado.	149
Tabla 33. Valor neto actual.	150
Tabla 34. Tasa interna de retorno.	151
Tabla 35. Estimación del Periodo de Retorno (PayBack).	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1. Mapa ubicación San Juan de Marcona. Disponible en Google Earth	54
Figura 2. Plano alimentador red Cobre. Elaboración propia	58
Figura 3. Galería de cables.....	59
Figura 4. Cámara de paso de cables. Elaboración propia	60
Figura 5. Plano distribución de cobre	61
Figura 6. Armario aéreo en mal estado	62
Figura 7. Configuración de cuentas de Armarios	63
Figura8. Porcentaje par sin abonados en armario	64
Figura9. Optical Line Terminal (OLT)	71
Figura10.Divisores Ópticos (Splitters)	72
Figura11. Optical Network Terminal (ONT).....	72
Figura12.Cables de Fibra Óptica	73
Figura13. Arquitectura de la Red FTTH con estándar GPON.....	73
Figura14. Plano de ubicación de la red diseñado.....	75
Figura15. Perfil de asignación red Primaria FTTH	76
Figura16. Distribución splitter DIVICAU	76
Figura17. Plano red alimentador FTTH.....	77
Figura18. Perfil red de distribución	78
Figura19. Plano distribución FTTH.....	80
Figura20. Eventos de la red FTTH	80
Figura 21. Documentos gestión permisos	90
Figura 22. Requisitos está el SUIIT	91
Figura23. Bobina de cables.....	94
Figura24. Stock de postes	94

Figura25. Stock de ferretería.....	95
Figura26. Instalación ancla retención de poste	96
Figura27. Estructura instalación de poste y riostra	96
Figura28. Instalación de poste	97
Figura29. Tendido subterráneo	98
Figura30. Tendido aéreo	99
Figura31. Colocación de ferrería aéreo.....	100
Figura32. Ubicación equipos activos.....	101
Figura33. Instalación OLT.....	101
Figura34. Posición de módulos y recorrido jumper.....	102
Figura35. Instalación ODF y módulos.....	103
Figura36. Bandeja de empalmes	103
Figura37. Instalación DIVICAU.....	104
Figura38. Instalación caja empalme	105
Figura39.Instalación CTO.....	105
Figura40. Rotulación caja óptica	106
Figura41. Simulación de Red FTTH CTO 1.....	108
Figura42. Diagrama visual de un analizador VER en CTO 1.....	109
Figura43. Medición potencia en CTO 1	111
Figura44.Medición potencia en CTO 8	112
Figura45. Medición potencia en CTO 9	112
Figura46. Medición potencia en CTO 11	113
Figura47. Medición potencia en CTO 26	114
Figura48.Informe IOLM.....	119
Figura49.Medición velocidad nodo 1	124

Figura50.Medición velocidad nodo 2	125
Figura51.Prueba de velocidad NODO 1	129
Figura52.Prueba de velocidad NODO 2	131
Figura53.Comparación de Velocidad de Descarga.....	136
Figura54.Comparación de Velocidad de Subida	136
Figura55.Tasa Interés de Retorno	151
Figura56.Grafica de estimación del Periodo de Retorno (PayBack).	153
Figura 57. Perfil alimentador ftth gp01.....	165
Figura 58. Alimentador planta externa ftth.....	166
Figura 59. Red distribución ftth.....	167

RESUMEN

En los últimos años, el crecimiento tecnológico y demográfico ha generado una gran demanda en los servicios de telecomunicaciones.

Para abordar esta problemática, este estudio propone el diseño de una red FTTH (Fiber to the Home) basada en el estándar GPON (Gigabit Passive Optical Network) , con el objetivo de mejorar la calidad y capacidad de los servicios de telecomunicaciones en la zona. La investigación sigue un enfoque cuantitativo, es de tipo no experimental, con un diseño transversal y nivel explicativo-descriptivo, ya que se analizan datos en un solo momento para evaluar su impacto.

Para validar la efectividad del nuevo diseño de red, se realizaron mediciones de velocidad y latencia antes y después de la implementación. Estos datos fueron sometidos a un análisis estadístico utilizando la prueba de Chi-cuadrado (χ^2) , lo que permitió determinar si la tecnología GPON realmente marca una diferencia significativa en la calidad del servicio.

Los resultados fueron contundentes: se logró un incremento notable en la velocidad de conexión y una reducción significativa en la latencia, lo que garantiza una navegación más fluida, mejor rendimiento en videoconferencias y una experiencia más estable para los usuarios. Además, la red de fibra óptica ofrece ventajas en términos de mantenimiento y costos operativos a largo plazo.

En conclusión, la implementación de una red FTTH-GPON en Marcona representa una solución eficiente y sostenible para atender la creciente demanda de telecomunicaciones, asegurando un servicio.

Palabras clave: GPON, FTTH, velocidad de internet, mejora de telecomunicaciones, redes de fibra óptica.

ABSTRACT

In recent years, technological and demographic growth has significantly increased the demand for telecommunications services.

To address this issue, this study proposes the design of an FTTH (Fiber to the Home) network based on the GPON (Gigabit Passive Optical Network) standard, aiming to enhance the quality and capacity of telecommunications services in the area. The research follows a quantitative approach, is non-experimental, with a cross-sectional and explanatory-descriptive level design, as data is analyzed at a single point in time to assess its impact.

To validate the effectiveness of the new network design, speed and latency measurements were taken before and after implementation. These data were subjected to statistical analysis using the Chi-square test (χ^2), which allowed us to determine whether GPON technology significantly improves service quality.

The results were conclusive: a notable increase in connection speed and a significant reduction in latency were achieved, ensuring smoother browsing, better video conferencing performance, and a more stable user experience. Additionally, the fiber optic network offers long-term advantages in terms of maintenance and operational costs.

In conclusion, the implementation of an FTTH-GPON network in Marcona represents an efficient and sustainable solution to meet the growing telecommunications demand, ensuring a high-quality service.

Keywords: GPON, FTTH, internet speed, telecommunications improvement, fiber optic networks.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de técnicas y procesos para la transmisión y recepción de datos ha acelerado a pasos agigantados en el crecimiento de las telecomunicaciones, siendo el cable de fibra óptica el mejor medio de transmisión para las redes fijas y móviles. La red FTTH (Fibra hasta el hogar) con estándar GPON (Red óptica pasiva Gigabit) entrega los servicios de triple play para satisfacer las necesidades del usuario final.

A nivel nacional, hay prisa por cambiar de tecnología a Fibra óptica porque está hecha para requerir menos mantenimiento, brindando un mejor velocidad y capacidad de transmisión de datos, la tecnología adsl (Asimetric Digital Subscriber Line o Línea de Abonado Digital Asimétrica) con un sistema de medios fijos obsoleto que incluye cables de par trenzado con numerosas limitaciones de velocidad, la inversión en las telecomunicaciones en el Perú ha crecido en un 10.7% a finales del tercer trimestre del 2023 donde las empresas operadoras invierten en el despliegue de la fibra óptica para la transmisión de datos para mejorar sus operaciones en las redes fijas y móviles (1).

En el distrito de Marcona cuenta con fibra óptica, excluyendo a los usuarios convencionales, la red existente que prevalece esta por cable cobre que presenta problemas de aislamiento, interferencia, capacidad y velocidad para la entrega de los servicios. Dando una solución fiable y corta, por lo que, en el Capítulo I, se plantea en el problema visualizado los alcances, así como limitaciones que demandara el proyecto y la justificación. Seguidamente, en el Capítulo II, se engloba los antecedentes y bases teóricas de conceptos básicos para el desarrollo del diseño de la red FTTH con estándar GPON. En el Capítulo III, desarrollamos el tipo de metodología aplicada, para llegar al cumplimiento de los objetivos, en el Capítulo IV, describiremos el análisis realizado y el diseño de nuestra investigación. Finalmente, en el

Capítulo V, describiremos la construcción del proyecto y las pruebas realizadas, verificando los parámetros planteados.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Fundamentación del problema

En la actualidad, el distrito de Marcona, ubicado en la provincia de Nasca, departamento de Ica, presenta problemas en la calidad de sus servicios de internet debido a la infraestructura existente, donde aún existe la red de cobre con tecnología ADSL. Según Osiptel (2024), el 70.85% de las conexiones de internet fijo en el Perú son con mejor ancho de banda usando fibra óptica al cierre del tercer trimestre, en este periodo la región que presenta mayor avance es Ucayali con 59.21% frente al año 2023, Ica tiene un avance de 17.13%; sin embargo, estos porcentajes no son suficientes para cubrir la localidad de Marcona donde aún se ve las deficiencias de capacidad y velocidad de acceso a internet (2).

Telefónica del Perú estuvo dando servicio de voz durante 65 años y 35 años el servicio de internet mediante las redes de cobre sin embargo en 2005 se propone tener velocidades de 30Mbps lo que era 256 veces de velocidad en el año 1999, la infraestructura de la red no era el adecuado a lo que se obtiene 50% de la velocidad propuesta (3).

El factores ambiental en Marcona, como la alta humedad y vientos de hasta 19 km/h, acelera la corrosión de los conductores y provoca constantes fallas en el servicio (4).

El crecimiento de la demanda de servicios de telecomunicaciones, impulsado por el aumento del trabajo a distancia y la educación a virtual, ha generado una saturación de la infraestructura actual, con velocidades promedio de descarga de solo 20 Mbps en redes ADSL, en comparación a las velocidades mayores a 100 Mbps de velocidad con la red de fibra óptica (5).

Ante estas problemáticas, se plantea la necesidad de diseñar una red FTTH (Fiber to the Home) **utilizando el estándar GPON (Gigabit Passive Optical Network), la cual permite transmitir velocidades de hasta 2.5 Gbps en descarga y 1.25 Gbps en subida (ITU-T G.984, 2022).** El diseño de la red busca mejorar la calidad del servicio en velocidad de internet, reducir la latencia y ofrecer una conectividad estable y de alta capacidad a los usuarios de Marcona(6).

1.2. Planteamiento y formulación del problema

1.2.1. Problema General

- ¿Cómo diseñar una red FTTH utilizando el estándar GPON, en mejora de los servicios de telecomunicaciones para el distrito de Marcona?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo analizar el estado actual de los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona?
- ¿De qué manera el diseño de la red FTTH con estándar GPON generará la potencia óptica necesaria para mejorar los servicios de telecomunicaciones del distrito de Marcona?
- ¿Cómo diseñar una red FTTH utilizando el estándar GPON para mejorar la velocidad de internet en el distrito de Marcona?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

- Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON para mejorar los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el estado actual de los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona
- Diseñar una red FTTH con tecnología GPON que genere y distribuya la potencia óptica necesaria para mejorar los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona
- Diseñar una red FTTH utilizando el estándar GPON para mejorar la velocidad de internet en el distrito de Marcona

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación de la investigación

1.4.1.1. Justificación Tecnológica

La investigación amplía nuestra comprensión de los componentes pasivos de los cables de fibra óptica, que son el principal medio de transferencia de datos de las redes de fibra óptica que utilizan la norma GPON. Estos cables "son filamentos de vidrio cuyo grosor es de un cabello donde la información se transmite en forma de haces de luz" (7).

La red de planta exterior está formada por componentes pasivos como divisores, DIVICAU y CTO que, cuando se alimentan con un único hilo de fibra óptica, se multiplican en ocho hilos de distribución. Esto hace que la red sea lo suficientemente flexible como para llevar a cabo servicios triples play (voz, datos y vídeo), según la topología FTTH.

1.4.1.2. Justificación Económica

La red ADSL y HFC son tecnologías que ya están siendo desplazados a nivel mundial, en Perú se inició con Fibra Óptica masivamente hace 8 años, la operadora Movistar hizo el

estudio en plan piloto desplegando el FTTH con estándar GPON con el fin de mejorar los servicios de telecomunicaciones, finalmente, realizar los cambio progresivo a las tecnologías antiguas, los resultados fueron la demanda del servicio y el bajo costos de mantenimiento, ya que esta red FTTH es mucho más óptimo a las tecnologías anteriores(8).

En la actualidad, Marcona es una ciudad concentrada de personal minero de la empresa Shougang, donde gran cantidad de usuarios de internet tienen la necesidad de mayores velocidades y capacidad, la Red FTTH, con estándar GPON, permitió mejorar la velocidad y capacidad de transmisión entregando los servicios de internet, teléfono fijo y TV a un costo de servicio similar a la red cobre y coaxial, siendo un atractivo con mayor demanda a bajo costo.

1.4.1.3.Justificación Teórica

El propósito de esta investigación permite mejor la transmisión de datos, asimismo, ser un modelo para el conocimiento tecnológico de la red FTTH que es una estructura de “Fibra Óptica como medio de transmisión cuya característica es de buen ancho de banda y baja atenuación permitiendo enviar gran cantidad de datos (9), en la actualidad, existen tres medios de comunicación en las redes fijas “el par trenzado trabaja en un ancho de banda 2MHz con una capacidad máxima de 20Mbps, por otra parte el cable coaxial tiene un ancho de banda 400MHz con una capacidad de transmisión de hasta 2Gbps, la Fibra Óptica está liderando como el mejor medio de transmisión con una ancho de banda de hasta 2MHz y su capacidad máxima 25Tbps” (7).

1.4.1.4.Justificación Social

La calidad de vida en una sociedad depende de la velocidad y capacidad de los servicios de telecomunicaciones, así como del desarrollo de diversas actividades. A medida que avanza la tecnología, las aplicaciones digitales más complejas requieren grandes cantidades de ancho

de banda; por eso, la red FTTH resulta atractiva para los usuarios finales por su capacidad de transmisión y su versatilidad.

1.4.1.5. Justificación Ambiental

En comparación con las redes HFC, que cuentan con equipos activos en la red de la planta exterior, los proyectos FTTH que utilizan el estándar GPON tienen topologías mucho menos invasivas y no emiten espectro electromagnético. Además, debido a su equipamiento pasivo, su estructura ayuda a ahorrar energía, ya que la reducción de dióxido de carbono (CO₂) permite frenar el ritmo del cambio climático, que empeora con el tiempo.

1.4.2. Importancia de la Investigación

El objetivo de este trabajo es mejorar los servicios de telecomunicaciones mediante el diseño de una red FTTH con el estándar GPON, que permitirá a los usuarios disponer de fibra óptica en su domicilio y mejorar la velocidad y capacidad de transmisión sin interferencias. Marcona es una zona minera con un alto consumo de internet y telefonía fija alto. La red del operador Movistar, que es el que más abonados tiene, es una planta de red externa de cobre. Sin embargo, esta tecnología es susceptible a la brisa marina (10).

1.5. Delimitación del proyecto

1.5.1. Limitaciones Económicas

Para poner en marcha el proyecto FTTH con el estándar GPON, hay que instalar una cantidad importante de cable de FO, además de sustituir e instalar postes. Toda la infraestructura requiere una licencia municipal. Esta limitación fue superada usando especialistas en gestión de permisos para el desarrollo de los expedientes adecuados para

agilizar los permisos; asimismo, se fundamentó como mantenimiento de la red por las deficiencias que venía presentando.

1.5.2. Limitaciones Bibliográficas

En la investigación, no se ha tenido restricciones bibliográficas, ya que la tecnología FTTH con estándar GPON está supliendo a las tecnologías ADSL Y HFC donde inicia la carrera de cambio de tecnología en las telecomunicaciones.

1.5.3. Limitación informática

La fibra Óptica está siendo usada a nivel nacional masivamente donde ya existe gran cantidad de información que ayudó a esta investigación es por la cual no existe limitaciones.

1.6. Hipótesis

Viendo las necesidades que presenta Marcona, podemos plantear una:

1.6.1. Hipótesis General

- El diseño de la red FTTH con estándar GPON permitirá mejorar los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona.

1.6.2. Hipótesis Especificas

- El análisis del estado actual de la red revelará las deficiencias específicas que pueden ser abordadas mediante el diseño de la red FTTH con estándar GPON.
- El diseño de la red FTTH con estándar GPON generará y distribuirá adecuadamente la potencia óptica, mejorando la calidad de los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona.

- El diseño de la red FTTH utilizando el estándar GPON mejorará significativamente la velocidad de internet en el distrito de Marcona.

1.7. Variables y operacionalización de variables

1.7.1. Variable Independiente

En la tesis, se considera “red FTTH utilizando el estándar GPON” como una variable independiente porque es un factor que se introduce o cambia en el entorno de estudio para ver cómo afecta a otras variables.

La implementación de la red FTTH con GPON debe mejorar los servicios de telecomunicaciones. La variable independiente es el "causante" de los cambios que esperamos ver en la variable dependiente.

En el desarrollo de la tesis, se demostró cómo esta tecnología (FTTH con GPON) afecta la calidad y efectividad de los servicios de telecomunicaciones. Por lo tanto, es la variable que estás introduciendo en el escenario para observar su impacto.

1.7.2. Variable Dependiente

Los servicios de telecomunicaciones dependen de la infraestructura que los soporta, en este caso redes FTTH y GPON. Por lo tanto, cualquier cambio en esa política debe reflejarse en los servicios prestados, y esto da lugar a variables dependientes.

En la investigación, se observará cómo las variables independientes (el uso de redes FTTH con estándar GPON) afectan a las variables dependientes (calidad de los servicios de telecomunicaciones) en el distrito de Marcona.

Tabla 1. *Operacionalización de variables*

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		
Autor:	Cesar Galindo Supo	
Título:	DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON PARA MEJORAR LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL DISTRITO DE MARCONA	
Problema	¿Cómo diseñar una red FTTH utilizando el estándar GPON, en mejora de los servicios de telecomunicaciones para el distrito de Marcona?	
	Independiente	Dependiente
Variables	RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON	SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES
Definición conceptual	Es la red que tiene como medio de transmisión la Fibra Óptica que va desde la central telefónica hasta el abonado, la planta externa está impulsado por equipos con capacidades entre 1Gb a 10Gb.	Los paquetes de datos que son enviados como el internet, tv y teléfono son servicios que las operadoras entregan por un medio de transmisión sea el cableado o inalámbrico que el abonado accede por un monto establecido por cada empresa de telecomunicaciones.
Definición operacional	Variable mide y Optimiza el medio de transmisión de datos para mejorar los servicios entregados al usuario final	Variable que mide la velocidad de internet y las interferencias en un servicio entregado.
Hipótesis (Si es el caso)	El diseño de la red FTTH con estándar GPON permitirá mejorar los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona.	

Tabla 2. *Variables Independientes y dependientes*

Variable Independiente	RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON			
Dimensiones o Sub Variables	Indicador	Unidad	Tipo de Variable	Instrumento
Generación de potencia óptica	Potencia óptica generada	dBm	Cuantitativa	Medidor de potencia óptica
Distribución de potencia óptica	Potencia óptica distribuida	dBm	Cuantitativa	Medidor de potencia óptica
Diseño de la red	Documentación del diseño	Documentos	Cualitativa	Análisis documental

Variable Dependiente	SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES			
Dimensiones o Sub Variables	Indicador	Unidad	Tipo de Variable	Instrumento
Calidad de la conexión	Latencia	ms	Cuantitativa	Herramientas de medición de red (Ping, Traceroute)
Velocidad de conexión	Velocidad de descarga y subida	Mbps	Cuantitativa	Herramientas de medición de red (Speedtest, measurementlab, fast)

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Valentino et al. (1), en el año 2024, presentaron un artículo científico titulado “Fiber To The Home (FTTH) Network Infrastructure Design Using Gigabyte Passive Optical Network (GPON) Technology in South Solok District”. El objetivo principal de la investigación fue diseñar una red FTTH basada en tecnología GPON en el distrito de South Solok, mediante la identificación de las necesidades de red de la comunidad de Lubuk Gadang Selatan y el análisis del rendimiento y viabilidad de dicha infraestructura. El estudio se desarrolló con un enfoque cuantitativo, utilizando un diseño no experimental y de tipo descriptivo. Para la recolección y análisis de datos, se emplearon instrumentos técnicos como el Optical Power Meter (OPM) y el Optical Time Domain Reflectometer (OTDR), y herramientas de diseño como AutoCAD, Google Earth y OptiSystem. La muestra estuvo compuesta por 192 viviendas distribuidas en once complejos residenciales. Entre los principales resultados, se encontró que la distancia entre el OLT y el ODC fue de aproximadamente 12 km, y se registraron niveles de potencia de -22,792 dBm en el downlink y -23,120 dBm en el uplink, con tiempos de subida de 0,258 ns y 0,256 ns respectivamente. Las tasas de error de bits (BER) oscilaron entre 10^{-12} y 10^{-13} , valores aceptables para este tipo de red. Además, el análisis de costos mostró que el sistema aéreo fue más económico (IDR 381.226.405) en comparación con el sistema ducto-aéreo (IDR 431.096.105), aunque este último presentaba ventajas operativas. Se concluyó que el diseño de red FTTH con tecnología GPON es técnicamente viable y adecuado para zonas residenciales con proximidad entre viviendas.

Añazco (2), en el 2013, desarrolló una tesis de maestría titulada *“Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON”*, con el objetivo de diseñar una red de acceso de fibra óptica FTTH basada en el estándar GPON, que permita la provisión de servicios convergentes tipo Triple Play (telefonía, internet y televisión) para clientes residenciales y corporativos. La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y alcance descriptivo, apoyándose en métodos como el histórico-lógico, el hipotético-deductivo y el científico-experimental. La muestra fue de tipo teórica y se emplearon fuentes secundarias como manuales técnicos y documentación especializada. Entre los principales resultados, se evidenció la factibilidad del estándar GPON para cubrir hasta 20 km de distancia, conectar 64 usuarios por puerto y alcanzar velocidades de 2.5 Gbps. El diseño propuso una arquitectura punto-multipunto mediante el uso de divisores ópticos pasivos (splitters), destacando beneficios como la reducción de costos operativos, la optimización de recursos y la mejora de la calidad de servicio. Se concluyó que la implementación de redes FTTH-GPON representa una alternativa técnica y económicamente viable para modernizar la infraestructura de telecomunicaciones en Ecuador.

Ramadan et al. (3), en el año 2024, presentaron un artículo científico titulado *“Installation and Activation of Fiber To The Home (FTTH) Network Using Gigabit Passive Optical Network (GPON) Technology and Quality of Service (QoS) Analysis”*, cuyo propósito fue diseñar, implementar y evaluar una red FTTH empleando tecnología GPON, incluyendo tanto la activación de la red como el análisis de calidad del servicio. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de tipo descriptivo. Se utilizó la simulación como técnica principal, junto con mediciones de atenuación antes y después de la activación, y se evaluó la calidad del servicio mediante la aplicación Wireshark. La muestra fue técnica, constituida por dispositivos y segmentos de red, sin intervención de usuarios humanos. Entre los resultados más relevantes, se encontró una disminución en la

atenuación tras la activación y una mejora en los indicadores de rendimiento: un throughput de 2.592 Kbps, pérdida de paquetes del 0%, delay de 3.106 ms y jitter de 3.127 ms, todos categorizados como “muy buenos”. Se concluyó que el diseño propuesto cumple con los estándares de la ITU-T G.984 y proporciona una conectividad estable y eficiente, destacando la importancia del monitoreo continuo para mantener un alto nivel de calidad del servicio.

Abdellaoui (4), en el año 2021, desarrolló un artículo científico titulado “*Design, Implementation and Evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) Access Network Based on a Giga Passive Optical Network (GPON)*”, cuyo propósito fue diseñar, implementar y evaluar una red de acceso FTTH basada en tecnología GPON en la ciudad de Erriadh, Túnez, con el fin de ofrecer servicios Triple Play (voz, video e internet) de alta velocidad, bajo costo y alta fiabilidad. El estudio se realizó con un enfoque cuantitativo, mediante simulación computacional en el software OptiSystem. Se utilizó un diseño no experimental, descriptivo y evaluativo. La recolección de datos se basó en modelos simulados de arquitectura de red, empleando indicadores como BER, jitter, Q factor y potencia recibida. No se trabajó con una muestra humana, sino con entornos simulados representando usuarios residenciales, empresariales y del sector público. Los resultados indicaron una transmisión sin errores, con BER mínima de 0, jitter cercano a 0 y diagramas de ojo completamente abiertos. El diseño propuesto soportó hasta 128 usuarios a distancias de hasta 60 km, con una pérdida de potencia óptica dentro del umbral permitido (inferior a -26 dB). Se concluyó que GPON es una solución eficiente y escalable para redes FTTH, con capacidad para satisfacer las demandas de conectividad de alta velocidad en múltiples sectores. Además, se recomendó su extensión a redes NG-PON2 como proyección futura.

Sánchez (5), en el año 2021, desarrolló una tesis titulada “*Desarrollo de la red FTTH con tecnología GPON de la empresa ALFATEL para la ciudad El Ángel, provincia del*

Carchi”, con el objetivo de diseñar e implementar una red FTTH utilizando la tecnología GPON para mejorar la calidad del servicio de internet de la empresa ALFATEL, sustituyendo su infraestructura de radioenlace. La investigación siguió un enfoque cualitativo y un diseño experimental, dividido en fases que incluyeron el diagnóstico de la red actual, diseño de la nueva red, implementación física y configuración de equipos. No se empleó una muestra humana, sino una muestra técnica compuesta por 110 usuarios distribuidos en seis distritos. Se utilizaron instrumentos como simulaciones técnicas, cálculos de atenuación y pruebas de conectividad, incluyendo el uso de equipos como OLTs, ONUs, splitters, y medidores ópticos. Entre los resultados, se identificó una mejora significativa en la estabilidad y potencia de la señal óptica, con valores de potencia Rx promedio de -19.69 dBm y pérdida total del enlace de 19.2 dBm. Las pruebas se aplicaron a una muestra probabilística de 86 usuarios, mostrando uniformidad en la calidad del servicio sin importar la distancia. Se concluyó que la red GPON es una alternativa eficiente y escalable que permitió mejorar la cobertura, confiabilidad y capacidad de expansión del servicio en la ciudad de El Ángel.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Arias (6), en el año 2016, presentó una tesis titulada *“Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar”*, elaborada como parte del plan de titulación para obtener el grado de Ingeniero de Telecomunicaciones en la Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo general fue diseñar una red FTTH basada en tecnología GPON para ampliar el acceso a servicios de banda ancha en el distrito de Magdalena del Mar, con velocidades altas de carga y descarga, costos accesibles y una estructura confiable mediante redundancia de red. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental de tipo descriptivo, empleando simulaciones técnicas, cálculos de atenuación óptica y análisis de factibilidad económica. Se utilizaron instrumentos como datos de censos

poblacionales, estándares técnicos (como el ITU-T G.984), hojas de datos de equipos (OLT, ONT, splitters) y mapas urbanos. La muestra fue técnica, centrada en una zona delimitada del distrito que abarcó 256 viviendas. Entre los resultados, el diseño permitió conexiones de hasta 64 usuarios por puerto GPON con cobertura de 20 km, una tasa de transmisión de 2.5 Gbps, y se propuso una red con arquitectura en anillo (alimentación) y árbol (distribución), garantizando redundancia y continuidad del servicio. Además, se estimó una inversión con retorno a cinco años. La conclusión principal fue que el diseño GPON es viable técnica y económicamente para cubrir la demanda de servicios de telecomunicaciones en hogares urbanos, permitiendo disminuir la brecha digital en Perú.

Quezada (7), en el año 2021, elaboró una tesis de pregrado titulada *“Diseño de una red FTTH mediante el estándar GPON para la mejora de la calidad de servicio de internet en los hogares en el distrito de Chorrillos”*, con el objetivo de diseñar una red de fibra óptica tipo FTTH bajo el estándar GPON, con el fin de mejorar la calidad del servicio de internet para los usuarios ubicados en las avenidas Defensores del Morro y Los Faisanes, en el distrito de Chorrillos. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental, y se caracterizó por ser aplicada. Se utilizaron herramientas como Google Maps, AutoCAD y Google Earth para el diseño y despliegue de la red, así como técnicas cuantitativas de simulación para el análisis de viabilidad. La población fue técnica, sin incluir encuestas o interacción directa con usuarios humanos. Entre los resultados más destacados, se obtuvo una mejora significativa en el servicio proyectado, evidenciado en el cálculo de pérdidas ópticas por tramos, velocidades de subida y descarga, y análisis de atenuación. Se diseñó una red con arquitectura GPON que ofrecía mayor estabilidad, cobertura de hasta 20 km y velocidades de hasta 2.5 Gbps. La investigación concluyó que este diseño no solo es técnicamente viable, sino que también es una alternativa rentable y eficaz para cerrar la brecha digital en zonas urbanas de Lima.

Chambergó (8), en el año 2021, presentó una tesis titulada *“Sistema de red FTTH utilizando la tecnología GPON para mejorar la calidad de servicio de internet en los clientes con red EoC de la empresa Cablered Perú 2021”*, cuyo objetivo fue determinar la influencia de una red FTTH con tecnología GPON en la mejora de la calidad del servicio de internet en los clientes de la empresa Cablered Perú que utilizaban redes EoC, caracterizadas por ser inestables y de baja escalabilidad. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, con nivel explicativo y diseño preexperimental (preprueba y postprueba con un solo grupo). Se aplicó la metodología Top-Down, que incluyó fases como el análisis de requerimientos, diseño lógico y físico, pruebas, implementación y monitoreo de la red. La muestra fue técnica, compuesta por más de 800 usuarios distribuidos en sectores de Huancayo y Tambo. Se emplearon instrumentos como software de diseño de redes, medidores de potencia óptica, pruebas de velocidad y monitoreo con herramientas como PRTG y CACTI. Los resultados mostraron una mejora significativa en indicadores de calidad del servicio: se redujeron las caídas masivas de red, disminuyeron las quejas por mal servicio y aumentó el ancho de banda promedio por usuario. La potencia final de recepción se mantuvo por encima del umbral mínimo de -24 dB, conforme al estándar ITU-T G.984. Se concluyó que la implementación de la red GPON generó un impacto positivo en la calidad del servicio, escalabilidad y satisfacción del cliente, recomendándose su adopción para reemplazar tecnologías obsoletas como EoC.

Carrasco (9), en el año 2025, elaboró una tesis titulada *“Implementación de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la calidad del servicio del ancho de banda de internet en un distrito de Lima-Perú, 2023”*, presentada para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico en la Universidad Nacional Federico Villarreal. El objetivo general del estudio fue implementar una red FTTH con tecnología GPON que permitiera mejorar significativamente la calidad del servicio de internet, específicamente el ancho de banda, en un distrito de Lima Metropolitana. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, con un diseño

cuasiexperimental y nivel explicativo. La muestra estuvo conformada por 150 usuarios seleccionados de manera intencional, y el instrumento utilizado fue el cuestionario SERVQUAL, validado por Matsumoto (2014), el cual evalúa cinco dimensiones de la calidad de servicio: fiabilidad, sensibilidad, seguridad, empatía y elementos tangibles. El análisis se apoyó en herramientas estadísticas como Excel y SPSS (versión 26), y aplicó pruebas de Wilcoxon para contrastar los resultados del pretest y posttest. Los resultados evidenciaron mejoras significativas en todas las dimensiones evaluadas: la fiabilidad aumentó un 26%, la sensibilidad un 31%, la seguridad un 21%, la empatía un 15% y los elementos tangibles un 13%. A nivel general, la media de satisfacción pasó de 53.28 a 64.43, con una diferencia del 21% y un p-valor de 0.000 que validó la hipótesis alternativa. Se concluyó que la implementación de la red FTTH con tecnología GPON mejora de forma significativa la calidad del servicio de internet, siendo una solución eficiente para atender la creciente demanda de conectividad en zonas urbanas.

Aquino y Loayza (10), en el año 2024, desarrolló una tesis profesional titulada *“Diseño de una red FTTH basado en tecnología GPON para brindar el servicio de banda ancha en el distrito de San Pedro, Cusco, 2024”*, con el propósito de diseñar y simular una red FTTH utilizando tecnología GPON, para brindar un servicio de internet de banda ancha más confiable y eficiente a los usuarios del distrito de San Pedro, reemplazando la actual infraestructura basada en HFC. La investigación tuvo un enfoque cualitativo, con diseño experimental y un nivel explicativo. Se utilizaron herramientas como el software OptiSystem 7.0 para simulaciones, Google Earth para el trazado geográfico, datasheets técnicos, SpeedTest para pruebas de velocidad y métodos de cálculo de atenuación óptica. No se trabajó con una muestra humana, sino técnica, utilizando datos georreferenciados y modelos de equipos.

Entre los principales resultados, se alcanzó una atenuación promedio de 13.26 dB para un trayecto de 5.1 km, valores que están por debajo del umbral permitido (-32 dBm), lo que garantiza una transmisión sin pérdidas significativas. Las simulaciones mostraron una mejora sustancial en el rendimiento del sistema óptico, logrando un tiempo de propagación ida y vuelta de solo 0.2954 μ s, y un BER menor a 10^{-10} . La red fue diseñada para ofrecer una velocidad de 200 Mbps, utilizando fibra óptica monomodo con cable autoportante y splitters ópticos 1x8 y 1x4, alcanzando una cobertura de hasta 20 km. Se concluyó que el diseño propuesto con GPON mejora considerablemente la calidad del servicio, permite mayor escalabilidad y es viable para ser implementado en otras zonas rurales del país.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON

El diseño de una red FTTH (Fiber To The Home), basado en el estándar GPON (Gigabit Passive Optical Network), consiste en planificar e implementar una infraestructura de telecomunicaciones de alta capacidad que conecta directamente fibra óptica desde una central hasta las residencias de los usuarios. Esta tecnología emplea una red pasiva que no requiere elementos activos entre el nodo central (OLT) y los usuarios finales (ONT), lo cual reduce costos operativos y de mantenimiento. GPON se distingue por su eficiencia en el uso del ancho de banda, permitiendo velocidades de hasta 2,5 Gbps de bajada y 1,25 Gbps de subida, siendo ideal para aplicaciones que demandan alta capacidad de datos como servicios de streaming, videoconferencias y juegos en línea (4).

Este tipo de red utiliza una arquitectura punto a multipunto que permite compartir un solo hilo de fibra óptica entre múltiples usuarios mediante divisores ópticos (splitters). El diseño debe considerar parámetros técnicos como distancia máxima, presupuesto óptico, número de divisiones por splitter, y compatibilidad con tecnologías existentes. Además, GPON

incluye mecanismos de seguridad y control de tráfico, lo cual garantiza la calidad del servicio (QoS) y la gestión eficiente del tráfico de datos. En este contexto, el diseño adecuado de una red FTTH con GPON es fundamental para lograr una infraestructura sostenible, escalable y de alto rendimiento que responda a las crecientes demandas de conectividad (11).

2.2.1.1. Planificación de la Red

La planificación de la red es el proceso técnico y estratégico mediante el cual se define la estructura, alcance, capacidad y requisitos de una red de telecomunicaciones antes de su implementación. Esta etapa contempla el análisis de factores como la demanda de servicios, el crecimiento proyectado, la viabilidad técnica, los costos económicos y el entorno geográfico. El objetivo de la planificación es garantizar que la red diseñada sea funcional, escalable, eficiente y capaz de atender tanto las necesidades actuales como las futuras de los usuarios finales. En el caso de redes FTTH con tecnología GPON, esta fase es esencial para asegurar un despliegue óptimo de los recursos físicos y tecnológicos (12).

Durante esta etapa, se definen aspectos como la localización de nodos ópticos, la longitud máxima de los tramos de fibra, la cantidad de usuarios por divisor óptico (splitter), y las rutas de distribución del cableado. Asimismo, la planificación debe integrar consideraciones sobre normativas locales, disponibilidad de infraestructura existente, condiciones topográficas y sostenibilidad del proyecto. Una correcta planificación de red permite minimizar costos operativos y asegurar un rendimiento constante, contribuyendo a una implementación exitosa y una operación eficiente a largo plazo (13).

2.2.1.1.1. Estudio de demanda actual y futura de servicios

El estudio de demanda en una red FTTH implica identificar las necesidades actuales y proyectadas de los usuarios en cuanto a servicios de telecomunicaciones, tales como internet

de alta velocidad, televisión por suscripción y telefonía IP. Esta evaluación permite estimar el volumen de tráfico y la cantidad de usuarios que requerirá la red en el corto, mediano y largo plazo. Para ello, se consideran factores como el crecimiento poblacional, la penetración tecnológica, el comportamiento de consumo digital y las políticas de desarrollo urbano. Esta información es esencial para dimensionar adecuadamente la red y garantizar su sostenibilidad futura (14).

Además, la proyección de demanda permite anticiparse a los cambios en el patrón de consumo y ajustar la capacidad de la red para responder a nuevas exigencias tecnológicas como el Internet de las Cosas (IoT), la educación virtual o el teletrabajo. Un análisis integral de la demanda asegura que la red FTTH diseñada no solo satisfaga las necesidades actuales, sino que esté preparada para soportar evoluciones tecnológicas futuras sin requerir costosas reestructuraciones (15).

2.2.1.1.2. Análisis de viabilidad técnica y económica

El análisis de viabilidad técnica y económica en el diseño de una red FTTH con estándar GPON es un paso fundamental para evaluar la factibilidad del proyecto. Desde el punto de vista técnico, se analizan aspectos como la infraestructura existente, la disponibilidad de ductos y postes, la compatibilidad con tecnologías actuales y la posibilidad de integrar servicios adicionales. Desde la perspectiva económica, se consideran los costos de inversión inicial, operación y mantenimiento, comparándolos con los ingresos esperados por la prestación del servicio (16).

Este análisis, también, incluye la evaluación de escenarios financieros para determinar el retorno de inversión (ROI) y el periodo de recuperación, así como los riesgos técnicos y financieros asociados al proyecto. De esta manera, se garantiza que la red no solo sea

técnicamente viable, sino también rentable y sostenible en el tiempo, lo que permite atraer inversionistas y asegurar la continuidad del servicio (17).

2.2.1.1.3. Zonificación y alcance geográfico

La zonificación y alcance geográfico consisten en dividir el área de cobertura de la red FTTH en zonas estratégicas que faciliten la planificación, implementación y mantenimiento de la infraestructura. Esta segmentación se basa en criterios como la densidad poblacional, el uso del suelo, la distribución geográfica de los usuarios y la existencia de infraestructura previa. Al definir claramente las zonas de despliegue, se optimizan los recursos técnicos y económicos, asegurando una implementación eficiente del proyecto (18).

Asimismo, el alcance geográfico determina hasta qué punto la red FTTH llegará dentro del área objetivo. Esto implica establecer los límites físicos del despliegue, seleccionar los puntos óptimos para ubicar los equipos de distribución (OLT) y diseñar rutas eficientes para el tendido de fibra. Una correcta planificación geográfica permite minimizar interferencias, reducir pérdidas ópticas y garantizar un acceso equitativo a los servicios de telecomunicaciones en zonas urbanas, suburbanas y rurales (19).

2.2.1.2. Arquitectura y topología de red

La arquitectura y topología de red constituyen la base estructural de cualquier sistema de telecomunicaciones, determinando cómo se organizan y conectan los elementos que componen la red. En el contexto de redes FTTH bajo el estándar GPON, la arquitectura hace referencia a la disposición funcional de los equipos, como la OLT (Optical Line Terminal), los splitters ópticos y las ONT (Optical Network Terminal). Esta disposición define cómo fluye la información desde el núcleo de la red hasta el usuario final, garantizando la eficiencia en la distribución del ancho de banda y el correcto funcionamiento de los servicios ofrecidos (20).

La topología, por su parte, describe la configuración física y lógica de las conexiones entre los componentes de la red. En el caso de GPON, se emplea mayoritariamente una topología punto a multipunto, en la cual una sola fibra óptica transporta señales desde la OLT hasta múltiples usuarios a través de divisores ópticos pasivos. Esta configuración permite optimizar recursos, reducir costos de implementación y facilitar el mantenimiento, lo que la convierte en una opción eficiente para el despliegue masivo de servicios de banda ancha sobre fibra óptica (21).

2.2.1.2.1. Estructura PON (splitters, OLT, ONT)

La estructura de una red PON (Passive Optical Network) se basa en una topología punto a multipunto donde la señal óptica es distribuida desde una OLT (Optical Line Terminal) hacia múltiples ONT (Optical Network Terminal) ubicadas en las instalaciones de los usuarios. Esta conexión se realiza a través de divisores ópticos pasivos, conocidos como splitters, que permiten compartir una única fibra óptica entre varios suscriptores sin necesidad de componentes electrónicos intermedios. La OLT se encuentra generalmente en una central y se encarga de gestionar el tráfico de datos hacia y desde la red de acceso (22).

Los splitters ópticos son elementos clave en la arquitectura PON, ya que permiten dividir la señal óptica en múltiples ramificaciones, manteniendo la integridad de los datos transmitidos. La ONT, instalada en la vivienda del usuario, convierte la señal óptica en señales eléctricas para el uso de dispositivos finales. Esta estructura permite una red eficiente, escalable y con menores costos operativos, ya que reduce la necesidad de elementos activos en el trayecto, facilitando, también, el mantenimiento de la red (23).

2.2.1.2.2. Selección de la topología (punto a multipunto)

La topología punto a multipunto es la configuración más utilizada en redes FTTH basadas en GPON, debido a su capacidad para optimizar recursos de infraestructura y ofrecer una distribución eficiente de la señal óptica. En esta topología, una única fibra sale desde la OLT y se divide mediante splitters para alcanzar a múltiples usuarios finales, lo cual permite una implementación más económica al reducir la cantidad de fibra requerida y disminuir el número de puertos de salida en la OLT (24).

Esta topología aprovecha al máximo la naturaleza pasiva del sistema GPON, ya que no requiere elementos activos entre el punto de distribución central y los usuarios. Además, su estructura facilita la expansión futura de la red, ya que se pueden agregar nuevos usuarios sin modificar significativamente el diseño existente. Esta configuración, también permite una mejor gestión del ancho de banda mediante mecanismos de asignación dinámica en la OLT, lo cual garantiza una distribución equitativa de los recursos entre los usuarios conectados (14).

2.2.1.2.3. Capacidad de transmisión por segmento de red

La capacidad de transmisión por segmento en redes FTTH con GPON está definida por las especificaciones del estándar, que establece velocidades de hasta 2,5 Gbps en sentido descendente y 1,25 Gbps en sentido ascendente. Esta capacidad es compartida entre todos los usuarios conectados a un mismo puerto de la OLT mediante splitters, lo que requiere una adecuada planificación del número de divisiones y del ancho de banda asignado a cada usuario. La división del ancho de banda se realiza utilizando técnicas de multiplexación en el tiempo (TDM), lo cual permite transmitir múltiples señales sobre una sola fibra (25).

Cada segmento de red, comprendido entre la OLT y los usuarios, debe garantizar un nivel adecuado de rendimiento y calidad del servicio. Factores como el número de usuarios por

splitter, la distancia física y el presupuesto óptico influyen directamente en la capacidad de transmisión efectiva. Una planificación correcta permite asegurar que cada usuario reciba un servicio con velocidades constantes y sin interrupciones, respetando los umbrales establecidos por los estándares internacionales de telecomunicaciones (26).

2.2.1.3. Implementación tecnológica

La implementación tecnológica en redes FTTH que utilizan el estándar GPON se refiere al conjunto de acciones orientadas a integrar físicamente y operativamente los componentes necesarios para el funcionamiento de la red. Esta fase contempla la instalación de equipos activos como la OLT (Optical Line Terminal) en la central de operaciones, y las ONT (Optical Network Terminal) en los domicilios de los usuarios, así como la configuración de estos dispositivos para garantizar la correcta transmisión y recepción de datos. Además, incluye el despliegue de la fibra óptica y la conexión mediante divisores ópticos pasivos (splitters), cumpliendo con los parámetros técnicos establecidos por el estándar GPON (27).

La implementación tecnológica también involucra la elección adecuada de materiales, compatibilidad entre equipos, configuración de protocolos de comunicación, y pruebas de funcionamiento. Este proceso es fundamental para asegurar que la red cumpla con los niveles requeridos de calidad del servicio (QoS), velocidad de transmisión, estabilidad y cobertura. Una implementación correcta garantiza que la infraestructura desplegada sea confiable, escalable y capaz de soportar futuras actualizaciones tecnológicas, contribuyendo a la continuidad y sostenibilidad de los servicios de telecomunicaciones (28).

2.2.1.3.1. Equipamiento de red seleccionado (GPON)

El equipamiento de red en una arquitectura GPON (Gigabit Passive Optical Network) está compuesto por dispositivos que permiten la transmisión de datos mediante fibra óptica

desde una central hasta el usuario final. Los elementos clave incluyen la OLT (Optical Line Terminal), que gestiona el tráfico y distribuye el ancho de banda; los divisores ópticos o splitters, que permiten compartir una sola fibra entre varios usuarios; y las ONT (Optical Network Terminals), que reciben la señal óptica y la convierten para su uso en el hogar o empresa. Todos estos componentes deben cumplir con las especificaciones técnicas del estándar ITU-T G.984 para garantizar la compatibilidad y eficiencia del sistema (19).

La elección del equipamiento adecuado es esencial para asegurar el correcto funcionamiento de la red y su capacidad para escalar en el tiempo. Las OLT deben contar con suficientes puertos PON para soportar el número proyectado de usuarios, mientras que las ONT deben tener puertos Ethernet, ópticos y, en algunos casos, de telefonía. Asimismo, los splitters deben estar correctamente dimensionados para evitar pérdidas ópticas excesivas. El conjunto de estos equipos permite implementar una solución GPON robusta, fiable y con capacidad de gestionar altos volúmenes de tráfico (23).

2.2.1.3.2. Materiales y tipo de fibra óptica utilizados

En redes FTTH que utilizan tecnología GPON, el tipo de fibra óptica más utilizado es la monomodo (SMF, por sus siglas en inglés), la cual permite transmitir señales a largas distancias con bajas pérdidas, siendo ideal para aplicaciones que requieren alta capacidad de transmisión. Este tipo de fibra opera en longitudes de onda específicas (1310 nm para upstream y 1490/1550 nm para downstream), según lo definido por los estándares internacionales de telecomunicaciones. Su estructura y materiales permiten una mayor eficiencia en la transmisión de datos, con menor atenuación y mayor resistencia a interferencias electromagnéticas (24).

Además de la fibra óptica, otros materiales críticos en la instalación incluyen conectores ópticos (como SC/APC), cables de distribución, cajas de empalme, bandejas porta cables y equipos de protección mecánica. La calidad de estos materiales influye directamente en la

estabilidad y durabilidad de la red. La selección adecuada de los componentes garantiza una instalación eficiente, un menor índice de fallas, y un rendimiento óptimo del sistema durante su ciclo de vida útil (20).

2.2.1.3.3. *Tiempo estimado de instalación y configuración*

El tiempo estimado de instalación y configuración en redes FTTH con tecnología GPON depende de varios factores como la extensión del área de cobertura, el tipo de terreno, la infraestructura existente y la cantidad de usuarios a conectar. Generalmente, este proceso incluye el tendido de la fibra óptica, la instalación de splitters, la colocación de ONT en los domicilios y la configuración de la OLT en la central. En condiciones óptimas, el tiempo promedio por usuario para la instalación y activación del servicio puede variar entre 1 y 3 horas, mientras que el despliegue general de la red puede tomar semanas o meses dependiendo del tamaño del proyecto (25).

Durante la configuración, se programan parámetros como el perfil de ancho de banda asignado a cada ONT, los niveles de señal óptica y las rutas de tráfico. Este proceso debe seguir los lineamientos técnicos del estándar GPON para garantizar la correcta asignación de recursos y evitar colisiones de datos. Una planificación adecuada del cronograma de instalación permite optimizar los recursos humanos y técnicos, reducir costos y minimizar el impacto sobre el entorno urbano (29).

2.2.2. Mejora de los servicios de telecomunicaciones

La mejora de los servicios de telecomunicaciones hace referencia al incremento en la calidad, velocidad, cobertura y estabilidad de los servicios que permiten la transmisión de datos, voz y video a través de una red. Con la implementación de tecnologías avanzadas como FTTH-GPON, es posible ofrecer conexiones de alta capacidad, con menores tasas de

interrupción y mayor eficiencia en la entrega de contenido. Esta mejora impacta directamente en el desarrollo económico, la inclusión digital y la calidad de vida de los usuarios, facilitando actividades como el teletrabajo, la educación a distancia y el acceso a plataformas digitales (26).

La evolución de las redes hacia infraestructuras de fibra óptica permite una reducción significativa en las limitaciones técnicas que presentan las tecnologías tradicionales basadas en cobre. Además, incrementa la posibilidad de integración con servicios avanzados como el Internet de las Cosas (IoT) y la computación en la nube. En este contexto, la mejora de los servicios de telecomunicaciones no solo se traduce en mayores velocidades de transmisión, sino también en una experiencia de usuario más confiable y en el fortalecimiento de la infraestructura digital de las regiones (30).

2.2.2.1. Calidad del servicio (QoS)

La calidad del servicio (QoS, por sus siglas en inglés) en redes de telecomunicaciones se refiere al conjunto de mecanismos, parámetros y políticas que permiten garantizar un nivel adecuado de rendimiento en la transmisión de datos. La QoS es esencial para asegurar que los servicios de voz, video e internet funcionen de manera eficiente, con mínima pérdida de datos, baja latencia y un nivel constante de velocidad. Esta calidad es medida a través de indicadores como el retardo (latencia), la velocidad de transmisión, la variación del retardo (jitter) y la pérdida de paquetes (21).

En el contexto de redes FTTH-GPON, la implementación de QoS permite gestionar de forma priorizada el tráfico según el tipo de servicio. Esto se logra mediante técnicas como la asignación dinámica de ancho de banda (DBA), el etiquetado de paquetes, y la clasificación del tráfico. Estos mecanismos permiten mantener la eficiencia en redes con múltiples usuarios

compartiendo un mismo canal físico, garantizando que servicios sensibles como la videoconferencia o la telefonía IP mantengan su calidad sin interrupciones (31).

2.2.2.1.1. *Velocidad de descarga y carga (Mbps)*

La velocidad de descarga y carga en una red de telecomunicaciones representa la tasa a la cual los datos pueden ser transferidos desde y hacia internet, respectivamente, y se mide en megabits por segundo (Mbps). En redes FTTH con tecnología GPON, la velocidad máxima teórica puede alcanzar hasta 2,5 Gbps de descarga y 1,25 Gbps de carga, valores que se distribuyen entre los usuarios conectados a una misma rama óptica. Estas velocidades permiten el acceso fluido a aplicaciones que requieren gran cantidad de datos, como servicios de streaming, plataformas en la nube y videojuegos en línea (27).

La velocidad efectiva que recibe cada usuario depende de factores como la cantidad de dispositivos conectados, el nivel de segmentación en los splitters, y la eficiencia en la gestión del ancho de banda. La velocidad de descarga está asociada al consumo de contenido, mientras que la velocidad de carga es fundamental para actividades como videollamadas, envío de archivos y el uso de servicios en la nube. Ambos valores son indicadores clave de la calidad del servicio que ofrece una red FTTH (32).

2.2.2.1.2. *Latencia y estabilidad de conexión (ms)*

La latencia en redes de telecomunicaciones se define como el tiempo que tarda un paquete de datos en viajar desde el origen hasta el destino, y se mide en milisegundos (ms). En una red FTTH-GPON, la latencia suele ser significativamente menor en comparación con tecnologías tradicionales como ADSL o coaxial, debido a la eficiencia y alta capacidad de la fibra óptica. Una baja latencia es esencial para el funcionamiento óptimo de aplicaciones en tiempo real, como videollamadas, juegos en línea y plataformas interactivas (12).

La estabilidad de la conexión se refiere a la consistencia con la que la red mantiene sus niveles de latencia, velocidad y pérdida de paquetes. En una red bien diseñada y configurada, la estabilidad garantiza una experiencia de usuario fluida, sin interrupciones ni variaciones bruscas en el rendimiento. La fibra óptica permite mantener una conexión constante incluso en horarios de alta demanda, lo cual la convierte en una solución confiable para aplicaciones críticas (11).

2.2.2.1.3. Tasa de pérdida de paquetes (%)

La tasa de pérdida de paquetes se refiere al porcentaje de datos que no logra llegar a su destino dentro de una red de telecomunicaciones. Esta pérdida puede deberse a errores en la transmisión, congestión de la red o fallos en los equipos de comunicación. En redes FTTH-GPON, la arquitectura pasiva y el uso de fibra óptica reducen significativamente la tasa de pérdida, ya que ofrecen mayor inmunidad a interferencias externas y una transmisión de alta fidelidad (33).

Una tasa de pérdida baja es fundamental para garantizar la calidad de servicios como la telefonía IP, la transmisión de video en tiempo real y la navegación web. Los estándares de calidad de servicio definen umbrales aceptables que, si se superan, pueden afectar negativamente la experiencia del usuario. Por ello, la supervisión constante y la correcta configuración de los elementos de red son esenciales para mantener este indicador en niveles óptimos (28).

2.2.2.2. Accesibilidad del servicio

La accesibilidad del servicio en redes de telecomunicaciones hace referencia a la capacidad que tienen los usuarios de distintas zonas geográficas y niveles socioeconómicos para acceder a servicios de conectividad, tales como internet de banda ancha, voz y datos. Este

concepto implica no solo la disponibilidad técnica del servicio, sino también su asequibilidad económica y la facilidad de acceso físico a la infraestructura. En el contexto de redes FTTH-GPON, mejorar la accesibilidad significa extender el tendido de fibra óptica hasta las viviendas, incluso en áreas rurales o periféricas, reduciendo así la brecha digital (34).

Además de la infraestructura, la accesibilidad depende de factores como la cobertura territorial, el costo del servicio para el usuario final, y las políticas de inclusión digital. Una red FTTH diseñada con criterios de equidad territorial permite una distribución eficiente de recursos y la integración de comunidades tradicionalmente excluidas del ecosistema digital. De este modo, la accesibilidad del servicio se convierte en un pilar fundamental para el desarrollo económico, educativo y social de una región (20).

2.2.2.2.1. Porcentaje de hogares con acceso a internet de alta velocidad

El porcentaje de hogares con acceso a internet de alta velocidad es un indicador que mide el grado de penetración del servicio en una población determinada. Este parámetro refleja la cantidad de viviendas que cuentan con una conexión estable y con capacidades mínimas de transmisión que permiten el uso eficiente de aplicaciones digitales, plataformas educativas, servicios gubernamentales y entretenimiento en línea. En redes FTTH-GPON, este acceso se realiza directamente desde la central hasta el hogar, garantizando una conexión de calidad y con menor degradación de la señal (27).

Este indicador es clave para evaluar el impacto de una red de telecomunicaciones en la reducción de la brecha digital. Un alto porcentaje de hogares con acceso a internet de alta velocidad indica una infraestructura moderna y bien distribuida, capaz de sostener la demanda creciente de servicios digitales. Asimismo, permite comparar regiones, identificar zonas rezagadas y orientar políticas públicas para fomentar la conectividad universal (20).

2.2.2.2.2. Cobertura geográfica de la red FTTH

La cobertura geográfica de una red FTTH se refiere al alcance espacial que tiene la infraestructura de fibra óptica dentro de un territorio determinado. Este concepto implica conocer qué porcentaje del área urbana o rural se encuentra habilitada técnicamente para recibir el servicio de internet mediante fibra óptica hasta el hogar. La cobertura depende del diseño de la red, la disposición de los nodos ópticos, y la cantidad de divisores instalados, lo que condiciona la capacidad de la red para llegar a distintos sectores poblacionales (21).

Una cobertura amplia permite una mayor equidad en el acceso a los servicios digitales y garantiza que más usuarios puedan beneficiarse de las ventajas que ofrece la fibra óptica, como mayor velocidad, estabilidad y capacidad de transmisión. En planes de expansión de redes GPON, el estudio de cobertura es fundamental para priorizar áreas con baja conectividad y maximizar el retorno social de la inversión en telecomunicaciones (25).

2.2.2.2.3. Costo promedio del servicio para el usuario

El costo promedio del servicio para el usuario representa el valor económico que una persona debe pagar para acceder a servicios de internet de alta velocidad en una red FTTH. Este valor incluye tarifas de instalación, mensualidades por el servicio, y, en algunos casos, el costo de alquiler de equipos. La accesibilidad económica es uno de los factores más importantes para garantizar que el acceso a internet no se limite a sectores con alto poder adquisitivo (19).

En redes FTTH-GPON, los costos pueden optimizarse gracias a la eficiencia en el uso de recursos compartidos, como los splitters y el aprovechamiento de la infraestructura pasiva. Sin embargo, los valores pueden variar según el proveedor, la zona geográfica y la demanda existente. Un costo competitivo, ajustado a la realidad local, permite ampliar la base de usuarios y fomentar una mayor inclusión digital en la comunidad (29).

2.2.2.3. Satisfacción del usuario

La satisfacción del usuario en redes de telecomunicaciones se refiere al grado en que las expectativas de los usuarios respecto al servicio contratado son cumplidas por el proveedor. Este concepto abarca múltiples dimensiones, incluyendo la calidad técnica del servicio (velocidad, estabilidad y cobertura), la atención al cliente, la disponibilidad del soporte técnico y la relación costo-beneficio. Una alta satisfacción está asociada con una mayor fidelización del usuario, recomendaciones positivas y menor tasa de cancelación del servicio (34).

En el contexto de redes FTTH-GPON, la satisfacción del usuario adquiere mayor relevancia debido a la creciente demanda por servicios digitales de alta calidad. La experiencia del usuario final se convierte en un parámetro clave para evaluar el desempeño general de la red. Elementos como tiempos de respuesta del servicio técnico, claridad en la facturación y cumplimiento de las velocidades contratadas influyen significativamente en la percepción del servicio por parte del cliente (26).

2.2.2.3.1. Nivel de satisfacción con la velocidad del internet

El nivel de satisfacción con la velocidad del internet hace referencia a la percepción del usuario sobre si la velocidad de descarga y carga recibida es adecuada para sus necesidades. Esta satisfacción está directamente relacionada con el cumplimiento de las velocidades contratadas, la estabilidad de la conexión, y la capacidad de realizar actividades como videollamadas, streaming, navegación y uso de plataformas en línea sin interrupciones. En redes FTTH-GPON, la velocidad ofrecida es significativamente mayor en comparación con tecnologías anteriores, lo cual tiende a generar una percepción positiva entre los usuarios (30).

No obstante, la satisfacción también depende de la consistencia del servicio a lo largo del tiempo y de la capacidad de la red para mantener el rendimiento en horarios de alta

demanda. La gestión eficiente del ancho de banda mediante técnicas como la asignación dinámica de recursos (DBA) en redes GPON ayuda a mantener niveles estables de velocidad y, por tanto, mayores niveles de satisfacción en los usuarios (32).

2.2.2.3.2. Nivel de satisfacción con el soporte técnico

El nivel de satisfacción con el soporte técnico se refiere a la evaluación que hacen los usuarios del servicio brindado por el personal de atención al cliente y mantenimiento técnico ante incidentes, consultas o solicitudes. Este aspecto es fundamental en la experiencia del usuario, ya que una atención rápida, eficaz y cordial puede mitigar la percepción negativa ante posibles fallas o interrupciones del servicio. Factores como el tiempo de respuesta, la resolución efectiva del problema y la disponibilidad del soporte (24/7) son claves en esta valoración (28).

En redes FTTH-GPON, donde la infraestructura es más estable y presenta menor incidencia de fallas en comparación con tecnologías tradicionales, el soporte técnico tiene un papel más preventivo y de acompañamiento. Sin embargo, su importancia no disminuye, ya que los usuarios valoran altamente la capacidad del proveedor para resolver dudas, guiar en la instalación de equipos o gestionar cambios de configuración. Un buen soporte técnico contribuye de manera directa a la fidelización del cliente y a su percepción general del servicio (34).

2.2.2.3.3. Número de quejas o fallas reportadas al mes

El número de quejas o fallas reportadas al mes es un indicador que refleja el nivel de insatisfacción o inconvenientes que experimentan los usuarios con respecto al servicio de telecomunicaciones. Este parámetro se utiliza comúnmente para evaluar el rendimiento técnico y la calidad de atención de un proveedor, siendo una señal de alerta en caso de incrementos

constantes. En redes FTTH-GPON, este valor tiende a ser bajo debido a la estabilidad y fiabilidad del medio físico (fibra óptica), lo cual reduce la ocurrencia de fallas (19).

Sin embargo, cuando ocurren quejas, estas pueden estar relacionadas con interrupciones del servicio, velocidades por debajo de lo esperado, o dificultades en la instalación. El seguimiento adecuado de este indicador permite implementar acciones correctivas, mejorar procesos internos y aumentar la satisfacción del usuario. Por ello, la gestión del número de quejas es un componente esencial en la estrategia de calidad del servicio de cualquier operador de telecomunicaciones (23).

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de investigación

En el presente estudio se ha utilizado un **método cuantitativo**, dado que se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos para llegar a una conclusión sobre la adecuación de la red FTTH con estándar GPON y su impacto en la provisión de servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona.

Por otro lado, el método empleado es **descriptivo y comparativo**.

El método es descriptivo, estudian las características de la red actual y el plano de la nueva red FTTH-GPON implantado. Mientras, por otro lado, es comparativo por cuanto se compara y evalúa la tendencia de las medidas de los parámetros técnicos antes y después de la implementación de la red (44).

3.2. Tipo de investigación

Este tipo de investigación es **aplicada**, ya que busca la solución de un problema práctico de telecomunicaciones mediante la implementación de una solución tecnológica GPON.

3.3. Nivel de investigación

En esta investigación se usa el nivel **explicativo y descriptivo**. Descriptivo, ya que analiza las condiciones actuales en la red de telecomunicaciones en Marcona y describe el diseño de la red FTTH-GPON. Es explicativo porque explica las relaciones entre la implementación de la red FTTH-GPON y la calidad del servicio(45).

3.4. Diseño de la investigación

En cuanto al diseño de la investigación, este es **no experimental y transversal**.

- a. **no experimental:** No se manipulan directamente las variables, sino que se observan los efectos de estas, tal como se presentan, en las condiciones actuales del servicio de telecomunicaciones(46).
- b. **transversal:** La recolección de los datos se hace una vez en un único periodo de tiempo. Finalmente, el enfoque metodológico de la investigación es cuantitativo, dado que se basa en la medición de las variables técnicas, potencia óptica, latencia, velocidad de conexión antes y después de la implementación de la red FTTH-GPON(46).

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

En esta investigación la población general son los habitantes que tienen la necesidad de mejorar los servicios de telecomunicaciones.

En la actualidad la población del distrito de Marcona alcanza a 19,650 habitantes, las estimaciones se generan con la herramienta que hace el cálculo de población para el año 2024 donde según cuadro tenemos la mayor cantidad varones estadísticamente(47).

Tabla 3. *Población del distrito San Juan de Marcona*

Sexo	Población	Porcentaje
Hombre	9.995	50.87%
Mujer	9.655	49.13%
Total	19.650	100%

Nota: INEI⁽⁴⁷⁾

La empresa telefónica cuenta con 1267 abonados con tecnología cobre en el distrito de San Juan de Marcona, el estudio de nuestra investigación de mejorar los servicios de telecomunicaciones se toma parte de la red existente.

3.5.2. Muestra

La muestra es un subgrupo de la población del cual se recolecta información donde la elección no depende de la probabilidad, el procedimiento no es mecánico ni con cálculos con fórmulas sino depende de la persona que toma la decisión a su conveniencia es por la cual se llama muestra no probabilístico(45).

Se toma como muestra al armario RD (red directa) porque tienen la mayor concentración de abonados y está ubicado en la parte céntrica del distrito de Marcona, el total de abonados es de 399 con tecnología cobre.

Tabla 4. *Altitud y coordenadas de San Juan de Marcona*

LUGAR	ALTITUD	COORDENADAS
SAN JUAN DE MARCONA	45 m s. n. m.	15°21'42"S 75°10'00"O

Nota: Ciudades del Perú⁽¹⁰⁾

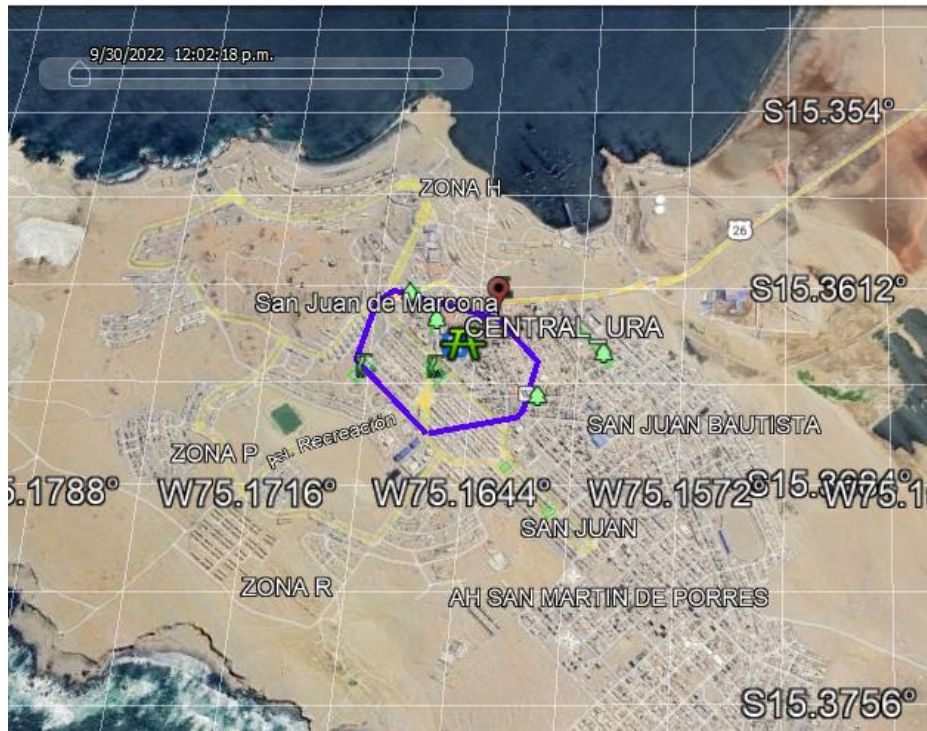


Figura 1. Mapa ubicación San Juan de Marcona. Disponible en Google Earth

3.6. Técnica e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Se emplearon como técnica de acopio de datos observación y análisis documental, para efectos de realizar las siguientes actividades:

- a) **Medición de Potencia Óptica:** Certificar la señal transmitida y distribuida en la red FTTH con estándar GPON con ello podemos calcular la perdida de señal.
- b) **Medición IOLM (asignador de enlace óptico inteligente):** certifica el tramo de la red desde la central hasta la caja terminal óptico, identificando las atenuaciones en cada evento.
- c) **Pruebas de Desempeño de la Red:** Utilizamos para medir latencia y la velocidad en las conexiones antes y después de la implementación de la red.
- d) **Análisis Documental:** se analiza los estándares y documentación técnica.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Como instrumento se emplearon guía de observación y guía de análisis documental, para realizar las actividades indicadas en la Tabla 5.

Tabla 5. *Instrumentos de Investigación y su Precisión*

Técnica	Instrumento	Descripción y Precisión	Validez
Medición de Potencia Óptica	Medidor de Potencia Óptica (EXFO, Yokogawa o similar)	Dispositivo de alta precisión para medir la potencia óptica en dBm. Evalúa pérdidas y optimiza la señal óptica.	Validado por ITU-T G.984 y ANSI/TIA-568.3-D.
Pruebas de Desempeño de la Red	Herramientas de medición de red (Ping, Traceroute)	Software para medir la latencia en ms y detectar interrupciones en la conexión.	Validez certificada por IETF RFC 792 (ICMP).
	Speedtest (Ookla), Measurement Lab, Fast	Plataformas certificadas para medir la velocidad de conexión en Mbps y comparar el rendimiento de la red.	Validado por ETSI GS NFV-TST 001.
Análisis Documental	Planos y documentación técnica de la red FTTH-GPON	Evaluación de diseños de red, estándares de implementación y pruebas de certificación.	Alineado con ITU-T G.984 y IEEE 802.3ah.

3.7. Técnicas y análisis de datos

Los datos obtenidos serán procesados mediante métodos estadísticos y comparativos:

1.- Análisis Comparativo: Se compararon los datos obtenidos de mediciones de latencia y velocidad antes y después de la implementación de la red FTTH con estándar GPON para evaluar mejoras en el servicio.

2.- La prueba de Hipótesis se realizó a partir de la prueba de normalidad, en este caso al tratarse de analizar dos tiempos (antes de la implementación de la red FTTH con estándar GPON y después de la implementación de la misma), se optó por la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con la cual se determinó la distribución de los datos lográndose identificar que los datos tenían una distribución normal se optó por una prueba estadística paramétrica y en vista que se buscó comparar dos tiempos se optó por la prueba estadística de T de Student con la cual se contrastaron las hipótesis.

3.- Simulación y Modelado: Se utilizó un software especializado como OptiSystem con la cual se simuló la red FTTH con estándar GPON antes de su implementación, permitiendo validar el diseño.

CAPÍTULO IV:

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

En este capítulo, desarrollaremos el análisis de la red antigua y se diseña una alternativa de solución para la mejora de los servicios de telecomunicaciones, haciendo uso de la infraestructura existente se necesita la red alimentador y distribución, con los componentes adecuados.

4.1. Análisis de la situación actual

La red de Planta Externa cobre se compone de una infraestructura de grandes capacidades de cable multipar como medio de transmisión. Están divididos en red primario y red secundaria, la velocidad máxima que alcanza es de 300Mbps menor a la fibra óptica.

4.1.1. Revisión de la Infraestructura Actual

4.1.1.1. Red Alimentador

La red de planta externa cobre se extiende desde la central hasta las cajas terminales, la red primaria interconecta entre armario y MDF(main distribution frame) con una tecnología ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line) que en velocidad de descarga no supera los 24Mbps y velocidad de subida 1.2Mbps, dando limitaciones en los servicios que se brinda a los abonados.

La central de datos se ubica calle comercio del distrito de San Juan de Marcona donde está instalado los equipos activos y MDF que hace distribución de la red primario de 8 cables incluye red directo, al hacer el inventario encontramos las capacidades:

- "100/R/2008/663.0_P/05(1-100)"

- "600/R/12/25.0_P/07(1-600)"
- "200/R/2003/62.0-P/02(1-200)"
- "900/R/96/61.0_P/01(1-900)"
- "600/R/96/61.0_D/01(1-600)"
- "300/R/2004/62.0_P/03(1-300)"
- "300/A/2006/75.0_P/04(1-300)"
- "600/R/12/619.0_P/06(1-600)"

Dando un total de 3600 pares a nivel de todo Marcona, la cantidad de cable par trenzado soporta hasta 3600 abonados como alimentador.

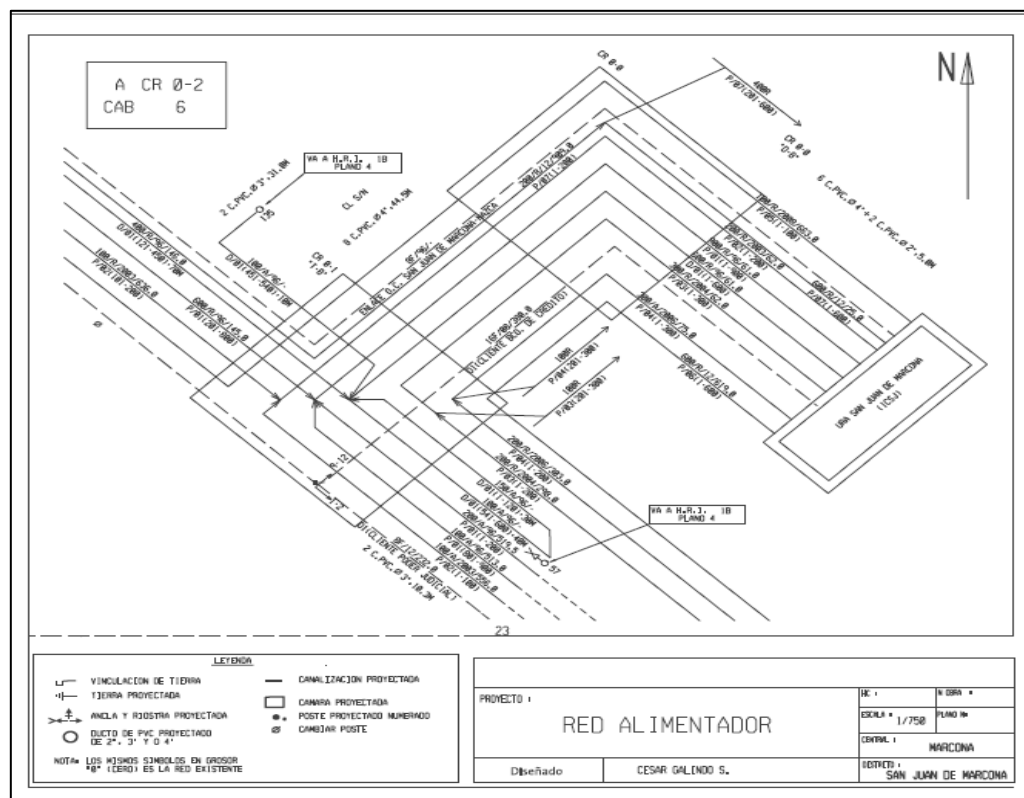


Figura 2. Plano alimentador red Cobre. Elaboración propia

4.1.1.2. La red directa

Se llama red directa a la distribución MDF a caja terminal y está representado por D/1 con cuenta (1-600) que distribuye a 80 cajas entre 10 y 20 pares de capacidad; el área de influencia abarca prácticamente toda la zona céntrica de Marcona.

La red extiende de forma subterráneo desde la galería de cable que a lo largo del recorrido es interconectado por cámaras de paso para albergar empalmes y reservas de cables dando facilidad de paso a la hora de un despliegue.



Figura 3. Galería de cables

La CR 0-0 es la cámara de paso principal para ramificaciones la red, en Marcona encontramos tramos de hasta 250mts de CR a CR; sin embargo, la humedad de la zona ha complicado la red subterránea donde existen cámaras de paso llenos de agua que baja el tiempo de vida de la red de cobre.



Figura 4. Cámara de paso de cables. Elaboración propia

Producto de la humedad el cable de cobre se sulfata dando como resultado una serie de fenómenos.

El bajo aislamiento de los cables alimentadores, viene afectando a toda la red causando problemas a la red en interferencia, pérdida de señal y corto circuito.

4.1.1.3.Red de distribución

Se analiza la red distribución de cobre, donde contamos con 196 cajas terminales distribuidos en 4 armarios con 860 abonados activos; sin embargo, al pasar del tiempo viene bajando la cantidad de abonados por las problemáticas que presenta la red.

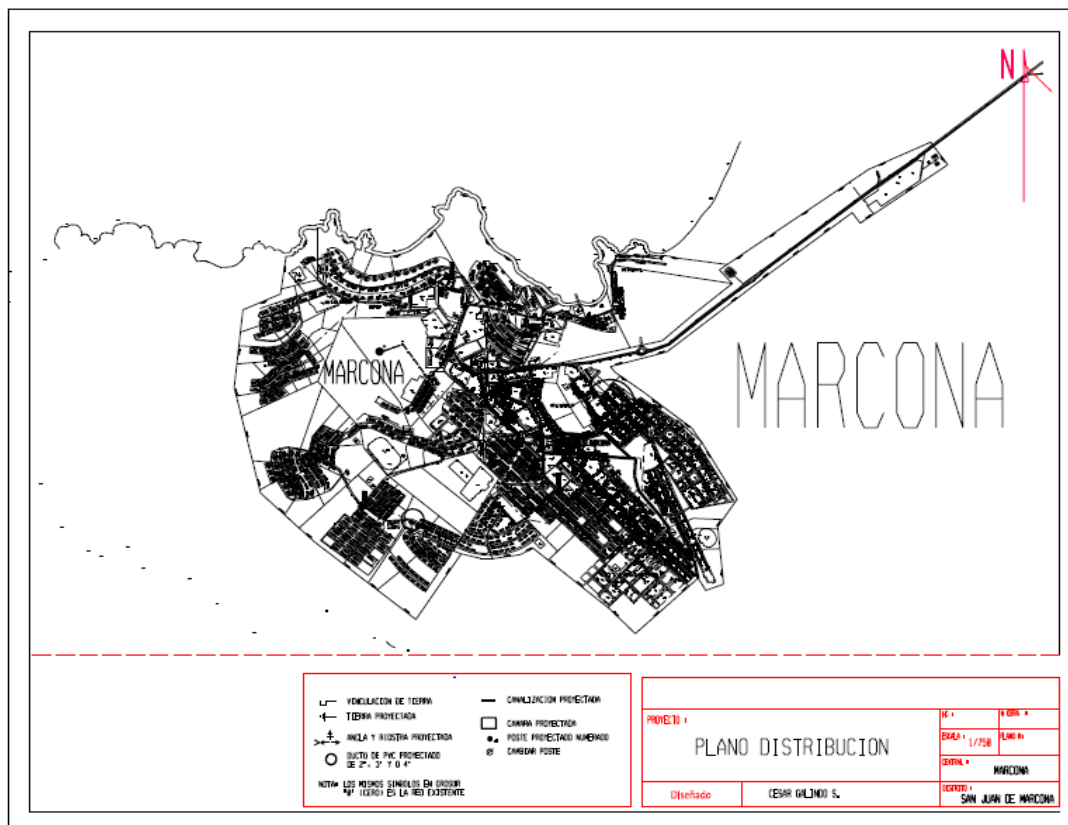


Figura 5. Plano distribución de cobre

El armario está concentrando cables multipar no mayor a 300 pares y no menor a 10 pares, como se ve en la figura 15 estos están posicionados en postes a lado los equipos activos para la entrega de datos.

En la Figura 15, se ve que el armario este compuesto por los blocks y la corrida de jumper que hace la interconexión de la cabecera del equipo activo, alimentador y distribución.

Se aprecia que el armario está en un estado crítico, ya que no cuenta con una puerta, los cables están caídos, esto debido a la brisa pues Marcona está a orillas del mar.



Figura 6. Armario aéreo en mal estado

Marcona en la red de distribución está constituido por con 4 armarios de distribución A001, A002, A003 y A004.

El A001 se ubican en la calle los claveles con calle las camelias donde la distribución como indica el cuadro son un total de 7 cables, las cuentas en alimentación son (P/01(1-200) + P/01(801-900) + P/02(1-100) + P/03(1-200) + P/04(1-100)) y en distribución se clasifican por secundarios cuya cuenta es (S/1 (1-100) + S/2(1-100) + S/3(1-100) + S/10 (1-100) + S/11(1-100) + S/13(1-100) + S/14(1-100)) con un total de 69 cajas terminales.

El A002 se ubican en la avenida recreación con avenida Félix franco donde la distribución como indica el cuadro son un total de 2 cables. Las cuentas en alimentación son

P/01(201-500) y en distribución se clasifican por secundarios cuya cuenta es (S/1 (1-100) + S/2(1-100) + S/3(1-100) + S/10 (1-100)) con un total de 28 cajas terminales.

El A003 se ubican en la avenida las Merluzas con calles s/n donde la distribución como indica el cuadro son un total de 5 cables, las cuentas en alimentación son P/01(501-700) + P/07(1-200) y en distribución se clasifican por secundarios cuya cuenta es (S/1 (1-100) + S/2(1-100) + S/3(1-100)) con un total de 30 cajas terminales.

Finalmente, se analiza el A004. Se ubican en la calle las dalias con pasaje s/n donde la distribución como indica el cuadro son un total de 2 cables, las cuentas en alimentación son P/06(1-600) y en distribución se clasifican por secundarios cuya cuenta es (S/1 (1-100) + S/2(1-100) + S/3(1-100) + S/4(1-100)) con un total de 37 cajas terminales.

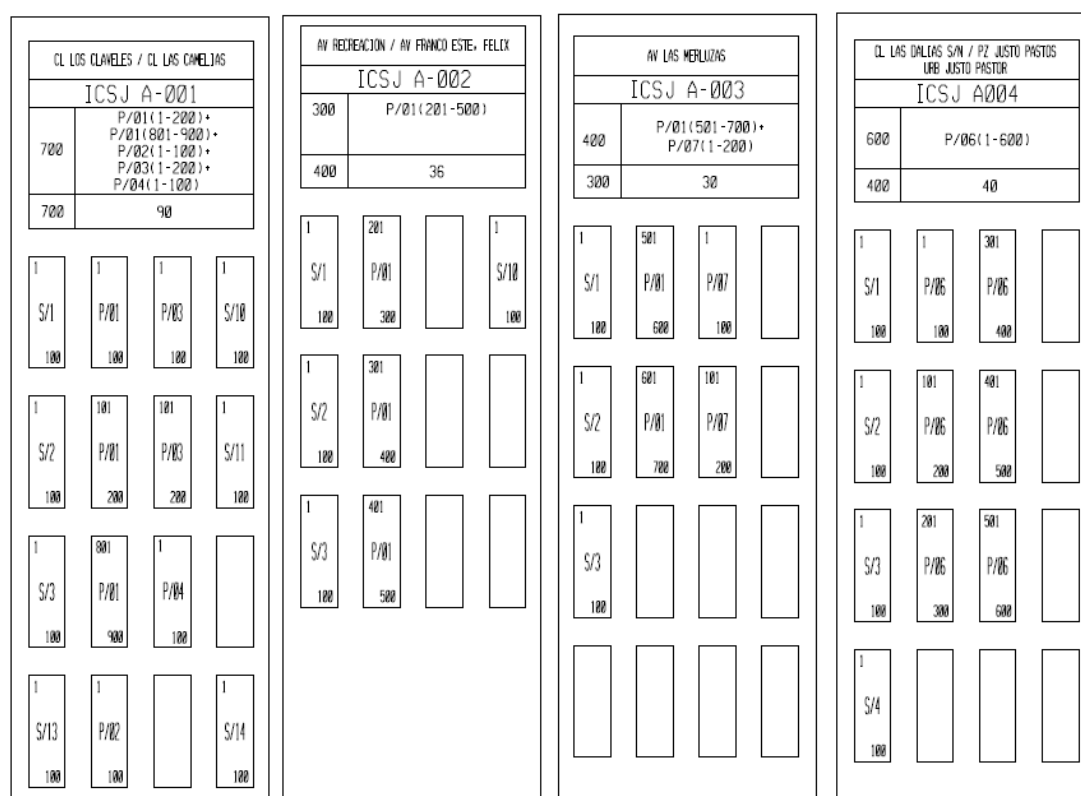


Figura 7. Configuración de cuentas de Armarios

En toda la red, está distribuido en un total de 276 cajas terminales de cobre para tener cobertura en el distrito de Marcona y parte de los campamentos de la minera.

Tabla 6. *Cantidad de abonados en Armario*

ARMARIO	CAJA	ABONADOS	% PAR SIN ABONADO
A001	90	390	57%
A002	36	111	69%
A003	30	129	57%
A004	40	230	43%
RD	80	398	50%

Podemos identificar que existe una gran deficiencia de cubrir la capacidad de cajas terminales restantes; sin embargo, el estado de la red no garantiza que los pares libres puedan dar un funcionamiento óptimo.

Podemos apreciar que el armario A002 tiene el mayor porcentaje de pares sin usar con 69%, debido a que está ubicado cercano a las orillas del mar donde podemos apreciar en la figura, un armario y cables en estado de deterioro producto de la brisa dando la sulfatación del cobre.

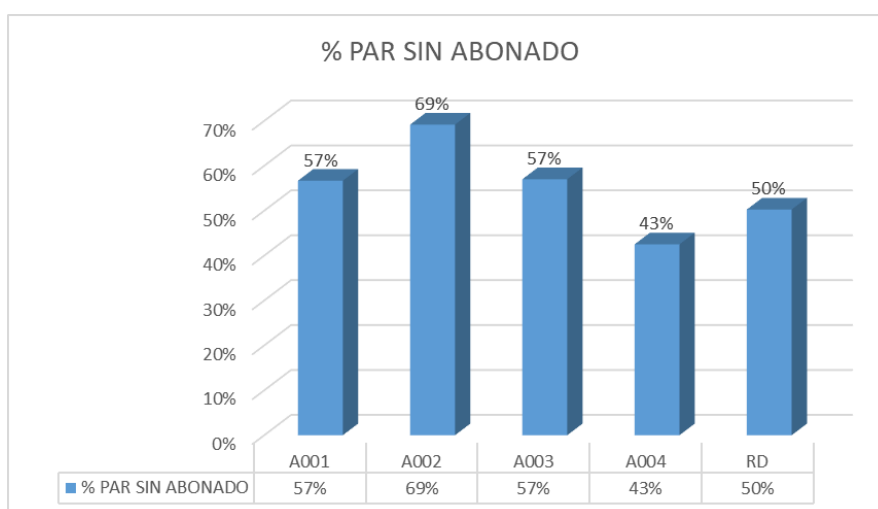


Figura8. Porcentaje par sin abonados en armario

El A004 tiene 43% por cubrir al ser un armario pequeño y, en una zona concentrada, mejora su cantidad de clientes; sin embargo, al igual que toda la red, sufre la problemática de sulfatación dando interferencia y baja velocidad de transmisión.

4.2. Identificación de las Deficiencias y Limitaciones

Para diseñar una red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Marcona es necesario analizar a fondo el estado actual de la red. Este análisis nos permite identificar deficiencias y limitaciones que deben abordarse para mejorar la eficiencia y la velocidad. A continuación, se detallan los principales inconvenientes y limitaciones.

4.2.1. Deficiencias Técnicas

4.2.1.1. Infraestructura Obsoleta

Descripción: La infraestructura de telecomunicaciones en Marcona se desarrolla en una tecnología antigua, como el cable multipar y ADSL, que no soportan las altas velocidades de transmisión que el abonado requiere.

Impacto: Las conexiones son lentas con interferencias, lo que afecta negativamente la experiencia del abonado.

4.2.1.2. Capacidad de Red Insuficiente

Descripción: La capacidad actual de la red no puede manejar el creciente de la población y peor aún la demanda a consecuencia de la pandemia por los trabajos remotos.

Impacto: En horarios de pico alto de consumo de los servicios de telecomunicaciones, la red se congestiona provocando caídas de velocidad siendo una experiencia estresando para el abonado.

4.2.1.3.Frecuentes Interrupciones del Servicio

Descripción: En la red, se presenta múltiples averías que viene interrumpiendo los servicios, esto debido al deterioro de la red existente por el bajo aislamiento que presentan los pares de cobre.

Impacto: La confiabilidad del servicio es baja, lo que genera insatisfacción entre los usuarios.

4.2.2. Limitaciones Económicas

4.2.2.1.Altos Costos de Mantenimiento

Descripción: El mantenimiento de la infraestructura obsoleta es mucho más costoso y requiere frecuentes cambios de secciones cable dañado.

Impacto: Los altos costos operativos limitan la capacidad de inversión en nuevas tecnologías y mejoras de infraestructura.

4.2.3. Limitaciones de Acceso

4.2.3.1.Cobertura Incompleta

Descripción: La infraestructura actual no cubre todas las áreas del distrito de Marcona, dejando zonas de campamento minero y periféricas sin acceso a los servicios de telecomunicaciones.

Impacto: La desigualdad en el acceso a los servicios limita el desarrollo económico y social en las áreas no cubiertas.

4.2.4. Limitaciones Regulatorias

4.2.4.1. Normativas y Permisos

Descripción: En Marcona, los permisivos para implementación de nuevas tecnologías de comunicación han sido un impedimento por los altos costo por ello la lentitud de obtención de permisos. Por otro lado, no está definido el área de influencia entre el municipio y la minera shougang hierro Perú.

Impacto: Los retrasos en la aprobación de permisos pueden afectar el diseño y cronograma de implementación del proyecto.

En resumen, de las Deficiencias y Limitaciones la evaluación del estado actual de la industria de las telecomunicaciones en Marcona revela varias deficiencias tecnológicas, financieras, de accesibilidad y regulatorias que limitan la calidad del servicio y la velocidad. La infraestructura dañada y la falta de infraestructura de comunicación son las principales razones de la lentitud y falta de confiabilidad de la comunicación. Los altos costos de mantenimiento y la falta de financiación impiden desarrollos importantes. Además, la cobertura incompleta y las dificultades geográficas complican la expansión de la red. Finalmente, las aprobaciones legales y regulatorias pueden retrasar la implementación de nuevas tecnologías.

Este análisis de brechas y limitaciones proporciona una base sólida para el desarrollo de una red FTTH utilizando el estándar GPON, que aborda directamente los problemas identificados para mejorar los servicios de telecomunicaciones en la Región de Marcona.

4.3. Requisitos para la Implementación de la red FTTH con estándar GPON

Las redes FTTH que utilizan el estándar GPON en la Región de Marcona requieren el cumplimiento de requisitos técnicos y operativos, y un análisis técnico y económico a seguir. Estos requisitos se detallan a continuación:

4.3.1. Infraestructura de Fibra Óptica

El cable de fibra óptica que se elige para el diseño de la red es para grandes distancias de transmisión, el cable monomodo ayudara tener menos perdidas, para el diseño se considera tramos has 50 metros de poste a poste por lo que usaremos un spam 100.

Los conectores que usaremos por ser óptimos en pérdidas y reflectancia, el SC/APC y LC/APC conector de color verde que serán usados en el cliente y central.

En el diseño se considera divisores ópticos (splitters) de (1x48) en los dos niveles para la distribución eficiente de la potencia óptica.

4.3.2. Equipos de Red

La OLT debe estar fijado en la central de telecomunicaciones, no debe estar alejado del ODF para la interconexión óptica.

La OLT seleccionado debe soportar características avanzadas como gestión de ancho de banda dinámico (DBA), monitoreo de la calidad del servicio (QoS), y capacidad de gestión remota.

La ONTs que se instalen en los usuarios, deben contener puertos Ethernet para la conexión a dispositivos finales y soporte para Wi-Fi integrado, asimismo, sean compatibles con los servicios de voz sobre IP (VoIP), video y datos.

4.3.3. Topología de Red

El Diseño en Estrella o Punto a Multipunto (PON), esta topología PON es para maximizar la eficiencia de la red y minimizar los costos de instalación y mantenimiento.

4.3.4. Requisitos de Energía y Refrigeración

La red FTTH con estándar GPON no cuenta con equipos activos en la red de planta externa. Todos los equipos activos están en la central donde los gabinetes deben estar implementados con el estator de aire para equilibrar la temperatura en la sala de transmisiones.

En el distrito Marcona, existe constantes cortes de fluido eléctrico donde se recomienda contar con UPS y su banco de baterías para mantener la red por las horas necesarias.

4.3.5. Gestión del Proyecto

Planificación y Gestión del Proyecto: Un plan integral que cubra todas las fases de la implementación, desde la planificación hasta las pruebas de lanzamiento.

Utilice herramientas de gestión de proyectos para realizar un seguimiento del progreso y garantizar que se cumplan los plazos.

Asignación de Recursos: Identificación y asignación de recursos humanos, físicos y financieros necesarios para cada fase del proyecto

Asegurar que todo el personal involucrado en el proyecto tenga la capacitación y las habilidades necesarias para desempeñar sus funciones de manera efectiva.

Permisos y Cumplimiento Regulatorio: Es necesario la gestión de todos los permisos necesarios para la instalación de la infraestructura de fibra óptica, incluyendo permisos municipales y regulaciones medioambientales.

Estos requisitos técnicos y operativos garantizan que la red FTTH con estándar GPON diseñada para el distrito de Marcona sea sólida, eficiente y capaz de brindar servicios de telecomunicaciones de alta calidad a los usuarios.

4.4. Diseño de la Red FTTH-GPON

El diseño de red FTTH (Fiber to the Home), que utiliza el estándar GPON (Gigabit Passive Optical Network), está diseñado para proporcionar altas velocidades de transmisión y baja latencia, mejorando significativamente los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona. La red se basa en una topología punto-multipunto (PON), que permitirá la distribución de la potencia óptica desde un punto a múltiples usuarios.

4.4.1. Componentes Principales

4.4.1.1. Optical Line Terminal (OLT)

El dispositivo activo debe ser instalado en sala de datos. Tiene como función principal de enviar la señal óptica hacia los abonados, en este caso, se usará el equipo OLT MA5800, nos permite servicios de video con calidad 4k/8k/VR con capacidades de hasta 16 mil hogares. Este dispositivo inteligente puede dividir lógicamente una red físico, asimismo, ofrece 16 puertos PON 10G y 50G.

Las características técnicas son:

- **Múltiples puertos PON:** al menos 4 puertos PON por OLT, se pueden escalar según sea necesario.
- **Gestión dinámica de ancho de banda (DBA):** Asignación óptima de ancho de banda entre usuarios.

- **Calidad de Servicio (QoS):** Se prioriza el tráfico crítico para garantizar la calidad de los servicios de voz, video y datos.

- **Operación remota:** La capacidad de operar de forma remota a través de un sistema de administración de red (NMS).



Figura 9. Optical Line Terminal (OLT)

Nota: V.SOL (35)

4.4.1.2.Divisores Ópticos (Splitters)

Los divisores ópticos deben ser usados para dividir la señal en las redes PON, en este diseño, usamos divisor 1x8 cuyo dispositivo se instala dentro de las cajas de acceso universal conocidos con divisor de primer nivel. Los splitter tipo casete son divisores instalados en la caja terminal óptica, conocido también como divisor de segundo nivel.

Tipos y formas:

- Divisores 1x8 utilizados para dividir señales ópticas desde puertos PON a múltiples ONT.
- PLC (Planar Lightwave Circuit) proporciona mayor uniformidad y confiabilidad en la separación de señales.



Figura 10. Divisores Ópticos (Splitters)

4.4.1.3. Optical Network Terminal (ONT)

Instalado en las viviendas de los usuarios, el equipo convierte la señal óptica en señal eléctrica para dispositivos finales.

Características Técnicas:

- Puerto Ethernet: Al menos un puerto Ethernet de 2 gigabits (RJ-45)
- Wi-Fi integrado: Soporte para el estándar IEEE 802.11ac o superior, disponible en dos bandas (2,4 GHz y 5 GHz)
- Puertos de Voz: Al menos 1 puerto RJ-11 para servicios VoIP
- Control remoto: Capacidades de programación y análisis remoto



Figura 11. Optical Network Terminal (ONT)

4.4.1.4. Cables de Fibra Óptica

En este diseño, se usa distintas capacidades que interconectan los dispositivos.

El cable de 32F.O. cuenta con 4 tubos y 8 hilos por cada uno de ellos.

El cable de 16F.O. tiene 4 tubos con 4 hilos de fibra en cada tubo.

El cable de 256 contiene 16 hilos de fibra óptica por cada tubo. Este cable de gran capacidad cuenta 16 tubos estructurado por un código decolores.

La cubierta y protección son resistentes a factores ambientales como humedad, temperatura y condiciones adversas.



Figura 12. Cables de Fibra Óptica

4.4.2. Arquitectura de la Red

La arquitectura de la red está dividida según figura:

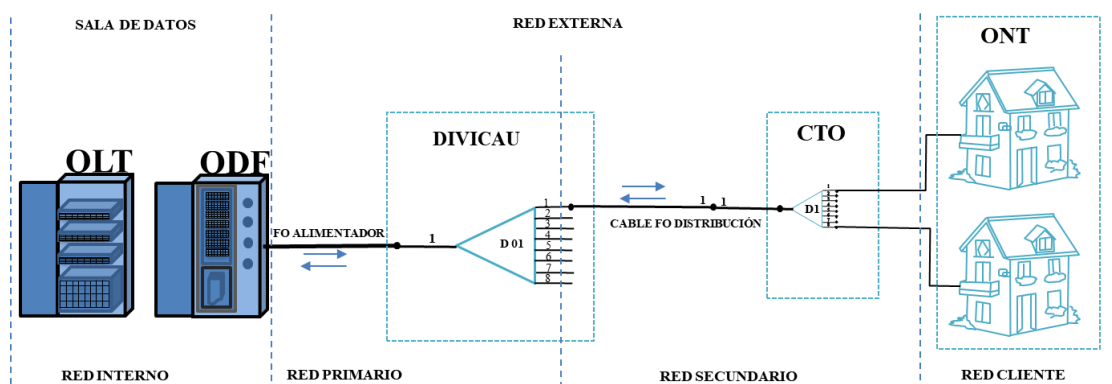


Figura 13. Arquitectura de la Red FTTH con estándar GPON

Red interna se puede ubicar en un ambiente a lo que llamamos sala de datos. Este alberga los equipos de transmisión y concentración de cables de la red externa, la red FTTH con estándar GPON el principal componente es la OLT que debe estar al lado de concentrador de fibra óptica ODF.

Red primaria se enlaza desde el ODF de alta densidad que debe ser cuidadosamente instalado para empalmar los hilos de fibra que enlazarán hasta el divicau donde se encuentran los divisores de primer nivel para la distribución óptica. La red primaria está en la parte externa donde el cableado puede estar de forma subterráneo y aéreo, existen cajas de empalme en el transcurso de la red cuya finalidad es ramificar la capacidad de hilos que cuenta el cable principal para alimentar un divicau.

Red secundaria inicia desde el DIVICAU (caja acceso universal con capacidad para divisor), donde está concentrado todos los cables secundarios que distribuye la señal óptica hasta la CTO (caja terminal óptico), ya que alberga el divisor de segundo nivel. Toda esta red se encuentra en la parte externa ubicado estratégicamente para atender la demanda del usuario final.

Red cliente se conoce como última milla a la red que va desde la cto hacia el cliente que esta enlazado con una acometida hasta a la ONT.

4.5. Diseño de la solución

Para elaborar el diseño de la red FTTH, se analizó la red existente de cobre, cuya finalidad era identificar el estado actual de infraestructura, los postes son el principal componente donde la red de prueba será instalada, a continuación, desarrollamos el diseño de la infraestructura de la red FTTH con estándar GPON.

El diseño está ubicado en la parte céntrica del distrito de Marcona como se representa en la Figura 14.

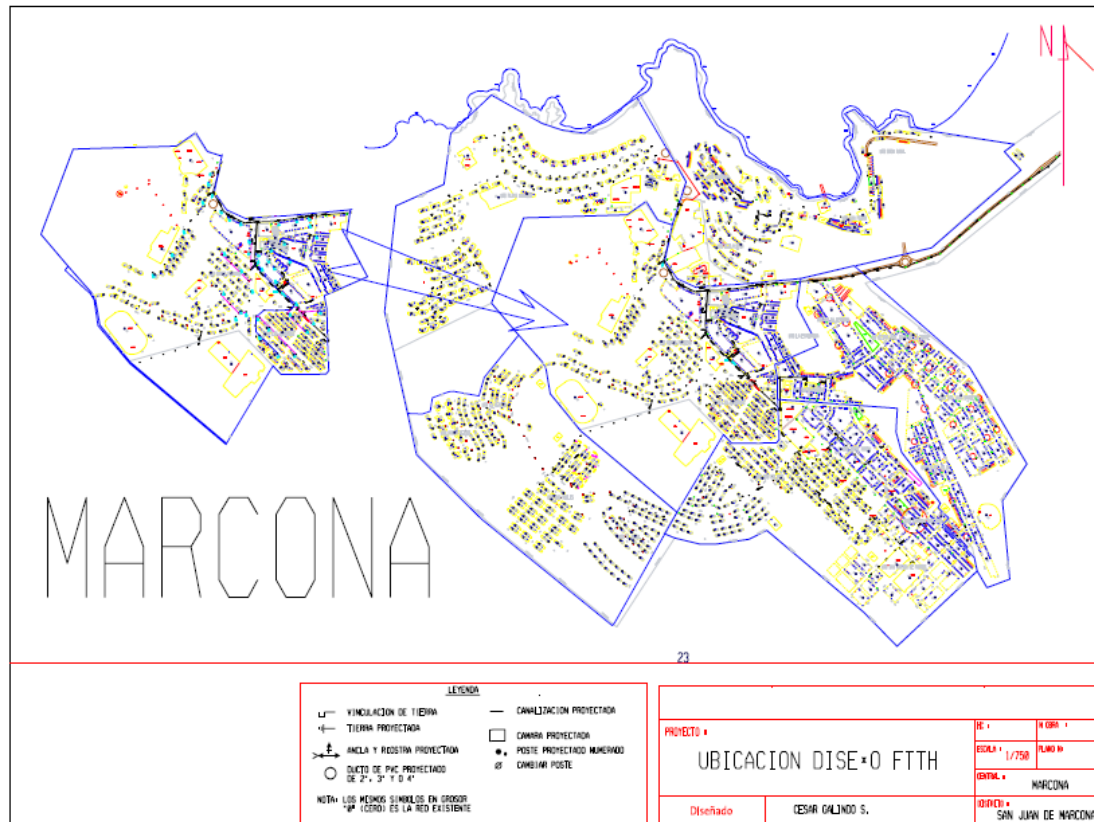


Figura 14. Plano de ubicación de la red diseñado

4.5.1. Red FTTH Primaria.

La red primaria constituye la primera etapa en la implementación de una red FTTH-GPON, abarcando desde la central de telecomunicaciones hasta los puntos de distribución intermedios DIVICAU (caja acceso universal con capacidad para divisor). Esta sección se centra en los componentes y la infraestructura clave necesarios para establecer una red primaria robusta y eficiente.

En la figura, se representa un perfil proyecto de componentes y cuentas de la red para ser implementados, el esquema nos indica que se debe empalmar 128 fibra ópticas en ODF,

asimismo, las cuentas son de 1 al 128 que ramifica en la caja de empalme 128FO, el Divicau G001.

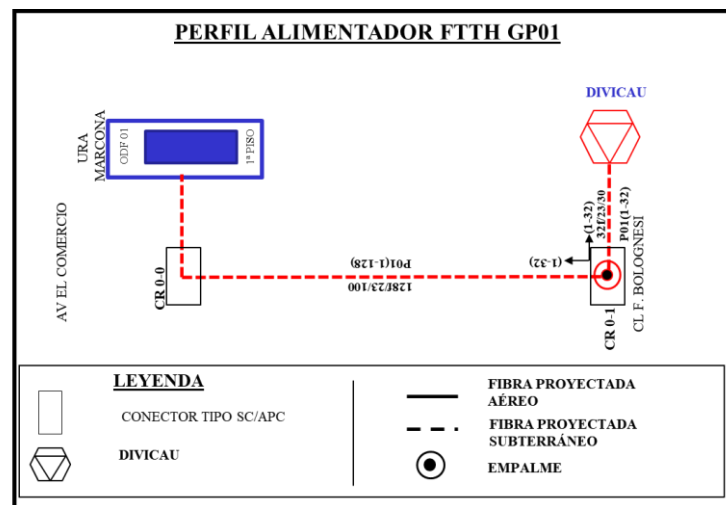


Figura 15. Perfil de asignación red Primaria FTTH

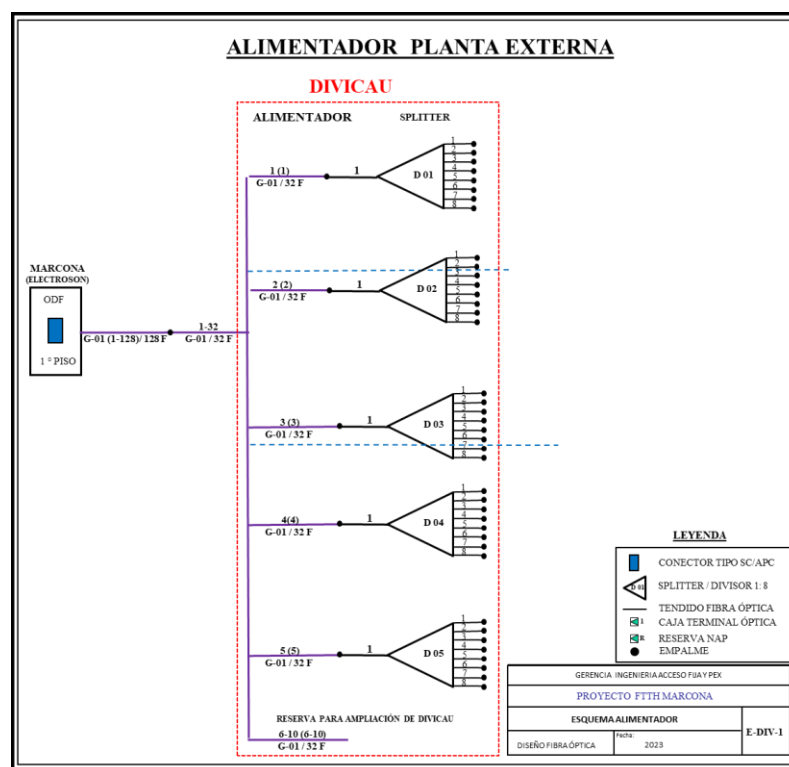


Figura 16. Distribución splitter DIVICAU

En la red FTTH con estándar GPON, es muy importante elaborar un plano, aquí se representan los aspectos técnicos, constructivo y de propiedad.

El diseño de la red se considera estratégicamente 37 cajas ópticas con la finalidad de cubrir la gran parte céntrica del distrito de Marcona así poner en marcha como piloto, en el perfil, podemos apreciar 5 divisores de primer nivel que están ubicados en el divicaú (caja acceso universal con capacidad para divisor) cada una de estos son de 1x8 para dividir la potencia óptica, según esquema queda 3 puertos de reserva para un futuro reforzamiento de capacidad de cajas ópticas; sin embargo, la capacidad máxima del DIVICAU es de 10 divisores que puede ampliar a 32 cajas terminales adicionales con 8 puertos activos.

En el diseño, se considera 3 secundarios de 32 fibras ópticas y 1 secundario de 16 fibras ópticas de las que están ramificado S/1 cto (1-10), S/2 cto (11-22), S/3 cto (23-31) y S/4 cto (32-37) a los que desde la central están siendo alimentados con 6 hilo en las cuentas (1-6).

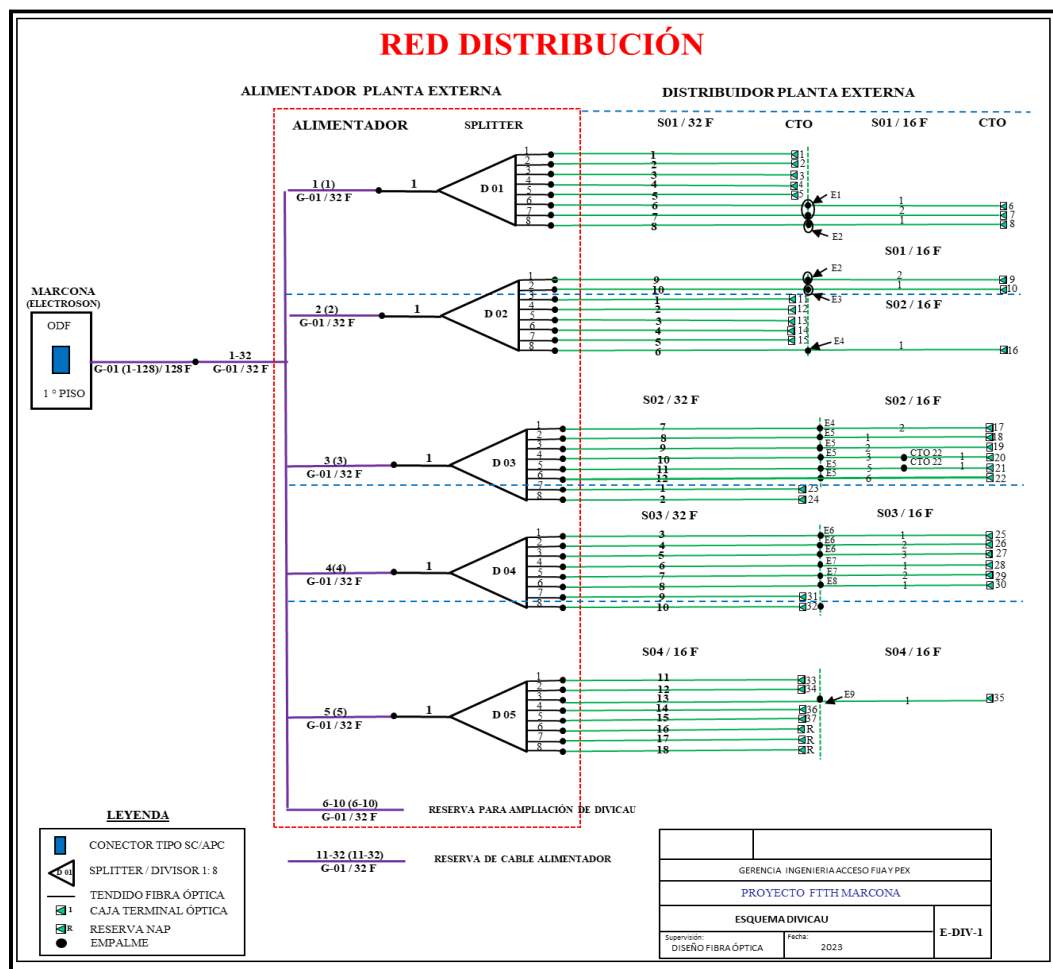


Figura 18. Perfil red de distribución

El plano de la red es extenso, la red directa abarca todo el centro de la ciudad donde está la concentración de abonados para el diseño de la red FTTH con estándar GPON.

La central de datos se encuentra ubicado en la calle comercio, desde el ODF hace una división con el alimentador de 128 fibras ópticas enlazando al DIVICAU ubicado Av Francisco Bolognesi en la CR-0-1, el secundario S/1 ramifica a las cajas ópticas (CTO 01 al CTO 10) con un cable de 32 fibras ópticas de 1065 metros, las sub ramificaciones del S/1 para enlazar la CTO 06 se usa cable de 16 fibras ópticas de 166 metros, la CTO 08 y CTO 09 es ramificado con el cable de 16 fibras ópticas de 191 metros, la CTO 10 es ramificado con la capacidad de 16 fibras ópticas de 133 metros, las cuentas en S/1 que se usan para activar los dispositivos pasivos va desde hilo 1 al 10 según se muestra en el plano de diseño.

El S/2 enlaza desde el DIVICAU y Hasta la CTO final 11 con un cable de 32 fibras ópticas de 1075 metros, las CTO 16 y CTO 17 esta ramificado con un cable 16 fibra ópticas de 76 metros, las CTO 22 al CTO 18 esta ramificado con un cable de 1 fibras ópticas de 386 metro, desde la CTO 22 se usa como punto de empalme para ramificar a la CTO 20 con 123 metros de fibra ópticas y la CTO 21 con 91 metros de fibras ópticas.

El S/3 enlaza el DIVICAU G001 hasta el CTO 23 que se encuentra en la calle las begonias, la capacidad que se emplea en el diseño es 32 fibras ópticas de 544 metros. La CTO 28 y CTO 29 se ramifica generando empalme E7 para dar continuidad de hilos del cable 16 fibras ópticas de 134 metros. La otra ramificación es desde la E6 con un cable de 16 fibras ópticas de 247 metros alimentando las CTO 25 al CTO 27, la ramificación desde E8 con un cable de 16 fibras ópticas de 131 metros esto solo para alimentar a la CTO 30.

El S/4 enlaza el DIVICAU G001 que alimenta a las CTO 32 al CTO 37 con un cable de 16 fibras ópticas, E9 con 58 metros de cable 16 fibras ópticas ramifica hacia la CTO 35.



Figura 19. Plano distribución FTTH

4.5.3 Cálculo matemático de pérdida y atenuación

Para este cálculo, es necesario identificar los eventos que tenemos en la red alimentador y distribuidor.

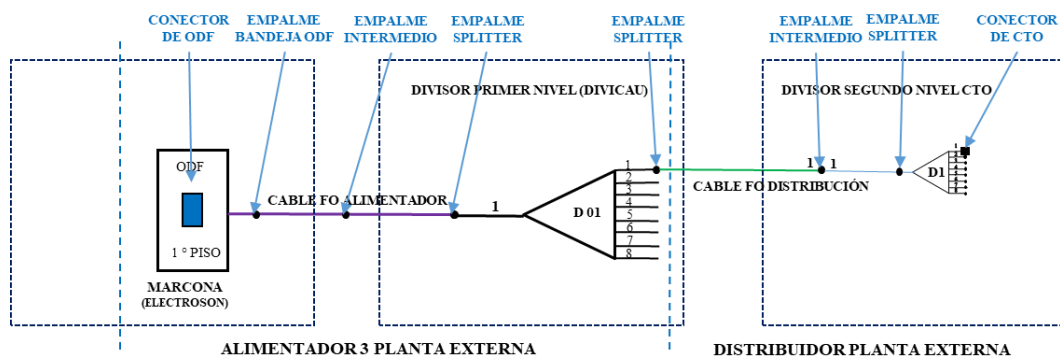


Figura 20. Eventos de la red FTTH

En el esquema de perfil de la red, podemos apreciar los elementos para hacer el cálculo de la pérdida identificando la cantidad de eventos:

Tabla 7. *Pérdidas máximas de eventos*

Ítem	Elementos de red	Pérdida máx. (dB)
1	Empalme	0.1
2	Conector	0.3
3	Primer conector	0.3
4	Último conector	0.3
5	Divisor 1X4	7.5
6	Divisor 1X8	10.5
7	Divisor 1X16	13.5
8	Pedida Nominal /Km	0.25

Para el cálculo de pérdida de tramo, se toma las atenuaciones máximas por evento.

La sumatoria de los eventos en la red general nos la perdida de tramo.

P_e = Pérdida total empalme

P_c = Pérdida total de conectores

P_d = Pérdida total de Divisores y/o splitters

P_n = Pérdida Nominal por kilometro

$$\sum \text{eventos} = P_e + P_c + P_d + P_n = P_T$$

Calculamos la pérdida total de la CTO 01, en la Figura 27 y Tabla 13, se muestra los puntos de empalme y demás eventos.

Red alimentadora

- Conector en el ODF = 0.3 dB
- Empalme en el ODF =0.1 dB
- Empalme en CR01 =0.1 dB
- Empalme entrado splitter = 0.1 dB

- Splitter =10.5 dB
- Empalme salido splitter =0.1 dB

Red distribución:

- Empalme entrado splitter CTO = 0.1 dB
- Conector salida splitter CTO = 0.3 dB
- Splitter tipo casete =10.5 dB
- Conector del equipo IOLM = 0.3 dB
- Pérdida nominal del cable FO = 0.25 dB

CTO 01

$$PT = 0.3+0.1+0.1+0.1+10.5+0.1+0.1+0.3+10.5+0.3+0.25(1.195) = \mathbf{PT = 22.70 \text{ dB.}}$$

CTO 02

$$PT = 0.3+0.1+0.1+0.1+10.5+0.1+0.1+0.3+10.5+0.3+0.25(1.099) = \mathbf{PT = 22.67dB.}$$

CTO 03

$$PT = 0.3+0.1+0.1+0.1+10.5+0.1+0.1+0.3+10.5+0.3+0.25(1.043) = \mathbf{PT = 22.66 \text{ dB.}}$$

CTO 04

$$PT = 0.3+0.1+0.1+0.1+10.5+0.1+0.1+0.3+10.5+0.3+0.25(0.889) = \mathbf{PT = 22.62 \text{ dB.}}$$

Tabla 8. Cálculo de pérdidas de tramo red FTTH

CALCULO DE LA PERDIDA DE TRAMO HASTA CTO									
TITULO DE OBRA :		RED FTTH							
DIRECCION :		MARCONA							
CTO	RED ALIMENTADOR			RED DISTRIBUCION			Distancia km	PERDIDA NOMINAL	Pérdida de tramo MAX
	CONECTOR	EMPALMES	DIVISOR 1er NIVEL	EMPALMES	DIVISOR 2do NIVEL	CONECTOR			
1	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	1.195	0.30	22.70
2	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	1.099	0.27	22.67
3	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	1.043	0.26	22.66
4	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	0.889	0.22	22.62
5	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	0.776	0.19	22.59
6	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.845	0.21	22.71
7	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.799	0.20	22.70
8	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.861	0.22	22.72
9	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.764	0.19	22.69
10	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.89	0.22	22.72
11	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	1.205	0.30	22.70
12	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	1.099	0.27	22.67
13	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	1.047	0.26	22.66
14	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	0.989	0.25	22.65
15	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	0.812	0.20	22.60
16	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.747	0.19	22.69
17	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.703	0.18	22.68
18	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	1.086	0.27	22.77
19	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	1.018	0.25	22.75
20	0.3	0.4	10.5	0.3	10.5	0.6	1.086	0.27	22.87
21	0.3	0.4	10.5	0.3	10.5	0.6	1.054	0.26	22.86
22	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.963	0.24	22.74
23	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	0.674	0.17	22.57
24	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	0.57	0.14	22.54
25	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.737	0.18	22.68
26	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.685	0.17	22.67
27	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.585	0.15	22.65
28	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.557	0.14	22.64
29	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.452	0.11	22.61
30	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.691	0.17	22.67
31	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	0.416	0.10	22.50
32	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	0.546	0.14	22.54
33	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	0.493	0.12	22.52
34	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	0.45	0.11	22.51
35	0.3	0.4	10.5	0.2	10.5	0.6	0.487	0.12	22.62
36	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	0.387	0.10	22.50
37	0.3	0.4	10.5	0.1	10.5	0.6	0.311	0.08	22.48

Usando las herramientas Excel para hacer el cálculo masivo de la pérdida total de tramo, en total, podemos apreciar del CTO 01 al CTO 37 las perdidas no varían, ya que la distancia máxima entre ODF y CTO 1.2 km y como mínimo 0.3 km como mínimo, tenemos como resultado una pérdida de tramo de 22 dB similares en las 37 cajas ópticas.

En el diseño de la red FTTH con estándar GPON, se hizo el cálculo de atenuación total para cada CTO usando este dato podemos hacer un cálculo de potencia de llegada a la CTO.

Pf = Potencia final o de llegada.

Pi = Potencia de inicio.

PT = Pérdida total o de tramo.

$$Pf = Pi - PT$$

CTO 01

$$\lambda = 1490\text{nm} \Rightarrow Pf = 5 - 22.65 = \mathbf{-17.70\text{dBm}}$$

Tabla 9. *Calculo potencia llegada en CTO1 – CTO 20*

<u>CALCULO POTENCIA DE LLEGADA EN CTO</u>			
TITULO DE OBRA :		<u>RED FTTH CTO 1 - CTO 20</u>	
<u>DIRECCION :</u>		<u>MARCONA</u>	
CTO	POTENCIA DE SALIDA 1490nm	PERDIDA TOTAL dBm	POTENCIA 1490nm
1	5 dBm	22.70	-17.70
2	5 dBm	22.67	-17.67
3	5 dBm	22.66	-17.66
4	5 dBm	22.62	-17.62
5	5 dBm	22.59	-17.59
6	5 dBm	22.71	-17.71
7	5 dBm	22.70	-17.70
8	5 dBm	22.72	-17.72
9	5 dBm	22.69	-17.69
10	5 dBm	22.72	-17.72
11	5 dBm	22.70	-17.70
12	5 dBm	22.67	-17.67
13	5 dBm	22.66	-17.66
14	5 dBm	22.65	-17.65
15	5 dBm	22.60	-17.60
16	5 dBm	22.69	-17.69
17	5 dBm	22.68	-17.68
18	5 dBm	22.77	-17.77
19	5 dBm	22.75	-17.75
20	5 dBm	22.87	-17.87

Tabla 10. *Calculo potencia llegada en CTO21 – CTO 37*

<u>CALCULO POTENCIA DE LLEGADA EN CTO</u>			
<u>TITULO DE OBRA :</u>		<u>RED FTTH CTO 21 - CTO 37</u>	
<u>DIRECCION :</u>		<u>MARCONA</u>	
CTO	PO TENCIA DE SALIDA 1490nm	PERDIDA TO TAL dBm	POTENCIA 1490nm
20	5 dBm	22.87	-17.87
21	5 dBm	22.86	-17.86
22	5 dBm	22.74	-17.74
23	5 dBm	22.57	-17.57
24	5 dBm	22.54	-17.54
25	5 dBm	22.68	-17.68
26	5 dBm	22.67	-17.67
27	5 dBm	22.65	-17.65
28	5 dBm	22.64	-17.64
29	5 dBm	22.61	-17.61
30	5 dBm	22.67	-17.67
31	5 dBm	22.50	-17.50
32	5 dBm	22.54	-17.54
33	5 dBm	22.52	-17.52
34	5 dBm	22.51	-17.51
35	5 dBm	22.62	-17.62
36	5 dBm	22.50	-17.50
37	5 dBm	22.48	-17.48

4.5.4 Planificación de la Implementación

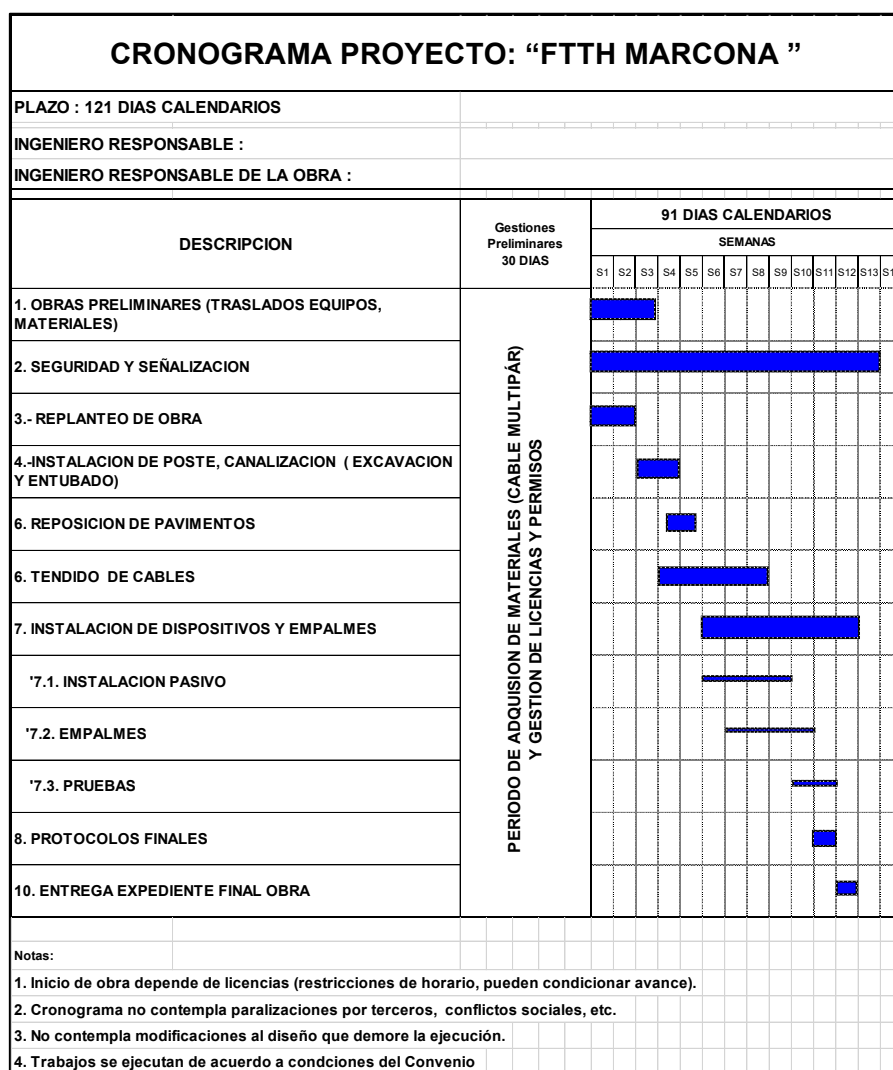
El diseño de la red FTTH, para una implementación, se debe contemplar tiempos a cada proceso de ejecución.

Ya obtenido los planos de la red que ha sido diseñado, podemos elaborar los expedientes técnicos para ingreso a las entidades que otorgarán los permisos correspondientes, el tiempo estimado es de 30 días hábiles.

Ya una vez obtenido los permisos, se da inicio con la planificación de traslado de materiales y equipos dando un tiempo estimado de 3 semanas.

Todo proyecto debe ser replanteado antes de una ejecución, ya que podríamos encontrar errores de diseño, para ello, estimamos dos semanas para un buen recorrido y constatar los materiales a usar.

Tabla 11. *Cronograma proyecto ejecución FTTH Marcona*



Iniciamos con la ejecución con la obra civil que consta de instalación de postes y canalizaciones. La reposición de pavimento se da al finalizar todo el trabajo de obra civil, a todo ellos se da hasta más de dos semanas.

Se estima 5 semanas para hacer el tendido aéreo y subterráneo de la red alimentador y distribución. Lo más complicado está en la instalación de los dispositivos y empalmes que debe llegar a los parámetros que establece las normas, el tiempo que llevará es de 7 semanas hasta su final de construcción incluye la certificación de empalmes.

Es así como concluimos que la obra se construye en 121 días equivalente a 17 semanas.

CAPÍTULO V:

CONSTRUCCIÓN

La red FTTH utilizando el estándar GPON es mejorar los servicios, con el fin de brindar servicios de telecomunicaciones de alta calidad en la Región de Marcona. La construcción de esta red es de gran importancia para satisfacer la necesidad del usuario ante una demanda de los servicios de internet, tv y telefonía.

La construcción física está dividida en etapas mostrados a continuación.

5.1. Gestión de permisos

En esta etapa, los permisos que se solicita es la licencia municipal, ya que la operadora con la que se está haciendo el despliegue piloto, ya cuenta con los permisos de ministerio de transporte y comunicaciones.

El expediente de para ingreso a la municipalidad del distrito de Marcona, consta de los siguiente:

Carta: Este está dirigido a la municipalidad de san Juan de Marcona solicitando la autorización para la instalación de infraestructura de telecomunicaciones.

F.U.T. Se debe especificar los documentos que se adjuntan y el concepto de la solicitud.

Plan de obra: Se debe adjuntar los documentos que muestra en la figura, el cronograma es el detallado del tiempo de ejecución de la obra, la memoria descriptiva esta todos los datos que involucra el despliegue de la obra, la declaración jurada anexo 4 es para la declaratoria de contar con ingeniero responsable de la ejecución de la obra, otro de los requisitos a presentar

es el certificado de habilidad del ingeniero responsable de la obra, también se adjunta un plano de ubicación y plano de obra total.

El formato de mimetización es el recorrido representado del despliegue en fotos de campo.

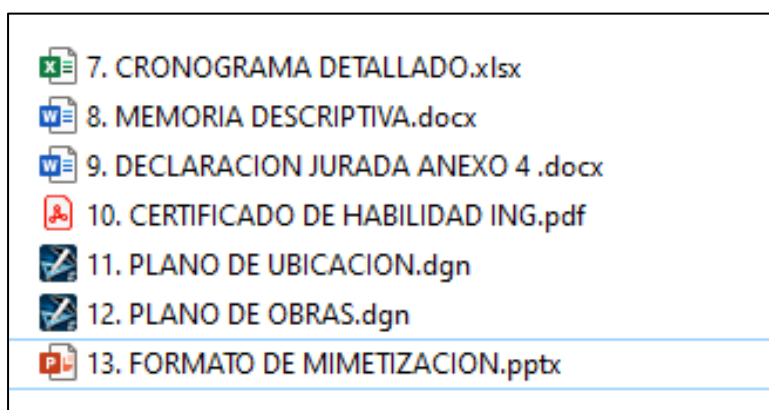


Figura 21. Documentos gestión permisos

En los requisitos, está el SUIIT (instrumento de acceso a la información de los trámites y otros procedimientos administrativos del Estado) donde está el dato del solicitante y requisitos que sean necesarios para la solicitud de permisos, en la descripción del tipo de infraestructura es el cuadro específico donde muestra el tipo de red a desplegar, las acciones de mitigación para interrumpir del tránsito como lo establecido por la Cartilla de Señalización según RD N° 210-200- MTC-15.02.

El tiempo de interferencia está referido al día dentro del cronograma de obras, en el horario dentro de la jornada laboral o durante las 24 horas. En el caso exista cierre de vías, la empresa ejecutora debe estar con todas las cartillas de seguridad vial. Nos comprometemos a no poner en riesgo la seguridad de terceros ni edificaciones vecinas. La declaración jurada es cumplir con los lineamientos para la instalación de Infraestructura de Telecomunicaciones, adoptar las medidas necesarias a fin de prevenir el ruido, vibraciones, así como cualquier impacto ambiental que se realice durante la instalación de infraestructura de

telecomunicaciones, conforme a la normativa vigente para evitar cualquier incomodidad a los vecinos respecto a los trabajos, finalmente debemos contar con un plano de desvíos.

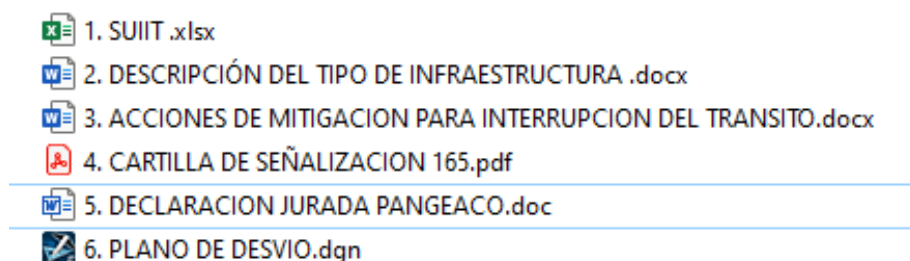


Figura 22. Requisitos está el SUIIT

Todos estos requisitos deben ser cumplidos para la instalación de cable subterráneo, instalación de cable aéreo y aperturas de cámaras de paso. Cumplido todo ello, se obtiene la licencia.

5.2. Obras preliminares (traslados equipos, materiales)

En esta etapa, se organiza una base de operaciones, los materiales deben ingresar a un almacén para un control.

La gestión con los proveedores de cada suministro de material para una fecha determinada según el cronograma no debe ser más de tres semanas, la cantidad de material está dividido en alimentador y distribución donde cada uno de esta red están compuesto de cables, dispositivos pasivos y ferreterías para acondicionar la red.

Tabla 12. *Material red de distribución*

Código	Descripción	UM.	Cantidad
10402530004	CABLE F.OPT.MONOMODO PKP 16 FIBRAS	M	2152.00
10402530005	CABLE F.OPT.MONOMODO PKP 32 FIBRAS	M	2684.00
10402520019	CAJA EMPALME 64/48 FIBRAS OPTICAS	UN	219.39
10402520314	CAJA T. ?PT. EXT. CONECT. REF. C/SPLIT	UN	332.05
10402180025	HEBILLA ACERADA 1/2"	UN	300.00
10402180026	CINTA ACERADA PESADA 1/2" X 30 M	UN	30.00
10400260021	ALCOHOL ISOPROPILICO LT	UN	5.00
10402520010	PAÑO SIN SOLVENTE P/FIB.OPT(280 TISSUES)	UN	5.00
10402560051	TUERCA 15,9 mm (5/8") P/PASADOR FINAL	UN	16.00
10402560061	ARANDELA CURVA P/PERNO PASADOR 5/8"	UN	32.00
10402560092	PASADOR FINAL RECTO 15,9 mm (5/8")	UN	16.00
10402610009	CINTILLO NYLON P/AMARRE CPA-1 100 MM	UN	200.00
10402540001	POSTECONCR.PORTLANDI9/250/2/140/275	UN	22.00
10402540009	COLLARINP/POSTE9/250/2/140/275	UN	22.00
10400190108	AISLADOR PROTECTOR	UN	5.00
10402180016	TEMPLADORPREFORMADOP/MENSAJERO7.94MM	UN	40.00
10402180027	CABLEACEROMENSAJEROYRETENIDAS5/16"	M	50.00
10402540011	BLOCKCONCRETOPARAANCLA	UN	5.00
10402180029	CABLE ACERO MENSAJERO Y RETENIDAS 1/4"	UN	180.00
10402560067	VARILLAPARAANCLA15,9MMX2,10M	UN	5.00
10402560055	PROTECTOR PARA RIOSTRA	UN	5.00
10402180018	TEMPLADOR PREFORMADO P/MENSAJERO 4.76 mm	UN	10.00
10402520050	MANGUITO TERMOR. EMPALME FIBRA OPTICA	UN	200.00
10402610033	CINTILLO NYLON P/AMARRE CPA-3 360 mm	UN	200.00
10402180023	ALAMBRE DESNUDO P/DEVANAR 0.045	M	4.00
10402560025	ANCLAJE PREFORMADA P/CABLE FIBRA OPTICA	JGO	150.00
10402560021	SOPORTE PARA CABLE DE FIBRA OPTICA	UN	9.00
10402560024	SOPORTE PARA CAJA EMPALME 64/48 F.O.	UN	9.00
10402560026	SUSPENSION PREFORMADA CABLE FIBRA OPTICA	JGO	50.00
10402560022	SOPORTE PARA CAJA EMPALME 128/96 F.O.	UN	1.00
10400300004	ETIQUETA ROTULADO CABLE FIBRA OPTICA	UN	100.00
10402610105	CINTA AIS.PVC NEGRA 3/4"-20	UN	10.00
M10857	TUERCA OJAL 5/8 PARA F.O.	uno	50.00

Tabla 13. *Material red Alimentador*

Código	Descripción	UM.	Cantidad
10402520248	BANDEJA ALTA DENSIDAD P/ 128 F.O	UN	1
10402530102	CABLE F.OPT.MONOMODO PKP 128 FIBRAS	M	100
10402530005	CABLE F.OPT.MONOMODO PKP 32 FIBRAS	M	30
10402520303	CAJA DE ACCESO UNIVERSAL PARA SPLITTERS	UN	1
10402520364	CAJA EMPALME 128/96 FIBRAS OPTICAS	UN	1
10402520247	REPARTIDOR OPTICO ALTA DENSIDAD	UN	1
10402520363	CAJA EMPALME 64/48 FIBRAS OPTICAS	UN	1
10402180015	HILO GUIA P/PASAR CABLE DE TIRO	M	100
10402520050	MANGUITO TERMOR. EMPALME FIBRA OPTICA	UN	200
10400260021	ALCOHOL ISOPROPILICO LT	UN	1
10402520010	PAÑO SIN SOLVENTE P/FIB.OPT(280 TISSUES)	UN	1
10400300016	TARUGO MADERA TIPO 1: 1/2 X 1 1/2"	UN	10
10402560040	ALCAYATA TIPO J-1 3/8" X 5"	UN	10
10402560115	TORNILLO CABEZA PLANA # 7 X 1"	UN	10
10402610009	CINTILLO NYLON P/AMARRE CPA-1 100 MM	UN	100
10402610033	CINTILLO NYLON P/AMARRE CPA-3 360 mm	UN	100
10400300004	ETIQUETA ROTULADO CABLE FIBRA OPTICA	UN	5
10402180019	BUJE DE EXPANSION CASQUILLO ACERO	UN	4
10402560024	SOPORTE PARA CAJA EMPALME 64/48 F.O.	UN	1
10402560022	SOPORTE PARA CAJA EMPALME 128/96 F.O.	UN	1

Tabla 14. *Equipos activos planta interna*

DETALLE	MODELO	UNIDAD	Ctd.
CHASIS	(MA5800 serie 10G EPON GPON OLT Huawei MA5800-X15)	UN	1
ONT	EG8145V5	UN	200
Modulo OLT GPON	(16 puertos gpon olt servicio con 16 C++ módulo SFP GPHF GPLF GPSF para huawei ma5800 olt)	UN	2
Roseta Optica		UN	200
COMBINADOR	GPX378-WDM-1232-LU/LA-AA	UN	1

El suministro de cables es en bobinas donde cada uno de ellos es de 4000, los cables que usamos están certificados por cada proveedor dando la certeza de no tener algún daño que perjudique con las pérdidas ópticas.



Figura 23. Bobina de cables

Los postes son importantes, Marcona es un distrito que está a la orilla del mar con abundante brisa que al pasar el tiempo la infraestructura de las redes llega a deterioro, para ello, los postes en zonas que se requieran el cambio.



Figura 24. Stock de postes

La ferretería es otro cargamento que proviene de un diferente proveedor, el material más importante son los anclajes y suspensión para un despliegue inicial cuya función es sostener los cables aéreos.



Figura 25. Stock de ferretería

Todo el material se encuentra en almacén y es registrado en los sistemas para los controles de despacho, podemos decir que tenemos todo lo necesario para el despliegue según el diseño de la red.

5.3. Replanteo de la obra

Toda obra debe ser replanteado, los criterios de diseño y operación puede variar, la empresa ejecutora toma todos los planos, perfiles y de más información que requiere para el despliegue de la red.

5.4. Instalación de poste, canalización

En la red FTTH, se considera 22 postes y 5 anclas de instalación como parte de la obra civil para este trabajo lo primero que hacemos es ejecutar con la excavación para luego instalar.



Figura 26. Instalación ancla retención de poste

La instalación de ancla debe ser correctamente armado, ya que el bloque debe ser colocado con una arandela plana para que esta sujete con el perno, la excavación del agujero debe ser de 2.20 metros de profundidad, como podemos apreciar en la figura la distancia entre un poste de 9m y ancla debe tener 2m de separación.

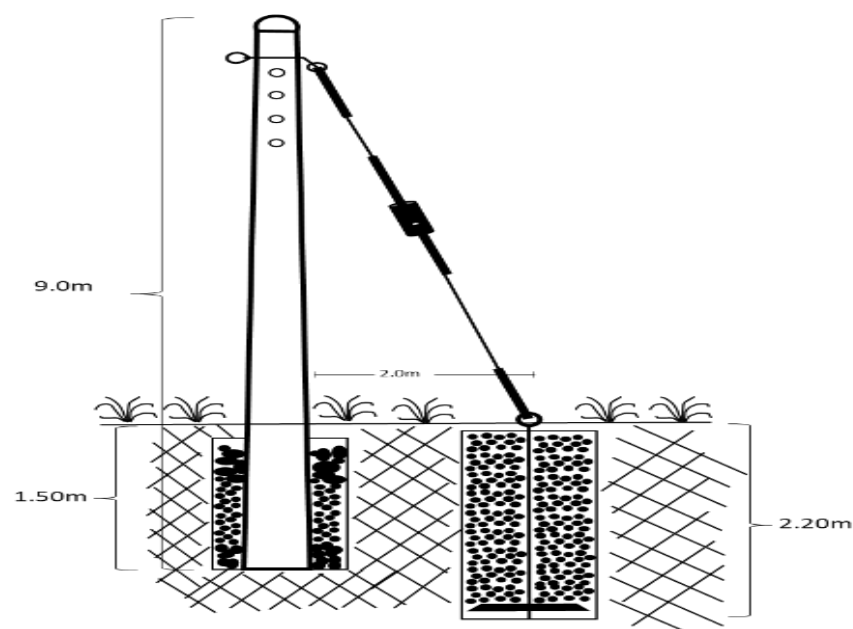


Figura 27. Estructura instalación de poste y riostra

El armado de la riostra es vertical, donde usamos un aislador protector de tención y 4 preformados que amarran el mensajero.



Figura 28. Instalación de poste

Los postes deben ser instalados a una profundidad de 1.5m y anillados con piedras pequeñas en la base, seguidamente, compactar con tierra hasta llegar a la superficie donde se debe colocar piedras más grandes. Los postes de telecomunicaciones por lo general no usan una base de concreto para un futuro manteniendo.

En el caso se tuviera rotura de veredas, se debe reponer esto con fines de pedir conformidades del municipio de la obra con permisos.

5.5. Instalación cable de fibra óptica

Finalmente, las etapas de permisos, material, replanteo y obra civil son ejecutados con éxito, llegamos a la etapa del despliegue del cable de fibra óptica.

La red de planta externa esta de forma aéreo y subterráneo a los que veremos a continuación.

5.5.1. Instalación de la red subterráneo

La red subterránea es el cable que está instalado por ductos que interconectan con las cámaras de paso. El cable de 128 fibras ópticas es instalado desde la central hasta la CR-0-1 lo esté representa a red FTTH alimentador.

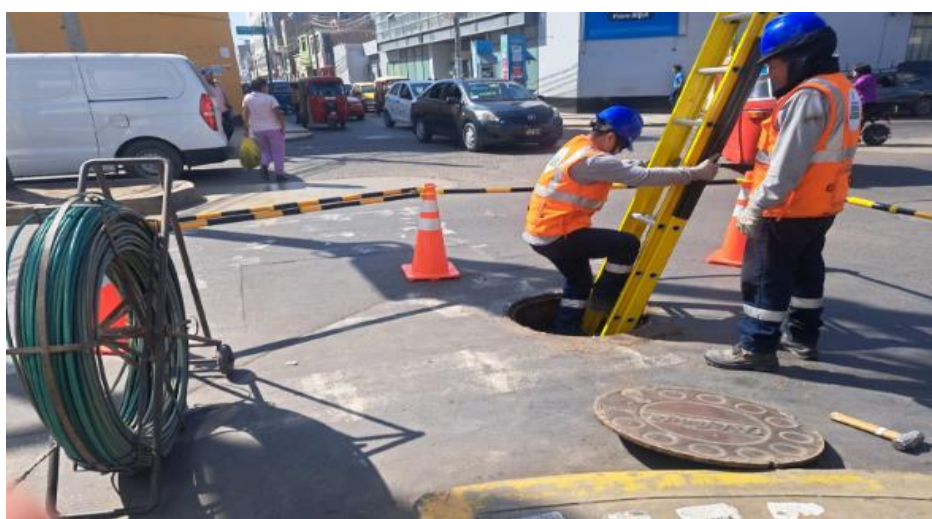


Figura 29. Tendido subterráneo

En la red de distribución, los cables S/1, S/2 están conectados desde CR- 0-1 hasta la CR-0-2, el tramo es de 139m las capacidades que son instalados es de 32 fibras ópticas, el S/1 mediante una canalización llamado sifón sube al poste el cable que será distribuido de forma aéreo.

CR-0-2 continuamos con la ruta del cable S/2 cuya capacidad es de 32 fibras ópticas hasta llegar a la CR 0-2-1; el tramo entre cámaras es de 83m continuando con el tendido de cable entramos a la CR-0-3, donde la distancia entre cámaras es de 88m, desde el mismo punto, existe una división que hace una distribución de cable 32 fibras ópticas hasta la CR-0-4 con un

tramos de 111m, continuando desde el mismo punto llegamos a la CR-0-5 cuyo tramo mide 120m entre cámaras, desde mismo punto, enlaza con un sifón para continuar de forma aéreo.

El cable distribución S/2 deriva con un cable de 16 fibras óptico desde la CR-0-3 con 217m de tramo llegamos hasta la CR-0-7.

La S/3 se distribuye desde la CR-0-1 subiendo por un sifón hasta el poste N° 57 con ellos finalizamos la red subterránea.

5.5.2. Instalación de la red aéreo

El diseño de la red está compuesto por el despliegue aéreo del cable de fibra óptico, el secundario S/1 continua de forma aéreo desde el Poste P88, P87, P82, P81, P80, P75, P74, P73, P72, P65, P64, P63, P62, P61, P60 y P59 cada tramo es de medida estándar 50m, el S/1 es un cable de capacidad de 32 fibras ópticas cuyo diámetro 1065mm total incluye aéreo y subterráneo.



Figura 30. Tendido aéreo

El secundario S/1 se ramifica con un cable de 16 fibras ópticas las que están de forma aéreo por los postes P79, 78 y 77 cuyo diámetro es de 166mm, del P87, P98, P85, P84 y P83 se ramifica con un cable de 16 fibras óptico para dar potencia a las CTO 08 y CTO 09.

El S/2 continua de forma aérea desde el poste P104, P99, P98, P97, P96, P95, P94, P93, y P92, llegando así hasta la CTO 11 con un cable de 32 fibras ópticas con un diámetro 1075mm en total entre aéreo y subterráneo.

El S/3 inicia desde el poste P57 con un cable 32 fibras ópticas que ramifica por los postes P56, P55, P54, P49, P48, P41, P40, P38, P37, y finalizando el recorrido con 544m en el P36. La ramificación de los cables 16 fibras ópticas para alimentar cajas del (25-27) están desde el poste P41, P47, P46, P45, P44 y P43 con un recorrido de 247m. Los postes P54, P53, P52 y P51 alimentan a las cajas 28 y 29 con un tramo de 134m de cable de 16 fibras ópticas. Los postes P55, P34, P28 y P27 con un tramo de 131m alimenta a la única caja número 30.



Figura 31. Colocación de ferrería aéreo

La S/4 alimenta las cajas (32-37) los postes P133, P132, P131, P130, P128, P126, P125 y P123 enlazan con un cable 16 fibras ópticas con un total de 416m. La CTO35 se interconecta con una ramificación del P128 al P121 con 58m de cable de 16 fibras ópticas.

5.6. Instalación de dispositivos y empalmes

En planta interna los equipos activos son instalados por cada proveedor según la marca, estos deben ser bien ubicados, ya que el ODF y OLT no deben estar separados, pues se debe hacer un enlace de jumpers de activación de puestos.

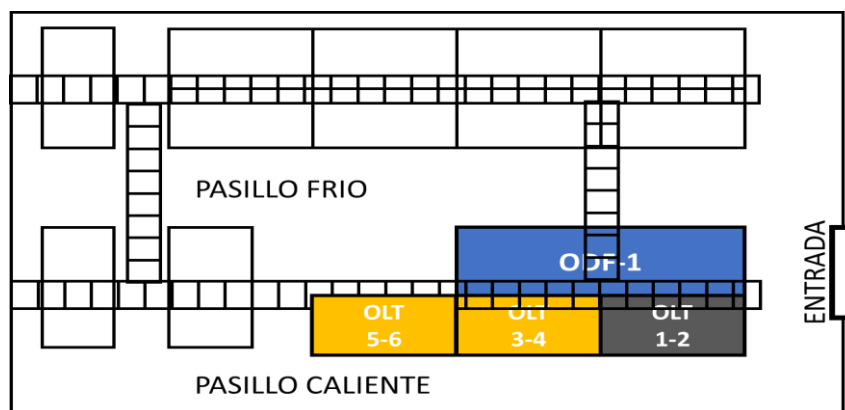


Figura 32. Ubicación equipos activos



Figura 33. Instalación OLT

Una vez posicionado los equipos activos, se hace el peinado de los jumpers para enlazar los puertos de la OLT con el ODF. Existen canaletas para el recorrido recomendado según data de los equipos, los jumpers son de 10m con ambos extremos del tipo de conector LC/APC.

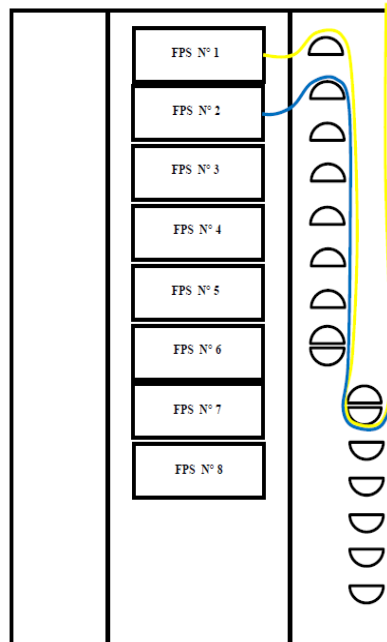


Figura 34. Posición de módulos y recorrido jumper

Como podemos observar en la figura el recorrido de los jumpers en el ODF, hace una distribución ordenada por módulos según corresponde.

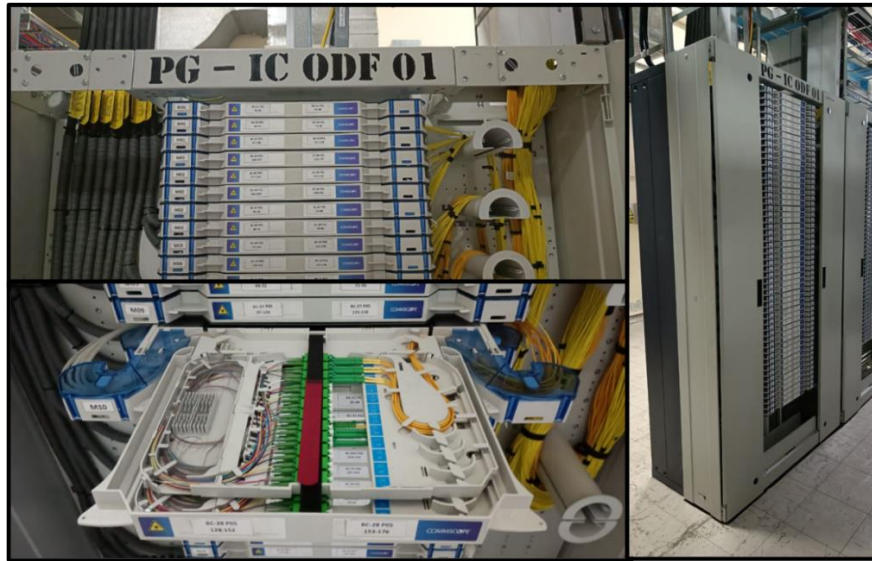


Figura 35. Instalación ODF y módulos

El ODF concentra todos los cables que ingresan de la red externa. Esto está debidamente rotulado, el cable de 128 fibras ópticas pertenece al P01 cable que alimenta a la red piloto.

El procedimiento una vez acondicionado el cable en la escalerilla, es preparar el extremo para acondiciona los buffers en las tres bandejas del módulo 01 cuya capacidad es de 128 hilos. Como podemos apreciar en la figura, tenemos dentro las bandejas de empalme y bandejas de conectores.



Figura 36. Bandeja de empalmes

Es así como se culmina los 128 empalmes en la central, aún no están activos los equipos hasta que se tenga todos los dispositivos pasivos instalados.

5.6.1. Instalación Divicau (caja acceso universal con capacidad para divisor)

El cable alimentador de 32FO hace ingreso a la caja de acceso para alimentar a los 37 ctos, preparamos el extremo del cable, fijamos y acondicionamos los buffers en las bandejas de empalme designado para alimentador. Preparamos los extremos de los 4 cables de distribución, una vez fijado cada uno de ellos se acondiciona los buffers para colocar los hilos en las bandejas de distribución de forma correlativo.

El divicau como indica es una caja de accesos para divisor, el splitter cuenta con una bandeja exclusivo para acondicionar, el hilo alienador ingresa hasta las bandejas del alimentador así empalmarlos.

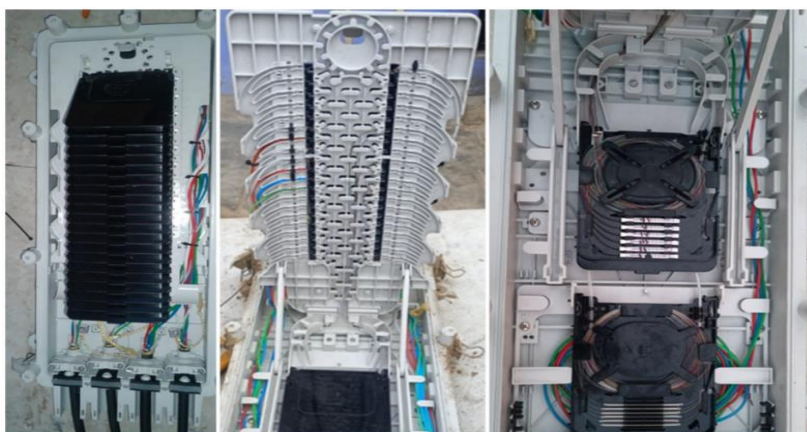


Figura 37. Instalación DIVICAU

Los splitter 1x8 dividen una potencia en 8 es por la cual un hilo se empalma con el cable alimentador. Los hilos de distribución están decodificados por colores los que son acondicionados 8 hilos en cada bandeja distribuidora para empalmar con los cables de distribución según perfil de diseño.



Figura 38. Instalación caja empalme

Para dar continuidad del cable alimentador, se instala una caja de 128FO para empalmar el cable 32FO desde las cuentas 1al 32 hilo de fibra óptico.

5.6.2. Caja Terminal Óptica (CTO)

La caja de terminales ópticas proporciona un gabinete ambientalmente protegido para empalmes de cables de fibra óptica, capaz de almacenar nuevos tubos sueltos, divisores de alojamiento y otros elementos pasivos, y conectividad rápida para hasta 16 clientes, conectados individualmente.



Figura 39. Instalación CTO

La caja de terminales ópticas consta de una envolvente y sistema de organización de fibras y elementos pasivos. La forma es casi rectangular, con esquinas redondeadas. Es una caja para los pilares, las superficies, las fachadas de los edificios; esta caja dispone de conexiones de cliente final a la caja, para registro de cliente sin necesidad de empalmes.



Figura 40. Rotulación caja óptica

La caja se fija a las vigas de madera con chapa perforada. En el exterior de la caja hay agujeros para estas correas, de modo que las correas perforadas se puedan fijar a los postes de madera. Se coloque la barra de acero a 2 pies detrás de la CTO abrazando la barra.

La CTO final solo ingresa el cable alimentador, una vez anclado el cable, se debe tener las siguientes consideraciones para la instalación y acondicionamiento.

1. El recorrido del cable debe ser por detrás del poste de forma recta.
2. El cable y caja debe ser sujetado con 5 bandit y hebilla como máximo.
3. El cable debe ser etiquetado.
4. El ingreso de cable como curva debe tener de 30cm hasta el ingreso de la caja.

La caja terminal Óptica intermedio con cable tipo sangrado se debe tener las siguientes consideraciones.

1. El recorrido del cable debe bajar en paralelo de forma recta hasta el ingreso de las cajas.
2. El cable debe estar etiquetado.
3. La bajada de cable incluido la caja debe ser sujetado con 5 hebillas y cinta bandit como máximo.

Para la instalación del cable y empalme, se realiza lo siguiente:

1. Se prepara el cable, sacar la cubierta para dejar en solo tubo.
2. Ingresar el cable por los puertos de la CTO y fijar según el manual del equipo
3. Guardar la reserva de tubos y asegurar con cintillo en las bandejas indicadas según manual de instalación del equipo
4. Se prepara el hilo óptico para las mediciones, debe ser sujetado a la entrada con el cintillo.
5. Se empalma los manguitos deben ser posicionados en el lugar correspondiente y bien fijo.
6. Se acondiciona los hilos ópticos en las bandejas.

Es así como se concluye la instalación de todos los dispositivos ya estos están con la potencia activa listos para las pruebas correspondientes.

5.7. Pruebas y Verificación

Vamos a detallar las pruebas necesarias para asegurar el correcto funcionamiento de la red FTTH con el estándar GPON. Estas pruebas son necesarias para garantizar que la red cumpla con los estándares de diseño e identificar y corregir cualquier problema.

Tenemos parámetros establecidos para analizar si los eventos y rangos que encontramos están dentro de los niveles establecidos para el buen funcionamiento de la red.

Tabla 15. *Parámetros de construcción FTTH*

UMBRAL	1310nm	1550nm	1625nm
Perdida Max. Por empalme (Max splice loss)	0.1dB	0.1dB	0.1dB
Perdida Max. Por conector (Max. connector loss)	0.3dB	0.3dB	0.3dB
Perdida Max. Por divisor (1:8) (Max. splitter loss (1:8))	10.5dB	10.5dB	10.5dB
Reflectancia Max(En Conector,En Empalme,En Splitter)	-60dB	-60dB	-60dB
ORL	-40dB	-40dB	-40dB

5.7.1. Simulación de Red FTTH en OptiSystem

Para simular el diseño de una red FTTH (Fibra hasta el hogar), se utiliza el software OptiSystem, representamos la red con los parámetros según cuadro 20, para la salida de potencia de la OLT es de 5dBm y se envía a través del ODF con una atenuación de conectores de 0.3dB, para la perdida de empalme es 0.1 dB y para los splitter es de 10.5dB.

La distancia entre ODF y CTO 01 es de 1195m la perdida nominal para el cable que usamos es de 0.25dB, Usamos equipos virtuales para medir la potencia de llegada en la CTO 01.

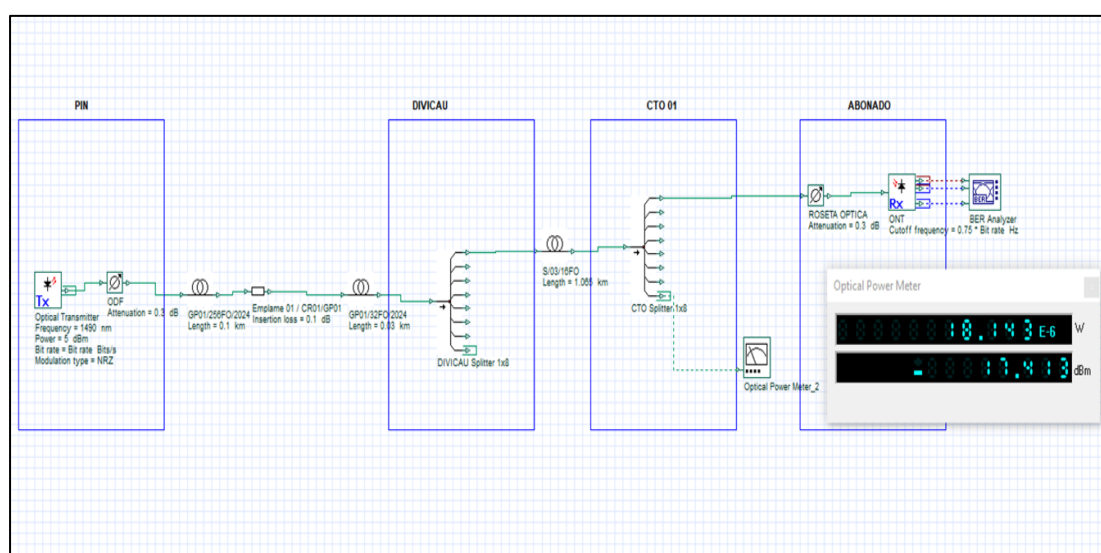


Figura 41. Simulación de Red FTTH CTO 1

La potencia de la señal medida en el punto final es de (-17.41 dBm) lo cual se considera dentro de un rango aceptable para la red FTTH con estándar GPON

La imagen que se muestra en el diagrama visual de un analizador BER (tasa de error de bits) con un análisis detallado de los parámetros de calidad de la señal. A continuación, se presenta un resumen de la investigación presentada.

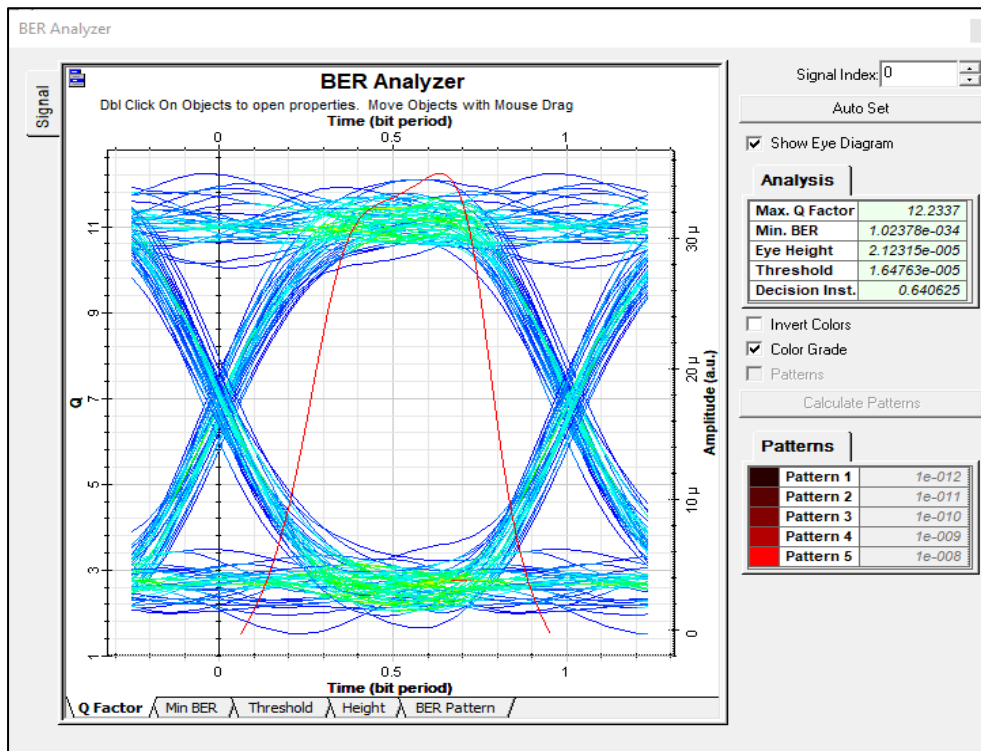


Figura 42. Diagrama visual de un analizador VER en CTO 1

La imagen visual es una característica visual de una señal digital en un sistema de comunicación. Muestra una superposición de varias formas de onda adquiridas en una única ventana de tiempo, lo que ayuda a visualizar varios símbolos importantes.

Imagen óptica limpia: una imagen óptica limpia y bien definida, con buenas puertas verticales y horizontales, muestra una señal alta sin interferencias bajas.

Diferentes colores y patrones: diferentes patrones en el diagrama pueden indicar diferentes valores de BER en diferentes condiciones de señal. Los esquemas de color específicos indican la variación en BER para cada patrón de bits.

El análisis de imágenes ópticas y parámetros BER muestra que la señal del sistema de comunicación es positiva. La tasa de error de bits es baja y el factor Q es ligeramente mayor, lo que indica la eficiencia del sistema. La altura adecuada del ojo y los bordes correctamente colocados ayudan a garantizar una visibilidad adecuada de la broca, lo que reduce el error.

Este tipo de análisis es necesario para comprobar el rendimiento de un sistema de comunicación óptica, los resultados positivos aquí presentados indican que la red está funcionando como se esperaba.

5.7.2. Pruebas de Potencia Físico

Para asegurar que la señal óptica en áreas críticas de la red tenga la fuerza suficiente, aseguramos que cumple con los criterios de diseño establecidos para la eficiencia.

Para poder hacer las pruebas, necesitamos un equipo power meter que tiene la capacidad de medir la potencia óptica de la red FTTH.

5.7.2.1. Análisis de la Lectura CTO 01

Potencia Medida es -16.02 dBm, el valor de la potencia óptica medida en el punto de prueba CTO 01, este valor que indica la cantidad de señal óptica que se está recibiendo en ese punto.

El valor de -16.02 dBm es bastante común en redes FTTH, especialmente después de que la señal ha transcurrido por todos los eventos de la red y tiene cierta atenuación acumulada.

La sensibilidad del receptor en la ONT (Optical Network Terminal) es de -27 dBm es por la cual podemos deducir que la potencia obtenida es adecuada para la transmisión de los servicios de telecomunicaciones.

Conclusión la lectura de -16.02 dBm en la ubicación CTO 01 / D01-P1 / PS1-F01 indica que la señal óptica está en un nivel adecuado para un rendimiento óptimo de la red.



Figura 43. Medición potencia en CTO 1

5.7.2.2. Análisis de la Lectura CTO 08

El CTO 08 es consistente con la lectura anterior de -16,21 dBm en el sitio CTO 08/D01-P8/PS1-F8, lo que indica que la red está bien equilibrada en términos de energía óptica. Este nivel de potencia implica una señal óptica fuerte, de continuar obteniendo las mismas mediciones en otras partes de la red indicaría que la red FTTH está bien establecida y operando con la resolución requerida.



Figura 44. Medición potencia en CTO 8

5.7.2.3. Análisis de la Lectura CTO 09

La potencia $-16,50$ dBm, en el punto CTO 09/D02-P1/PS1-F9 muestra una señal ligeramente más débil que las lecturas anteriores, pero aún dentro de un rango que se considera funcional según las especificaciones de diseño de la red estas variaciones son comunes entre FTTH debido a diferencias en longitudes de cables, empalmes y conectividad.



Figura 45. Medición potencia en CTO 9

5.7.2.4. Análisis de la Lectura CTO 11

Los $-16,70$ dBm del CTO 11/D02-P6/PS2-F1 muestran una señal ligeramente más débil que la lectura anterior. Si bien todavía existe un margen aceptable para el funcionamiento de la red FTTH, la evolución de la tendencia puede ser una indicación para un análisis más exhaustivo de los proyectos en este sector, para garantizar que la conectividad y la unión estén en excelentes condiciones.



Figura 46. Medición potencia en CTO 11

5.7.2.5. Análisis de la Lectura CTO 26

El valor de $-15,99$ dBm en el sitio CTO 26/D04-P2/PS3-F4 indica que la señal óptica en este es lo suficientemente fuerte para la red FTTH y se encuentra en un modo de funcionamiento óptimo. Este valor es ligeramente mejor que algunas lecturas anteriores que indican que esta parte particular de la red tiene baja atenuación o buenas condiciones de comunicación.

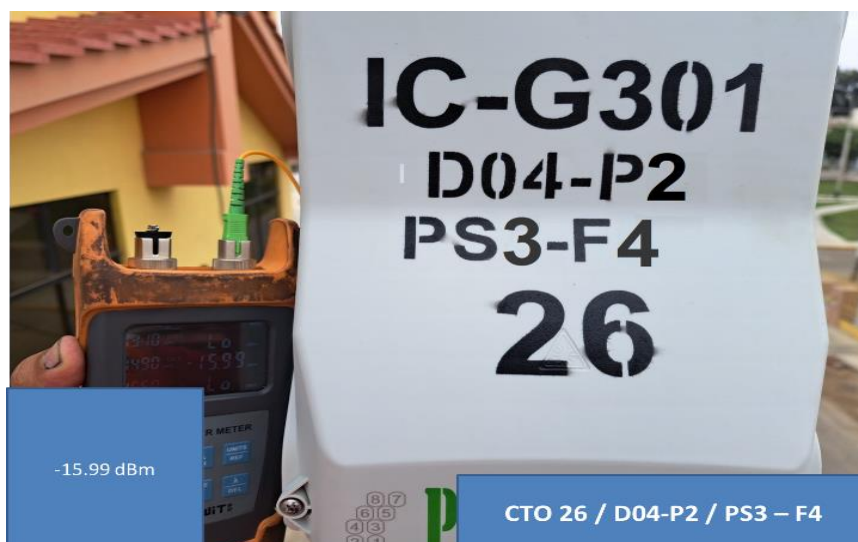


Figura 47. Medición potencia en CTO 26

5.7.2.6. Análisis de la Lectura tabla general de valores ópticos medidos

Esta lista es el registro de las mediciones de potencia óptica que se ha realizado en las 37 cajas ópticas.

Tabla 16. Valores de potencia medido en CTO 1 al CTO 37 de la red FTTH.

CAJA OPTICA	POTENCIA EN CTO	CAJA OPTICA	POTENCIA EN CTO	CAJA OPTICA	POTENCIA EN CTO
CTO 01	-16.02	CTO 13	-15.92	CTO 25	-16.68
CTO 02	-16.9	CTO 14	-17.28	CTO 26	-15.99
CTO 03	-16.1	CTO 15	-17.28	CTO 27	-17.08
CTO 04	-16.53	CTO 16	-16.73	CTO 28	-16.52
CTO 05	-16.61	CTO 17	-15.83	CTO 29	-15.51
CTO 06	-16.15	CTO 18	-15.09	CTO 30	-15.66
CTO 07	-15.74	CTO 19	-15.92	CTO 31	-16.13
CTO 08	-16.21	CTO 20	-15.76	CTO 32	-16.17
CTO 09	-16.5	CTO 21	-16.23	CTO 33	-17.28
CTO 10	-14.43	CTO 22	-16.14	CTO 34	-16.13
CTO 11	-16.7	CTO 23	-15.97	CTO 35	-15.54
CTO 12	-16.73	CTO 24	-16.37	CTO 36	-16.03
				CTO 37	-14.83

Las mediciones oscilan entre -16.70 dBm y -15.99 dBm, lo cual indica una ligera variación en la señal óptica en diferentes puntos de la red.

La potencia de la señal es relativamente estable, con una leve disminución en la potencia (es decir, una mayor atenuación) en algunas ubicaciones. Las mediciones están dentro de un rango típico para una red FTTH, y aunque hay pequeñas variaciones, no parecen ser lo suficientemente significativas como para causar problemas operativos en una red bien diseñada y equilibrada.

Se calcula las estadísticas básicas usando estos datos de registros de la medición de potencia de CTO la red FTTH con el fin de hacer un análisis más específico.

Para calcular la **media**, sumamos todos los valores y dividimos por el total de numero de CTO.

$$\text{Media} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

- x_i son los valores de las potencias.
- n es el número total de valores.

Cálculo:

Sumamos todos los valores:

Suma=-17.28+(-17.28)+(-17.28)+(-17.08)+(-16.73)+(-16.73)+(-16.7)+(-16.68)+(-16.61)+(-16.53)+(-16.52)+(-16.37)+(-16.23)+(-16.21)+(-16.17)+(-16.15)+(-16.14)+(-16.13)+(-16.13)+(-16.1)+(-16.03)+(-15.99)+(-15.97)+(-15.92)+(-15.92)+(-15.83)+(-15.76)+(-15.74)+(-15.66)+(-15.54)+(-15.51)+(-15.09)+(-14.83)+(-14.43)

Suma = -592.89

El número de datos (n) es 37.

Por lo tanto, la media es:

$$\text{Media} = \frac{-592.89}{37} \approx \mathbf{-16.02 \text{ dBm}}$$

La **mediana** es el valor central cuando los datos están ordenados de menor a mayor. Si el número de datos es impar, la mediana es el valor central; si es par, es el promedio de los dos valores centrales.

Ordenamos los datos de menor a mayor.

-17.28, -17.28, -17.28, -17.08, -16.73, -16.73, -16.7, -16.68, -16.61, -16.53, -16.52, -16.37, -16.23, -16.21, -16.17, -16.15, -16.14, -16.13, -16.13, -16.1, -16.03, -15.99, -15.97, -15.92, -15.83, -15.76, -15.74, -15.66, -15.54, -15.51, -15.09, -14.83, -14.43

Dado que el número de valores es impar (37), la mediana es el valor central, que es el 19º valor:

$$\mathbf{\text{Mediana} = -16.13 \text{ dBm}}$$

La **desviación estándar** mide cuánto se desvían los valores de la media.

Fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}}$$

Donde:

- σ es la desviación estándar.

- x_i son los valores de las potencias.
- μ es la media calculada.
- n es el número total de valores.

Resta la media de cada valor y eleva el resultado al cuadrado:

$$(-16.02 - (-16.02))^2 = 0$$

$$(-16.09 - (-16.02))^2 = 0.7744$$

Así sucesivamente para todos los valores.

Sumar todos estos valores cuadrados:

$$\text{suma de cuadrados} = 13.9089$$

Dividir por el número de datos ($n=37$):

$$\text{Varianza} = \frac{13.9089}{37} \approx 0.3759$$

Toma la raíz cuadrada de la varianza para obtener la desviación estándar:

$$\sigma \approx \sqrt{0.3759} \approx \mathbf{0.61 \text{ dBm}}$$

☐ **Valor Mínimo:** El valor más bajo de la lista ordenada es:

Valor Mínimo = **-17.28 dBm**

☐ **Valor Máximo:** El valor más alto de la lista ordenada es:

Valor Máximo = **-14.43 dBm**

Resumen de Estadísticas Básicas:

Media: -16.02 dBm

Mediana: -16.13 dBm

Desviación Estándar: 0.61 dBm

Valor Mínimo: -17.28 dBm

Valor Máximo: -14.43 dBm

Media y Mediana están muy cercanas, lo que indica una distribución simétrica de los valores de potencia de las CTO, con la mayoría de las potencias agrupadas en torno a -16 dBm.

Desviación Estándar es baja (0.61 dBm), lo que sugiere que las mediciones están bastante cerca de la media.

El valor mínimo (-17.28 dBm) y el valor máximo (-14.43 dBm) muestran que hay cierta variabilidad en la potencia de señal recibida en diferentes CTOs, lo cual es común en redes distribuidas como FTTH.

5.7.3. Prueba IOLM (Intelligent Optical Link Mapping)

La figura muestra un informe de prueba de un sistema de fibra óptica utilizando un dispositivo iOLM (Intelligent Optical Link Mapper). Estos informes se utilizan para evaluar la calidad del enlace de fibra óptica, encontrar y medir pérdidas y reflexiones de segmentos en varias ubicaciones de la red.

Informe de iOLM



Información general

Nombre de archivo: ICG301.iolm

Fecha de la prueba:

Cliente:

Hora de la prueba:

Empresa:

ID de trabajo: DIVICAU IC G301 CTO 01

Comentarios:

Ubicaciones

	Ubicación A	Ubicación B
Operario		
Modelo	MAX-730D-SM8-OPM2-EA	
Número de serie	1766183	
Fecha de calibración	31/10/2023 (UTC)	

Identificadores

Cable ID	Fiber ID
P01	CTO 01

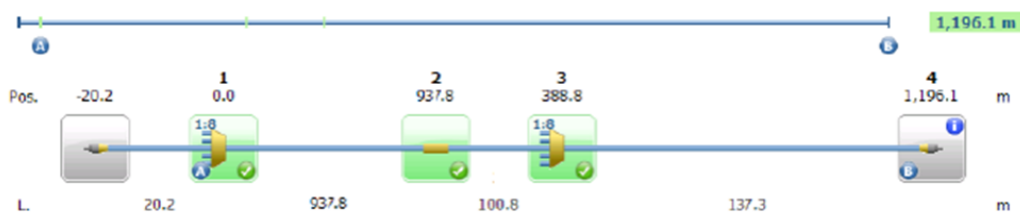
Resultados de iOLM

Longitud de tramo: 1,196.1 m

Estado de adquisición: Finalizada

Longitud de onda (nm)	Pérdida de tramo (dB)	ORL de tramo (dB)
1650	21.803	53.62

Vista de tramo



Informe de iOLM



Tabla de elementos

Tipo	N.º	Pos./L. (m)	Pérdida (dB)	Refl. (dB)	At. (dB/km)	Pérdida acumul (dB)
			1650 nm	1650 nm	1650 nm	1650 nm
Conector		-20.2	0.447	-48.4		---
Sección		20.2	---			---
Divisor 1:8	1	0.0	10.808	-53.9		10.808
Sección		288.0	0.531			12.339
Empalme	2	288.0	0.269	---		12.608
Sección		100.8	0.035			12.643
Divisor 1:8	3	388.8	10.147	---		22.790
Sección		807.3	---			22.790
Conector	4	1,196.1	---	-13.8		---

• Para medir la pérdida de punta a punta y ORL, incluyendo el último elemento, se necesita una fibra de recepción.

Figura 48. Informe IOLM

El informe nos muestra 1196.1 metros. Esto indica la longitud total del enlace que ha sido analizado, 21.803 dB es la pérdida total medida a lo largo del enlace, lo cual incluye pérdidas debido a conectores, empalmes, divisores y la fibra misma.

ORL de Tramo (Optical Return Loss) es 53.62 dB. Esto mide el nivel de señal que se refleja de vuelta hacia la fuente, un valor más alto generalmente indica mejores condiciones en términos de reflexiones.

La pérdida acumulada de 21.803 dB al final del enlace es ligeramente alta nada perjudicial a la red. Las reflexiones en los conectores (-53.9 dB y -48.4 dB) están en un rango aceptable, lo que indica una buena calidad de los conectores y la instalación.

Hay dos divisores 1:8 donde la CTO esta 10.808 dB y el DIVICAU 10.147 dB a lo largo del tramo, que naturalmente causan una pérdida significativa debido a la división de la señal.

La pérdida en los empalmes es relativamente baja, lo que es una señal de una buena calidad de empalme.

Podemos deducir que la red FTTH estar bien instalado y las mediciones están dentro de un rango aceptable, como lo indica el estado "Correcto" del informe. Sin embargo, la pérdida acumulada ligeramente alta lo que se podría existir una falta de limpieza de conectores, mal acondicionamiento de las reservas finalmente los empalmes están ligeramente altos, que no perjudica la red para una buena transmisión de datos.

5.7.3.1. Análisis de la Lectura tabla general de pérdida de la red.

Para analizar los datos del informe iOLM, debemos hacer un resumen de datos:

Número de CTO 37.

Rango de Longitudes: Las longitudes de las conexiones de fibra óptica varían entre 329.7 metros y 1207.9 metros.

Pérdida de Tramo (dB): Las pérdidas de tramo varían entre 19.271 dB y 22.322 dB.

Aquí tienes un análisis estadístico de los datos proporcionados:

Media de la Longitud de los Tramos:

Media: 782.26 metros. Esto indica que, en promedio, las longitudes de los tramos de fibra óptica son de aproximadamente 782 metros.

Media de la Pérdida de Tramo:

Media: 20.52 dB. En promedio, las pérdidas de señal a lo largo de los tramos de fibra óptica son de aproximadamente 20.52 dB.

Desviación Estándar:

- Desviación Estándar de la Longitud: 245.96 metros
- Desviación Estándar de la Pérdida de Tramo: 0.81 dB.

La desviación estándar de la longitud indica una variabilidad significativa en las longitudes de los tramos, mientras que la desviación estándar de la pérdida es relativamente baja, lo que sugiere una consistencia razonable en las pérdidas medidas.

Valores Mínimos y Máximos:

- Longitud Mínima: 329.7 metros
- Longitud Máxima: 1207.9 metros
- Pérdida Mínima: 19.27 dB.
- Pérdida Máxima: 22.32 dB.

Las longitudes varían significativamente entre los tramos más cortos y los más largos. En cuanto a las pérdidas, aunque hay cierta variabilidad, el rango de valores es

relativamente estrecho, lo que indica que las pérdidas son bastante uniformes a lo largo de diferentes tramos.

Consistencia en las Pérdidas:

La baja desviación estándar en las pérdidas de tramo refleja que la red está bien instalada y que las pérdidas están dentro de un rango aceptable para la mayoría de los tramos de la red FTTH.

Variabilidad en las Longitudes:

La amplia gama de longitudes de los tramos sugiere una red que cubre diversas distancias. Esto podría reflejar la cobertura de áreas con diferentes necesidades de cableado o la inclusión de múltiples secciones de fibra en el análisis.

Posibles Áreas de Mejora:

Si bien las pérdidas están bastante uniformes, los tramos con pérdidas más altas (cerca de 22 dB) podrían revisarse para identificar si hay margen para mejorar, especialmente, si las pérdidas superan las especificaciones de diseño.

Tabla 17. *Perdida de tramo medición IOLM CTO 1 al CTO 37.*

CAJA OPTICA	LONGITUD (METROS)	PERDIDA DE TRAMO (dB)
CTO 01	1196.1	21.8
CTO 02	1083.1	21.571
CTO 03	1041.6	21.075
CTO 04	878.4	20.435
CTO 05	795.3	20.527
CTO 06	833.1	20.421
CTO 07	795.3	19.527
CTO 08	861	20.244
CTO 09	769.5	21.306
CTO 10	905.9	20.749
CTO 11	1207.9	22.322
CTO 12	1099.4	19.391
CTO 13	1034.8	20.513
CTO 14	981.2	21.291
CTO 15	815.9	19.271
CTO 16	746.2	20.046
CTO 17	693	19.75
CTO 18	1082.2	21.982
CTO 19	1025.4	20.349
CTO 20	1082.2	21.982
CTO 21	1045.9	20.997
CTO 22	967.4	20.487
CTO 23	676.3	19.546
CTO 24	560.2	20.389
CTO 25	736.2	20.277
CTO 26	682.5	19.332
CTO 27	606.6	19.93
CTO 28	516.3	20.382
CTO 29	457.1	20.263
CTO 30	693	20.276
CTO 31	437.3	20.742
CTO 32	516.3	20.382
CTO 33	483.4	19.7
CTO 34	437.3	20.742
CTO 35	488.8	20.107
CTO 36	381.9	21.89
CTO 37	329.7	19.336

5.7.4. Prueba de Desempeño de Red

Las pruebas de velocidad de Internet son herramientas que miden la calidad y el rendimiento de su conexión en redes. Estas pruebas se utilizan para garantizar que obtengamos las velocidades de carga y descarga prometidas por las empresas proveedoras. Además, se

miden otros parámetros importantes como la latencia, que son importantes para aplicaciones en tiempo real como juegos online o videollamadas.

Para medir la velocidad, usamos la herramienta gratuita FAST.com donde nos genera datos necesarios para procesarlos y ver la mejora de los servicios entre la red de cobre a la red fibra óptica con tecnología FTTH en el distrito de Marcona.

5.7.4.1. Prueba de velocidad en red de cobre

La velocidad de Internet en redes de cobre se ve afectada por muchos factores, como la calidad del cable, la distancia entre el abonado y la central telefónica

A continuación, tenemos una prueba de velocidad con FAST.com en el nodo 1 de la red de cobre en el distrito de Marcona.

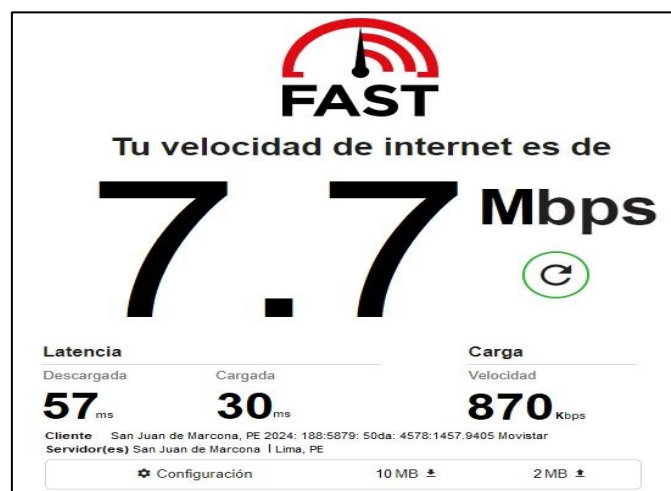


Figura 49. Medición velocidad nodo 1

Resultados de la Prueba:

- **Velocidad de Descarga: 7.7 Mbps:** Esta velocidad es moderada para tareas básicas en línea, como navegar por la web.

- **Velocidad de Subida (Carga): 870 Kbps:** La velocidad de subida es baja, lo que puede afectar la calidad de videollamadas y la velocidad al subir archivos o realizar transmisiones en vivo. Con esta velocidad, tenemos retrasos o baja calidad en estas actividades.
- **Latencia de Descarga: 57 ms:** Una latencia de 57 milisegundos es relativamente alta para juegos en línea o aplicaciones en tiempo real, aunque es manejable para la mayoría de las tareas básicas.
- **Latencia de Subida: 30 ms:** La latencia de subida es más baja que la de descarga, lo que es bueno para aplicaciones que requieren respuestas rápidas, aunque sigue siendo algo alta para actividades muy sensibles a la latencia.

El servicio fue brindado por Movistar y las pruebas se realizaron desde San Juan de Marcona, Perú. La conexión es adecuada para tareas de navegación en particular, pero puede no ser adecuada para usuarios que tienen que realizar muchas actividades que consumen mucho ancho de banda o latencia.



Figura50. Medición velocidad nodo 2

La prueba de velocidad de Internet realizada con FAST.com, en el nodo 2 para el muestro de la red de cobre:

Resultados de la Prueba

- **Velocidad de Descarga: 6.5 Mbps:** Tiene una velocidad de descarga baja y sólo es adecuado para tareas básicas en línea, como navegar por la web, enviar correos electrónicos y ver vídeos en calidad normal. Sin embargo, es posible que esta velocidad no sea suficiente para aplicaciones que requieren mucho ancho de banda, como la transmisión en HD o los juegos en línea.
- **Velocidad de Subida (Carga): 690 Kbps:** La velocidad de subida es bastante baja, lo que podría dificultar la realización de videollamadas de alta calidad, la carga de archivos grandes o la transmisión en vivo. Con esta velocidad, es probable que experimentes retrasos y una calidad inferior en las aplicaciones que requieren una alta velocidad de subida.
- **Latencia de Descarga: 59 ms:** Una latencia de 59 milisegundos es moderadamente alta. Esto podría causar una ligera demora en aplicaciones que requieren una respuesta rápida, como los juegos en línea o las videollamadas.
- **Latencia de Subida: 74 ms:** La latencia de subida es aún más alta, lo que podría afectar la calidad de las videollamadas o cualquier aplicación en tiempo real que implique subir datos. Esta latencia es bastante elevada para aplicaciones que requieren comunicación fluida y rápida.

El servicio es brindado por Movistar y las pruebas se realizaron desde San Juan de Marcona, Perú. Estos resultados demuestran una conectividad adecuada para servicios básicos de navegación y comunicación, pero pueden tener dificultades con aplicaciones que requieren gran ancho de banda o latencia de baja altitud.

Tabla 18. *Prueba velocidad y latencia red cobre en nodo 1 al nodo 20.*

NODO	Velocidad Descarga (Mbps)	Velocidad Subida (Mbps)	Latencia Descarga (ms)	Latencia Subida (ms)
NODO 01	7.7	0.870	57	30
NODO 02	6.5	0.690	59	74
NODO 03	6.7	0.650	68	56
NODO 04	7.8	0.400	54	76
NODO 05	6.7	0.880	54	49
NODO 06	6.8	0.600	64	71
NODO 07	8.0	0.870	57	82
NODO 08	6.4	0.530	64	45
NODO 09	9.0	0.500	60	90
NODO 10	5.9	0.670	75	40
NODO 11	8.1	0.450	49	52
NODO 12	7.3	0.810	67	64
NODO 13	9.8	1.000	59	42
NODO 14	6.6	0.600	48	58
NODO 15	9.1	0.840	63	52
NODO 16	6.7	0.330	55	46
NODO 17	10.2	1.080	60	44
NODO 18	9.7	0.890	48	55
NODO 19	7.5	0.820	60	79
NODO 20	9.3	0.760	39	84

- **Velocidad de Descarga:** En Promedio, las velocidades de descarga oscilan entre 6.2 Mbps y 9.3 Mbps son relativamente bajas, siendo suficientes solo para tareas básicas en línea, como navegación web.
- **Velocidad de Subida:** En Promedio, las velocidades de subida varían entre 0.3 Mbps y 1.0 Mbps son bastante limitadas, lo que puede afectar significativamente la capacidad para subir archivos, hacer videollamadas o realizar transmisiones en vivo.
- **Latencia de Descarga:** En Promedio, la latencia de descarga se sitúa entre 39 ms y 75 ms es moderadamente alta en varios nodos, lo que podría causar retrasos en aplicaciones que requieren respuestas rápidas, como los juegos en línea o las videollamadas.

- **Latencia de Subida:** En Promedio, la latencia de subida varía entre 29 ms y 78 ms es alta en algunos nodos, lo que puede afectar negativamente la calidad de la comunicación en tiempo real.

Los nodos presentan velocidades de descarga y subida que no son óptimas para aplicaciones intensivas en datos. Esto es típico de las redes de cobre, donde las velocidades de subida son especialmente limitadas debido a las características del medio físico.

La latencia en ambos sentidos (descarga y subida) es elevada en varios nodos, lo que indica una posible congestión o problemas en la red de cobre que pueden estar afectando el rendimiento.

Nodo 10: Presenta la mayor velocidad de descarga (9.3 Mbps) y una latencia de descarga moderada (45 ms). Sin embargo, la velocidad de subida sigue siendo baja (0.670 Mbps).

Nodo 19: Tiene una velocidad de descarga relativamente alta (9.0 Mbps) con una latencia de descarga aceptable (40 ms), pero la velocidad de subida es solo de 0.680 Mbps.

Nodo 12: Muestra una baja velocidad de descarga (6.1 Mbps) y la latencia de descarga más alta (75 ms), lo que podría afectar gravemente la calidad de la experiencia en línea.

Nodo 17: Aunque tiene una velocidad de descarga aceptable (8.2 Mbps), la latencia de subida es bastante alta (78 ms), lo que podría impactar en las tareas que requieren una respuesta rápida.

Los resultados reflejan las limitaciones inherentes a las redes de cobre, especialmente en términos de velocidad de subida y latencia. Estas características hacen que este tipo de red

sea menos adecuada para aplicaciones modernas que requieren un alto rendimiento, como la transmisión de video en alta definición, juegos en línea, o videollamadas de alta calidad.

5.7.4.2. Prueba de velocidad en red FTTH con estándar GPON

Las velocidades en las conexiones FTTH (Fibra hasta el Hogar) son más altas y más robustas que otros tipos de conexiones a Internet, como ADSL o cable coaxial porque la tecnología FTTH utiliza cables de fibra óptica directamente desde el proveedor de servicios hasta el hogar del consumidor.

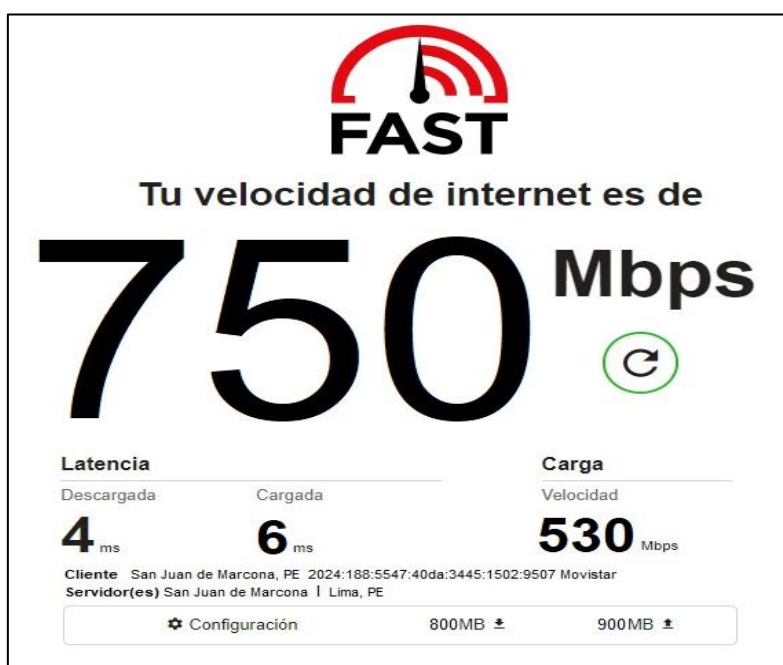


Figura 51. Prueba de velocidad NODO 1

La imagen muestra los resultados de una prueba de velocidad de Internet realizada con FAST.COM de la CTO 01 con red FTTH del distrito de Marcona.

- **Velocidad de Descarga: 750 Mbps:** Esta velocidad de descarga es muy alta, adecuada para cualquier tipo de actividad en línea, incluida la transmisión de video en 4K, juegos en línea, descarga de archivos grandes en segundos, y el uso intensivo de aplicaciones en la nube. Es un rendimiento típico de una conexión de fibra óptica de alta capacidad.

- **Velocidad de Subida (Carga): 530 Mbps:** La velocidad de subida es también muy alta, permitiendo realizar tareas intensivas en subida de datos, como la transmisión en vivo en alta calidad, videoconferencias de alta resolución, y carga rápida de grandes volúmenes de datos a la nube.
- **Latencia de Descarga: 4 ms:** Una latencia de 4 milisegundos es excelente, indicando una rápida respuesta en la comunicación con el servidor. Esto es particularmente útil para aplicaciones que requieren baja latencia, como juegos en línea y videoconferencias.
- **Latencia de Subida: 6 ms:** La latencia de subida es también muy baja, lo que asegura una transmisión de datos rápida y eficiente hacia el servidor, ideal para videoconferencias y otras actividades que requieren una respuesta rápida.

El servicio fue proporcionado por Movistar y las pruebas se realizaron desde San Juan de Marcona, Perú, utilizando servidores en San Juan de Marcona. El rendimiento de la conectividad es excelente, con velocidades muy altas y latencia muy baja, y proporciona una experiencia de usuario superior para todas las aplicaciones de Internet.

Estos resultados indican la disponibilidad de Internet de fibra óptica (FTTH) de alta calidad. Con velocidades de descarga de 750 Mbps y latencia mínima, esta red es ideal para usuarios avanzados o empresariales que necesitan una conectividad rápida y confiable para sus actividades diarias.



Figura 52. Prueba de velocidad NODO 2

La imagen muestra los resultados de una prueba de velocidad de Internet realizada con FAST.COM de la CTO 02 con red FTTH del distrito de Marcona.

- **Velocidad de Descarga: 1.9 Gbps:** Esta velocidad de descarga es extremadamente alta, adecuada para cualquier tipo de actividad en línea, incluyendo transmisión de video en 4K, juegos en línea, descarga de archivos grandes en segundos, y el uso intensivo de aplicaciones en la nube.
- **Velocidad de Subida (Carga) 1.6 Gbps:** La velocidad de subida es también muy alta, lo que permite realizar tareas intensivas en subida de datos como la transmisión en vivo en alta calidad, videoconferencias de alta resolución, y carga rápida de grandes volúmenes de datos a la nube.
- **Latencia de Descarga: 6 ms:** Una latencia de 6 milisegundos es excelente, lo que indica una respuesta rápida en la comunicación con el servidor. Esto es particularmente útil para aplicaciones que requieren baja latencia, como juegos en línea y videoconferencias.

- **Latencia de Subida: 1 ms:** La latencia de subida es extremadamente baja, lo que asegura una transmisión de datos rápida y eficiente hacia el servidor, ideal para videoconferencias y otras actividades que requieren una respuesta rápida.

El servicio fue brindado por Movistar y las pruebas se realizaron desde San Juan de Marcona, Perú. Estos resultados señalan el logro de Internet por fibra óptica (FTTH) de alta calidad. Las velocidades de descarga y carga son muy rápidas y el tiempo de carga es mínimo, lo que brinda una experiencia de usuario de alta calidad para todo tipo de aplicaciones de Internet. La conectividad mostrada en estos resultados es ideal para usuarios avanzados, empresas o sitios de Internet de alta gama con múltiples aplicaciones simultáneas. Los negocios requieren velocidad. y baja latencia para realizar cualquier tarea en línea de manera más eficiente y sin interrupciones.

Tabla 19. *Prueba velocidad y latencia en red FTTH nodo 1 al nodo 20*

NODO	Velocidad Descarga (Gbps)	Velocidad Subida (Gbps)	Latencia Descarga (ms)	Latencia Subida (ms)
NODO 1	0.75	0.53	4	6
NODO 2	1.9	1.6	6	1
NODO 3	1.4	1.6	4	10
NODO 4	0.7	1.5	7	8
NODO 5	1.1	1.9	1	1
NODO 6	1.0	1.1	6	6
NODO 7	1.1	1.4	9	3
NODO 8	0.7	0.6	6	6
NODO 9	1.1	0.6	9	7
NODO 10	0.7	1.0	6	9
NODO 11	1.2	0.6	9	9
NODO 12	1.9	1.3	5	4
NODO 13	1.0	1.3	9	2
NODO 14	0.8	1.3	5	3
NODO 15	0.7	1.6	3	5
NODO 16	1.5	1.4	6	8
NODO 17	0.6	1.0	2	4
NODO 18	1.7	1.5	8	9
NODO 19	1.7	1.3	6	7
NODO 20	1.5	0.6	8	5

Los nodos 09 y 04 ofrecen el mejor rendimiento general cuando se consideran la velocidad y el retraso. Estos nodos son ideales para aplicaciones que requieren alta velocidad y baja latencia, como transmisión de video 4K, juegos en línea y videollamadas de alta calidad.

Vamos un análisis comparativo entre las velocidades de la red FTTH y la red de cobre basado en los 20 puntos de prueba.

- **Análisis de Velocidad de Descarga:**

Red FTTH:

Rango de Velocidades: 0.7 Gbps a 1.9 Gbps

Promedio: Aproximadamente 1.31 Gbps

Red de Cobre:

Rango de Velocidades: 6.2 Mbps a 10.2 Mbps

Promedio: Aproximadamente 8.11 Mbps

- **Mejora en Velocidad de Descarga:** La velocidad promedio de la red FTTH es de 1.31 Gbps, que es significativamente mayor que la velocidad promedio de la red de cobre, que es de 8.11 Mbps.
- **Análisis de Velocidad de Subida:**

Red FTTH:

Rango de Velocidades: 0.6 Gbps a 1.6 Gbps

Promedio: Aproximadamente 1.23 Gbps

Red de Cobre:

Rango de Velocidades: 0.3 Mbps a 0.88 Mbps

Promedio: Aproximadamente 0.63 Mbps

- **Mejora en Velocidad de Subida:** La velocidad promedio de subida en la red FTTH es de 1.23 Gbps, en comparación con 0.63 Mbps en la red de cobre.
- **Análisis de Latencia Descarga:**

Red FTTH:

Rango: 4 ms a 9 ms

Promedio: Aproximadamente 6 ms

Red de Cobre:

Rango: 39 ms a 75 ms

Promedio: Aproximadamente 54 ms

- **Mejora en Latencia de Descarga:** La latencia promedio en FTTH es de 6 ms, significativamente mejor que los 54 ms en la red de cobre. Esto representa una mejora de aproximadamente 9 veces en la latencia de descarga.
- **Análisis Latencia de Subida:**

Red FTTH:

Rango: 1 ms a 10 ms

Promedio: Aproximadamente 6 ms

Red de Cobre:

Rango: 29 ms a 84 ms

Promedio: Aproximadamente 55 ms

- **Mejora en Latencia de Subida:** La latencia promedio en FTTH es de 6 ms, mucho mejor que los 55 ms en la red de cobre. Esto representa una mejora de más de 9 veces en la latencia de subida.

Las redes FTTH con estándares GPON ofrecen velocidades de descarga y carga más rápidas que las redes de cobre, con una mejora de 161 veces en las descargas y una mejora de 1950 veces en las cargas. Esto hace que FTTH sea más adecuado para aplicaciones modernas que requieren velocidades de datos más altas.

Las redes FTTH GPON estándar, también, ofrecen una latencia significativamente menor, tanto en descarga como en carga, lo cual es importante para aplicaciones que requieren una respuesta rápida en tiempo real, como juegos en línea y videoconferencias.

La red FTTH con estándar GPON es claramente superior y debería ser la opción preferida frente a la red de cobre, especialmente en escenarios donde se requiere un rendimiento confiable y eficiente.

Para una mejor comparación, analizamos mediante unos gráficos comparativos entre la red FTTH y la red de cobre en términos de velocidad de descarga y velocidad de subida:

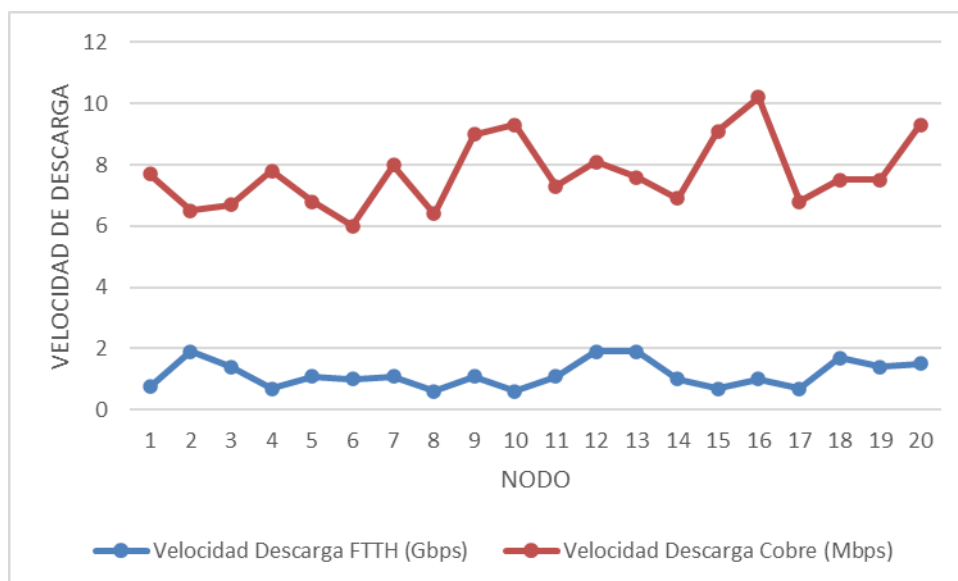


Figura 53.Comparación de Velocidad de Descarga

- **FTTH (Gbps):** La red FTTH muestra consistentemente velocidades de descarga significativamente más altas que la red de cobre.
- **Cobre (Mbps):** Aunque hay variabilidad entre los nodos, las velocidades de descarga en la red de cobre son considerablemente menores.

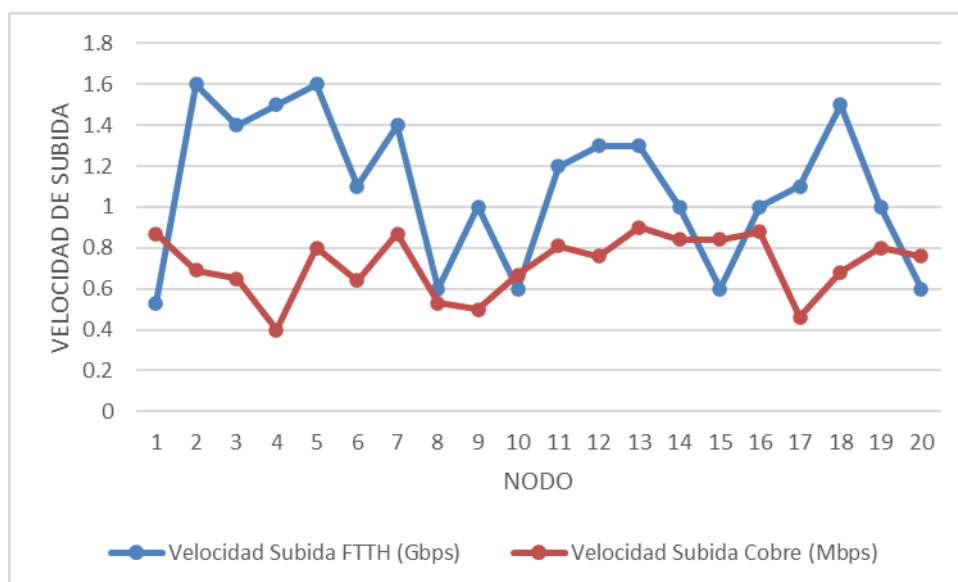


Figura 54.Comparación de Velocidad de Subida

- **FTTH (Gbps):** La velocidad de subida en la red FTTH es mucho mayor y más consistente a través de los nodos en comparación con la red de cobre.
- **Cobre (Mbps):** Las velocidades de subida en la red de cobre son bajas y varían más entre los nodos.

Las redes FTTH con estándares GPON superan significativamente a las redes de cobre en ambos aspectos, tanto en términos de velocidades de descarga como de carga. Esto confirma la superioridad de la tecnología FTTH en términos de transmisión de datos y eficiencia de la red, lo que la hace ideal para aplicaciones modernas que requieren alta velocidad y baja latencia.

5.7.5. Validación de Hipótesis

5.7.5.1. Prueba de normalidad

Tabla 20. *Pruebas de normalidad*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Velocidad Descarga Mbps ANTES	,920	20	,100
Velocidad Descarga Gbps DESPUES	,912	20	,068

Conforme a la prueba de normalidad realizada, se eligió la prueba de normalidad de Shapiro Wilk en vista que la muestra estuvo conformado por 20 nodos, con la cual se obtuvo para la variable velocidad de descarga antes y después de la implementación de la red FTTH con estándar GPON una significancia por encima del 0,05, lo que significa que la distribución de los datos es normal por consiguiente corresponde elegir una prueba estadística paramétrica para comprobar las hipótesis alterna, tratándose de que se va a analizar dos tiempos dentro de las pruebas paramétricas se encuentra el T de Student, con la cual se procedió a comprobar la hipótesis alterna.

Hipótesis Nula (H_0): No hay diferencias significativas en las velocidades de descarga de conexión antes y después de la implementación de la red FTTH con estándar GPON.

Hipótesis Alternativa (H_1): Sí hay diferencias significativas en las velocidades de descarga de conexión tras la implementación de red FTTH con estándar GPON.

Tabla 21. *Prueba de T de Student de la velocidad de descarga*

					t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Velocidad Descarga Mbps ANTES	–	21,136		19		,000
	Velocidad Descarga Gbps DESPUES						

Regla de decisión:

Si $T_c = 21,136 < T_t = 1,7291$ se acepta H_0

Si $T_c = 21,136 > T_t = 1,7291$ se capeta H_1

Podemos concluir que las mediciones de velocidades de descarga son significativamente diferentes en vista que se tiene una significancia equivalente a $p=0,000$ que es menor al margen de error permitido 0,05 entre la Red de Cobre y la Red FTTH con estándar GPON, lo que confirma que la red FTTH-GPON ofrece las velocidades de subidas más altas. Además, conforme al valor del T de Student se ha determinado que el T de Student Calculado es mayor al T de Student Tabulado por lo que se acepta la Hipótesis Alterna y se rechaza la hipótesis nula.

5.7.5.2.Planteamos la hipótesis en velocidad de subida

Hipótesis Nula (H_0): No hay diferencias significativas en las velocidades subida de conexión antes y después de la implementación de la red FTTH con estándar GPON.

Hipótesis Alternativa (H_1): Sí hay diferencias significativas en las velocidades de subida de conexión tras la implementación de red FTTH con estándar GPON.

Tabla 22. *Prueba de T de Student de la velocidad de subida*

		t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Velocidad Subida Mbps ANTES – Velocidad Subida Gbps DESPUES	4,761	19	,000

Regla de decisión:

Si $T_c = 4,761 < T_t = 1,7291$ se acepta H_0

Si $T_c = 4,761 > T_t = 1,7291$ se acepta H_1

Podemos concluir que las mediciones de velocidades de subida son significativamente diferentes en vista que se tiene un $p=0,000$ menor al margen de error permitido 0,05, entre la Red de Cobre y la Red FTTH con estándar GPON, lo que confirma que la red FTTH-GPON ofrece las velocidades de subida más altas. Además, conforme al valor del T de Student se ha determinado que el T de Student Calculado es mayor al T de Student Tabulado por lo que se acepta la Hipótesis Alterna y se rechaza la hipótesis nula.

5.7.5.3. Planteamos la hipótesis en latencia de subida

Hipótesis Nula (H_0): No hay diferencias significativas en la latencia subida de conexión antes y después de la implementación de la red FTTH con estándar GPON.

Hipótesis Alternativa (H_1): Sí hay diferencias significativas en la latencia de subida de conexión tras la implementación de red FTTH con estándar GPON.

Tabla 23. *Prueba de T de Student de la latencia de subida*

		t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Latencia Descarga ms ANTES – Latencia Descarga ms DESPUES	25,551	19	,000

Regla de decisión:

Si $T_c = 25,551 < T_t = 1,7291$ se acepta H_0

Si $T_c = 25,551 > T_t = 1,7291$ se capeta H_1

Podemos concluir que las mediciones de latencia de subida son significativamente diferentes equivalente al $p=0,000$ menor al margen de error permitido 0,05 entre la Red de Cobre y la Red FTTH con estándar GPON, lo que confirma que la red FTTH-GPON ofrece una latencia más baja. Además, conforme al valor del T de Student se ha determinado que el T de Student Calculado es mayor al T de Student Tabulado por lo que se acepta la Hipótesis Alterna y se rechaza la hipótesis nula.

5.7.5.4.Planteamos la hipótesis en latencia de descarga

Hipótesis Nula (H_0): No hay diferencias significativas en la latencia de descarga de conexión antes y después de la implementación de la red FTTH con estándar GPON.

Hipótesis Alternativa (H_1): Sí hay diferencias significativas en la latencia de descarga de conexión tras la implementación de red FTTH con estándar GPON.

Tabla 24. *Prueba de T de Student de la latencia de descarga*

		t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Latencia Subida ms ANTES – Latencia Subida ms DESPUES	13,812	19	,000

Regla de decisión:

Si $T_c = 13,812 < T_t = 1,7291$ se acepta H_0

Si $T_c = 13,812 > T_t = 1,7291$ se capeta H_1

Podemos concluir que las mediciones de latencia de descarga son significativamente diferentes equivalente al $p=0,000$ que es menor al margen de error permitido 0,05 entre la Red de Cobre y la Red FTTH con estándar GPON, lo que confirma que la red FTTH-GPON ofrece una latencia más baja. Además, conforme al valor del T de Student se ha determinado que el T de Student Calculado es mayor al T de Student Tabulado por lo que se acepta la Hipótesis Alterna y se rechaza la hipótesis nula.

Podemos concluir que en las pruebas, se ha demostrado que la red FTTH con estándar GPON es mejor que las redes de cobre dando una mejor velocidad y una menor latencia a la hora de entregar los servicios de telecomunicaciones.

5.8. Evaluación económica

5.8.1. Evaluación económica Material.

Se realizaron las estimaciones correspondientes para poder tener una aproximación del costo de dicha obra, calculado en dos secciones la mano de obra y materiales. Se muestra a continuación un cuadro de dichas estimaciones.

5.8.1.1.Evaluación económica material red alimentador.

Los materiales de la red de alimentación están constituidos por cables de gran capacidad que enlaza desde el ODF a DIVICAU los que son de mayor costo:

Tabla 25. Cuantificación Material Alimentador FTTH.

CUANTIFICACIÓN MATERIAL						
TITULO DE OBRA : RED DE ALIMENTADOR FTTH - MARCONA						
DIRECCION : Av. Francisco Bolognesi						
Código	Descripción	UM.	Precio S/.	Unitario	Cantidad	Sub Total S/.
10402520248	BANDEJA ALTA DENSIDAD P/ 128 F.O	UN	S/	8,758.66	1	S/ 8,758.66
10402530102	CABLE F.OPT.MONOMODO PKP 128 FIBRAS	M	S/	7.21	100	S/ 721.00
10402530005	CABLE F.OPT.MONOMODO PKP 32 FIBRAS	M	S/	3.74	30	S/ 112.20
10402520303	CAJA DE ACCESO UNIVERSAL PARA SPLITTERS	UN	S/	448.18	1	S/ 448.18
10402520364	CAJA EMPALME 128/96 FIBRAS OPTICAS	UN	S/	288.06	1	S/ 288.06
10402520247	REPARTIDOR OPTICO ALTA DENSIDAD	UN	S/	11,108.42	1	S/ 11,108.42
10402520363	CAJA EMPALME 64/48 FIBRAS OPTICAS	UN	S/	223.06	1	S/ 223.06
10402180015	HILO GUIA P/PASAR CABLE DE TIRO	M	S/	0.07	100	S/ 7.00
10402520050	MANGUITO TERMOR. EMPALME FIBRA OPTICA	UN	S/	0.32	200	S/ 64.00
10400260021	ALCOHOL ISOPROPILICO LT	UN	S/	9.29	1	S/ 9.29
10402520010	PAÑO SIN SOLVENTE P/FIB.OPT(280 TISSUES)	UN	S/	12.75	1	S/ 12.75
10400300016	TARUGO MADERA TIPO 1: 1/2 X 1 1/2"	UN	S/	0.08	10	S/ 0.80
10402560040	ALCAYATA TIPO J-1 3/8" X 5"	UN	S/	4.03	10	S/ 40.30
10402560115	TORNILLO CABEZA PLANA # 7 X 1"	UN	S/	0.04	10	S/ 0.40
10402610009	CINTILLO NYLON P/AMARRE CPA-1 100 MM	UN	S/	0.04	100	S/ 4.00
10402610033	CINTILLO NYLON P/AMARRE CPA-3 360 mm	UN	S/	0.36	100	S/ 36.00
10400300004	ETIQUETA ROTULADO CABLE FIBRA OPTICA	UN	S/	4.19	5	S/ 20.95
10402180019	BUJE DE EXPANSION CASQUILLO ACERO	UN	S/	5.69	4	S/ 22.76
10402560024	SOPORTE PARA CAJA EMPALME 64/48 F.O.	UN	S/	39.77	1	S/ 39.77
10402560022	SOPORTE PARA CAJA EMPALME 128/96 F.O.	UN	S/	40.60	1	S/ 40.60
TOTAL S/.						S/ 21,958.20

5.8.1.2.Evaluación económica material red distribución

Los materiales de la red de distribución están constituidos por los cables que interconectan el DIVICAU y la CTO.

Los materiales que elevan costos según de la obra son los postes, cable y ferreterías. Los materiales en total de la red alimentador ascienden 57.6K en soles.

En el cuadro 34, se muestra la cantidad de cada material a usar en el diseño de la red FTTH, el cable 16 fibras ópticas monomodo PKP con 2.1km de longitud con un coto de 5.6k

de soles, asimismo, el cable de 32 fibras ópticas monomodo pkp es de 2.6km de longitud con un costo que asciende a los 6k de soles.

En el diseño, lo más elevado en costos según cuadro se indica es la ferretería anclajes preformados ascendiendo a un costo de 14.5k soles y en suspensión preformado 4k.

Los postes es un material fundamental para los cambios o instalaciones nuevas lo que esta en un costo 476.3 soles la unidad por 22 postes es un total 10.4k soles en total.

Tabla 26. *Cuantificación Material distribución red FTTH.*

CUANTIFICACION MATERIA					
TITULO DE OBRA: RED DE DISTRIBUCION FTTH - MARCONA					
DIRECCION : MARCONA					
Código	Descripción	UM.	Cantidad	Precio S/. Unitario	Sub Total S/.
10402530004	CABLE F.OPT.MONOMODO PKP 16 FIBRAS	M	2152	S/ 3.36	S/ 5,668.32
10402530005	CABLE F.OPT.MONOMODO PKP 32 FIBRAS	M	2684	S/ 3.74	S/ 6,013.92
10402520019	CAJA EMPALME 64/48 FIBRAS OPTICAS	UN	9	S/ 219.39	S/ 1,974.51
10402520314	CAJA T. ?PT. EXT. CONECT. REF. C/SPLIT	UN	37	S/ 332.05	S/ 8,301.25
10402180025	HEBILLA ACERADA 1/2"	UN	0.79	S/ 300.00	S/ 237.00
10402180026	CINTA ACERADA PESADA 1/2" X 30 M	UN	77.41	S/ 30.00	S/ 2,322.30
10400260021	ALCOHOL ISOPROPILICO LT	UN	9.29	S/ 5.00	S/ 46.45
10402520010	PAÑO SIN SOLVENTE P/FIB.OPT(280 TISSUES)	UN	12.75	S/ 5.00	S/ 63.75
10402560051	TUERCA 15.9 mm (5/8") P/PASADOR FINAL	UN	6.17	S/ 16.00	S/ 98.72
10402560061	ARANDELA CURVA P/PERNO PASADOR 5/8"	UN	0.54	S/ 32.00	S/ 17.28
10402560092	PASADOR FINAL RECTO 15.9 mm (5/8")	UN	7.49	S/ 16.00	S/ 119.84
10402610009	CINTILLO NYLON P/AMARRE CPA-1 100 MM	UN	0.04	S/ 200.00	S/ 8.00
10402540001	POSTECONCR.PORTLANDI9/250/2/140/275	UN	476.3	S/ 22.00	S/ 10,478.60
10402540009	COLLARINP/POSTE9/250/2/140/275	UN	25.56	S/ 22.00	S/ 562.32
10400190108	AISLADOR PROTECTOR	UN	10.28	S/ 5.00	S/ 51.40
10402180016	TEMPLADORPREFORMADOP/MENSAJERO7.94MM	UN	5.65	S/ 40.00	S/ 226.00
10402180027	CABLEA CEROMENSAJEROYRETENIDAS5/16"	M	4.37	S/ 50.00	S/ 218.50
10402540011	BLOCKCONCRETOPARAANCLA	UN	20.36	S/ 5.00	S/ 101.80
10402180029	CABLE ACERO MENSAJERO Y RETENIDAS 1/4"	UN	1.49	S/ 180.00	S/ 268.20
10402560067	VARILLAPARAANCLA15.9MMX2.10M	UN	29.82	S/ 5.00	S/ 149.10
10402560055	PROTECTOR PARA RIOSTRA	UN	23.31	S/ 5.00	S/ 116.55
10402180018	TEMPLADORPREFORMADO P/MENSAJERO 4.76 mm	UN	2.5	S/ 10.00	S/ 25.00
10402520050	MANGUITO TERMOR. EMPALME FIBRA OPTICA	UN	0.31	S/ 200.00	S/ 62.00
10402610033	CINTILLO NYLON P/AMARRE CPA-3 360 mm	UN	0.36	S/ 200.00	S/ 72.00
10402180023	ALAMBRE DESNUDO P/DEVANAR 0.045	M	61.87	S/ 4.00	S/ 247.48
10402560025	ANCLAJE PREFORMADA P/CABLE FIBRA OPTICA	JGO	97.01	S/ 150.00	S/ 14,551.50
10402560021	SOPORTE PARA CABLE DE FIBRA OPTICA	UN	32.75	S/ 9.00	S/ 294.75
10402560024	SOPORTE PARA CAJA EMPALME 64/48 F.O.	UN	39.77	S/ 9.00	S/ 357.93
10402560026	SUSPENSION PREFORMADA CABLE FIBRA OPTICA	JGO	81.56	S/ 50.00	S/ 4,078.00
10402560022	SOPORTE PARA CAJA EMPALME 128/96 F.O.	UN	40.602	S/ 1.00	S/ 40.60
10400300004	ETIQUETA ROTULADO CABLE FIBRA OPTICA	UN	4.19	S/ 100.00	S/ 419.00
10402610105	CINTA AIS.PVC NEGRA 3/4"-20	UN	6.3	S/ 10.00	S/ 63.00
M10857	TUERCA OJAL 5/8 PARA F.O.	uno	7.9	S/ 50.00	S/ 395.00
TOTAL					S/ 57,650.07

5.8.1.3. Evaluación económica material planta interna

Los equipos activos tienen un costo según a la capacidad y marca donde se hace las cotizaciones para obtener la cuantificación económica. Para la inversión de todos los equipos activos que se instalan en la central telefónica tiene un costo 99.2K, podría usarse equipos con menor capacidad para bajar los gastos en equipos.

Tabla 27. *Cuantificación de equipos activos.*

EQUIPOS ACTIVO PLANTA INTERNA						
TITULO DE OBRA :		RED DE DISTRIBUCION FTTH - MARCONA				
DIRECCION :		MARCONA				
DETALLE	MODELO	MARCA	UNIDAD	Ctd.	PRECIO UNITARIO \$	TOTAL
CHASIS	(MA5800 serie 10G EPON GPON OLT Huawei MA5800-X15)	ZTE	UN	1	6888	6888
ONT	EG8145V5	huawei	UN	200	51	10200
Modulo OLT GPON	(16 puertos gpon olt servicio con 16 C + + módulo SFP GPHE GPLF GPSF para huawei ma5800 olt)	ZTE	UN	2	1990	3980
Roseta Optica		furukawa	UN	200	2.7	540
COMBINADOR	GPX378-WDM-1232-LU/LA-AA	ZTE	UN	1	5000	5000
					TOTAL \$	26608
					TOTAL S/.	99247.84

La red de FTTH con estándar GPON este compuesto por una serie de materiales activos y pasivos cada uno con diferente costo según mercado, los proveedores son homologados por empresas de telecomunicaciones por ello se nos ha facilitado la evaluación económica dando como un costo total en material S/. 178856.11.

5.8.2. Evaluación económica Mano de obra

El diseño de la red FTTH en el mercado actual tiene costos en mano de obra donde ya está baremado por actividades que los establece cada operadora.

El baremo celador, baremo empalmador y baremos obra civil son actividades que tienen un precio a lo que un punto celador esta esta 22.60 soles, por otro lado, el precio empalmador

está 31.43 soles y para las actividades de obra civil 22.55 soles el baremo es así como analizamos los costos por cada actividad que se va realizar según diseño.

5.8.2.1.Evaluación económica mano de obra Diseño.

El análisis para el diseño de toda la red propuesto para mejorar los servicios tiene un costo que incluye la evolución, metraje y cantidad de material que se va requerir, todo este trabajo incluye la digitalización de planos y perfiles tiene un costo establecido.

Tabla 28. *Cuantificación Mano de obra diseño red FTTH.*

CUANTIFICACIÓN DISEÑO										
TITULO DE OBRA : RED DE DISTRIBUCION FTTH - MARCONA										
DIRECCION : MARCONA										
MANO DE OBRA DE INSTALACION										
ITEM	DENOM. ABREV.	UNIDAD	CODIGO	TOTAL UND.	P.B. POR CONCEP.			TOTAL H. BAREMO		
					CANAL.	CELAD.	EMP.	CANAL.	CELAD.	EMP.
1	Estudio de Impacto Ambiental	Uno	10000-1	1.60		230.00			368.00	
2	Diseño de complejidad media	Uno	10001-3	25.00		24.00			600	
3	Generación de expedientes para entidad oficial	Proyecto	21000-5	2.00		0.50			1	
4	Trámite de expediente para permiso oficial	Uno	21001-3	2.00		1.50			3	
5	Obtención de permiso para expediente oficial	Uno	21002-1	2.00		8.00			16	
6	Expediente de Finalización de Obra	Uno	21004-8	2.00		7.00			14	
		Una								
		Una								
SUB TOTAL BR.									1002.00	
Precio Can. :		SI. 22.55		Total SI/IGV		SI.		22,645.20		
Precio Cel. :		SI. 22.60		18% IGV		SI.		4,076.14		
Precio Emp. :		SI. 31.43		TOTAL SI.		SI.		26,721.34		

5.8.2.2.Evaluación económica mano de obra red alimentación

Se ha baremado en primero la red alimentación donde las actividades de tendido y empalmes de fibra óptica son los más costosos. Podemos ver en el cuadro 55.5K soles en total de costo para la implementación de la red primaria.

Tabla 29. Cuantificación Mano de obra red alimentación FTTH.

CUANTIFICACIÓN DE OBRA										
TITULO DE OBRA : RED DE ALIMENTADOR FTTH - MARCONA										
DIRECCION MARCONA										
MANO DE OBRA DE INSTALACION										
ITEM	DENOM. ABREV.	UNIDAD	CODIGO	TOTAL UND.	P.B. POR CONCEP.			TOTAL H. BAREMO		
					CANAL.	CELAD.	EMP.	CANAL.	CELAD.	EMP.
1	Instalar cable de fibra óptica aéreo	M	54000-5			0.08				
2	Instalar cable de fibras ópticas en ducto o central telefónica	M	54002-1	130.00		0.08			10.4	
3	Empalmar F.O.	Una	55000-0	203.00			0.95			192.85
4	Instalar caja de empalme fibra óptica	Uno	55001-9	2.00			2.11			4.22
5	Preparar extremo(s) cable de F.O. sin sangrado	Uno	55602-5	8.00			2.50			20
6	Retirar agua y limpiar cámara subterránea	Una	45300-5	2.00		1.50			3	
7	Preparar tubo(s) cable de F.O. sin sangrado	Uno	55604-1	56.00			0.15			8.4
8	Instalar cordón monofibra (pig tail) con conector c/s adaptador	Uno	55003-5	128.00			0.30			38.4
9	Instalar ODF de alta densidad con todos sus componentes	Uno	55005-1	1.00			4.00			4
10	Instalar bandeja de conectores, empalme y/o divisores en ODF	Una	55009-4	32.00			0.05			1.6
11	Instalar envoltorio de rom (ODF) o de ampliación 1 modulo	Una	55008-6	2.00			1.00			2
12	Suplemento desplazamiento empalmador F.O. para obras en zonas alejadas	Una	59900-0	4.00			5.00			20
13	Suplemento por transporte de materiales, equipos y recursos	Una	44901-6	100.00		16.50			1650	
14										
SUB TOTAL									1663.40	291.47
1	UNIDAD PARA MATERIAL DE FERRETERIA	uno	69901-2	12.81		1.00			12.81	
TOTAL B.R.									1676.21	291.47
Precio Can. :		S/.	22.55	Total S/ IG		S/.	47,043.25			
Precio Cel. :		S/.	22.60	18% IG		S/.	8,467.78			
Precio Emp. :		S/.	31.43	TOTAL S/.		S/.	55,511.03			

5.8.2.3. Evaluación económica mano de obra red distribución

En esta unidad, el mayor costo de actividad en mano de obra está en la implementación de las cajas ópticas (CTO) donde se suma el baremo empalmador. La suma de todas las actividades es de 31.2k soles para poder construir con el despliegue FTTH.

Tabla 30. Cuantificación Mano de obra red distribución red FTTH.

CUANTIFICACIÓN DE OBRA										
TITULO DE OBRA		RED DE DISTRIBUCION FTTH - MARCONA								
DIRECCION		MARCONA								
MANO DE OBRA DE INSTALACION										
ITEM	DENOM. ABREV.	UNIDAD	CODIGO	TOTAL UND.	P.B. POR CONCEP.			TOTAL H. BAREMO		
					CANAL.	CELAD.	EMP.	CANAL.	CELAD.	EMP.
1	Instalar cable de fibra óptica aéreo	M	54000-5	4,836.00		0.08			386.88	
3	Empalmar F.O.	Una	55000-0	58.00			0.95			55.1
4	Instalar caja de empalme fibra óptica	Uno	55001-9	8.00			2.11			16.88
5	Preparar extremo(s) cable de F.O. sin sangrado	Uno	55602-5	26.00			2.50			65
6	Preparar extremo(s) cable de F.O. con sangrado	Uno	55603-3	31.00			4.00			124
7	Preparar tubo(s) cable de F.O. sin sangrado	Uno	55604-1	26.00			0.15			3.9
8	Preparar tubo(s) cable de F.O. con sangrado	Uno	55605-0	32.00			0.40			12.8
9	Instalar caja distribución FO en poste o fachada - NAP	Una	55606-8	37.00			1.50			55.5
10	Instalar poste	Una	44000-0	22.00		7.15			157.3	
11	Desmontar poste sin basamento o sin eliminar basamento	Una	44100-7	22.00		2.10			46.2	
13	Instalar alambre mensajero y accesorios (incluye devanado)	M	50003-8	180.00		0.04			7.2	
15	Instalar o desmontar tubo de salida o protector "U" en poste o fachada	Una	44002-7	8.00		1.41			11.28	
17										
					SUB TOTAL				608.86	333.18
1	UNIDAD PARA MATERIAL DE FERRETERIA	uno	69901-2	100.00		1.00			100	
					TOTAL				708.86	333.18
Precio Can. :		S/.	22.55			Total S/ IGv		S/	26,492.08	
Precio Cel. :		S/.	22.60			18% IGv		S/	4,768.58	
Precio Emp. :		S/.	31.43			TOTAL S/.		S/	31,260.66	

5.8.2.4.Evaluación económica mano de obra de planta interna

En la central, la instalación de los equipos, así como la interconexión de equipos a ODF están costeados según cuadro.

Tabla 31. Cuantificación Mano de obra planta interna red FTTH.

CUANTIFICACIÓN DE OBRA PIN										
TITULO DE OBRA :		RED DE DISTRIBUCION FTTH - MARCONA								
DIRECCION:		MARCONA								
MANO DE OBRA DE INSTALACION										
ITEM		UNIDAD	CODIGO	TOTAL UND.	P.B. POR CONCEP.			TOTAL H. BAREMO		
					CANAL.	CELAD.	EMP.	CANAL.	CELAD.	EMP.
3	Instalación Nodo Acceso Óptico Hasta 48 puertos	Una	83104-2	2.00			25.00			50
4	Instalación Gabinete AC-DC	Una	83117-4	2.00			16.50			33
5	Instalación de Equipo DWDM/IP (OSN 8800, 6800, 3800,9800, 1800) por site (Mayor a 6UR)	Una	83139-5	2.00			75.00			150
6	Inserción de Tarjetas	Una	83145-0	2.00			17.00			34
7	Instalación de modulo GE (Tranceiver)	Una	83147-6	4.00			15.00			60
8	Cableado óptico x SITE	Una	83166-2	32.00			15.00			480
9	Pruebas de BER enlace de Alta Capacidad (STM-4, STM-16, 10GE, 100GE)	Una	83173-5	1.00			50.00			50
10	Up Grade de Servicios (Configuración de Equipos)	Una	83174-3	2.00			15.00			30
11	Instalación de Rack Newton	Una	83191-3	2.00			18.00			36
13										
							SUB TOTAL			923.00
							TOTAL BR			923.00
Precio Can. :		S/.	22.55	Total S/ IGv		S/	29,997.50			
Precio Cel. :		S/.	22.60	18% IGv		S/	5,399.55			
Precio Emp. :		S/.	32.50	TOTAL S/.		S/	35,397.05			

Finalmente, se ha cuantificado todo el proyecto entre los equipos activos, equipos pasivos, materiales, mano de obra planta externa y planta interna sacando un total de S/. 327746.19 incluido IGV.

El proyecto se tiene que recuperar al brindar los servicios de internet, para ello, elaboramos una estimación de ingresos.

5.8.3. Análisis de rentabilidad

Los ingresos que se percibirían una vez que el proyecto sea implementado, los servicios triples play (internet, teléfono y TV) que se brindan a los usuarios de Marcona de la zona 1 cuyo costo estaría de 187 soles, los equipos GPON y la instalación son gratuitos esto para hacer mucho más atractivo la demanda. Se estima el cálculo para 5 años con 100 usuarios activos.

Para este análisis económico consideramos lo siguiente:

- El costo de los equipos que se agregaron al valorizado son cotizaciones que se encuentran en el mercado digital.
- Para el tipo de cambio dólar a soles usado se hizo según Banco Central Reserva (BCR), el valor de tipo de cambio es de 3.73.
- El valor de la tasa de interés se busca en los informes financieros de la Operadora Movistar que es 7.38%.
- La valorización de la Mano de Obra se usa el contrato bucle que las operadoras manejan con sus proveedores.
- El porcentaje de gastos de operación se hace consultas al área de despliegue ingeniería donde indica un estimado del 30%.

Tabla 32. *Flujo Neto (Fj) de caja proyectado.*

AÑO	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/ 224,400.00	S/ 224,400.00	S/ 224,400.00	S/ 224,400.00	S/ 224,400.00
Egresos	S/ 327,746.19	S/ 98,323.86	S/ 98,323.86	S/ 98,323.86	S/ 98,323.86	S/ 98,323.86
Flujo Caja (FC)	-S/ 327,746.19	S/ 126,076.14	S/ 126,076.14	S/ 126,076.14	S/ 126,076.14	S/ 126,076.14

Para la estimación del cálculo de flujo Neto (Fj) de caja proyectado, se toma en cuenta un periodo de 5 años de ingresos y egresos, la red está para una capacidad de 296 usuarios de las cuales solo consideramos 100 como activo.

5.8.3.1. Estimación del VAN.

Para hallar el valor actual neto (VAN), tenemos los siguientes datos:

Nº de Periodos (j)	5 años
tipo de Periodos	Anual
Costo Inversión (Inv.)	S/ 327746.19
Costo mantenimiento 10%	S/ 98323.86
Flujo caja anual	S/ 224,400.00
Flujo caja mensual	S/ 18,700.00
tasa interés (i)	7.38%
Pago por servicio	S/ 187.00

$$VAN = -Inv. + \sum_{j=1}^n \frac{Fj}{(1+i)^j}$$

Tabla 33. *Valor neto actual.*

Valor Actual Neto (VAN)			
AÑO	FNE	(1+i)^n	FNE/(1+i)^n
0	-S/ 327,746.19		-S/ 327,746.19
1	S/ 126,076.14	1.07	S/ 117,411.20
2	S/ 126,076.14	1.15	S/ 109,341.77
3	S/ 126,076.14	1.24	S/ 101,826.95
4	S/ 126,076.14	1.33	S/ 94,828.59
5	S/ 126,076.14	1.43	S/ 88,311.23
		TOTAL	S/ 183,973.55

En la figura, se ha desglosado para el cálculo así poder entender mejor cada dato, resultando el valor actual neto (VAN) es de S/. 183973.547 donde podemos ver que el valor es positivo lo que significa que el proyecto es viable.

5.8.3.2. Estimación del Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se indica que la tasa Interna de Retorno (TIR) significa que es igual a la tasa de descuento cuando el valor actual neto (VAN) es igual a cero.

$$\text{TIR} = \sum_{T=0}^n \frac{F_i}{(1+i)^j} = 0$$

Para hallar la tasa de interés de retorno, se toma en cuenta las tasas de descuento desde 0%, 5%, 10%, 15% sucesivamente hasta 100%, así poder hallar valor actual de retorno para cada porcentaje de tasa de descuento que nos ayudará a generar una gráfica que visualice mejor el comportamiento TIR.

Tabla 34. *Tasa interna de retorno.*

Tasa Interna de Retorno	
Tasa de Descuento	VAN
0%	S/.302,634.53
5%	S/.218,097.53
10%	S/.150,181.58
15%	S/.94,880.60
20%	S/.49,298.65
25%	S/.11,307.86
30%	-S/.20,678.95
35%	-S/.47,862.02
40%	-S/.71,160.57
45%	-S/.91,286.94
50%	-S/.108,799.14
55%	-S/.124,138.76
60%	-S/.137,658.55
65%	-S/.149,642.77
70%	-S/.160,322.41
75%	-S/.169,886.59
80%	-S/.178,491.29
85%	-S/.186,266.03
90%	-S/.193,319.06
95%	-S/.199,741.37
100%	-S/.205,609.93

En la gráfica, se usa una estimación de tasa de descuento de 0% hasta 100% para graficar la curva TIR y visualizar el comportamiento, finalmente como resultado del TIR de proyecto de inversión es de **26.67%**.

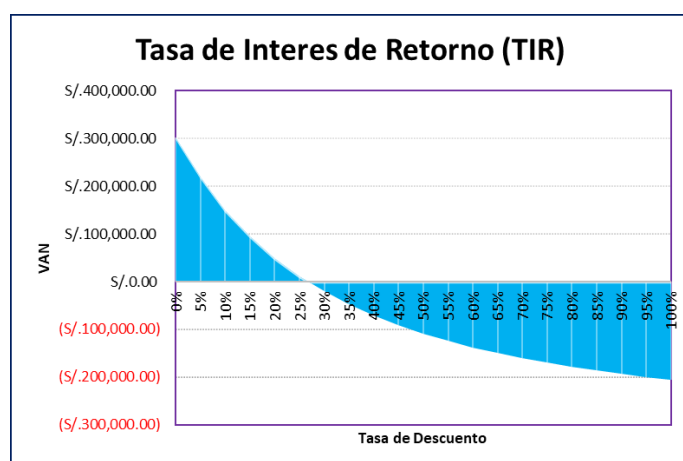


Figura 55. Tasa Interés de Retorno

Comportamiento Descendente: A medida que la tasa de descuento aumenta, el VAN disminuye. Esto es típico, ya que una tasa de descuento más alta reduce el valor presente de los flujos de caja futuros.

Punto de Cruce (TIR): El punto donde la curva cruza el eje X (donde VAN = 0) es la TIR. En este gráfico, parece que la TIR es cercana al 45%. Esto indica que si la tasa de descuento es menor al 45%, el proyecto generará un VAN positivo, y por tanto, es rentable.

5.8.3.3. Estimación del Periodo de Retorno (PayBack)

PayBack es la herramienta que nos indica la estimación de recupero de la inversión para ello consideramos los siguientes:

Pu : Periodo Último.

Ufan : Ultimo Flujo Acumulado. Negativo.

VFCs : Valor Flujo de C aja. Siguiente Periódico.

$$\text{PayBack} = Pu \frac{|uFAN|}{VFCs}$$

Para hallar el PayBack, debemos tener el periodo que es de 5 años estimado para recuperar la inversión, el flujo de caja estimado inicia desde la inversión que es de S/. 327746.19, y cada mes se tiene un gasto de mantenimiento y otro que sería el 30% de la inversión total, seguidamente calculamos el flujo acumulado.

Tabla 35. *Estimación del Periodo de Retorno (PayBack).*

PlayBack		
AÑO	FLUJO CAJA	FLUJO ACUMULADO
0	-S/ 327,746.19	-S/ 327,746.19
1	S/ 126,076.14	-S/ 201,670.05
2	S/ 126,076.14	-S/ 75,593.90
3	S/ 126,076.14	S/ 50,482.24
4	S/ 126,076.14	S/ 176,558.38
5	S/ 126,076.14	S/ 302,634.53

Según podemos ver en la tabla, en el segundo año, podemos ver que ya contamos con un flujo positivo lo que indica que nuestro margen es ganancia, dando así el PayBack es 2.6 de periodo.

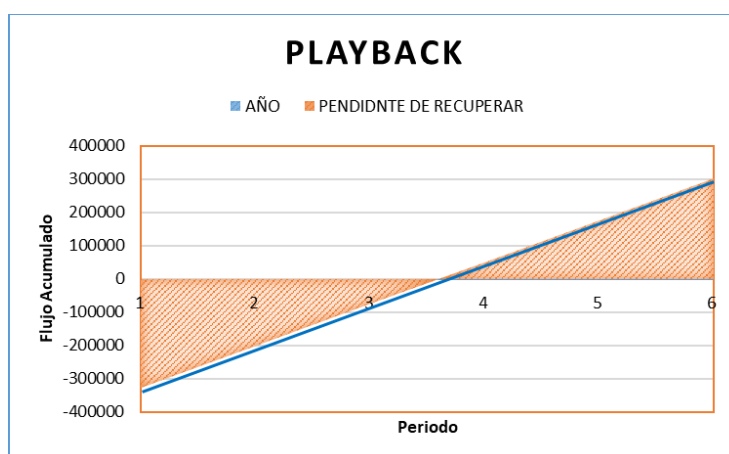


Figura 56. Gráfica de estimación del Periodo de Retorno (PayBack).

Como podemos ver en la figura la tendencia va en aumento y como inversión, se recupera en dos años y seis meses aproximadamente, lo cual el proyecto es rentable.

5.9. Resultados

- Se realizaron mediciones en la red de cobre y en la red diseñado FTTH con estándar GPON, resultando muy diferente en velocidad y latencia.
- Las mediciones de velocidades de descarga en la red de cobre oscilan entre 6.2 Mbps a 10.2 Mbps, mientras que la red FTTH con estándar GPON tiene una mejor velocidad

alcanzando los 1.9 Gbps, esto resulta mejor infraestructura para los servicios de telecomunicaciones.

- Los resultados de las mediciones de latencia promedio en la red de cobre es de 57 ms, mientras que en la red FTTH con estándar GPON oscila entre 4-9 ms, dando como resultado los tiempos de respuesta mucho más óptimos en envío de datos.
- Los resultados de medida de potencia óptica en distintos puntos de la red FTTH con estándar GPON, los valores de -16.02 dBm en la CTO 01 y -16.21 dBm en la CTO 08, demuestran que están dentro de los parámetros establecidos.
- Las mediciones aseguran que la potencia óptica es ideal para entregar los servicios de telecomunicaciones sin pérdidas de señal en el usuario final.
- En la comparativa de los valores de velocidad de subida y descarga en las dos redes, evidenciamos que la red FTTH con estándar GPON nos da un mejor rendimiento superando a la red de cobre.
- La velocidad de subida en la red de cobre alcanzó hasta 0.87 Mbps, mientras que la red FTTH con estándar GPON alcanzo hasta una velocidad de 1.6 Gbps, esto evidencia mejor transmisión de datos en la red diseñado.
- Durante el desarrollo de esta investigación, se aplicaron pruebas de normalidad de Shapiro Wilk para evaluar el impacto real de la implementación de una red FTTH con el estándar GPON, en comparación con la red de cobre tradicional. Se analizaron cuatro aspectos clave del servicio: velocidad de descarga, velocidad de subida, latencia de subida y latencia de descarga.
- Velocidad de descarga: Hubo un cambio notable. Tras la implementación de la red FTTH-GPON, se observó un aumento significativo en la velocidad de descarga. La prueba estadística confirmó esta diferencia con un valor de $p = 0,000$, lo cual indica que la mejora no fue producto del azar.

- Velocidad de subida: También, mejoró de forma significativa. Los usuarios pasaron de velocidades muy limitadas a velocidades considerablemente más altas, confirmadas también con un valor de $p = 0,000$.
- Latencia de subida: Se redujo de manera importante. Esto quiere decir que ahora el tiempo de respuesta para enviar datos es mucho más rápido, lo cual beneficia especialmente a servicios como videollamadas o juegos en línea.
- Latencia de descarga: De igual forma, el tiempo de espera para recibir datos disminuyó considerablemente, mejorando así la experiencia del usuario.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos demuestran que el diseño de la red FTTH con estándar GPON ha permitido mejorar ampliamente los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona.
- La velocidad de conexión aumentó considerablemente, reduciendo la latencia y optimizando la estabilidad del servicio.
- Los valores de potencia óptica obtenidos en los diferentes nodos de la red confirman que la señal óptica son parámetros adecuados para la transmisión de datos.
- La potencia óptica garantiza una mejor cobertura estable para el usuario final y una reducción de pérdida de la señal.
- El valor de $p < 0.05$ que se obtuvo en todas las pruebas de velocidad y latencia, confirmando la diferencia entre la red de cobre y FTTH con estándar GPON es realmente significativa.
- La validación estadística mediante la prueba de normalidad de Shapiro Wilk respalda la hipótesis de que el diseño de la red FTTH con estándar GPON mejora los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona.
- Los resultados sugieren que la migración de la red de cobre a FTTH con estándar GPON es una mejor opción para renovar la infraestructura de telecomunicaciones en la región.
- Se recomienda desplegar la red FTTH en toda la región para garantizar una conectividad estable y de alta velocidad.
- Los usuarios ahora cuentan con una mayor velocidad tanto para subir como para descargar datos, y, además, experimentan una conexión más estable y rápida, gracias a la baja latencia que ofrece esta tecnología.

- Esto demuestra que reemplazar las redes de cobre por redes de fibra óptica no solo es una decisión técnica acertada, sino también una mejora tangible para las personas que dependen de una buena conexión para trabajar, estudiar o comunicarse.
- En resumen, la red FTTH-GPON cumple y supera las expectativas en cuanto a desempeño físico, y se posiciona como una solución moderna, eficiente y necesaria para elevar la calidad de los servicios de internet en el distrito.

REFERENCIAS

1. **Valentino, R, Yolanda, A y Maria, P.** *Diseño de infraestructura de red de fibra hasta el hogar (FTTH) con tecnología de red óptica pasiva Gigabyte (GPON) en el distrito de South Solok.* 2, South Solok : PERFECT: Journal of Smart Algorithms, 2024, Vol. I.
2. **Añazco, C.** *Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar.* Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil : s.n., 2013. pág. 114, Tesis de pregrado.
3. **Ramadan, Z, y otros.** *Installation and Activation of Fiber To The Home (FTTH) Network Using Gigabit Passive Optical Network (GPON) Technology and Quality of Service (QoS) Analysis.* 1, s.l. : JATAED: Journal of Appropriate Technology for Agriculture, Environment, and Development, 2024, Vol. II.
4. **Abdellaoui, Z, Dieudonne, Y y Aleya, A.** *Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON.* 2021, Array, Vol. 10, pág. 100.
5. **Sánchez, J.** *Desarrollo de la red FTTH con tecnología GPON de la empresa ALFATEL para la ciudad El Ángel provincia del Carchi.* Universidad Politécnica Salesiana . Quito : s.n., 2021. pág. 84, Tesis de pregrado.
6. **Arias, J.** *Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON para el distrito de Magdalena del Mar.* Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2016. pág. 78, Tesis de pregrado.

7. **Quezada, H.** *Diseño de una red FTTH mediante el estándar GPON para la mejora de la calidad de servicio de internet en los hogares en el distrito de Chorrillos.* Universidad Nacional del Callao. Callao : s.n., 2021. pág. 151, Tesis de pregrado.
8. **Chamberg, F.** *Sistema de red FTTH utilizando la tecnología GPON para mejorar la calidad de servicio de internet en los clientes con red EOC de la empresa Cablered Perú 2021.* Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo : s.n., 2021. pág. 104, Tesis de pregrado.
9. **Carrasco, J.** *Implementación de una red FTTH con tecnología GPON para mejorar la calidad del servicio del ancho de banda de internet en un distrito de Lima-Perú, 2023.* Universidad Nacional Federico Villareal. Lima : s.n., 2025. pág. 72, Tesis de pregrado.
10. **Aquino, M y Loayza, B.** *Diseño de una red FTTH basado en tecnología GPON para brindar el servicio de banda ancha en el distrito de San Pedro, Cusco, 2024.* Universidad Ricardo Palma. Lima : s.n., 2024. pág. 107, Tesis de pregrado.
11. **Cen, L, y otros.** *Model Transformation for Automatic Design of GPON/FTTH Network.* s.l. : IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management , 2021.
12. **Cai, Z, y otros.** *A distribution network planning method based on the integration of operation and planning and coordinated with the transmission network.* s.l. : Frontiers in Energy Research, 2023.
13. **Huang, X, y otros.** *Network Planning for Time-Sensitive Communications.* 1, s.l. : IEEE Network, 2025, Vol. 39.

14. **Escallón, A, Ruiz, V y López, J.** *Evaluación del desempeño físico de un sistema FTTH-GPON para servicios Quad Play después de la incorporación de un módulo RoF.* 47, s.l. : TecnoLógicas, 2020, Vol. 23.
15. **Dahal, S.** *Demand & Perception Analysis of Nepal Telecoms' Fiber-to-the- Home (NT-FTTH) Service at Myanglung Municipality Tehrathum.* 1, s.l. : Intellectual Journal of Academic Research, 2023, Vol. 1.
16. **Aguiar, A, Sousa, F y Melo, Y.** *Optical Distribution Network Design Using PSO.* 1, s.l. : IEEE Communications Letters, 2023, Vol. 27.
17. **Budiyanto, S, y otros.** *Techno-Economics on Implementation of FTTH Network for Broadband Services.* s.l. : 2020 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (Comnetsat), 2020.
18. **Al, K, y otros.** *Optimization of Multilayer Design for FTTH Networks Based on Geographical Information.* s.l. : 2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2020.
19. **Escallón, A, Ruiz, V y López, J.** *Evaluación del desempeño físico de un sistema FTTH-GPON para servicios Quad Play después de la incorporación de un módulo RoF.* 47, s.l. : TecnoLógicas, 2020, Vol. 23.
20. **Sugumaran, S, Lakshmi, D y Choudhary, S.** *An Overview of FTTH for Optical Network.* 2021.
21. **Ahmad , A, Rahman, M y Ahmad, N.** *The effect of temperature to the reflected signal of PMMA FBG in FTTH network.* 1, s.l. : Journal of Physics: Conference Series, 2023, Vol. 2627.

22. **Rahman, M, y otros.** *Customer Edge Downstream Detection for Automatic Restoration Scheme in FTTH-PON Distribution Network.* 8, s.l. : Photonics, 2022, Vol. 9.
23. **Mazzei, C, y otros.** *Technical–economic analysis to identify the acceptable maximum attenuation on PON FTTH lines for wholesale network operators.* 1, 2023, Scientific Reports, Vol. 13.
24. **Horvath, T, y otros.** *Passive Optical Networks Progress: A Tutorial.* 7, s.l. : Electronics, 2020, Vol. 9.
25. **Hernandez, L, y otros.** *Design of an FTTH (Fiber To The Home) network for improving voice, broadband, and television services in hard-to-reach areas the Colombian case.* 2, s.l. : Science in Information Technology Letters, 2022, Vol. 3.
26. **Couto, T, Pontes, M y Segatto, M.** *Using FTTH networks for 5G system deployment: A case study in Brazil.* s.l. : 2022 IEEE 4th Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE), 2022.
27. **Byross, M, Noor, A y Muhammad, Z.** *Designing a FTTH Living Lab Facilities as Experience, Training, Assessment and Testing Center.* s.l. : 2024 IEEE International Conference on Advanced Telecommunication and Networking Technologies (ATNT), 2024.
28. **Maria, P, y otros.** *Fiber to The Home (FTTH) Network Design in Analyzing Macro Bending Problems in The Home Cable Installation Segment.* 2, s.l. : International Journal of Advanced Science Computing and Engineering, 2022, Vol. 4.
29. **Oliveira, A, y otros.** *Projetos FTTH utilizando a ferramenta de georeferenciamento Autocad.* 5, 2021, Research, Society and Development, Vol. 10.

30. **Ahmad, N, Rahman, M y Ahmad, A.** *Centralized Monitoring for Huge FTTH Network using Code Grating.* 1, s.l. : Journal of Physics: Conference Series, 2023, Vol. 2627.
31. **Skoufis, A, y otros.** *Technoeconomic assessment of an FTTH network investment in the Greek telecommunications market.* 2, 2023, Telecommunication Systems, Vol. 82.
32. **Elahi, A y Cushman, A.** *Modulation Methods, Cable Modems, and FTTH.* *Computer Networks.* s.l. : Springer International Publishing, 2024.
33. **Rahman, M, y otros.** *Real time FTTH network monitoring using binary coded fiber Bragg grating.* 2022, Optik, Vol. 251.
34. **Adiati, R, Kusumawardhani, A y Setijono, H.** *Design and Analysis of an FTTH-GPON in a Residential Area.* 2, s.l. : Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi, 2022, Vol. 8.
35. **SOL, V.** *¿Qué es OLT (Optical Line Terminal)? Características y Aplicaciones.* 2025.
36. **Abdellaoui, Z, Dieudonne, Y y Aleya, A.** *Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON.* s.l. : Array, 2021.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

Título: “DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON PARA MEJORAR LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL DISTRITO DE MARCONA”.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	X: Diseño de una red FTTH usando estándar GPON Dimensiones e indicadores X1. Planificación de la red X1.1. Estudio de demanda actual y futura de servicios X1.2. Análisis de viabilidad técnica y económica X1.3. Zonificación y alcance geográfico X2. Arquitectura y topología de red X2.1. Estructura PON (splitters, OLT, ONT) X2.2. Selección del topología (punto a multipunto) X2.3. Capacidad de transmisión por segmento de red X3. Implementación tecnológica X3.1. Equipamiento de red seleccionado (GPON) X3.2. Materiales y tipo de fibra optima utilizados X3.3. Tiempo estimado de instalación y configuración Y: Mejora de los servicios de telecomunicaciones Dimensiones e indicadores Y1. Calidad del servicio (QoS) Y1.1. Velocidad de descarga y carga (Mbps) Y1.2. Latencia y estabilidad de conexión (ms)	Enfoque: Cuantitativo Diseño: Experimental de tipo preexperimental de tipo de preprueba y posprueba Nivel: Explicativo Técnica: Análisis documental y observación Instrumento: guía de análisis documental y guía de observación
¿Cómo diseñar una red FTTH utilizando el estándar GPON, en mejora de los servicios de telecomunicaciones para el distrito de Marcona?	Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON para mejorar los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona	El diseño de la red FTTH con estándar GPON permitirá mejorar los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona.		
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos		
¿Cómo analizar el estado actual de los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona? ¿De qué manera el diseño de la red FTTH con estándar GPON generará la potencia óptica necesaria para mejorar los servicios de telecomunicaciones del distrito de Marcona? ¿Cómo diseñar una red FTTH utilizando el estándar GPON para mejorar la velocidad de internet en el distrito de Marcona?	- Evaluar el estado actual de los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona. - Diseñar una red FTTH con tecnología GPON que genere y distribuya la potencia óptica necesaria para mejorar los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona. - Diseñar una red FTTH utilizando el estándar GPON para mejorar la velocidad de internet en el distrito de Marcona.	- El análisis del estado actual de la red revelará las deficiencias específicas que pueden ser abordadas mediante el diseño de la red FTTH con estándar GPON. - El diseño de la red FTTH con estándar GPON generará y distribuirá adecuadamente la potencia óptica, mejorando la calidad de los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Marcona. - El diseño de la red FTTH utilizando el estándar		

		GPON mejorará significativamente la velocidad de internet en el distrito de Marcona.	Y1.3. Tasa de pérdida de paquetes (%) Y2. Accesibilidad del servicio Y2.1. Porcentaje de hogares con acceso a internet de alta velocidad Y2.2. Cobertura geográfica de la red FTTH Y2.3. Costo promedio del servicio para el usuario Y3. Satisfacción del usuario Y3.1. Nivel de satisfacción con la velocidad del internet Y3.2. Nivel de satisfacción con el soporte técnico Y3.3. Número de quejas o fallas reportadas al mes	
--	--	--	--	--

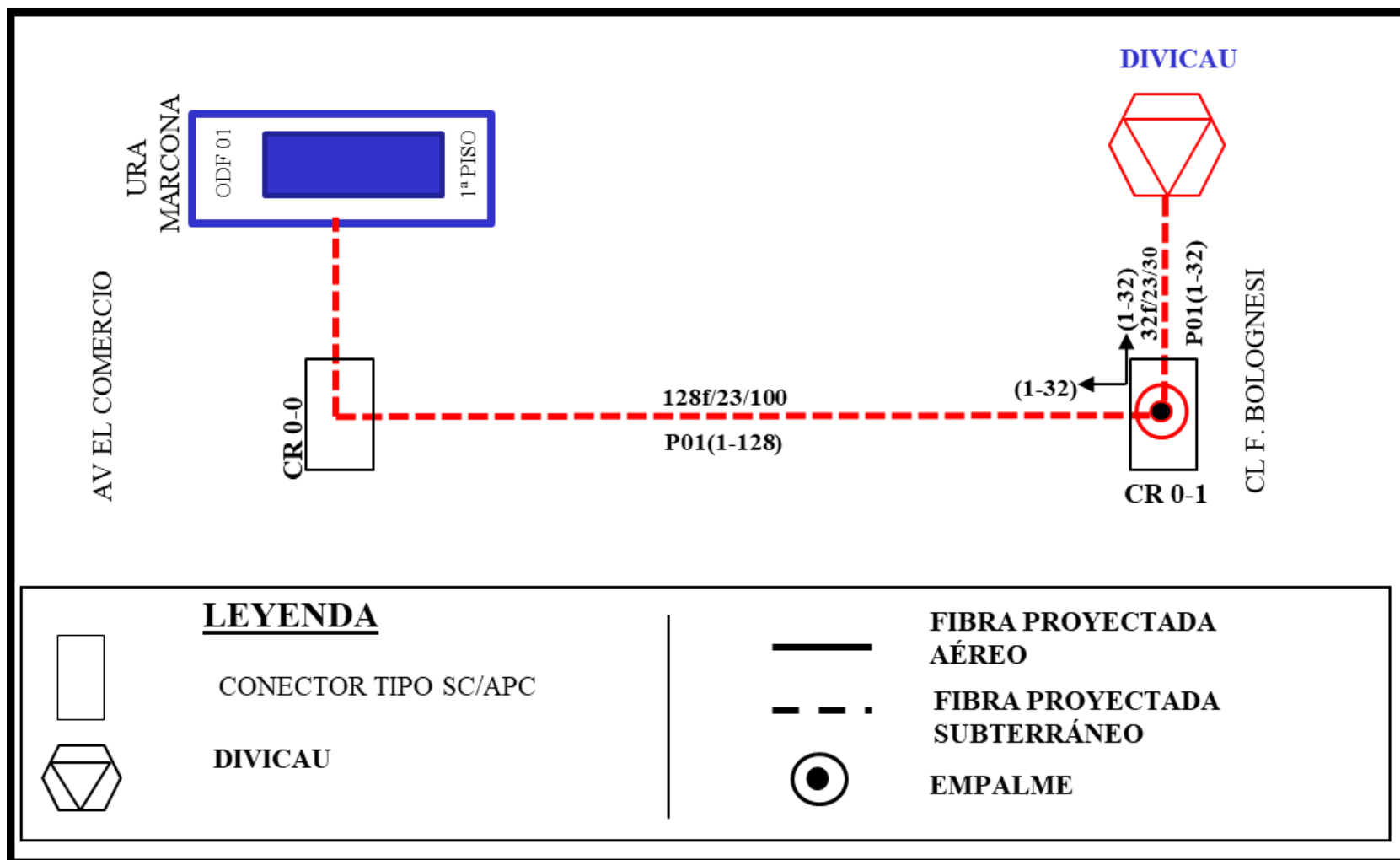


Figura 57. Perfil alimentador fth gp01

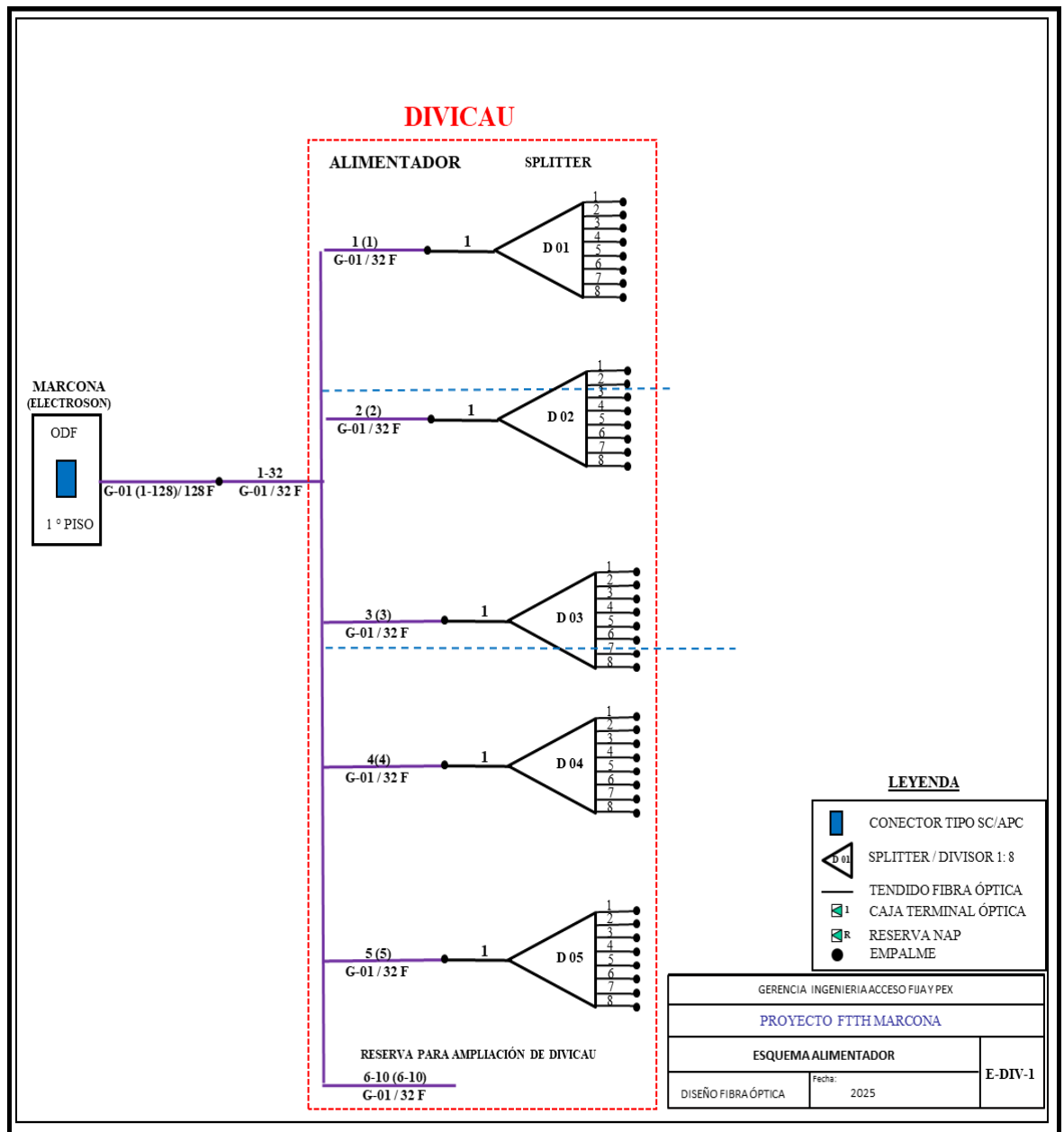
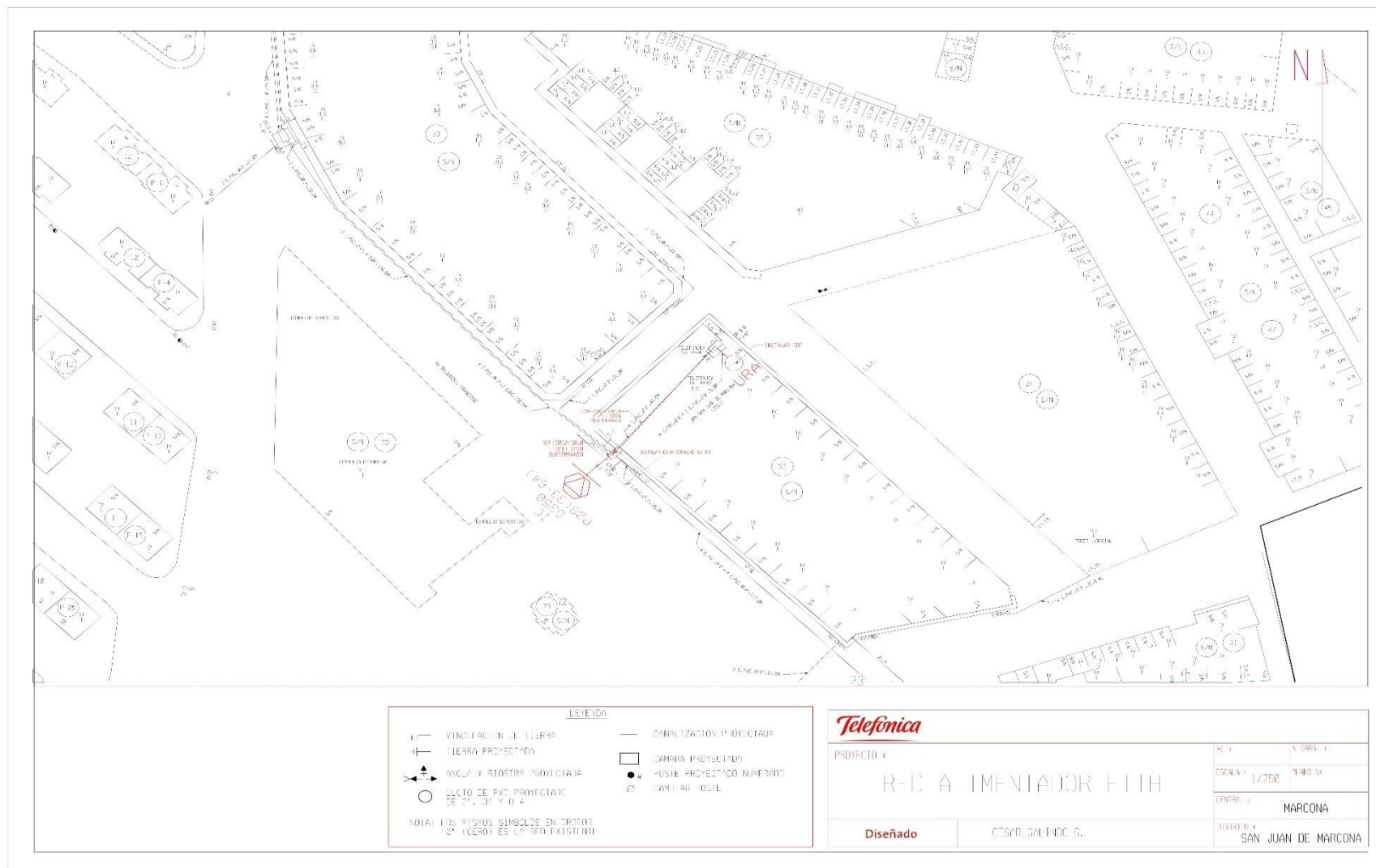


Figura 58. Alimentador planta externa fttth

PLANO ALIMENTADOR FTTH 1/1



PLANO DISTRIBUCIÓN FTTH 1/2

SIGUIENTE HJ 2/2



LEYENDA	
	VINCULACION DE TIERRA
	TIERRA PROYECTADA
	ÁNGULO Y REGISTRO PROYECTADO
	DUCTO DE PVC PROYECTADO DE 2", 3" Y O 4"
NOTA: LOS MISMOS SÍMBOLOS EN GROSOR "Ø" (CÍRCULO) LS LA RED EXISTENTE	
	CANALIZACIÓN PROYECTADA
	CÁMARA PROYECTADA
	POSTE PROYECTADO NUMERADO
	CAMBIO POSTE

PROYECTO :

RED DISTRIBUCION FTTH

Diseñado

CESAR GALINDO S.

HJ :

N OBRAS :

ESCALA :

1/750

PLANO N°:

HJ 1/2

CENTRAL :

MARCONA

DISTRITO :

SAN JUAN DE MARCONA

PLANO DISTRIBUCIÓN FTTH 2/2



SIGUIENTE HJ 1/2

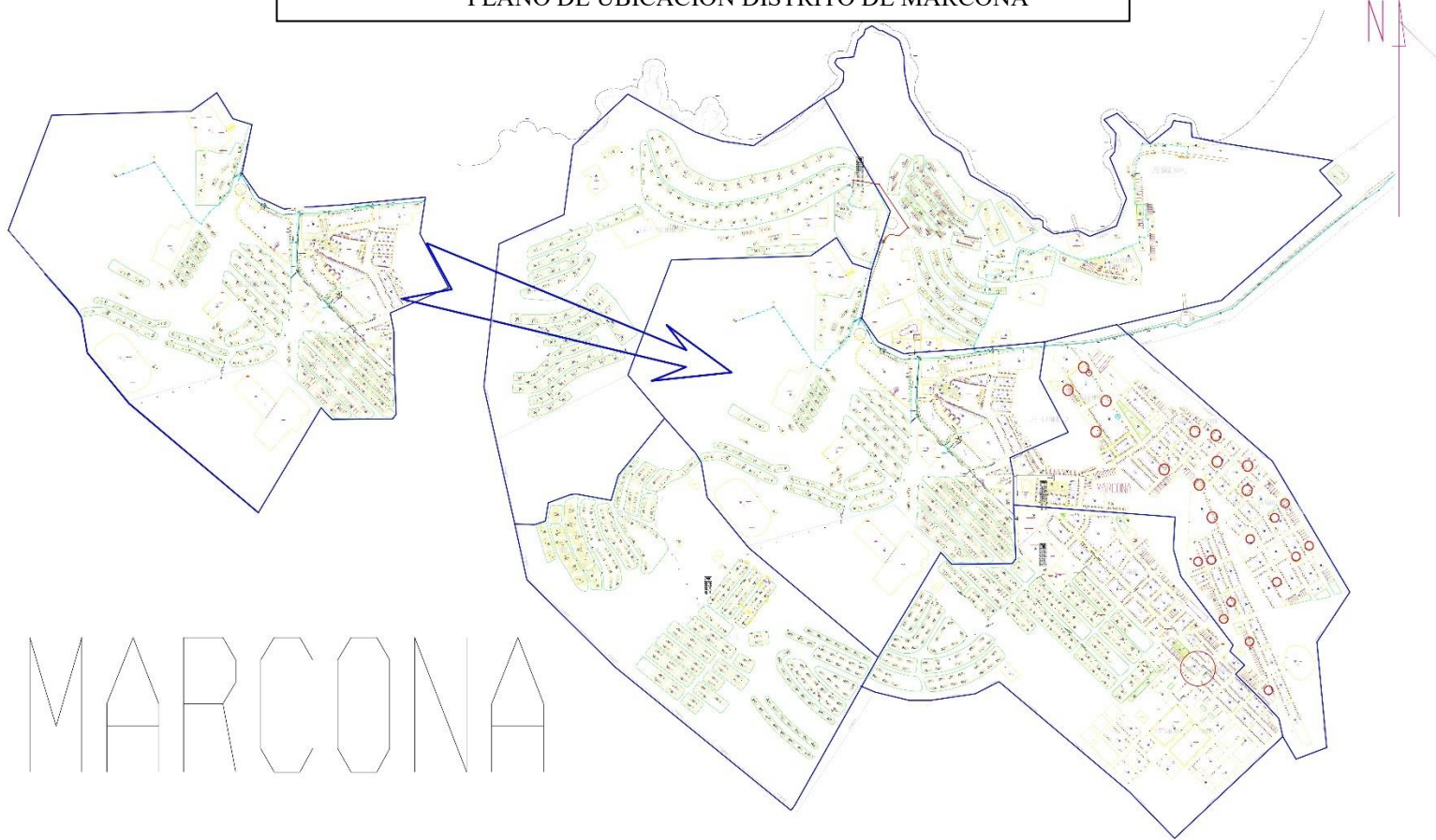
LEYENDA

	VINCULACION DE TIERRA		CANALIZACION PROYECTADA
	TIERRA PROYECTADA		CAMARA PROYECTADA
	ANCHA Y REGISTRO PROYECTADA		POST PROYECTO ALC NUMERADO
	DUCTO DE PVC PROYECTADO DE 2", 3" Y O 4"		CAMBIO POST

NO A+ LOS MISMOS SIMBLOS EN DIBUJO
"0" (CERO) ES A BIL EXISTENTE

PROYECTO :	HC :	VERBA :
RED DISTRIBUCION FTTH	ESCALA : 1/750	PLANO N° HJ 2/2
Diseñado	C-SAN GAI INCO S.	CENTRAL : MARCONA
		DISTRITO : SAN JUAN DE MARCONA

PLANO DE UBICACIÓN DISTRITO DE MARCONA



MARCONA

23

LEYENDA	
	YUNDUACIÓN DE TIERRA
	TIERRA PROYECTADA
	ÁREA Y FORMA PROYECTADA
	UNIDAD DE PVC PROYECTADA
NOTA: LOS MISMOS SÍMBOLOS EN GRIS SON QUE SE USAN EN LA RED EXISTENTE	
	CANALIZACIÓN PROYECTADA
	DRAINAJE PROYECTADO
	POSTE PROYECTADO NUMERADO
	EXISTENTE

PROYECTO #		UC #	N.º DE #
UBICACIÓN DISEÑO FTT		ESCALA #	PLANO #
		CONTEN. #	MARCONA
Diseñado		PROYECTO #	SAN JUAN DE MARCONA
CESAR GALINDO S.			