

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES Y REDES



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES Y REDES

Análisis de parámetros técnicos PON y AON para diseño de acceso Triple Play en una zona urbana del Perú 2024

Línea de Investigación: Comunicación, tecnologías de la información e innovación
Sublínea de Investigación: Plataformas de tecnologías de información y comunicación

Autor:

Cabanillas Hernández Luigui Martin,

Jurado Evaluador:

Presidente : Azabache Fernández, Filiberto Melchor

Secretario : Alvarado Rodríguez, Luis Enrique

Vocal : Llanos León, Lenin Humberto

Asesor: Cerna Sánchez, Eduardo Elmer

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5778-2259>

Trujillo - Perú

2024

Fecha de Sustentación: 2024/09/24

Análisis de parámetros técnicos PON y AON para diseño de acceso Triple Play en una zona urbana del Perú 2024

por LUIGUI MARTIN CABANILLAS HERNANDEZ



Ms. Ing. Eduardo Cerna Sánchez
Asesor

Fecha de entrega: 09-ago-2024 01:22p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2268453328

Nombre del archivo: 03_Tesis_Cabanillas_Hern_andez_090824.docx (12.42M)

Total de palabras: 21634

Total de caracteres: 103974

Análisis de parámetros técnicos PON y AON para diseño de acceso Triple Play en una zona urbana del Perú 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	laguia.fandom.com Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uch.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%

Ms. Ing. Eduardo Cerna Sánchez
Asesor

Excluir citas Apagado
Excluir bibliografía Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Jurado de sustentación Oral

Aprobado por:



Ms. Ing. AZABACHE FERNÁNDEZ FILIBERTO
N° CIP 97916
Presidente



Ms. Ing. ALVARADO RODRIGUEZ LUIS ENRIQUE
N° CIP 149200
Secretario



Ing. LLANOS LEON LENIN HUMBERTO
N° CIP 139213
Vocal

Entregado el:



CABANILLAS HERNANDEZ
LUIGUI MARTIN
DNI 46752514



Ms. Ing. CERNA SÁNCHEZ EDUARDO ELMER
CIP N° 80252
Asesor

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES Y REDES

Análisis de parámetros técnicos PON y AON para diseño de acceso Triple Play en una zona urbana del Perú 2024

Línea de Investigación: Comunicación, tecnologías de la información e innovación
Sublínea de Investigación: Plataformas de tecnologías de información y comunicación

Autor:

Cabanillas Hernández Luigui Martin,

Jurado Evaluador:

Presidente : Azabache Fernández, Filiberto Melchor

Secretario : Alvarado Rodríguez, Luis Enrique

Vocal : Llanos León, Lenin Humberto

Asesor: Cerna Sánchez, Eduardo Elmer

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5778-2259>

Trujillo - Perú

2024

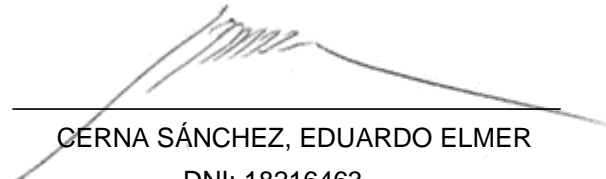
Fecha de Sustentación: 2024/09/24

DECLARACION DE ORIGINALIDAD

Yo, CERNA SÁNCHEZ EDUARDO ELMER, docente del Programa de Estudio de Pregrado de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis titulada **“Análisis de parámetros técnicos PON y AON para diseño de acceso Triple Play en una zona urbana del Perú 2024”**, del autor CABANILLAS HERNANDEZ LUIGUI MARTIN, El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 8%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 09 de agosto del 2024.

- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis **“Análisis de parámetros técnicos PON y AON para diseño de acceso Triple Play en una zona urbana del Perú 2024”** y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Ciudad y fecha: Trujillo 09 de agosto del 2024.



CERNA SÁNCHEZ, EDUARDO ELMER
DNI: 18216463
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5778-2259>



CABANILLAS HERNANDEZ LUIGUI
MARTIN.
DNI 46752514

DEDICATORIAS

En primer lugar antepongo a Dios todopoderoso , mis padres que son mi mayor ejemplo de vida hasta el día de hoy que siempre estuvieron y están para poder salir adelante , mi hermano que es el ser que admiro y respeto mucho que me enseñó el buen camino siempre desde muy pequeño , mi cuñada que aprendí que la perseverancia siempre se logran muchas cosas en la vida y mis sobrinas que son mi vida hoy en día, todo este logro es para ellos, agradecer infinitamente en convertirme la persona que soy hoy en día.

Luigui Cabanillas

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiar nuestros pasos y brindarnos bienestar y firmeza de seguir mejorando, superando las diversas dificultades que se presentan en esta vida y que nos permitió llegar, hoy hasta aquí.

A nuestros progenitores por enseñarnos desde la práctica valores y comprendernos en los momentos más difíciles que nos ha tocado vivir hasta el momento y ser parte de nuestras decisiones.

A la Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, por la acogida y formación que me brindo durante los cinco años de formación profesional, hecho con mucho esmero, responsabilidad y sobre todo brindándonos una enseñanza de calidad.

A los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, quienes me brindaron sabias enseñanzas y experiencias que fueron muy valiosos para mi formación profesional y gracias a ello continúo avanzando en el campo profesional, muchas gracias.

A mi asesor de Tesis, Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez, por brindarme su apoyo incondicional en la realización y finalización del trabajo de investigación, por su perseverancia y entrega; y sobre todo por ser un buen profesor y haberme brindado sus conocimientos científicos en las diversas asignaturas a través de mi formación profesional.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación presenta un estudio comparativo de dos diseños de red dirigidos a servicios Triple Play, basados en arquitecturas de acceso Passive Optical Network (PON), y Active Optical Network (AON). Para el escenario de diseño se tomó como muestra por conveniencia la zona urbana en el Distrito de Yanahuara en Arequipa, para lo cual se determinaron requerimientos de servicio de acceso a internet, telefonía y televisión en base a 505 usuarios. El proceso de diseño se dividió en diseño de planta interna y externa, y se ajustó en base a los requerimientos de proyectos técnicos para servicios públicos de Telecomunicaciones, requerida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. Los parámetros de diseño resultantes fueron comparados respecto de capacidad de datos, márgenes de enlace lejano, e inversión a 5 años. Los resultados de capacidad de datos dirigida a usuarios mostraron resultados similares para PON y AON. Respecto de los márgenes de enlaces más lejanos, los resultados favorecieron en más 5.8 dB a la red AON. En tanto que, respecto de los costos de inversión, los resultados favorecieron a PON, cuyos costos representaron el 56% de lo requerido por AON, lo cual finalmente otorgó una ligera ventaja a la selección de PON como la red de acceso recomendada para el presente estudio.

Palabras clave: Diseño, red, óptica, pasiva, activa, planta interna, planta externa, capacidad, enlaces, margen, inversión.

ABSTRACT

This research work presents a comparative study of two network designs aimed for Triple Play services, the network designs were based on Passive Optical Network (PON) and Active Optical Network (AON) access architectures. For the design scenario, the urban zone in the Yanahuara District in Arequipa, was taken as a convenience sample, for which internet access, telephone and television service requirements were determined based on 505 users. The design process was divided into internal and external plant design, and was adjusted based on the requirements of technical projects for public Telecommunications services, required by the Ministry of Transportation and Communications of Peru. The resulting design parameters were compared with respect to data capacity, far link margins, and 5-year investment. User-directed data capacity results showed similar results for PON and AON. Regarding the margins of the most distant links, the results favored the AON network by more than 5.8 dB. Meanwhile, regarding investment costs, the results favored PON, whose costs represented 56% of what was required by AON, which finally gave a slight advantage to the selection of PON as the recommended access network for the present study.

Keywords: Design, optical, network, passive, active, internal plant, external plant, capacity, links, margin, investment.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

De acuerdo y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno del Programa de Estudios de Ingeniería Electrónica para optar el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones y Redes, dejo a vuestra disposición el presente Trabajo de Investigación titulado: **“Análisis de Parámetros Técnicos PON y AON para diseño de acceso triple play en una zona urbana del Perú 2024”**.

Esta investigación, es producto de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, los cuales me facilitaron la realización de mi trabajo de investigación.

Señores miembros del jurado esperamos que el presente trabajo de investigación se ajuste a las exigencias establecidas por nuestra universidad y merezca su aprobación.

Trujillo, agosto del 2024

Br. Cabanillas Hernández Luigui Martin.

ÍNDICE

Declaracion de originalidad.....	6
Dedicatorias.....	7
Agradecimiento.....	8
Resumen.....	9
Abstract.....	10
Presentación.....	11
Índice.....	12
Índice de figuras.....	13
Índice de tablas.....	14
I. INTRODUCCIÓN:.....	16
1.1 Problema de Investigación.....	16
1.2 Objetivos de la investigación.....	17
1.3 Justificación de la Investigación.....	17
II. MARCO DE REFERENCIA.....	20
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	20
2.2 Marco Teórico.....	23
2.3 Marco Conceptual.....	29
2.4 Hipótesis.....	31
2.5 Variables de estudio.....	31
III. METODOLOGIA EMPLEADA.....	36
3.1 Tipo y nivel de investigación.....	36
3.2 Población y muestra de estudio.....	36
3.3 Diseño de Investigación.....	36
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	84
4.1. Análisis e interpretación de resultados.....	84
4.2. Docimacia de Hipótesis.....	93
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	95
VI. CONCLUSIONES.....	98
VII. RECOMENDACIONES.....	100
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	101
ANEXOS.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: red GPON	24
Figura 2. Estructura principal de las redes PON.....	25
Figura 3. Estructura principal de las redes AON.....	26
Figura 4. Arquitectura FTTH.....	27
Figura 5. Vista satelital de la zona de interés	38
Figura 6. Edificaciones del distrito Yanahuara.....	39
Figura 7. Diagrama Pictórico de Planta Interna	40
Figura 8. Zona de interés contabilizadas las casas y edificios de abonados	44
Figura 9. Diagrama Pictórico Planta Externa PON (PASSIVE OPTICAL NETWORK)	50
Figura 10.Plano en AutoCAD de la distribución de la red PON (PASSIVE OPTICAL NETWORK)	54
Figura 11. Diagrama Pictórico Planta Externa AON (Active Optical Network) .	67
Figura 12. Plano de la distribución de la red AON (Active Optical Network) ...	114
Figura 13. Grafico de Parametro de Capacidades PON - AON	87
Figura 14. Grafico de Parametros de proyeccion de costos anual y acumulado para planta interna y planta externa	89
Figura 15.Grafico de comparativa de margenes de enlace PON - AON.....	91
Figura 16. Grafico de resumen de indicadores de escala de valoracion.....	67
Figura 17. Detalle de ubicación de MUFA	113
Figura 18. Detalle de ubicación de FATEVEN.....	114
Figura 19. Detalle de ubicación de FATUNEVEN.....	115
Figura 20. Detalle ubicación de HUB BOX	116
Figura 21. Detalle de ubicación de casas,edificios y centros comerciales	116
Figura 22. Detalle de planta interna o cabecera	117
Figura 23. Detalle de ubicación de MUFA para el plano AON.. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 24. Detalle de Switch de Fibra Optica POE	118
Figura 25. OLT Smart MA5608T Huawei 2U	119
Figura 26. Parte de un amplificador Optico EDFA	120
Figura 27. Funcionamiento de Amplificador Optico EDFA.....	120
Figura 28. Conexión de un transmisor hacia un amplificador	121

Figura 29. Gabinete con equipos para planta inerna o cabecera.....131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de la Variable 01	33
Tabla 2. Operacionalización de la Variable 02	34
Tabla 3. Inversión de proyeccion de equipamiento de cabecera o planta interna	43
Tabla 4. Casas y edificios contabilizados para el servicio triple play	45
Tabla 5. Transmision de Telefonía IP requerida por usuario.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6. Calculo de Servicio TV , SD , HD y audio digital.....	47
Tabla 7. Resumen de dimensionamiento de capacidades.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. Abonados Planta Externa red PON	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9. Recorrido Planta Externa red PON.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10. Materiales año 01 planta externa e inversion, Urb. Victor A. Belaunde	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11. Materiales año 02 planta externa e inversion , Urb. Las Casuarinas	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 12. Materiales año 03 planta externa e inversion, Urb. Entel Peru.....	60
Tabla 13. Materiales año 04 planta externa e inversion, Urb. Las Casuarinas.	62
Tabla 14. Materiales año 05 planta externa e inversion, Urb. Entel Peru.....	64
Tabla 15. Proyeccion por localidad de inversion inicial y a 5 años (S/.).....	56
Tabla 16. Recorrido de la red AON y de inversion	58
Tabla 17. Abonados Planta Externa AON	59
Tabla 18. Planta Externa AON e inversion año 01, Urb. Victor A. Belaunde.....	73
Tabla 19. Planta Externa AON e inversion año 02, Urb. Las Casuarinas	64
Tabla 20. Planta Externa AON e inversion año 03, Urb. Entel Peru	65
Tabla 21. Planta Externa AON e inversion año 04, Urb. Las Casuarinas .	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 22. Planta Externa AON e inversion año 05, Urb. Entel Peru	81
Tabla 23. Proyeccion por localidad de la inversion inicial y a 5 años (S/.)	73
Tabla 24. Capacidades tecnicas PON - AON.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 25. Costos proyectados PON - AON	¡Error! Marcador no definido.

Tabla 26. Comparativa de margenes de enlace PON - AON.....	91
Tabla 27. Resumen de indicadores de escala de valoracion.....	92
Tabla 28. Parrilla de Canales TV Digital.....	123

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN:

1.1 Problema de Investigación

a. Descripción de la Realidad Problemática

En la actualidad aún existe la brecha de la conectividad en el Perú. El internet y las telecomunicaciones son servicios fundamentales, sin embargo, a pesar de la era 5G, aún existe una importante cantidad de zonas urbanas y zonas rurales sin acceso a redes de banda ancha. En este sentido los operadores de telecomunicaciones concentran el acceso fijo a sus servicios a través de redes orientadas a servicios triple play (voz, videos y datos) (Boggio, Nino,2023)

Según el autor D. Salomón (2023) Triple Play ha sido categorizado como una nueva evolución de los servicios que poco a poco van creando condiciones para que los operadores evolucionen e integren sus infraestructuras, pues en la práctica se ha demostrado obtención de beneficios y ahorros considerables aprovechando el uso de tecnologías modernas. Dentro de las principales tecnologías Triple Play desplegadas en el Perú se consideran a las redes de acceso HFC (Hybrid Fiber Coaxial). Y las redes de acceso FTTH (Fiber To The Home). Respecto a FTTH, las principales tecnologías empleadas en el Perú corresponden a las redes ópticas pasivas (PON networks) y redes ópticas activas (AON networks). Las redes PON se caracterizan por emplear equipos de planta externa que no requieren alimentación eléctrica. En tanto que las redes AON se caracterizan por emplear equipos activos o con requerimiento de energía en su planta externa.

b. Identificación del problema En este sentido el autor consideró una importante oportunidad de investigación el poder contrastar características técnicas de diseños de red PON y AON orientados hacia una zona urbana del Perú de manera de obtener diferentes parámetros técnicos de diseño comparables y que puedan mostrar las principales

diferencias que puedan obtener estas tecnologías en el acceso óptico para los usuarios. Con ello se buscó un aporte hacia el diseño en las redes ópticas orientadas a un escenario nacional.

c. Formulación del problema

¿Cómo se diferencian los parámetros técnicos de la red AON y la red PON orientados al diseño de una red de acceso triple play en una zona urbana en el Perú?

1.2 Objetivos de la investigación

a. Objetivo General

Comparar parámetros técnicos de AON y PON en el diseño de una red triple play en una zona urbana del Perú.

b. Objetivos Específicos

- Identificar una zona del Perú en donde sea factible el despliegue de una red de acceso de usuario en base a tecnología óptica pasiva o tecnología óptica activa para una red de servicio triple play para una zona urbana.
- Determinar los requerimientos técnicos para una zona urbana en el Perú de una red de servicio triple play.
- Realizar el diseño de una red de acceso óptica para una zona urbana en el Perú con tecnología pasiva PON.
- Realizar el diseño de una red de acceso óptica para una zona urbana en el Perú con tecnología activa AON.
- Determinar las semejanzas y diferencias de los parámetros de diseños obtenidos.

1.3 Justificación de la Investigación

En principio el trabajo se justificó académicamente dado que se abordó un problema de diseño real utilizando conocimientos adquiridos en la formación de pregrado. Lo segundo es una justificación de orden técnico, puesto que existe la posibilidad de aportar conocimiento orientado al diseño de las redes ópticas con tecnologías diferentes. Asimismo, el acercamiento de diseño a redes de acceso Triple Play en el Perú, permitió analizar y comparar los parámetros obtenidos de acuerdo a la realidad nacional, lo cual puede llegar a aportar socialmente hacia el usuario final, a partir de la mejora de los diseños.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Antecedentes de la Investigación

- a.** Sugumaran S., Lakshmi, D. & Choudhary.S (2021) en el trabajo de investigación "Advances in Smart Communication and Imaging System" presentaron una investigación donde se hizo una descripción de contenidos que exploran los avances tecnológicos recientes en el campo de los sistemas de comunicación de próxima generación ya que se obtendría esta técnicas para procesar y analizar imágenes en aplicaciones relacionadas para las comunicaciones por fibra óptica respectiva a su evolución hacia las redes FTTH brindando aportes en cuanto a los componentes en el diseño hacia el segmento de usuario final. Se considera como aporte la presentación de los constituyentes elementales de la red abordando el papel de los respectivos componentes en el diseño FTTH, lo cual sirvió como referencia para este proyecto de investigación.

- b.** Kun Wanga, C.P. Larsena & A. Gavlera, (2016). En el artículo de investigación titulado "Un modelo comparativo y análisis tecno económico del AON Ethernet y TDM PON de próxima generación" Se desarrolló un modelo de referencia global orientado a las redes activas y pasivas de próxima generación para fines de evaluación técnico económica. Se realizaron evaluaciones y un extenso análisis tecno económico enfocado en CAPEX para 10G TDM PON y 1G AON, siendo ambos capaces de entregar 1 Gbps a los usuarios finales. Los dos casos más importantes que fueron considerados corresponden a un despliegue desde cero en casos urbanos y rurales. Los resultados mostraron que AON es menos costoso que PON en el caso urbano, mientras que en el caso rural 10G TDM PON es más conveniente. Lo cual sirvió como referencia comparativa para la presente investigación.

- c.** C.Taheri M., Zhang J. & Ansari N., (2016) en el artículo de investigación llamado "Design and análisis of green optical line terminals for TDM passive optical networks" propusieron un esquema de red orientado a reducir eficientemente el consumo de energía de los terminales de línea óptica (OLT) en redes ópticas pasivas (PON) de multiplexación por división de tiempo, como las PON Ethernet y las PON Gigabit. Su trabajo resalta el alto consumo de energía de las OLT en las redes PON incrementando el consumo con el aprovisionamiento de mayor velocidad de datos. Se considera como principal aporte, la estructura OLT con menor cantidad de tarjetas de línea OLT encendidas adaptándose al tráfico en tiempo real, lo cual sirvió como referencia comparativa para el presente trabajo de investigación.
- d.** Pachas, M. (2018) en la tesis titulada "Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino" realizó una investigación orientada al diseño de una red FTTH con infraestructura GPON. Su diseño contempló una tasa de transmisión mínima de 77.75 Mbps por cada hogar, con posibilidad de comercializar con un plan de 170 Mbps de descarga y 17 Mbps de subida, considerando un 40% de velocidad mínima garantizada, ya que estas velocidades vienen a darse por el plan que cada usuario pueda elegir para su hogar. Se consideran como aportes los criterios de diseño que se tomaron como referencia para la presente investigación.
- e.** López, E. (2016) en la tesis denominada "Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (Ancash)" se centró en el diseño de una red de fibra óptica para poder aumentar las velocidades ofrecidas por los distintos operadores de internet, por lo cual se realizó un análisis detallado en el que se tomaron en cuenta distintos tipos de datos para estimar los cálculos de la capacidad de la fibra óptica que se tendrá que utilizar para la implementación del sistema FTTH. Se considero como principal aporte los criterios de estimación de capacidad, que sirvió como referencia para el presente trabajo de investigación.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Tipos de red

A. Tecnologías redes PON

Las redes ópticas pasivas es la técnica que se encuentra en el lado contrario del usuario final y la cabecera. Las redes PON existe una diferencia entre las capacidades y el tipo de aplicación que se va a usar. Estas son las siguientes:

- **APON:** Tiene un soporte de VDSL por lo tanto presta servicios de IP, video y Ethernet tan solo en una fibra
- **BPON:** Tienen mismos conocimientos en tecnología APON, mayor ancho de banda, tiene un alcance de 20 km entre el equipo ubicado en la cabecera hasta el usuario en el hogar, con este resultado se obtiene un total de 32 usuarios por cada fibra que se expande en la red
- **EPON/GEPON:** usa esta técnica que emplea el tráfico de Ethernet, obtiene un alcance de 10 km entre el equipo que está en la cabecera hasta el usuario final que está en el hogar, tan solo se obtiene un total de 32 usuarios por cada fibra en la red.
- **GPON:** hoy en día es la técnica con mayor avance en lo que es tecnología PON, esta técnica se desenvuelve de una manera eficaz en la arquitectura FTTH y también es usada en Europa y Asia, obtiene un mayor alcance de 20 km y tiene una velocidad de bajada 2.5 Gbps y de subida 1.5 Gbps así vemos el resultado que son asimétricas, entonces el cable de fibra tiene un soporte en la red 64 usuarios y con una ampliación hasta 128 usuarios es por eso que esta técnica tiene un mayor margen de ganancia al resto de ancho de banda y la cantidad de usuarios (Ramon Jesús Milan,2007).

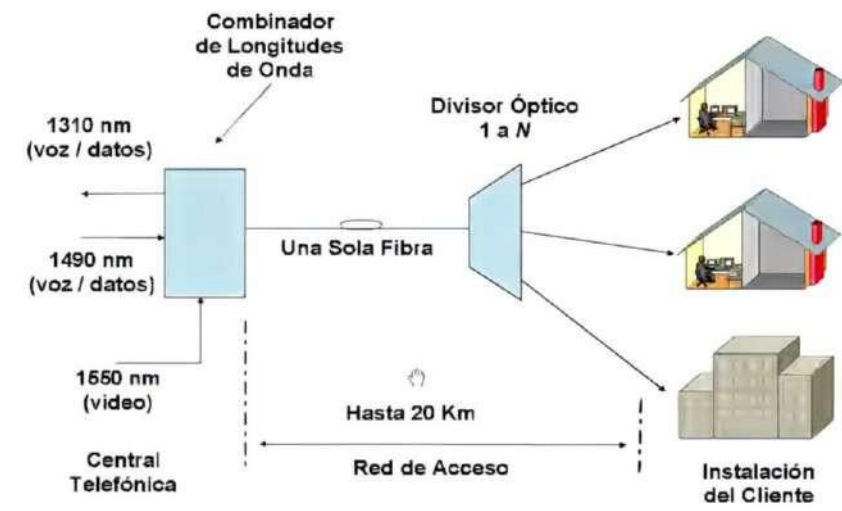


Figura 1: Red GPON

Fuente: Ramón Jesús Millan (2007)

Estructura de una red PON

Las redes PON son diseños basadas en una topología punto-multipunto, como se visualiza en la Figura 2 y consta de los siguientes bloques:

- **OLT:** Se ubica en la cabecera ya que se le denomina distribuidor de servicios es la parte de la red activa. Este equipo distribuye la información tanto de entrada y salida manejando el tráfico y evitando colisiones de todos los servicios solicitados por el usuario final. No obstante, funciona en el sentido de bajada y de subida (Brasero Herranz, 2017).
- **ODN:** Su función que se desenvuelve es en trasladar o mover paquetes o bits de enlace óptico desde una OLT a una ONT, por lo mismo de subida y de bajada, sabiendo que escoge un camino que traza la fibra desde el transmisor hacia el receptor. La ODN está compuesta por los elementos de la red pasiva donde se hayan sus diferentes elementos los cuales son los que ya tenemos conocimiento, splitters, fibra óptica de esparcimiento e internos y elementos de acoplamiento (Brasero Herranz, 2017).
- **ONT u ONU:** La encontramos en la infraestructura del usuario final; ONU si el servicio es para cliente corporativo y ONT si el cliente es residencial. Sabemos que tiene un punto de acceso, por lo tanto, el transmisor, las

oficinas centrales transmiten esta señal. La función de este equipo se trata de convertir los bits o paquetes ópticos en eléctricos para bajada o downstream y bits o paquetes con corriente a ópticos para subida o upstream. (Brasero Herranz, 2017).

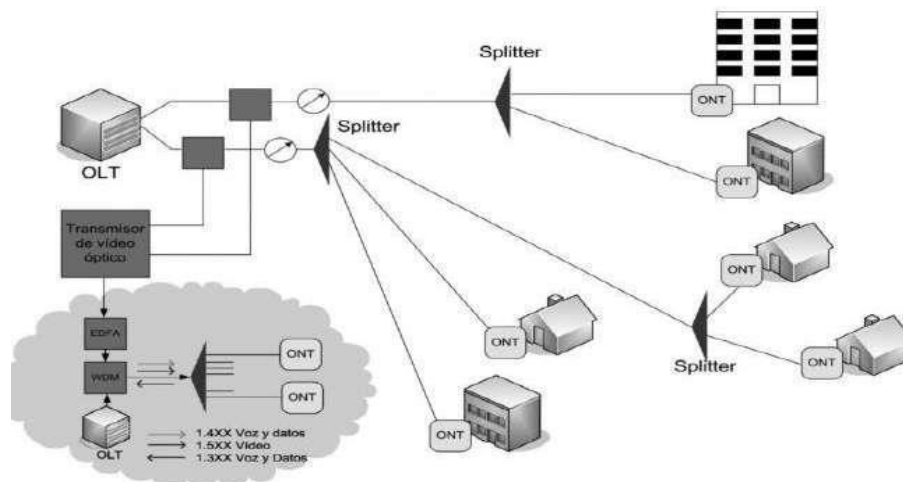


Figura 2. Estructura principal de las redes PON.

Fuente: (ESCALONA, 2008)

B. Tecnología Redes AON

Una red activa, o nombrada como red AON (Active Optical Network), es una topología de red en la cual se transmite o amplifica señal óptica y regenera con energía eléctrica en cada punto de distribución. En una red activa, la señal óptica transmitida a través de la fibra óptica es incrementada y procesada con corriente en cada nodo o punto de distribución de la red. Esto es entonces de que pueda requerirse componentes electrónicos activos, como switches y routers, en cada uno de estos nodos para conducir y tener un enrutamiento de la señal óptica. Las redes activas normalmente son usadas de manera para las empresas y en áreas con muchos usuarios, donde se requiere un mayor nivel de cantidad de procesamiento y control sobre la señal óptica. Por lo tanto, debido a la abundancia de equipos con corriente eléctrica como son los activos en cada punto de distribución, las redes activas tienen un valor mucho más alto en precios de equipos y un nivel difícil de poder aprenderlas en comparación con las redes pasivas.

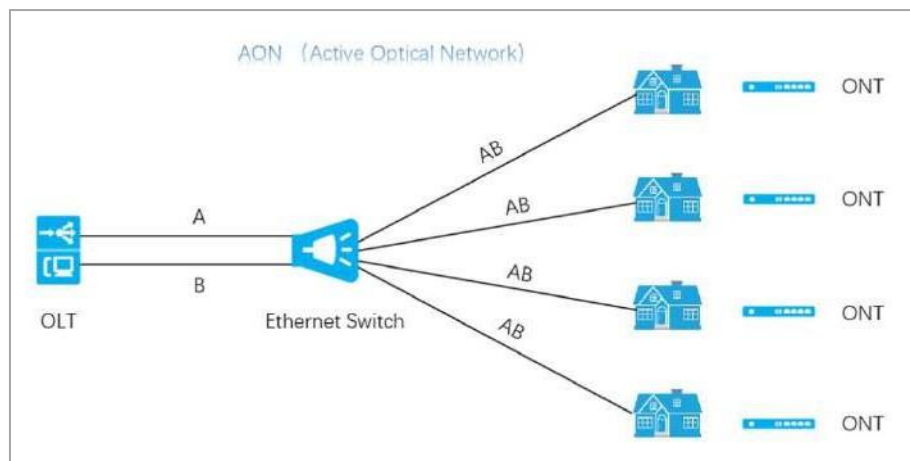


Figura 3. Estructura principal de las redes AON

Fuente: Huawei Enterprise (2016)

2.2.2 Configuraciones de red

Configuración Punto-Punto: Se le denomina punto a punto o también nombrada como conexión dedicada o topología de línea, el diseño de la red cuando dos dispositivos se conectan directo sin poder usar nodos intermediarios, No obstante, crean un canal que se comunica entre dos extremos así se puede permitir una transferencia de datos.

- **Configuración Punto-Multipunto:** Las conexiones inalámbricas de línea está conformada por más de dos equipos. Esto explica que se obtiene un enlace único entre varios equipos, ya que podría hablarse que un equipo siempre estará en conexión al enlace que puede compartirse de un tiempo pasajero a la capacidad del canal.

- **Configuración Estrella** es una red de computadoras que se encuentra estaciones con conexión directa a un punto central ya que estas comunicaciones son necesarias a través del mismo punto. Los equipos no tienen la misma conexión directa y pueden evitarse el tráfico de información.

Esta red tiene en su poder un nodo activo que opera para evitar fallas que tienen relación con el eco.

Se usa para redes locales (LAN). La gran cantidad de redes del área local tienen un switch ya que siguen a esta arquitectura. La cabecera sería el

switch, porque por el uno por uno va pasando cada paquete de todos los usuarios.

Fiber to the home (FTTH)

Es la técnica con mayor uso en el mundo de las telecomunicaciones que operan de manera rápida y segura por el cableado de la fibra óptica y tiene un esquema de que explayan para el uso de triple play como son: Servicio de internet es comúnmente accesible, la telefonía IP también se obtiene y no menos importante la TV por IP (IPTV) para el usuario que goce de estos beneficios como en sus hogares mismos y las empresas también. (Kevin Roe Buck, 2011)

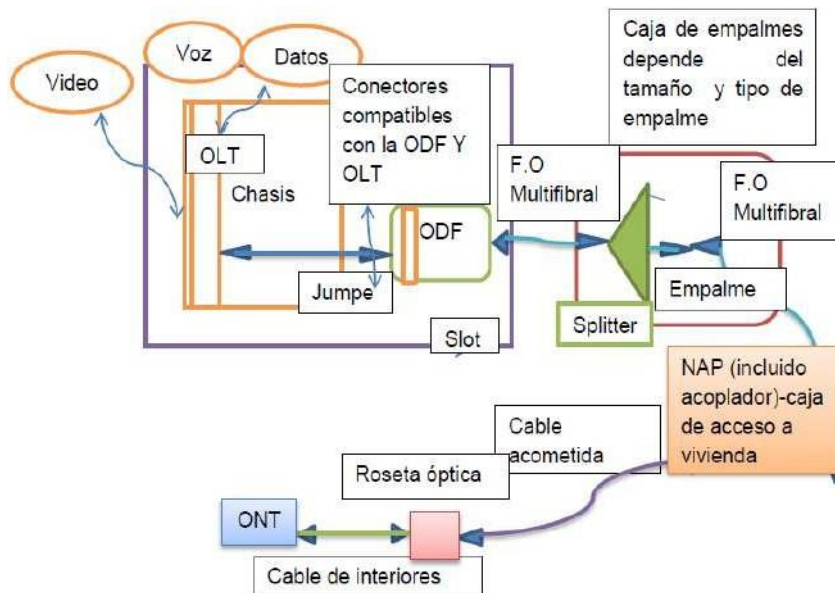


Figura 4. Arquitectura FTTH

Características

- En territorio peruano este sistema es novedoso ya que por lo tanto la fibra óptica y los equipos ópticos están innovando a los hogares, no podríamos negar que no haya otra tecnología que esté llegando a los usuarios, esta técnica con fibra se obtiene con las mismas diferencias en servicios, ya que no es apta para todo público.
- Se tiene en cuenta que la tecnología está traspasando cada vez una gran cantidad de estas tecnologías y algunas con un gran ancho de banda ya que la fibra óptica se aprovecha con un límite al máximo de manera que garantice el futuro. EL FTTH utiliza sistemas de redes ópticas pasivas la cual le permite cambiar el ancho de banda necesario según se requiera. (Long, Keith, 2014)

2.3 Marco Conceptual

a. Red

Es un sistema de comunicación que se manifiesta en realizar una transmisión lo más accesible posible también es rápida y eficaz, esta señal parte del transmisor hacia el equipo receptor que este equipo beneficiara al usuario y con los demás que estén en conexión absoluta.

b. Fibra Óptica

Es el medio de transmisión de datos, contiene un fino material transparente de vidrio recubierto con plástico también, y brinda una luz en la punta de este material y cual viajan datos de manera rápida.

c. FTTH

Se le denomina también como fibra óptica hasta el hogar, utilizando tecnología de transferencia e intercambio de archivos que se obtiene el conocimiento por el uso de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos para brindar servicios con sistemas más adelantados como el Triple Play: telefonía, internet de banda ancha y televisión, a los usuarios finales.

d. PON

Es una técnica que se usa para la implementación de redes de banda ancha. Se desenvuelve que una topología de red punto-multipunto, de fibra se va a permitir la transmisión de datos eficaz y flexible.

e. GPON

Se tiene una capacidad de tráfico que para downstream ósea de bajada es de 2.5 Gbps y para upstream ósea de subida 1.25 Gbps, no obstante, se proporciona una gran escalabilidad y estabilidad en las conexiones de banda ancha

f. AON

Es la arquitectura de la red punto a punto, ya que cada usuario posee tener su misma línea de la fibra óptica, que en sus hogares tiene la terminación de un concentrador óptico. En esta red activa se tiene equipos que se alimentan de la energía eléctrica y va especialmente a usuarios únicos. El switch tiene como función principal de manejar la señal de como entra y de cómo sale. Por lo tanto, la red AON no necesariamente requiere de un switch para cada usuario final

g. OLT

Es el punto de partida de la red PON, por el cual se desarrolla este equipo convierte y transmite la señal a través de la red PON para así poner un orden de multiplexación del terminal de red óptica (ONT).

h. OMCI

Es un componente de red que tiene la función de operar en la OLT o en la ONT, está compuesta por una memoria que tiene la estructura de datos y una interfaz de gestión.

i. ONT

Está ubicado en cada conexión final ya que es en el lado usuario. Se encuentra en los equipos terminales hacia el hogar.

j. OTDR

Es el instrumento para medir la distancia, potencia y detectar fallos de la fibra óptica.

2.4 Hipótesis

a. General

Los parámetros de diseño PON son más convenientes que los parámetros AON, al orientarse a una red óptica de acceso Triple Play en una zona urbana del Perú.

2.5 Variables de estudio

a. Variable 01: Red de acceso PON

Definición Conceptual

La red de Fibra Óptica Pasiva usa tecnología para proporcionar datos de una única fuente a múltiples puntos de conexión "Pasiva", se refiere al uso de cables ópticos conectados a un divisor sin potencia, que a su vez transmite datos de una red de proveedor de servicios a múltiples clientes.

Indicadores.

- Margen de enlace más lejano
- Dimensionamiento de Capacidad de internet (upstream-downstream)
- Dimensionamiento de Capacidades de Televisión (MPEG-4)
- Capacidad de Transmisión de Datos (Telefonía IP)
- Inversión Inicial de Equipamiento de planta interna
- Recorrido planta externa
- Inversión Inicial de Equipamiento de 5 años
- Proyección por Localidad a 5 años

b. Variable 02: Red de acceso AON

Definición Conceptual

La red de Fibra Óptica Activa usa un conmutador agregado o un enrutador con energía (o “activo”) para distribuir datos del proveedor de servicios a los clientes y cada servicio de usuario requiere de un puerto de conmutador o enrutador y fibra dedicados.

Indicadores.

- Margen de enlace más lejano
- Dimensionamiento de Capacidad de internet (upstream-downstream)
- Dimensionamiento de Capacidades de Televisión (MPEG-4)
- Capacidad de Transmisión de Datos (Telefonía IP)
- Inversión Inicial de Equipamiento de planta interna
- Recorrido planta externa
- Inversión Inicial de Equipamiento de 5 años
- Proyección por Localidad a 5 años

c. Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de la Variable 01

VARIABLE 01	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO	UNIDAD DE MEDIDA
Red de acceso PON	Los elementos de red pasiva interactúan directamente con la central y llevan la señal a través de conexión por divisiones y subdivisiones de la señal hacia los usuarios	Margen de enlace más lejano	Reporte de diseño	dB
		Dimensionamiento de Capacidad de Internet (upstream – downstream)	Reporte de diseño	Gbps
		Dimensionamiento de Capacidades de Televisión (MPEG-4)	Reporte de diseño	HDTV
		Capacidad de Transmisión de Datos (Telefonía IP)	Reporte de diseño	Kbps
		Inversión Inicial de Equipamiento de planta interna	Reporte de diseño	S/.
		Recorrido planta externa	Reporte de diseño	Km.
		Inversión Inicial de Equipamiento de 5 años	Reporte de diseño	S/.
		Proyección por Localidad a 5 años	Reporte de diseño	S/.

Tabla 2. Operacionalización de la Variable 02

VARIABLE 02	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO	UNIDAD DE MEDIDA
Red de acceso AON	Los elementos de la red activa se encuentran en la central con puertos GPON en el equipo OLT para si luego directamente manden señal a un enrutador entonces cada usuario requiere de un puerto o enrutador en casa	Margen de enlace más lejano	Reporte de diseño	dB
		Dimensionamiento de Capacidad de Internet (upstream-downstream)	Reporte de diseño	Gbps
		Dimensionamiento de Capacidades de Televisión (MPEG-4)	Reporte de diseño	HDTV
		Capacidad de Transmisión de Datos (Telefonía IP)	Reporte de diseño	Kbps
		Inversión Inicial de equipamiento de planta interna	Reporte de diseño	S/.
		Recorrido planta externa	Reporte de diseño	Km
		Inversión Inicial de Equipamiento de 5 años	Reporte de diseño	S/.
		Proyección por Localidad a 5 años	Reporte de diseño	S/.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

III. METODOLOGIA EMPLEADA

3.1 Tipo y nivel de investigación

Es de tipo descriptiva simple, no experimental, porque no se manipuló ninguna variable en su situación real, es decir, se realizó a través de la comparativa de 02 diseños para analizar los parámetros obtenidos.

Es de nivel descriptivo, dado que se buscó hacer una descripción de los parámetros de diseño obtenidos identificando parámetros favorables y desfavorables para una u otra tecnología.

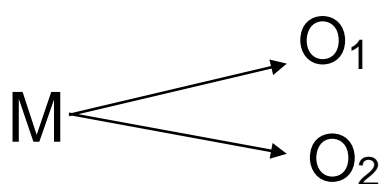
3.2 Población y muestra de estudio

La población está constituida por todas las redes de acceso Triple Play PON y AON factibles de diseñar en una zona urbana del Perú. Por tratarse de una condición no determinística (no existe un número finito cuantificable), de acuerdo a la disponibilidad de acceso para el diseño y recopilación de información, se ha considerado un muestreo por conveniencia, tomando como referencia la zona urbana, dentro del distrito de Yanahuara, en el Departamento de Arequipa, sobre la cual se realizó la comparativa de los parámetros de diseño resultantes de las redes de acceso PON y AON. Lo cual constituyó la muestra a emplear. Se considera que los resultados pueden ser comparables a otras zonas urbanas del Perú.

3.3 Diseño de Investigación

El diseño observó el comportamiento a través de parámetros obtenidos. Se realizó recolección de datos a través de reportes de diseño resultantes obtenidos en las 2 tecnologías PON como en AON.

Esquema gráfico de investigación:



Donde:

M: Muestra

O₁: Observación de parámetros resultantes de diseño PON

O₂: Observación de parámetros resultantes de diseño AON

Procedimiento

- Identificación de la zona urbana del Perú para la propuesta de diseño
- Identificación de requerimientos de diseño.
- Elaboración de los esquemas de distribución de planta externa
- Identificación de componentes hasta usuarios finales basado en red PON
- Identificación de componentes hasta usuarios finales basado en red AON.
- Identificación de componentes y costos para tecnología PON
- Identificación de componentes y costos para tecnología AON
- Estimación de condiciones de mantenimiento de la red para las tecnologías PON y AON.
- Elaboración de la propuesta de despliegue de la red de acceso basado en tecnología PON y AON
- Comparación de parámetros técnicos resultantes entre los diseños PON y AON.

a. Recopilación de datos del distrito de Yanahuara

El distrito de Yanahuara está ubicado en el departamento de Arequipa, en el sur del Perú. limita por el norte con el distrito de Cayma, por el este con los distritos de Selva Alegre y el Cercado de Arequipa, por el sur con el distrito de Sachaca y por el Oeste con los distritos de Cayma y Cerro Colorado que está a una altitud de 2453 m.s.n.m. tal como se presenta en la Figura 5. Desde el año 2020 y hoy en día existe una población de 26354 habitantes. Su principal actividad económica es la agricultura y la ganadería; el turismo también abunda tanto en Yanahuara como en la ciudad de Arequipa.

La zona de interés corresponde a la urbanización Víctor Andrés Belaúnde, dentro de la cual se ubican dos centros médicos; Centro Quirúrgico del Hospital III Yanahuara ESSALUD y Centro de Salud Yanahuara – MINSA, del mismo modo cuenta con doce colegios entre públicos y privados; siendo los principales el colegio IE N° 40039 Santa María y el colegio Nuestra Señora de la Merced. La municipalidad se encuentra en la plaza de armas junto a un centro religioso.



Figura 5. Vista satelital de la zona de interés

Fuente: Google Earth (2024)

En la Figura 6, se presenta una vista de algunas edificaciones cercanas a la ubicación de cabecera o planta interna elegida, donde se puede apreciar la situación del despliegue aéreo de cables eléctricos y cables de comunicaciones en la zona. Los postes de alumbrado público, permiten ser alquilados por proveedores de servicios de banda ancha. En algunos tramos puede encontrarse sobrecarga de cables.

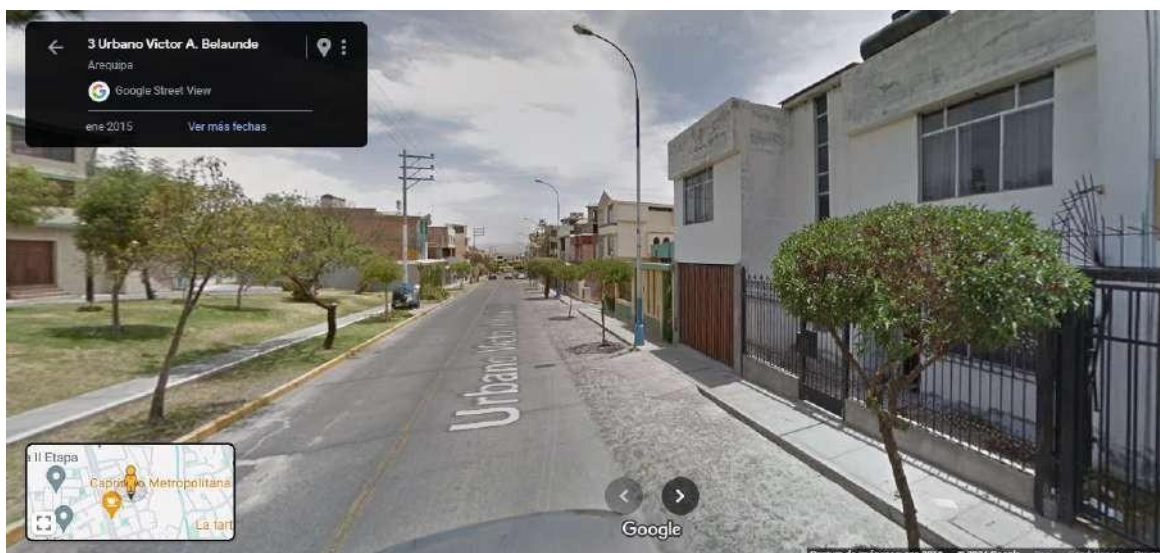


Figura 6. Edificaciones del distrito Yanahuara

La ubicación de la cabecera o planta interna se propone sea realizada tomando como referencia la ubicación de infraestructura de una operadora de cable anterior, la cual está situada en Urb. Víctor Andrés Belaúnde con Coordenadas $16^{\circ} 23' 43''$ Latitud Sur, $71^{\circ} 33' 12''$ Longitud Oeste. En la Figura 7 se muestra un diagrama pictórico de planta interna, la cual es la misma tanto para PON y AON. La planta interna corresponde al segmento de red donde se ubica la sala de equipos de oficina central con elementos activos, desde donde se transmite la señal óptica hacia el cliente y en donde se reciben las señales del equipamiento de usuario final.

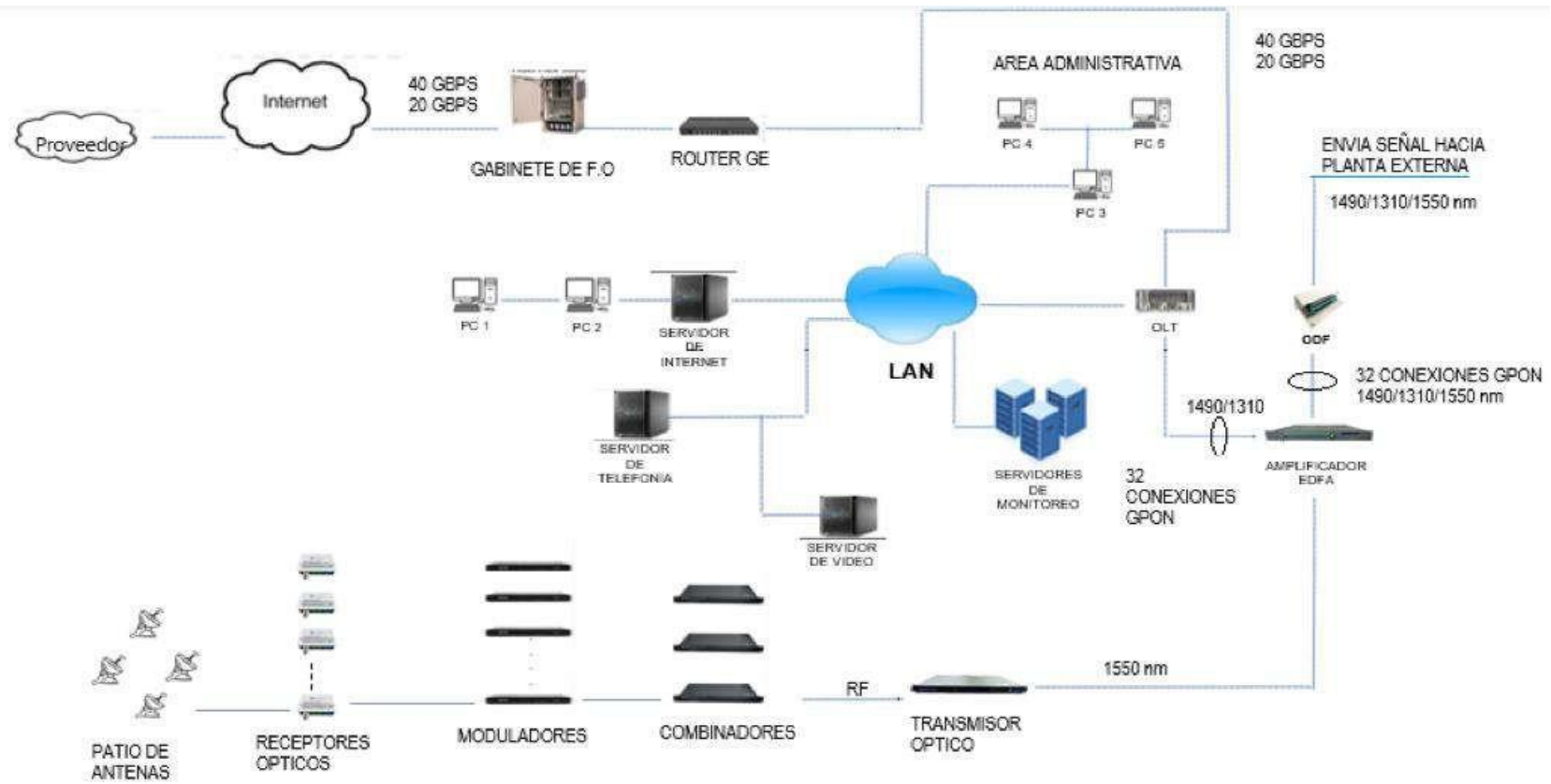


Figura 7. Diagrama Pictórico de Planta Interna

b. Dimesionamiento de planta Interna o Cabecera

Siguiendo el esquema mostrado en la Figura 7. En primer lugar, es el proveedor de servicio de internet quien brinda una capacidad de conexión de 40 Gbps simétricos, los cuales llegan a la planta interna a través de hilos de Fibra Óptica. En tal sentido se dispondrán de 40 Gbps para downstream y de 20 Gbps para upstream. Estos hilos pasan por una caja de distribución de fibra donde se van a generar las conexiones que van hacia los puertos Ethernet 10 GE del OLT (Optical Line Terminal) que se encuentran en las tarjetas MCUD0 y MCUD1 (02 puertos 10 GE por cada tarjeta).

El OLT posee, asimismo, conexiones Ethernet GE para poder interconectarse al segmento de red LAN de planta interna, y a los servidores correspondientes tales como servidor de internet, servidor de telefonía, servidor de video y red de gestión. Existe también otro segmento LAN para el área administrativa. Las conexiones Ethernet GE se encuentran también en las tarjetas MCUD0 y MCUD1 (02 puertos GE por cada tarjeta).

Desde el OLT, a través de las tarjetas GPON, se van a tener las conexiones que van a ir directamente hacia los clientes. Estas conexiones van a viajar en 02 longitudes de onda (1310 nm para upstream y 1490 nm para downstream), dentro de las cuales se transmitirá la conexión de internet y de telefonía hacia planta externa. El OLT posee 02 tarjetas GPON, donde cada tarjeta maneja 16 puertos, sumando un total de 32 puertos. Desde cada puerto se distribuirán las conexiones a 16 clientes, llegando así a una posible capacidad total instalada de 512 usuarios.

Respecto del servicio de televisión, se ha considerado un patio de 04 antenas las cuales recibirán la señal de canales satelitales directamente en banda de 6 GHz. Esto luego pasa a los receptores, moduladores, para después llegar a un combinador de salida RF. Esta salida del combinador es llevada hacia un conversor electro óptico (transmisor óptico) con salida de fibra en el rango de longitud de onda de 1550 nm. Esta salida se conecta hacia un amplificador EDFA (Erbium Dopped Fiber Amplifier), en el cual se combinan las señales ópticas de los puertos de salida de GPON del OLT (1310 /1490 nm) con la señal óptica del

transmisor óptico de TV (1550 nm). Estas conexiones son llevadas hacia el ODF de salida hacia planta desde donde se distribuirán los puertos con todas las señales combinadas (1310 / 1490 / 1550 nm).

Cabe mencionar que también se disponen de servidores para el servicio de internet, telefonía y video IP, los cuales pueden funcionar a través de diferentes aplicaciones basadas en servicios de internet. De mismo modo se tiene una red interna administrativa y una red de gestión.

En la Tabla 03 se muestra un resumen de los principales equipos y costo para planta interna. Asimismo, en el anexo 01 se podrán encontrar las especificaciones técnicas resumen de los equipos empleados.

Tabla 3. Inversión de proyección de equipamiento de cabecera o planta interna

Cantidad	Equipo	marca	modelo		Precio Unidad		Precio Total
1	Transmisor Óptico	FULLWELL	SC/APC	S/.	1662	S/.	1662
1	amplificador	EDFA		S/.	5540	S/.	5540
1	switch	CISCO	S5850 - 48T4Q	S/.	17828.3	S/.	17828.3
1	router	CISCO	serie 1900 HP	S/.	6660	S/.	6660
1	OLT	Huawei	Smart AX MA5608T	S/.	7007	S/.	7007
1	ODF	Huawei	3U	S/.	536.5	S/.	536.5
1	router	Mikrotik	RB4011	S/.	761.8	S/.	761.8
1	Servidor de video	HP	P-3204	S/.	8499	S/.	8499
1	Servidor de Internet	HPE	P44720-001	S/.	7039	S/.	7039
1	Servidor de Telefonía	Asterisk	IP - PBX MATRIX	S/.	4107	S/.	4107
1	Servidores de monitoreo	Pertel	MC 2000	S/.	42550	S/.	42550
1	Administrador de monitoreo	mensual	anual	S/.	4000	S/.	48000
1	Plataformas / software	Pandora FMS	anual	S/.	3720	S/.	3720
1	Alimentador Ethernet	POE Ubiquiti	POE-24-24W	S/.	66	S/.	66
1	Access Point	Trendnet	AC1200	S/.	507.5	S/.	507.5
4	Antenas Parabólicas	ALGcom	PS-6100-38-18	S/.	7037.8	S/.	28151.2
1	Gabinete de F. O	FieldSmart	FiberFlex 3000	S/.	532	S/.	532
75	Modulador	SOFTEL	AH2000M	S/.	161	S/.	12075
150	Receptor Óptico Pasivo	FullWELL	FWR-XGS	S/.	53	S/.	7950
3	Combinador de 24 canales	KROTON	SKU:X6824	S/.	206.6	S/.	619.8
5	Computadoras	Intel	i5	S/.	1500	S/.	7500
					Sub total	S/.	211312.1

c. Premisas de Diseño de Capacidades y Planta Externa

Para la realización del diseño se consideró las viviendas y habitantes que se proyectan para la distribución del servicio concentrado en planta interna. En la Figura 08 se muestra la contabilización de casas y edificios en la zona de interés y de alcance de la planta externa. Se puede apreciar que en total se han contabilizado 211 casas y 53 edificios, considerando el número de familias o posibles usuarios que puedan acceder a una suscripción del servicio, se contabiliza en los 53 edificios 157 clientes y en las 211 casas 348 clientes; esto último porque pueden ser independizadas y habitar varias familias, los resultados, se muestran en la Tabla 04.



Figura 8. Zona de interés contabilizadas las casas y edificios de abonados

Tabla 4. casas y edificios contabilizados para el servicio triple play

Tipo de vivienda	N°	N° de posibles clientes
Casa	211	348
Edificios	53	157
Total	264	505

Como se mencionó anteriormente, se va a repartir la señal por red de fibra óptica hacia 348 usuarios en casas y 157 usuarios en edificios, lo que hace un total de 505 usuarios

d. Dimensionamiento capacidad upstream / downstream para el operador

Como se indicó en la Tabla 04, se tendría un total de 505 usuarios, para el dimensionamiento de las capacidades requeridas para todos los usuarios.

Se propone ofrecer comercialmente a los 505 usuarios de la zona de interés (Urb. Víctor A. Belaúnde), en el distrito de Yanahuara, un máximo de 1.2 Gbps de downstream y 0.6 Gbps de upstream, esto significaría en primera instancia total 606 Gbps de downstream y 303 Gbps de upstream a cargo del operador.

Sin embargo, según criterio indicado por Llorach, J. (2023), las redes FTTH GPON pueden soportar un overbook de 1:16 sin afectar los indicadores de calidad. De esta manera, se tendría por cada 1.2 Gbps de downstream / 0.6 Gbps de upstream, una compartición del acceso entre 16 usuarios. Bajo este criterio, se podría manejar un arrendamiento al operador de 40 Gbps para downstream y 20 Gbps para upstream, sin que ello afecte los parámetros de calidad percibidos por el usuario.

e. Capacidad upstream / downstream para telefonía IP GPON

Según el trabajo de Vásquez, E. (2018), una comunicación de telefonía IP fija, que emplea el códec estándar G.729, puede alcanzar las capacidades de datos indicadas en la Tabla 5; en tal sentido por cada usuario se requeriría 31.2 kbps de upstream y 31.2 kbps de downstream.

Tabla 5. Capacidad transmisión Telefonía IP requerida por usuario

Servicio	Upstream	Downstream
Telefonía IP	31.2 kbps	31.2 kbps

Para el total de usuarios, la capacidad requerida en upstream / downstream se puede estimar como:

$$505 \text{ usuarios} \times 31.2 \text{ kbps} / \text{usuario} = 15.76 \text{ Mbps}$$

Esta estimación, indica que se requeriría 15.76 Mbps para upstream y 15.76 Mbps para downstream en el servicio de telefonía IP.

f. Capacidad transmisión para servicio de TV digital GPON

Para el dimensionamiento de la capacidad de los servicios de TV digital, se han considerado 75 canales en calidad SD, 64 canales en calidad HD, y 10 canales de audio digital. En la Tabla 6 se indican las capacidades individuales requeridas para la transmisión de los canales proyectados.

El total de capacidad requerido obtenido, sería 1,546.9 Mbps, o el equivalente de 1.55 Gbps. Cabe recordar que esta capacidad será transmitida en una longitud de onda 1550 nm reservada para los servicios de televisión digital.

Tabla 6 Calculo Servicio TV SD, HD y audio digital

Canales de TV	Cantidad de Canales	Capacidad Individual	ancho de banda de 6 MHz.		
			Capacidad Total		
SD	75	3.7	Mbps	277.5	Mbps
HD	64	19.6	Mbps	1254.4	Mbps
AUDIO	10	1.5	Mbps	15	Mbps
			Total	1546.9	Mbps

g. Resumen dimensionamiento capacidad Internet, Telefonía y TV digital.

En la Tabla 7 se muestra un resumen de las capacidades dimensionadas en upstream y downstream para los servicios de telefonía IP, internet, y TV digital (solo downstream). Las capacidades de Internet y Telefonía sumarían un total de 20.22 Gbps para upstream, y se transmitirían en 1310 nm. Del mismo modo las capacidades de Internet y Telefonía sumarían un total de 40.02 Gbps para downstream y se transmitirían en 1490 nm. Finalmente, las capacidades requeridas para la transmisión de TV digital en canales SD, HD, junto a canales de audio dedicados, ocuparían 1.55 Gbps en la longitud de 1550 nm.

Tabla 7. Resumen de ddimensionamiento de capacidades

Servicio	Capacidad	Lambda	Canales		Canales de Audio
			SD	HD	
Telefonía IP Upstream	15.76 Mbps (Total)	1310nm	-	-	-
	31.2 Kbps (usuario)				
Internet Upstream	20.2 Gbps (Total)		-	-	-
	600 Mbps (usuario)				
Internet Downstream	40 Gbps (Total)		-	-	-
	1.2 Gbps (usuario)				
Telefonía IP Downstream	15.76 Mbps (Total)	1490nm	-	-	-
	31.2 Kbps (usuario)				
Televisión	1.546 Gbps (Total)	1550nm	75	64	10

Cabe destacar que ninguna de las capacidades dimensionadas para el usuario excede el límite de 2.4 Gbps por longitud de onda en downstream y 1.2 Gbps en upstream.

h. Diagrama de planta externa PON.

El dimensionamiento de la planta externa PON , se encuentra representado en la figura N°10 , donde se puede apreciar que a partir de la planta interna se tiene 32 conexiones GPON que van a ser distribuidas a los clientes , las cuales salen a partir de un ODF. Las 32 conexiones son distribuidas en la red troncal a través de una MUFA y llegan hacia un HUB BOX y del HUB BOX los hilos se distribuyen hacia los CTO's para poder distribuir las conexiones del CTO hacia el HUB BOX se requiere de un empalme por cada CTO. A partir del CTO se distribuyen las conexiones hacia los usuarios para ello se requiere un empalme antes de cada vivienda. Después se tiene la conexión triple play al usuario final. Por cada CTO se realiza una distribución para 16 usuarios, de manera que los 16 usuarios que son distribuidos por cada CTO que va cada una de las 32 líneas de fibra del HUB BOX hacen un total de 512 conexiones.

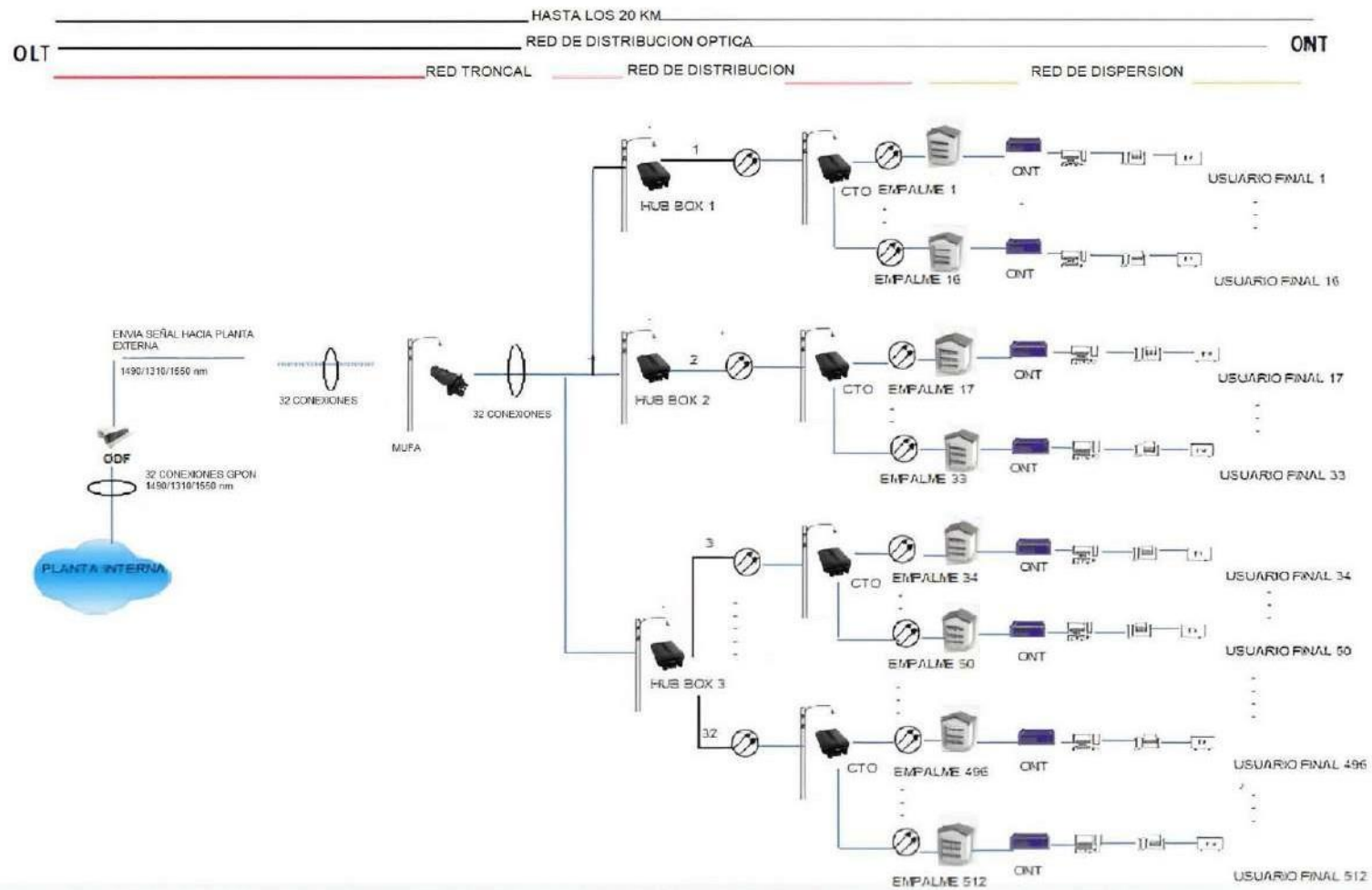


Figura 9. Diagrama Pictórico Planta Externa PON (PASSIVE OPTICAL NETWORK)

i. Detalle de diseño de planta externa

Para el diseño de planta externa se va a emplear la metodología para proyecto de prestación de servicios recomendada por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). En este sentido, el perfil técnico del proyecto requiere la descripción de los recorridos de planta externa, el detalle de recorrido por año, la proyección de abonados por cada año de operación. Asimismo, el detalle de equipos de planta externa, recorridos y cables representados en un plano de cobertura.

j. Recorrido de la red PON

Conforme lo indicado en el apartado anterior, se va detallar el plan de cobertura por año. En este sentido se presenta la tabla N° 12 en la cual se proyecta los usuarios a abastecer en un periodo de 5 años. Del mismo se presenta la Tabla N° 13, en donde se indica por cada año las zonas de cobertura donde se distribuyen a los 505 usuarios y el detalle de recorrido de la planta externa PON. En el detalle de recorrido, se indican las calles y avenidas por donde se desplegará la planta externa para los usuarios proyectados desde el 1er hasta el 5to año.

Tabla 8. Abonados Planta Externa

ABONADOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
ANUAL	155	125	125	50	50
ACUMULADO	155	280	405	455	505

Tabla 9. Recorrido planta externa

AÑO 1: Urb. Víctor A. Belaúnde

Av. Bellini Giovanni	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09)
Av. Metropolitana	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 10)
Calle Leonardo Da Vinci	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 06)
Calle Challapampa Mz. C	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07)

AÑO 2: Urb. Las Casuarinas

Av. Bellini Giovanni	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07)
Av. Metropolitana	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08)
Calle Antonio Allegri Mz. E	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 06)
Calle Taboada	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07)

AÑO 3: Urb. Entel Perú

Av. Metropolitana	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07)
Calle Entel Perú Mz. D	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 06)
Calle Tablara de Chullo Mz. F	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08)

AÑO 4: Urb. Las Casuarinas

Calle Las Casuarinas Mz. A	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08)
Calle Tablara de Chullo Mz. B	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09)
Av. Bellini Giovanni	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08)

AÑO 5: Urb. Entel Perú

Calle Entel Perú Mz. C	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08)
Calle Tabalara de Chullo Mz. E	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09)

k. Plano de recorrido de la red PON

A partir de los datos de usuarios y recorrido de planta externa, se elaboró un mapa de distribución de la zona de interés con el detalle acerca de los recorridos de los dispositivos de planta externa, soportes de infraestructura para los 505 usuarios (tales como: postes, reservas, mufa, hub box, etc).

En la Figura N° 10 se presenta el plano de distribución de la red PON (Passive Optical Network). En este plano se puede ver toda la arquitectura de red ampliamente. Se aprecia el recorrido desde la oficina central de manera continua hacia la MUFA. La MUFA o caja de empalme horizontal, posee una capacidad hasta 144 hilos.

En el presente diseño solo se usan 32 hilos de la MUFA. Estos hilos van a llegar hacia 3 hub box (02 hub box de 12 salidas y 01 hub box de 8 salidas), a partir de los cuales se van a desplazar hacia los 32 CTO (Caja Terminal Optica), desde los cuales se comparten (split) las conexiones hacia 16 usuarios, haciendo un total de 512 usuarios.

En el mapa se pueden identificar símbolos para representación del tipo de usuario final. Es así que los negocios se identifican por triángulos, los edificios se identifican por rectángulos y las casas por círculos (simbología típica empleada por operadores nacionales).

Los símbolos antes mencionados se distribuyen a lo largo del plano de planta externa PON a través del recorrido de las calles y avenidas de la Urbanización Víctor Andrés Belaunde, Urbanización Las Casuarinas y Urbanización Entel Perú.

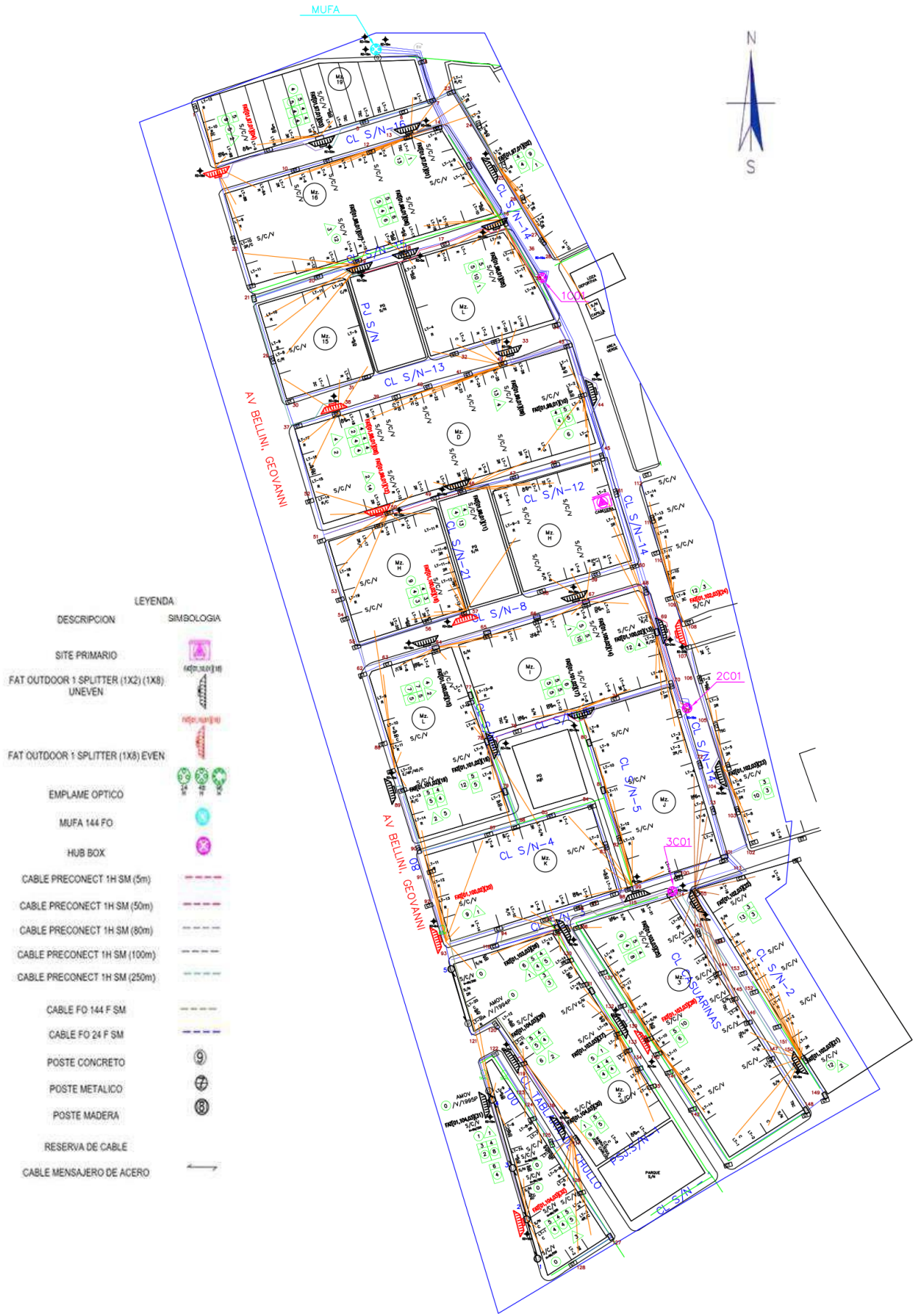


Figura 10. Plano de la distribución de la red PON (Passive Optical Network)

I. Inversión proyectada por año

I.1 AÑO 01: Planta Externa e inversión Urb. Víctor A. Belaúnde

Para la distribución de la red de fibra óptica PON que se va a desplazar por las principales avenidas y calles de la Urb. Víctor Andrés Belaúnde (Yanahuara), primero se va a tener una MUFA de 144 hilos que estará ubicada en calle Los Gladiolos del cual se va tener un tramo continuo hasta la avenida Bellini Giovani (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09) con un recorrido de 1.5 Km. Del mismo modo se tiene otro tramo de fibra hasta la avenida Metropolitana (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08) con un recorrido de 1.2 Km. De mismo modo se tiene un tramo por la calle Leonardo Da Vinci (desde la cuadra N° 1 hacia la cuadra N° 6) con un recorrido de 0.7 Km. El tramo continúa por Calle Challapampa Mz. C (cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07) con un recorrido de 0.88 Km hasta llegar a un punto desde donde a partir de 8 CTO (caja terminal óptica) o también se le llama Hub's se va a desplazar y subdividir a un total de 155 abonados en este primer año. Se presenta en la tabla N°14 los materiales y equipos para planta externa de inversión por el año 01. Cabe destacar que el mismo recorrido de calles y avenidas principales de la zona urbanizada de Yanahuara se hará para la planta externa AON.

Tabla 10. Materiales año 01 planta externa e inversión, Urb. Víctor A. Belaunde guiarse

Material de equipos	Marca	Modelo	Cantidad		Precio Unitario		Precio Total	Unidad
Instalación caja de empalme 144 FO	FBS	FK-CEO-4M	1	S/.	215	S/.	215	u
total 96 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	612	S/.	1.5	S/.	918	m
Reservas	LinkedPro	ADSS G.652D	60	S/.	1.4	S/.	84	m
Instalación de cruceta para reserva	SuperFiber	SKUFER007	2	S/.	49.85	S/.	99.7	u
Total 24 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	491	S/.	1.4	S/.	687.4	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	5	S/.	1.32	S/.	6.6	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	400	S/.	1.32	S/.	528	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	880	S/.	1.32	S/.	1161.6	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	700	S/.	1.32	S/.	924	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	750	S/.	1.32	S/.	990	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	250	S/.	1.32	S/.	330	m
cable mensajero 1/8 "	METALICO	CG1/4X1000	1119	S/.	1.64	S/.	1835.16	m
FAT EVEN	HUAWEI	MAX-730C-SM1-EA	8	S/.	87.35	S/.	698.8	u
FAT UNEVEN	HUAWEI	MAX-730C-SM1-EA	24	S/.	58.88	S/.	1413.12	u
HUB BOX	HUAWEI	AQBR048_F	3	S/.	174.11	S/.	522.33	u
CIERRE DE EMPALME	ICOPTIKS	FTSHELL/02	1	S/.	26.82	S/.	26.82	u
poste de 9m existente	PORTLAND	SKUP0076	1	S/.	423.15	S/.	423.15	u
poste de 9m proyectado	PORTLAND	SKUP0076	2	S/.	169.02	S/.	338.04	u
Poste eléctrico	PORTLAND	SKUP0076	5	S/.	423.15	S/.	2115.75	u
Poste 11 mts	PORTLAND	SKUP0076	1	S/.	515.1	S/.	515.1	u
Ancla vertical	3M DBI-SALA	2100138	1	S/.	248.5	S/.	248.5	u
					Subtotal	S/.	14081.07	

I.2 AÑO 02: Planta Externa e inversión Urb. Las Casuarinas

Para la distribución de la red de fibra óptica PON que se va a desplazar por las principales avenidas y calles de la Urb. Las Casuarinas (Yanahuara), primero se va a tener una MUFA de 144 hilos que estará ubicada en calle Los Gladiolos del cual se va a tener un tramo continuo hasta la avenida Bellini Giovani (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09) con un recorrido de 1.5 Km. Del mismo modo se tiene otro tramo de fibra hasta la avenida Metropolitana (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08) con un recorrido de 1.2 Km. De mismo modo se tiene un tramo por la calle Leonardo Da Vinci (desde la cuadra N° 1 hacia la cuadra N° 6) con un recorrido de 0.7 Km. El tramo continúa por Calle Challapampa Mz. C (cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07) con un recorrido de 0.88 Km hasta llegar a un punto desde donde a partir de 8 CTO (caja terminal óptica) o también se le llama Hub's se va a desplazar y subdividir a un total de 155 abonados en este primer año. Se presenta en la tabla N°15 los materiales y equipos para planta externa de inversión por el año 02. Cabe destacar que el mismo recorrido de calles y avenidas principales de la zona urbanizada de Yanahuara se hará para la planta externa AON.

Tabla 11. Materiales año 02 planta externa e inversión, Urb. Las Casuarinas

Material de equipos	Marca	Modelo	Cantidad		Precio Unitario		Precio Total	Unidad
Instalacion caja de empalme 144 FO	FBS	FK-CEO-4M	1	S/.	215	S/.	215	Und
total 96 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	612	S/.	1.5	S/.	918	Mts
Reservas	LinkedPro	ADSS G.652D	60	S/.	1.4	S/.	84	Mts
Instalacion de cruceta para reserva	SuperFiber	SKUFER007	2	S/.	49.85	S/.	99.7	Und
Total 24 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	491	S/.	1.4	S/.	687.4	Mts
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	5	S/.	1.32	S/.	6.6	Mts
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	400	S/.	1.32	S/.	528	Mts
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	880	S/.	1.32	S/.	1161.6	Mts
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	700	S/.	1.32	S/.	924	Mts
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	750	S/.	1.32	S/.	990	Mts
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	250	S/.	1.32	S/.	330	Mts
cable mensajero 1/8 "	METALICO	CG1/4X1000	1119	S/.	1.64	S/.	1835.16	Mts
FAT EVEN	HUAWEI	MAX-730C-SM1-EA	8	S/.	87.35	S/.	698.8	Und
FAT UNEVEN	HUAWEI	MAX-730C-SM1-EA	24	S/.	58.88	S/.	1413.12	Und
HUB BOX	HUAWEI	AQBR048_F	3	S/.	174.11	S/.	522.33	Und
CIERRE DE EMPALME	ICOPTIKS	FTSHELL/02	1	S/.	26.82	S/.	26.82	Und
poste de 9m existente	PORTLAND	SKUP0076	1	S/.	423.15	S/.	423.15	Und
poste de 9m proyectado	PORTLAND	SKUP0076	2	S/.	169.02	S/.	338.04	Und
Poste electrico	PORTLAND	SKUP0076	5	S/.	423.15	S/.	2115.75	Und
Poste 11 Mts	PORTLAND	SKUP0076	1	S/.	515.1	S/.	515.1	Und
Ancla vertical	3M DBI-SALA	2100138	1	S/.	248.5	S/.	248.5	Und
				S/.	Sub Total	S/.	14081.07	

I.3 AÑO 03: Planta Externa e inversión Urb. Entel Perú

Para la distribución de la red de fibra óptica PON que se va a desplazar por las principales avenidas y calles de la Urb. Entel Perú (Yanahuara), primero se va a tener una MUFA de 144 hilos que estará ubicada en calle Los Gladiolos del cual se va a tener un tramo continuo hasta la avenida Bellini Giovanni (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09) con un recorrido de 1.5 Km. Del mismo modo se tiene otro tramo de fibra hasta la avenida Metropolitana (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08) con un recorrido de 1.2 Km. De mismo modo se tiene un tramo por la calle Leonardo Da Vinci (desde la cuadra N° 1 hacia la cuadra N° 6) con un recorrido de 0.7 Km. El tramo continúa por Calle Challapampa Mz. C (cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07) con un recorrido de 0.88 Km hasta llegar a un punto desde donde a partir de 8 CTO (caja terminal óptica) o también se le llama Hub's se va a desplazar y subdividir a un total de 155 abonados en este tercer año. Se presenta en la tabla N°16 los materiales y equipos para planta externa de inversión por el año 03. Cabe destacar que el mismo recorrido de calles y avenidas principales de la zona urbanizada de Yanahuara se hará para la planta externa AON.

Tabla 12. Materiales año 03 planta externa e inversión, Urb.Entel Perú

Material de equipos	Marca	Modelo	Cantidad		Precio Unitario		Precio Total	Unidad
Instalación caja de empalme 144 FO	FBS	FK-CEO-4M	1	S/.	215	S/.	215	u
total 96 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	612	S/.	1.5	S/.	918	m
Reservas	LinkedPro	ADSS G.652D	60	S/.	1.4	S/.	84	m
Instalación de cruceta para reserva	SuperFiber	SKUFER007	2	S/.	49.85	S/.	99.7	u
Total 24 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	491	S/.	1.4	S/.	687.4	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	5	S/.	1.32	S/.	6.6	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	400	S/.	1.32	S/.	528	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	880	S/.	1.32	S/.	1161.6	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	700	S/.	1.32	S/.	924	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	750	S/.	1.32	S/.	990	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	250	S/.	1.32	S/.	330	m
cable mensajero 1/8 "	METALICO	CG1/4X1000	1119	S/.	1.64	S/.	1835.16	m
FAT EVEN	HUAWEI	MAX-730C-SM1-EA	8	S/.	87.35	S/.	698.8	u
FAT UNEVEN	HUAWEI	MAX-730C-SM1-EA	24	S/.	58.88	S/.	1413.12	u
HUB BOX	HUAWEI	AQBR048_F	3	S/.	174.11	S/.	522.33	u
CIERRE DE EMPALME	ICOPTIKS	FTSHELL/02	1	S/.	26.82	S/.	26.82	u
poste de 9m existente	PORTLAND	SKUP0076	1	S/.	423.15	S/.	423.15	u
poste de 9m proyectado	PORTLAND	SKUP0076	2	S/.	169.02	S/.	338.04	u
Poste eléctrico	PORTLAND	SKUP0076	5	S/.	423.15	S/.	2115.75	u
Poste 11 Mts	PORTLAND	SKUP0076	1	S/.	515.1	S/.	515.1	u
Ancla vertical	3M DBI- SALA	2100138	1	S/.	248.5	S/.	248.5	u
					Subtotal	S/.	14081.07	

I.4 AÑO 04: Planta Externa e inversión Urb. Las Casuarinas

Para la distribución de la red de fibra óptica PON que se va a desplazar por las principales avenidas y calles de la Urb. Las Casuarinas (Yanahuara), primero se va a tener una MUFA de 144 hilos que estará ubicada en calle Los Gladiolos del cual se va a tener un tramo continuo hasta la calle Las Casuarinas (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08) con un recorrido de 0.85 Km. Del mismo modo se tiene otro tramo de fibra hasta Calle Tablara de Chullo (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09) con un recorrido de 0.90 Km. De mismo modo se tiene un tramo por la Av. Bellini Giovanni (desde la cuadra N° 1 hacia la cuadra N° 8) con un recorrido de 0.88 Km. De fibra óptica hasta llegar a un punto donde a partir de 4 CTO (caja terminal óptica) o también se le llama Hub's se va a desplazar y subdividir a un total de 50 abonados en este cuarto año. Se presenta en la tabla N°17 los materiales y equipos para planta externa de inversión por el año 04 Cabe destacar que el mismo recorrido de calles y avenidas principales de la zona urbanizada de Yanahuara se hará para la planta externa AON.

Tabla 13. Materiales año 04 planta externa e inversión, Urb.Las Casuarinas

Material de equipos	Marca	Modelo	Cantidad		Precio Unitario		Precio Total	Unidad
Instalación caja de empalme 144 FO	FBS	FK-CEO-4M	1	S/.	215	S/.	215	und
total 96 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	150	S/.	1.5	S/.	225	m
Reservas	LinkedPro	ADSS G.652D	20	S/.	1.4	S/.	28	m
Instalación de cruceta para reserva	SuperFiber	SKUFER007	2	S/.	49.85	S/.	99.7	und
Total 24 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	120	S/.	1.4	S/.	168	m
cable preconectado 1 h*	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	5	S/.	1.32	S/.	6.6	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	50	S/.	1.32	S/.	66	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	100	S/.	1.32	S/.	132	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	100	S/.	1.32	S/.	132	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	110	S/.	1.32	S/.	145.2	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	70	S/.	1.32	S/.	92.4	m
cable mensajero 1/8 "	METALICO	CG1/4X1000	150	S/.	1.64	S/.	246	m
FAT EVEN	HUAWEI	MAX-730C-SM1-EA	1	S/.	87.35	S/.	87.35	und
FAT UNEVEN	HUAWEI	MAX-730C-SM1-EA	8	S/.	58.88	S/.	471.04	und
HUB BOX	HUAWEI	AQBR048_F	1	S/.	174.11	S/.	174.11	und
CIERRE DE EMPALME	ICOPTIKS	FTSHELL/02	1	S/.	26.82	S/.	26.82	und
poste de 9m existente	PORTLAND	SKUP0076	1	S/.	423.15	S/.	423.15	und
poste de 9m proyectado	PORTLAND	SKUP0076	0	S/.	0	S/.	0	und
Poste eléctrico	PORTLAND	SKUP0076	1	S/.	423.15	S/.	423.15	und
Poste 11 (m)	PORTLAND	SKUP0076	1	S/.	515.1	S/.	515.1	und
Ancla vertical	3M DBI-SALA	2100138	1	S/.	248.5	S/.	248.5	und
Sub Total							3925.12	

I.5 AÑO 05: Planta Externa e inversión Urb. Entel Perú

Para la distribución de la red de fibra óptica PON que se va a desplazar por las principales avenidas y calles de la Urb. Entel Perú (Yanahuara), primero se va a tener una MUFA de 144 hilos que estará ubicada en calle Los Gladiolos del cual se va tener un tramo continuo hasta la calle Las Casuarinas (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08) con un recorrido de 0.85 Km. Del mismo modo se tiene otro tramo de fibra hasta Calle Tablara de Chullo (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09) con un recorrido de 0.90 Km. De mismo modo se tiene un tramo por la Av. Bellini Giovanni (desde la cuadra N° 1 hacia la cuadra N° 8) con un recorrido de 0.88 Km. De fibra óptica hasta llegar a un punto donde a partir de 4 CTO (caja terminal óptica) o también se le llama Hub's se va a desplazar y subdividir a un total de 50 abonados en este quinto año. Se presenta en la tabla N°18 los materiales y equipos para planta externa de inversión por el año 05 Cabe destacar que el mismo recorrido de calles y avenidas principales de la zona urbanizada de Yanahuara se hará para la planta externa AON.

Tabla 14. Materiales año 05 planta externa e inversión, Urb. Entel Perú

Material de equipos	Marca	Modelo	Cantidad		Precio Unitario	Precio Total	Unidad
Instalación caja de empalme 144 FO	FBS	FK-CEO-4M	1	S/.	215	S/.	215 und
total 96 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	150	S/.	1.5	S/.	225 m
Reservas	LinkedPro	ADSS G.652D	20	S/.	1.4	S/.	28 m
Instalación de cruceta para reserva	SuperFiber	SKUFER007	2	S/.	49.85	S/.	99.7 und
Total 24 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	120	S/.	1.4	S/.	168 m
cable preconectado 1 h*	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	5	S/.	1.32	S/.	6.6 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	50	S/.	1.32	S/.	66 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	100	S/.	1.32	S/.	132 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	100	S/.	1.32	S/.	132 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	110	S/.	1.32	S/.	145.2 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	70	S/.	1.32	S/.	92.4 m
cable mensajero 1/8 "	METALICO	CG1/4X1000	150	S/.	1.64	S/.	246 m
FAT EVEN	HUAWEI	MAX-730C-SM1-EA	1	S/.	87.35	S/.	87.35 und
FAT UNEVEN	HUAWEI	MAX-730C-SM1-EA	8	S/.	58.88	S/.	471.04 und
HUB BOX	HUAWEI	AQBR048_F	1	S/.	174.11	S/.	174.11 und
CIERRE DE EMPALME	ICOPTIKS	FTSHELL/02	1	S/.	26.82	S/.	26.82 und
poste de 9m existente	PORTLAND	SKUP0076	1	S/.	423.15	S/.	423.15 und
poste de 9m proyectado	PORTLAND	SKUP0076	0	S/.	0	S/.	0 und
Poste eléctrico	PORTLAND	SKUP0076	1	S/.	423.15	S/.	423.15 und
Poste 11 (m)	PORTLAND	SKUP0076	1	S/.	515.1	S/.	515.1 und
Ancla vertical	3M DBI-SALA	2100138	1	S/.	248.5	S/.	248.5 und
Sub Total						3925.12	

Se presenta la Tabla N°19 que se va a caracterizar por inversión por localidad de inversión inicial de planta externa PON de 5 años que hace un total de S/.261,405.34, sumado los 5 años desde la planta interna (S/.211,312.).

Tabla 15. Proyección por localidad de inversión inicial y a 5 años (S/.)

ACTIVIDADES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
EQUIPAMIENTO CABECERA Y PLANTA EXTERNA	56,343.42	56,343.42	56,343.42	46,187.54	46,187.54
INVERSION ANUAL	56,343.42	56,343.42	56,343.42	46,187.54	46,187.54
INVERSION ACUMULADA ANUAL	56,343.42	112,686.84	169,030.26	215,217.80	261,405.34

m. Diagrama de planta externa AON.

El dimensionamiento de la planta externa AON , se encuentra representado en la figura N°17 , donde se puede apreciar que a partir de la planta interna se tiene 32 conexiones GPON que van a ser distribuidas a los clientes , las cuales salen a partir de un ODF , las 32 conexiones son distribuidas por un patch panel de 32 puertos y se va desplazar los hilos se distribuyen hacia los Switch's de fibra óptica POE para poder se distribuir las conexiones, ya que cada switch se conmuta hacia 16 usuarios ,ya que se tiene la conexión al usuario final se distribuye el servicio triple play : internet , televisión y telefonía , de manera que los 16 usuarios que son distribuidos por cada Switch conmutado que se dirige a cada una de las 32 líneas de fibra del patch panel hacen un total de 512 conexiones.

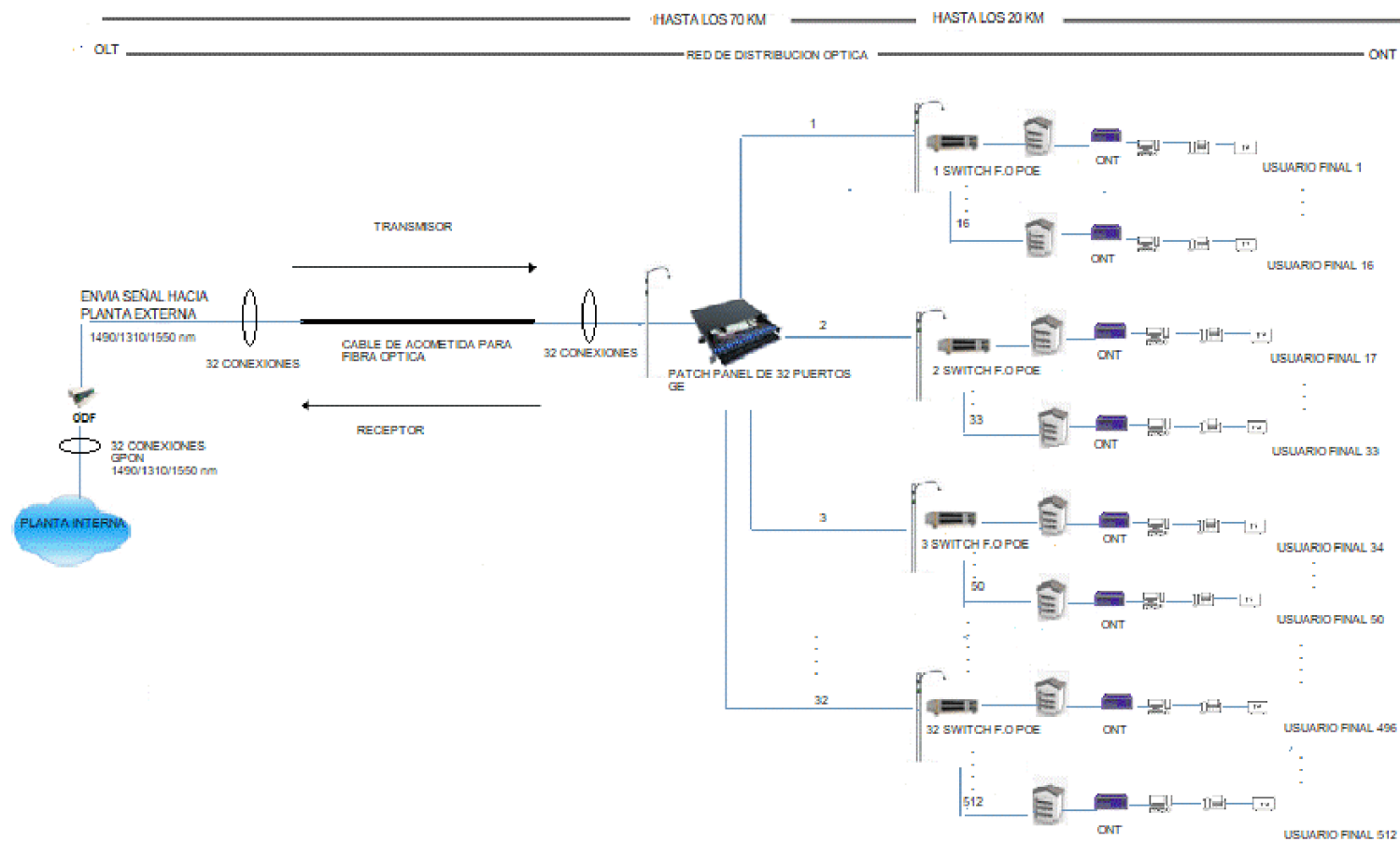


Figura 11. Diagrama Pictórico Planta Externa AON (ACTIVE OPTICAL NETWORK)

n. Detalle de diseño de planta externa

El diseño de planta externa se va a emplear la metodología para proyecto de posición de servicios recomendada por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), en este sentido el perfil técnico del proyecto requiere la descripción de los recorridos de planta externa el detalle de recorrido por año, la proyección de abonados por cada año de operación y el detalle de equipos de planta externa, recorridos y cables representados en el plano de cobertura.

ñ. Tablas de recorrido de la red AON y de inversión

Para detallar el diseño de planta externa AON se va a utilizar la metodología de diseño y proyecto recomendada por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) , para ello se requiere en primer lugar , el detalle del plan de cobertura por año , en este sentido se presentara la tabla N° 20, el cual se detalla en un periodo de 5 años , por cada año donde van a ser las zonas de la cobertura donde van a los 505 usuarios , de esta manera en la tabla N° 21 se tiene un mayor detalle acerca el recorrido de la planta externa PON , de manera que se indica por avenidas , calles y cuabras el alcance que se va tener por toda esta planta externa hasta el 5to año , esta tabla se a elaborado la proyección de usuarios que se tendría en los 5 años y con todo ello se presenta el mapa de distribución de la zona de interés con el detalle acerca de los recorridos de los dispositivos de planta externa , los soportes de infraestructura , tales como: postes , reservas, patch panel, switch de fibra óptica, etc. para el recorrido para los 505 usuarios

Tabla 16. de recorrido de la red AON y de inversión

AÑO 1:	Urb. Víctor A. Belaúnde	
	Av. Bellini Giovanni	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09)
	Av. Metropolitana	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 10)
	Calle Leonardo Da Vinci	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 06)
	Calle Challapampa Mz. C	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07)
AÑO 2:	Urb. Las Casuarinas	
	Av. Bellini Giovanni	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07)
	Av. Metropolitana	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08)
	Calle Antonio Allegri Mz. E	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 06)
	Calle Taboada	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07)
AÑO 3:	Urb. Entel Perú	
	Av. Metropolitana	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07)
	Calle Entel Perú Mz. D	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 06)
	Calle Tablara de Chullo Mz. F	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07)
AÑO 4:	Urb. Las Casuarinas	
	Calle Las Casuarinas Mz. A	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08)
	Calle Tablara de Chullo Mz. B	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09)
	Av. Bellini Giovanni	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08)
AÑO 5:	Urb. Entel Perú	
	Calle Entel Perú Mz. C	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08)
	Calle Tabalara de Chullo Mz. E	(Cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09)

Tabla 17. Abonados Planta Externa

ABONADOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
ANUAL	155	125	125	50	50
ACUMULADO	155	280	405	455	505

o. Plan de recorrido de la red AON

A partir de los datos de usuarios y recorrido de planta externa, se elaboró un mapa de distribución de la zona de interés con el detalle acerca de los recorridos de los dispositivos de planta externa, soportes de infraestructura para los 505 usuarios (tales como: postes, reservas, Switch's de F.O , etc).

En la Figura N° 13 se presenta el plano de distribución de la red AON (Active Optical Network). En este plano se puede ver toda la arquitectura de red ampliadamente. Se aprecia el recorrido desde la oficina central de con un cable de acometida hacia un Patch Panel. Con una capacidad de 32 hilos.

En el presente diseño solo se usan 32 hilos del cable de acometida que une los 32 hilos de planta interna con los 144 hilos de planta externa. Estos hilos van a llegar los 32 switch's de fibra óptica POE del cual se van realizar las conexiones hacia 16 usuarios, haciendo un total de 512 usuarios.

A lo largo del plano de planta externa AON a través del recorrido de las calles y avenidas de la Urbanización Víctor Andrés Belaunde, Urbanización Las Casuarinas y Urbanización Entel Perú.

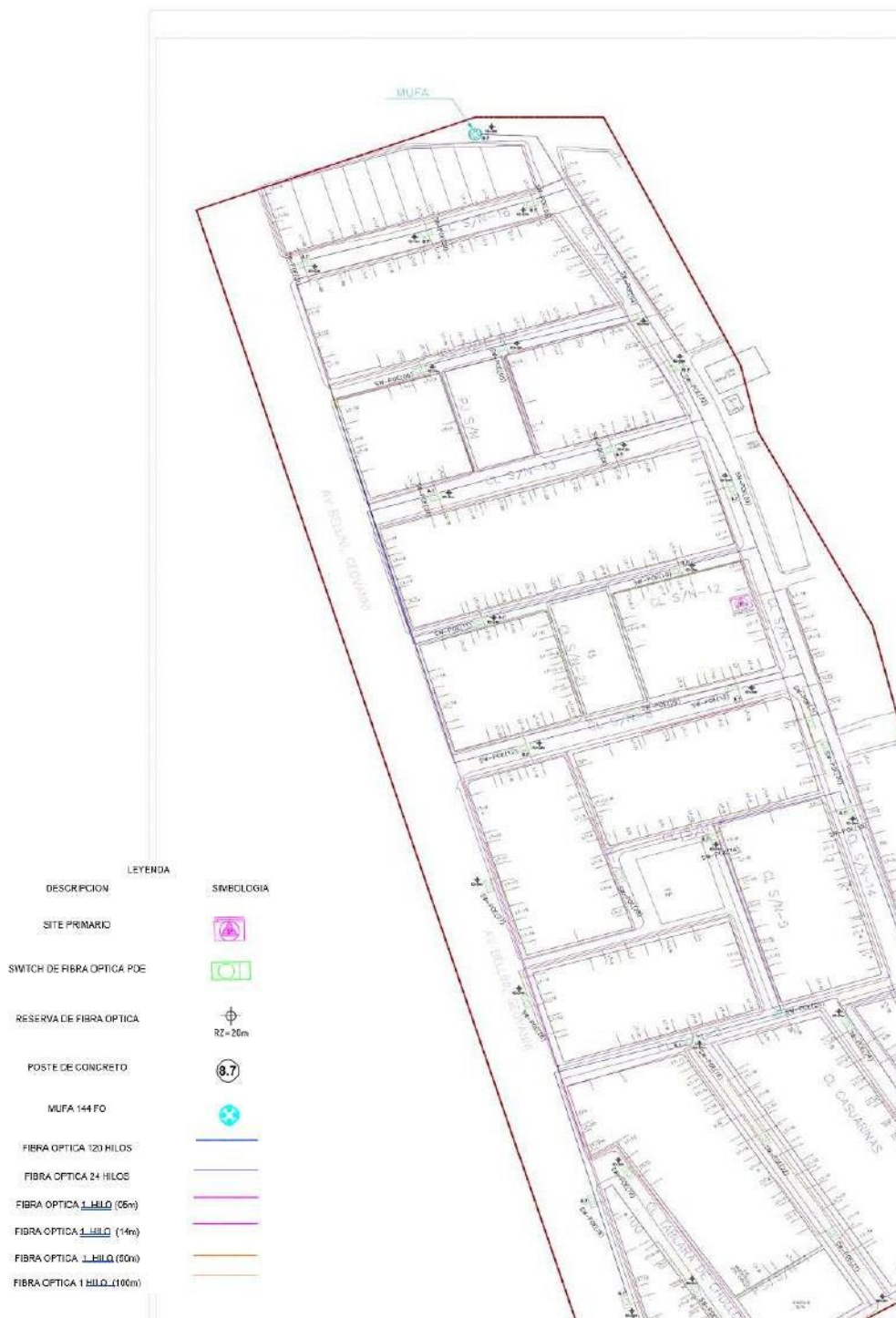


Figura 12. Plano de la distribución de la red AON (ACTIVE OPTICAL NETWORK)

p. Inversión proyectada por año

p.1. Año 01 Planta Externa e inversión Urb. Víctor A. Belaúnde

Para la distribución de la red de fibra óptica AON que se va a desplazar por las principales avenidas y calles de la Urb. Víctor Andrés Belaúnde (Yanahuara), primero se va a tener una MUFA de 144 hilos que estará ubicada en calle Los Gladiolos del cual se va tener un tramo continuo hasta la avenida Bellini Giovani (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09) con un recorrido de 1.5 Km. Del mismo modo se tiene otro tramo de fibra hasta la avenida Metropolitana (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08) con un recorrido de 1.2 Km. De mismo modo se tiene un tramo por la calle Leonardo Da Vinci (desde la cuadra N° 1 hacia la cuadra N° 6) con un recorrido de 0.7 Km. El tramo continúa por Calle Challapampa Mz. C (cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07) con un recorrido de 0.88 Km hasta llegar a un punto desde donde a partir de 32 Switch de fibra óptica POE se va a desplazar a 155 abonados en este primer año. Se presenta en la tabla N°22 los materiales y equipos para planta externa de inversión por el año 01, la diferencia es que la planta externa AON el costo de instalación de equipos es mayor a la planta externa PON

Tabla 18. Planta Externa AON e inversión año 01, Urb. Víctor A. Belaunde

Material de equipos	Marca	Modelo	Cantidad		Precio Unitario		Precio Total	Unidad
Armado de MUFA	FBS	FK-CEO-4M	1	S/.	436	S/.	436	u
total 120 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	612	S/.	1.5	S/.	918	m
Reservas	LinkedPro	ADSS G.652D	60	S/.	1.4	S/.	84	m
Instalación de cruceta para reserva	SuperFiber	SKUFER007	2	S/.	49.85	S/.	99.7	u
Total 24 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	491	S/.	1.4	S/.	687.4	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	5	S/.	1.32	S/.	6.6	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	14	S/.	1.32	S/.	18.48	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	80	S/.	1.32	S/.	105.6	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	100	S/.	1.32	S/.	132	m
postes de concreto	PORTLAND	SKUP0076	19	S/.	423.15	S/.	8039.85	m
cable mensajero 1/8 "	METALICO	CG1/4X1000	1119	S/.	1.64	S/.	1835.16	m
Tendido de fibra óptica con manguera y sujeción de postes	SuperFiber	ADSS G.652D	5371	S/.	0.63	S/.	3383.73	m
Armado e instalación de ONT	HUAWEI	EchoLife HG8240H	138	S/.	29	S/.	4002	u
Armado e instalación de ODF	DISICO	CODF211048	1	S/.	470	S/.	470	u
Switch de Fibra Óptica POE	ALLIED	AT-X550-18XSQ-10	32	S/.	610	S/.	19520	u
Patchcord con conectores SC-SC	PERU	OM3 3.0 mm	200	S/.	45	S/.	9000	u
Pigtail SC	SuperFiber	SKU N/A	200	S/.	29	S/.	5800	u
Adaptador Óptico SC	SIIS	SKUP0022	200	S/.	5	S/.	1000	u
Conector RJ-45	NETCOM	PE-NC0051	24	S/.	17	S/.	408	u
Cable UTP Categoría 6	DIXON	AWG LSZH	24	S/.	425	S/.	10200	u
Pruebas de atenuación de Fibra Óptica OTDR	EXFO	AQ1200	1	S/.	90		90	u
					Sub Total		66236.52	

p.2. Año 02 Planta Externa e inversión Urb. Las Casuarinas

Para la distribución de la red de fibra óptica AON que se va a desplazar por las principales avenidas y calles de la Urb. Las Casuarinas (Yanahuara), primero se va a tener una MUFA de 144 hilos que estará ubicada en calle Los Gladiolos del cual se va tener un tramo continuo hasta la avenida Bellini Giovani (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09) con un recorrido de 1.5 Km. Del mismo modo se tiene otro tramo de fibra hasta la avenida Metropolitana (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08) con un recorrido de 1.2 Km. De mismo modo se tiene un tramo por la calle Leonardo Da Vinci (desde la cuadra N° 1 hacia la cuadra N° 6) con un recorrido de 0.7 Km. El tramo continúa por Calle Challapampa Mz. C (cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07) con un recorrido de 0.88 Km hasta llegar a un punto desde donde a partir de 32 Switch de fibra óptica POE o también que va a desplazar y subdividir a un total de 155 abonados en este primer año. Se presenta en la tabla N°23 los materiales y equipos para planta externa de inversión por el año 02, la diferencia es que la planta externa AON el costo de instalación de equipos es mayor a la planta externa PON

Tabla 19. Planta Externa AON e inversión año 02 en Urb. Las Casuarinas

Material de equipos	Marca	Modelo	Cantidad		Precio Unitario	Precio Total	Unidad	
Armado de MUFA	FBS	FK-CEO-4M	1	S/.	436	S/.	436	u
total 120 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	612	S/.	1.5	S/.	918	m
Reservas	LinkedPro	ADSS G.652D	60	S/.	1.4	S/.	84	m
Instalación de cruceta para reserva	SuperFiber	SKUFER007	2	S/.	49.85	S/.	99.7	u
Total 24 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	491	S/.	1.4	S/.	687.4	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	5	S/.	1.32	S/.	6.6	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	14	S/.	1.32	S/.	18.48	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	80	S/.	1.32	S/.	105.6	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	100	S/.	1.32	S/.	132	m
postes de concreto	PORTLAND	SKUP0076	19	S/.	423.15	S/.	8039.85	m
cable mensajero 1/8 "	METALICO	CG1/4X1000	1119	S/.	1.64	S/.	1835.16	m
Tendido de fibra óptica con manguera y sujeción de postes	SuperFiber	ADSS G.652D	5371	S/.	0.63	S/.	3383.73	m
Armado e instalación de ONT	HUAWEI	EchoLife HG8240H	138	S/.	29	S/.	4002	u
Armado e instalación de ODF	DISICO	CODF211048	1	S/.	470	S/.	470	u
Switch de Fibra Óptica POE	ALLIED	AT-X550-18XSQ-10	32	S/.	610	S/.	19520	u
Patchcord con conectores SC-SC	LG NET PERU	OM3 3.0 mm	200	S/.	45	S/.	9000	u
Pigtail SC	SuperFiber	SKU N/A	200	S/.	29	S/.	5800	u
Adaptador Óptico SC	SIIS	SKUP0022	200	S/.	5	S/.	1000	u
Conector RJ-45	NETCOM	PE-NC0051	24	S/.	17	S/.	408	u
Cable UTP Categoría 6	DIXON	AWG LSZH	24	S/.	425	S/.	10200	u
Pruebas de atenuación de Fibra Óptica	EXFO	AQ1200	1	S/.	90		90	u
					Sub Total		66236.52	

p.3. Año 03 Planta Externa e inversión Urb. Entel Perú

Para la distribución de la red de fibra óptica AON que se va a desplazar por las principales avenidas y calles de la Urb. Entel Perú (Yanahuara), primero se va a tener una MUFA de 144 hilos que estará ubicada en calle Los Gladiolos del cual se va tener un tramo continuo hasta la avenida Bellini Giovani (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09) con un recorrido de 1.5 Km. Del mismo modo se tiene otro tramo de fibra hasta la avenida Metropolitana (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08) con un recorrido de 1.2 Km. De mismo modo se tiene un tramo por la calle Leonardo Da Vinci (desde la cuadra N° 1 hacia la cuadra N° 6) con un recorrido de 0.7 Km. El tramo continúa por Calle Challapampa Mz. C (cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 07) con un recorrido de 0.88 Km hasta llegar a un punto desde donde a partir de 32 Switch de fibra óptica POE se va a desplazar a 155 abonados en este tercer año. Se presenta en la tabla N°24 los materiales y equipos para planta externa de inversión por el año 03, la diferencia es que la planta externa AON el costo de instalación de equipos es mayor a la planta externa PON

Tabla 20. Planta Externa AON e inversión año 03, Urb. Entel Perú

Material de equipos	Marca	Modelo	Cantidad		Precio Unitario		Precio Total	Unidad
Armado de MUFA	FBS	FK-CEO-4M	1	S/.	436	S/.	436	u
total 120 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	612	S/.	1.5	S/.	918	m
Reservas	LinkedPro	ADSS G.652D	60	S/.	1.4	S/.	84	m
Instalación de cruceta para reserva	SuperFiber	SKUFER007	2	S/.	49.85	S/.	99.7	u
Total 24 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	491	S/.	1.4	S/.	687.4	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	5	S/.	1.32	S/.	6.6	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	14	S/.	1.32	S/.	18.48	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	80	S/.	1.32	S/.	105.6	m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	100	S/.	1.32	S/.	132	m
postes de concreto	PORTLAND	SKUP0076	19	S/.	423.15	S/.	8039.85	m
cable mensajero 1/8 "	METALICO	CG1/4X1000	1119	S/.	1.64	S/.	1835.16	m
Tendido de fibra óptica con manguera y sujeción de postes	SuperFiber	ADSS G.652D	5371	S/.	0.63	S/.	3383.73	m
Armado e instalación de ONT	HUAWEI	EchoLife HG8240H	138	S/.	29	S/.	4002	u
Armado e instalación de ODF	DISICO	CODF211048	1	S/.	470	S/.	470	u
Switch de Fibra Óptica POE	ALLIED	AT-X550-18XSQ-10	32	S/.	610	S/.	19520	u
Patchcord con conectores SC-SC	PERU	OM3 3.0 mm	200	S/.	45	S/.	9000	u
Pigtail SC	SuperFiber	SKU N/A	200	S/.	29	S/.	5800	u
Adaptador Óptico SC	SIIS	SKUP0022	200	S/.	5	S/.	1000	u
Conector RJ-45	NETCOM	PE-NC0051	24	S/.	17	S/.	408	u
Cable UTP Categoría 6	DIXON	AWG LSZH	24	S/.	425	S/.	10200	u
Pruebas de atenuación de Fibra Óptica OTDR	EXFO	AQ1200	1	S/.	90		90	u
					Sub Total		66236.52	

p.4. Año 04 Planta Externa e inversión Urb. Las Casuarinas

Para la distribución de la red de fibra óptica AON que se va a desplazar por las principales avenidas y calles de la Urb. Las Casuarinas (Yanahuara), primero se va a tener una MUFA de 144 hilos que estará ubicada en calle Los Gladiolos del cual se va tener un tramo continuo hasta la calle Las Casuarinas (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08) con un recorrido de 0.85 Km. Del mismo modo se tiene otro tramo de fibra hasta Calle Tablara de Chullo (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09) con un recorrido de 0.90 Km. De mismo modo se tiene un tramo por la Av. Bellini Giovanni (desde la cuadra N° 1 hacia la cuadra N° 8) con un recorrido de 0.88 Km. De fibra óptica hasta llegar a un punto donde a partir de 16 Switch de fibra óptica se va a desplazar y subdividir a un total de 50 abonados en este cuarto año. Se presenta en la tabla N°25 los materiales y equipos para planta externa de inversión por el año 04, la diferencia es que la planta externa AON el costo de instalación de equipos es mayor a la planta externa PON

Tabla 21. Planta Externa AON e inversión año 04, Urb. Las Casuarinas

Material de equipos	Marca	Modelo	Cantidad		Precio Unitario	Precio Total	Unidad
Armado de MUFA	FBS	FK-CEO-4M	1	S/.	436	S/.	436 u
total 120 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	200	S/.	1.5	S/.	300 m
Reservas	LinkedPro	ADSS G.652D	60	S/.	1.4	S/.	84 m
Instalación de cruceta para reserva	SuperFiber	SKUFER007	2	S/.	49.85	S/.	99.7 u
Total 24 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	180	S/.	1.4	S/.	252 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	5	S/.	1.32	S/.	6.6 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	5	S/.	1.32	S/.	6.6 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	20	S/.	1.32	S/.	26.4 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	25	S/.	1.32	S/.	33 m
postes de concreto	PORTLAND	SKUP0076	4	S/.	423.15	S/.	1692.6 m
cable mensajero 1/8 "	METALICO	CG1/4X1000	300	S/.	1.64	S/.	492 m
Tendido de fibra óptica con manguera y sujeción de postes	SuperFiber	ADSS G.652D	1500	S/.	0.63	S/.	945 m
Armado e instalación de ONT	HUAWEI	EchoLife HG8240H	60	S/.	29	S/.	1740 u
Armado e instalación de ODF	DISICO	CODF211048	1	S/.	470	S/.	470 u
Switch de Fibra Óptica POE	ALLIED	AT-X550-18XSQ-10	16	S/.	610	S/.	9760 u
Patchcord con conectores SC-SC	LG NET PERU	OM3 3.0 mm	80	S/.	45	S/.	3600 u
Pigtail SC	SuperFiber	SKU N/A	80	S/.	29	S/.	2320 u
Adaptador Óptico SC	SIIS	SKUP0022	80	S/.	5	S/.	400 u
Conector RJ-45	NETCOM	PE-NC0051	12	S/.	17	S/.	204 u
Cable UTP Categoría 6	DIXON	AWG LSZH	12	S/.	425	S/.	5100 u
Pruebas de atenuación de Fibra Óptica OTDR	EXFO	AQ1200	1	S/.	90	S/.	90 u
Subtotal						S/.	27967.9

p.5. Año 05 Planta Externa e inversión Urb. Entel Perú

Para la distribución de la red de fibra óptica AON que se va a desplazar por las principales avenidas y calles de la Urb. Entel Perú (Yanahuara), primero se va a tener una MUFA de 144 hilos que estará ubicada en calle Los Gladiolos del cual se va tener un tramo continuo hasta la calle Las Casuarinas (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 08) con un recorrido de 0.85 Km. Del mismo modo se tiene otro tramo de fibra hasta Calle Tablara de Chullo (desde la cuadra N° 1 hasta la cuadra N° 09) con un recorrido de 0.90 Km. De mismo modo se tiene un tramo por la Av. Bellini Giovanni (desde la cuadra N° 1 hacia la cuadra N° 8) con un recorrido de 0.88 Km. De fibra óptica hasta llegar a un punto donde a partir 16 Switch de fibra óptica se va a desplazar y subdividir a un total de 50 abonados en este quinto año. Se presenta en la tabla N°26 los materiales y equipos para planta externa de inversión por el año 05 la diferencia es que la planta externa AON el costo de instalación de equipos es mayor a la planta externa PON

Tabla 22. Planta Externa AON e inversión año 05, Urb.Entel Perú

Material de equipos	Marca	Modelo	Cantidad		Precio Unitario	Precio Total	Unidad
Armado de MUFA	FBS	FK-CEO-4M	1	S/.	436	S/.	436 u
total 120 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	200	S/.	1.5	S/.	300 m
Reservas	LinkedPro	ADSS G.652D	60	S/.	1.4	S/.	84 m
Instalación de cruceta para reserva	SuperFiber	SKUFER007	2	S/.	49.85	S/.	99.7 u
Total 24 FO	LinkedPro	ADSS G.652D	180	S/.	1.4	S/.	252 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	5	S/.	1.32	S/.	6.6 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	5	S/.	1.32	S/.	6.6 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	20	S/.	1.32	S/.	26.4 m
cable preconectado 1 h	SuperFiber	Cable monomodo G657A1	25	S/.	1.32	S/.	33 m
postes de concreto	PORTLAND	SKUP0076	4	S/.	423.15	S/.	1692.6 m
cable mensajero 1/8 "	METALICO	CG1/4X1000	300	S/.	1.64	S/.	492 m
Tendido de fibra óptica con manguera y sujeción de postes	SuperFiber	ADSS G.652D	1500	S/.	0.63	S/.	945 m
Armado e instalación de ONT	HUAWEI	EchoLife HG8240H	60	S/.	29	S/.	1740 u
Armado e instalación de ODF	DISICO	CODF211048	1	S/.	470	S/.	470 u
Switch de Fibra Óptica POE	ALLIED	AT-X550-18XSQ-10	16	S/.	610	S/.	9760 u
Patchcord con conectores SC-SC	LG NET PERU	OM3 3.0 mm	80	S/.	45	S/.	3600 u
Pigtail SC	SuperFiber	SKU N/A	80	S/.	29	S/.	2320 u
Adaptador Óptico SC	SIIS	SKUP0022	80	S/.	5	S/.	400 u
Conector RJ-45	NETCOM	PE-NC0051	12	S/.	17	S/.	204 u
Cable UTP Categoría 6	DIXON	AWG LSZH	12	S/.	425	S/.	5100 u
Pruebas de atenuación de Fibra Óptica OTDR	EXFO	AQ1200	1	S/.	90	S/.	90 u
Subtotal						S/.	27967.9

Se presenta la Tabla N°23 que se va a caracterizar por inversión por localidad de inversión inicial de planta externa AON de 5 años que hace un total de S/465,957.46, sumado los 5 años desde la planta interna (S/.211,312.)

Tabla 23. Proyección por localidad de la inversión inicial y a 5 años(S/.)

ACTIVIDADES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
EQUIPAMIENTO CABECERA Y PLANTA EXTERNA	108,498.94	108,498.94	108,498.94	70,230.32	70,230.32
INVERSION ANUAL	108,498.94	108,498.94	108,498.94	70,230.32	70,230.32
INVERSION ACUMULADA ANUAL	108,498.94	216,997.88	325,496.82	395,727.14	465,957.46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

Para la presentación de resultados se desarrollará de acuerdo a los objetivos planteados.

1. Respecto de la identificación de una zona del Perú en donde sea factible el despliegue de una red de acceso de usuario en base a tecnología FTTH triple play. Se identificó por conveniencia una zona del Perú ubicada en el distrito de Yanahuara departamento de Arequipa. Esta zona presentaba características para un diseño FTTH, dado que aun viene siendo atendida por tecnología HFC; de manera que, el crecimiento de la zona residencial genera demanda de acceso domiciliario a servicios triple play. De igual manera, el crecimiento de las zonas comerciales de Yanahuara, generan espacios con proyección de demanda de usuarios, por lo cual se eligió por conveniencia a la zona urbana del distrito de Yanahuara en Arequipa Perú.
2. Respecto de la determinación de los requerimientos técnicos para una red de servicio triple play en una zona urbana del Perú. El estudio realizado está centrado en la zona urbana comprendida entre las principales urbanizaciones del distrito de Yanahuara. En tal sentido se contabilizaron un total de 211 casas y distribuciones de clientes en 53 edificios que dieron un total de 505 usuarios, se asumieron capacidades comerciales actuales que van por encima de 1 Gbps como demanda máxima y para la demanda de acceso a internet, se determinaron por condiciones de overbook de 1:16, un arrendamiento de 40 Gbps de internet para downstream y 20 Gbps para upstream, los cuales se proyectaron a ser distribuidos hacia los 505 usuarios sobre planta externa PON y AON.

3. Respecto al diseño de la red de acceso óptica para una zona urbana de Yanahuara con tecnología PON (Passive Optical Network), se empleó una cabecera para poder brindar los servicios de internet, telefonía y televisión. El diseño de cabecera conforme los requerimientos de proyectos técnicos exigidos el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones), se proyectó con un crecimiento progresivo hacia 5 años. En cuanto al diseño de planta externa se utilizó una configuración de división de las 32 conexiones de fibra óptica de 2.4 Gbps que salen de planta interna las cuales se dividen en 16 conexiones cada una hacia los usuarios, empleando para ellos todos los elementos requeridos en la configuración pasiva de planta externa. El presupuesto de inversión total acumulado para el despliegue de red PON es de S/. 261,405.34.

4. Respecto al diseño una red de acceso óptica para una zona urbana de Yanahuara con tecnología AON (Active Optical Network), se compartió el diseño de planta interna dado que es común para planta externa PON y AON. Sin embargo, para planta externa AON, se emplearon elementos activos de las 32 conexiones principales de planta interna, los cuales se distribuyen hacia 32 switches activos hacia la zona de interés, interconectándose con líneas secundarias hacia 16 usuarios finales. Con una velocidad de 2.4 Gbps con cada línea de planta interna, se continua su interconexión a través de los 32 switch's, y se distribuye la misma velocidad hacia cada uno de los usuarios finales, manteniendo una conexión directa hacia cada uno de los usuarios finales. El presupuesto de inversión total acumulado para el despliegue de red AON es S/. 465,957.46.

5. Respecto de determinar las semejanzas y diferencias de los parámetros de diseños obtenidos se van a comparar en base a 3 grupos de indicadores, en primer lugar, los parámetros de capacidad, segundo los parámetros de costos de inversión proyectados y finalmente los cálculos de márgenes de enlace lejanos.

5.1. Parámetros de capacidad

En la Tabla N° 24, se muestra un resumen de capacidades técnicas PON – AON, donde se han resumido los parámetros más significativos. Se puede apreciar de acuerdo al dimensionamiento de la capacidad comercial ofrecida al usuario. El arrendamiento al proveedor de internet sería de 40 Gbps para downstream y 20 Gbps para upstream, de manera que las velocidades comerciales ofertadas hacia los usuarios van a ser las mismas 1.2 Gbps para downstream y 0.6 Gbps para upstream, sin embargo, de acuerdo al diseño realizado los 1.2 Gbps reales arrendados al proveedor se van a distribuir entre 16 usuarios.

En ese sentido el overbook de usuarios es el mismo para ambas redes, sin embargo existe una diferencia entre la conexión, que en el caso de PON es una fibra dividida del cual el flujo de toda la red se divide entre 16 usuarios, siendo distinto al caso de AON en donde la conexión a planta interna es dividida entre las 32 líneas y que cada una de esas líneas se divide entre 16 usuarios de los cuales es distinto a la conexión de AON , es decir las 32 líneas que vienen de planta interna son conmutadas hacia los 16 usuarios lo cual no se tiene una compartición de conexión sino una línea directa hacia planta interna. En ese sentido la conexión que puede experimentar el usuario va ser mas favorable en el caso de AON en la percepción de una conexión permanente y dedicada a los recursos del operador.

Al mismo tiempo se resalta que, capacidad máxima en el último tramo de acceso al usuario, se podría incrementar hasta 2.4 Gbps en el caso de diseño PON, sin embargo, la capacidad máxima de acceso de AON puede llegar hasta 10 Gbps en downstream. Por su parte en upstream la capacidad máxima en PON es de 1.2 Gbps y para AON es de 2.5 Gbps.

Tabla N° 24 de Capacidades técnicas PON – AON

INDICADOR	PON	AON	unidad
Arr. Int Op. (DS)	40	40	Gbps
Arr. Int Op. (US)	20	20	Gbps
DS of user	1.2	1.2	Gbps
US of user	0.6	0.6	Gbps
overbook Internet	1/16	1/16	
compartición de conexión	1/16	1/1	
Max fut DS user	2.4	10	Gbps
Max fut US user	1.2	2.5	Gbps

En la Figura 13, se presenta una gráfica de capacidades de PON – AON del arrendamiento del operador tanto downstream para upstream. Asimismo, la comparativa de velocidades comerciales ofertada hacia los usuarios y las velocidades máximas en las 2 redes, que como se mencionó anteriormente, favorece a la red AON.

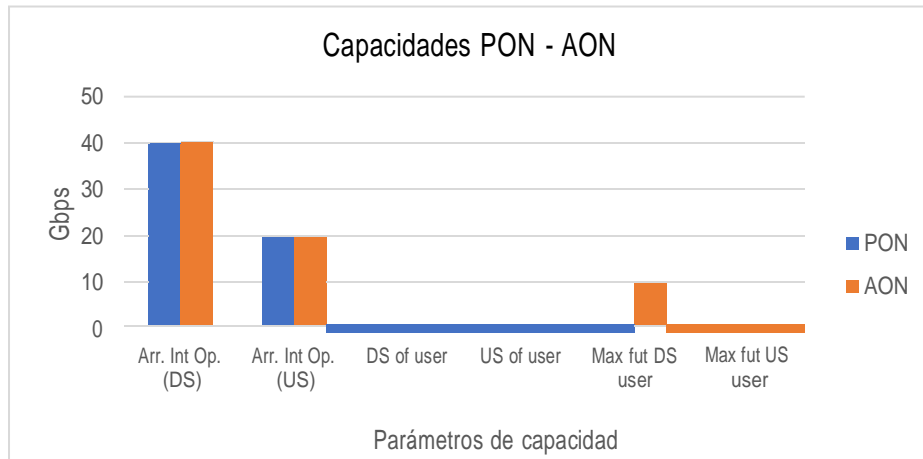


Figura 13: Grafico de Parámetro de Capacidades PON - AON

5.2. Costos de inversión proyectados

Como se indicó anteriormente la estimación de costos de inversión se proyectaron a 05 años, de acuerdo a la exigencia recomendada por el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones). En este sentido se puede apreciar que la inversión en planta interna sería la misma para el caso de las 02 redes en cuanto a la inversión proyectada para planta externa, se tiene una diferencia importante en cuanto a la inversión. En los primeros 03 años hay una diferencia de 4.71 veces mayor costo de la red AON y en los últimos 02 años 7.17 veces mayor costo en la red AON. La inversión final proyectada tiene una diferencia de 1.78 veces más costo de AON sobre PON. En este sentido se desfavorece la red AON, al compararse con los costos de la red PON.

En la Figura 14 se presenta una gráfica comparativa de Inversión anual y acumulada para Planta Interna (PI) y Planta Externa (PE), mostrando asimismo la inversión acumulada hacia los 5 años tanto para planta interna como para planta externa.

Tabla N° 25 de costos proyectados PON – AON

INDICADOR	PON	AON	unidades
Inv. anual PI	42.3	42.3	miles S/
Inv. PE a_01	14.1	66.2	miles S/
Inv. PE a_02	14.1	66.2	miles S/
Inv. PE a_03	14.1	66.2	miles S/
Inv. PE a_04	3.9	28.0	miles S/
Inv. PE a_05	3.9	28.0	miles S/
Inversión acumulada PI - PE	261.4	466.0	miles S/

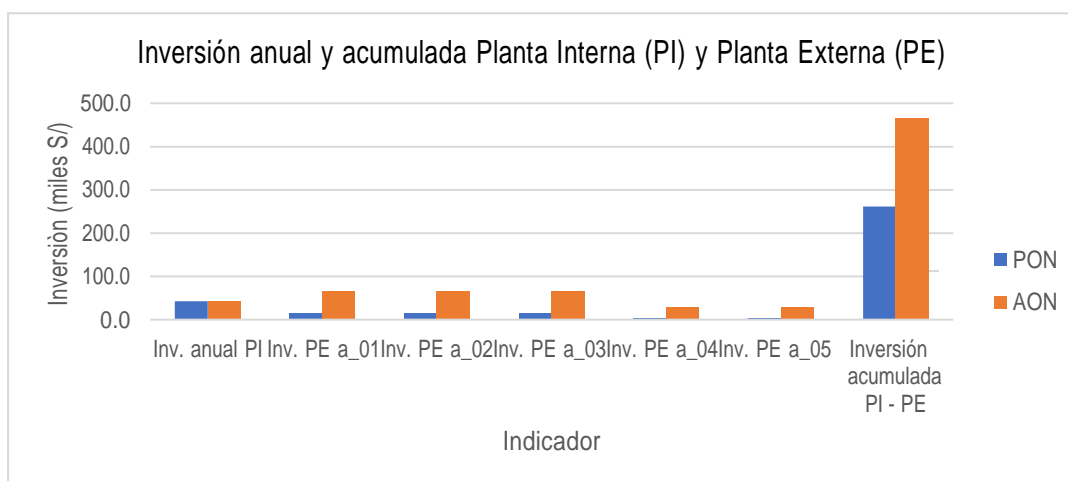


Figura 14: Grafico de Parámetros de proyección de costos anual y acumulada para planta interna y planta externa

5.3. Márgenes de enlaces lejanos

El último grupo de parámetros a comparar, corresponde a los márgenes de enlaces lejanos, es decir el margen de potencia que se tiene hacia el usuario más lejano para cada diseño. En ese sentido, en la Tabla 26, se puede apreciar que los márgenes de potencia favorecen a la red AON. En cuanto a los márgenes descendentes se tiene casi 3 veces el margen descendente favorable para AON y de manera similar también para el margen ascendente.

Para el caso de PON el diseño obtiene 24.3 dB de pérdida por los diferentes spliteos o divisiones que se obtienen al compartir la conexión de fibra óptica. En el caso de AON no se obtiene esas pérdidas dado que la conexión se conmuta de manera activa, siendo el switch el último elemento que conecta al usuario. Esto incide sobre los resultados siendo los márgenes de AON casi 3 veces mayores a los márgenes PON. Los detalles de cálculo de enlaces lejanos pueden encontrarse en los anexos del presente trabajo.

La diferencia en los márgenes ascendente y descendente indican también una mayor distancia de alcance para el caso de la red AON. Tomando en cuenta que para la red AON se puede llegar hasta 100 Km de distancia y para PON hasta 20 Km de distancia; para el caso de Yanahuara los enlaces más lejanos se encuentran en un promedio de 2 Km, por lo cual se considera que la capacidad de alcance AON estaría sobredimensionados, siendo la realidad de Yanahuara más adaptable a la red PON.

Tabla N° 26 de comparativa de márgenes de enlace PON - AON

	PON	AON
Margen extra canal descendente:	4.1	10.9
Margen extra canal ascendente:	3.6	9.4

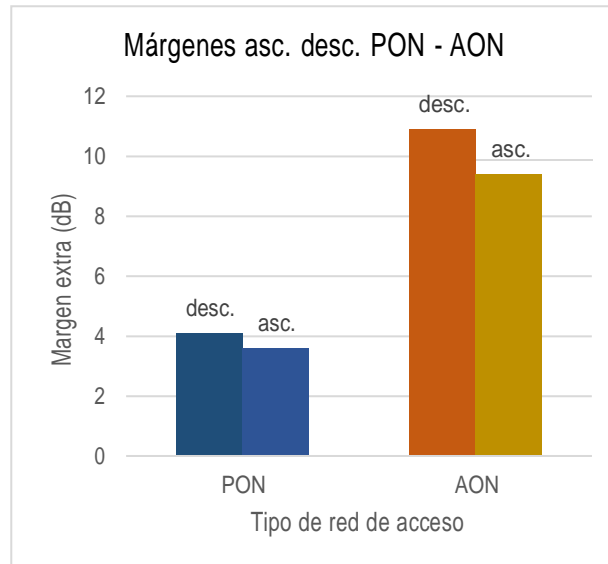


Figura 15: Grafico de comparativa de márgenes de enlace PON - AON

5.4. Resumen resultados

A continuación, se presenta un resumen en base a una escala de valoración en donde se ha considerado de acuerdo a los resultados presentados anteriormente, la valoración: buena, regular y deficiente. De los diferentes resultados obtenidos; en la Tabla 27, se muestra un resumen de resultados obtenidos según la escala de valoración. Se puede apreciar respecto del parámetro de capacidad, que es favorable para AON siendo en el caso de PON un parámetro regular. Para el caso del parámetro de inversión, el costo para AON es excesivo por eso se califica como deficiente para el caso de Yanahuara, siendo en el caso de PON un resultado favorable. Finalmente, el margen de enlace obtiene un resultado favorable AON y neutro para PON.

Tabla N°27 de Resumen de indicadores de escala de valoración

Indicadores	PON	AON
Indicadores capacidad	1	2
Indicadores de inversión	2	0
Indicadores margen enlace	1	2
Adec. al diseño FTTH Yanahuara	2	1
Total	6	5

NOTA: Escala empleada

Puntaje: Valoración
 0 deficiente
 1 regular
 2 bueno

De todas las condiciones mencionadas anteriormente, se presenta en la Figura 16, un resumen de los puntajes valorativos de los diferentes indicadores, en donde se observa que, para el caso de Yanahuara el diseño de la red PON obtiene un puntaje ligeramente más favorable sobre el diseño de la red AON.

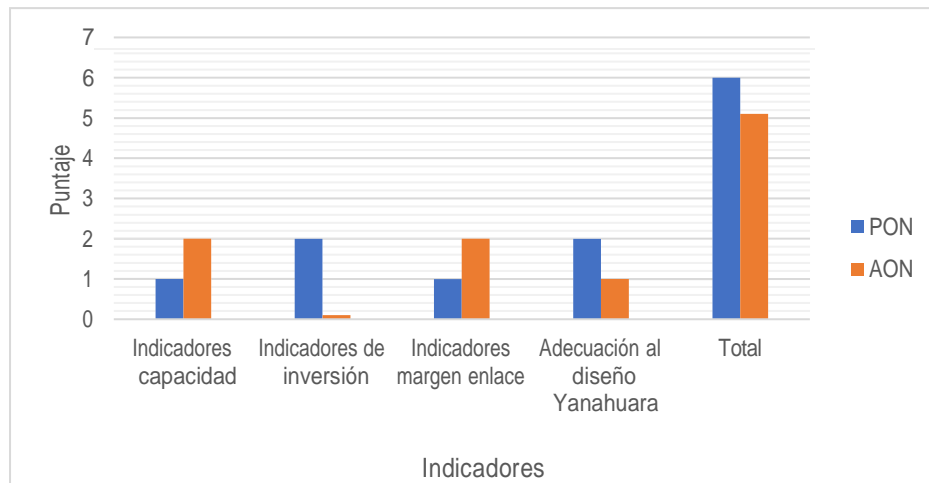


Figura 16: Grafico de resumen de indicadores de escala de valoración

4.2. Docimacia de Hipótesis

En base a los grupos de indicadores analizados, los indicadores de capacidad favorecieron a la red AON principalmente en aspectos de compartición del medio óptico y crecimiento futuro, dado que para el dimensionamiento actual los resultados obtenidos fueron similares. Los indicadores de costos de inversión proyectados favorecieron a la red PON siendo dicha inversión el 56% de costo respecto de la red AON. Respecto de los indicadores de enlaces lejanos, la red AON obtuvo márgenes de enlaces más altos que PON, sin embargo de acuerdo al área a la cual va dirigido el diseño, los márgenes de AON pueden considerarse sobredimensionados, siendo los márgenes PON más convenientes. En este sentido el resumen de resultados han reportado por una ligera ventaja a PON sobre AON , lo cual hace que red PON sea la que se recomiende como la más favorable para el diseño planteado , en tal sentido el autor afirma de que se ha cumplido la hipótesis proyectada.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Respecto de la identificación de una zona del Perú en donde sea factible el despliegue de una red de acceso óptica, la zona urbana de Yanahuara en el Departamento de Arequipa fue seleccionada por conveniencia, debido a las facilidades de acceso a la zona, y sobre todo, debido a que se contaba con un escenario idóneo, de crecimiento en la demanda de acceso Triple Play. La zona urbana de Yanahuara tiene en particular interés de crecimiento dado que las capacidades del actual proveedor de servicios por HFC esta siendo insuficientes para poder cubrir las demandas de usuario actuales. En ese sentido el escenario propicio para el diseño se da a partir de este requerimiento de migración de tecnología hacia FTTH, siendo las 2 vertientes tecnológicas de FTTH, PON (Pasive Optical Network) y AON (Active Optical Network), se planteó la posibilidad de comparar sus diseños y poder encontrar diferencias y semejanzas o conveniencia en algunas de las redes.
2. Respecto al diseño PON se caracteriza por tener elementos activos sólo en planta interna y segmento de usuario, siendo el resto de la red netamente pasiva. Entre sus características principales, se resaltan su bajo costo, dado que únicamente se divide el medio óptico. Esto a su vez trae como desventaja la división de la velocidad de acceso en el medio de transmisión. El diseño realizado contempla dividir la conexión que viene desde planta interna compartiendo la conexión entre 16 usuarios y un overbook de 1:16, sin embargo, conforme los criterios recomendados por Llorach, J. (2023), al ir creciendo las necesidades de incremento de overbook se tendría un mayor impacto en la percepción de degradación experimentada por los usuarios, evidenciándose en las pruebas de calidad generalmente empleadas por el operador tales como speed test.

3. Respecto al diseño de red AON, los resultados obtenidos mostraron una condición de casi 2 veces (1.78) mayor al presupuesto proyectado para PON, siendo una de las características más favorables, la conexión directa desde planta interna al usuario, por conmutación del medio de transmisión, de manera que, la percepción de calidad para los usuarios es mucho más favorable, como si se tuviera una conexión única hacia la planta interna. Las degradaciones de capacidad se podrían experimentar mayormente por la razón de overbook de 1:16 antes que por la compartición del medio o conexiones a planta interna.

4. Respecto de los semejanzas y diferencias, al comparar los diferentes grupos de indicadores, si bien es cierto en cuanto a capacidad de datos se favorece a la red AON por aspectos de calidad de conexión y crecimiento futuro, los indicadores PON tampoco son deficientes cubriendo los requerimientos de diseño esperados. En este mismo sentido los indicadores de márgenes de enlaces lejanos para AON, a pesar de ser notablemente mayores a los de PON, pudiendo influir sobre condiciones de mantenimiento futuro; se consideran sobredimensionados para el corto alcance del área urbana de Yanahuara a donde se dirige el diseño (menor a 2 Km). Sin embargo, respecto al indicador de costo de inversión, se considera que, si existe una notable diferencia, tanto en los indicadores de inversión en planta externa en los primeros 03 años (casi la cuarta parte del costo favorable para PON), como en los indicadores de costo total de inversión (casi la mitad del costo favorable para PON). Por todo ello en las valoraciones finales a pesar sus limitaciones técnicas PON se impone con ligera ventaja sobre AON como la solución recomendada para el diseño FTTH en la zona urbana de Yanahura, Arequipa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI. CONCLUSIONES

- Respecto de la ciudad elegida, el área urbana del distrito de Yanahuara fue seleccionada por el escenario propicio dado por el incremento de demanda y la necesidad de migración de la red HFC a FTTH. La zona fue identificada como muestra por conveniencia, dado que corresponde a una zona residencial con crecimiento de población con demanda de internet de alta velocidad para hogares e incluso para acceso de diferentes empresas y negocios que componen la zona. Asimismo, por las facilidades de acceso a la información para poder realizar el conteo de casas, usuarios, edificios y demás características que permitieron iniciar el proceso de diseño.
- Para el diseño general de red se siguieron los criterios para elaboración de proyectos técnicos recomendados por el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones), con proyección de inversión de planta interna y externa hacia 5 años con crecimiento de usuarios. Respecto del diseño de red PON se caracterizó por cumplir con los requerimientos de diseño bajo los criterios de compartición del medio de transmisión óptico 1/16, overbook de usuarios 1:16 para el flujo de datos, capacidades de 1.2 Gbps en downstream, escalables hasta 2.4 Gbps y márgenes de enlace lejanos conforme recomendaciones ITU G.651 mayores a 3dB. El presupuesto de inversión total asciende a S/ 261, 400.00, siendo dicha inversión más exigente durante los 03 primeros años.
- El diseño de red AON se caracteriza por sobrepasar los requerimientos básicos de diseño establecidos para la zona urbana de Yanahuara. Los criterios más resaltantes corresponden a una conexión directa (conmutada) hacia planta interna con overbook de usuarios 1:16 para el flujo de datos, con capacidades de 1.2 Gbps en downstream, escalables hasta 10 Gbps con upgrade de OLT.

Asimismo, los márgenes de enlaces lejanos superan los 9 dB. El presupuesto de inversión total asciende a S/ 466, 000.00, llegando a ser durante los 03 primeros años cuatro veces más alto que el presupuesto de la red PON.

- En la evaluación de los grupos de los parámetros obtenidos para el diseño PON y AON, respecto de las capacidades de datos, ambos diseños cumplen con los requerimientos básicos, obteniendo mayor valoración el diseño AON por la conexión no compartida y posibilidad de upgrade hasta 4 veces mayor respecto de PON. Los márgenes de enlace lejano AON exceden más de 6 dB el requerimiento recomendado, considerándose que se encuentran sobre dimensionados para los requerimientos de diseño del área urbana de Yanahuara. Del mismo modo, los costos de inversión de AON llegan a ser hasta 4 veces más altos que los costos de PON en los tres primeros años, y 1.78 veces el presupuesto de PON en los 05 años proyectados. En tal sentido, en el balance general de valoración de indicadores, el diseño PON obtiene una ligera ventaja, que le permitió ser recomendado como el más adaptable a las condiciones de diseño y más conveniente económicamente en un área de cobertura menor a 2 Km como es en el caso del diseño para la zona urbana de Yanahuara.

VII. RECOMENDACIONES

- Para poder ampliar la presente investigación se puede sugerir ampliar el alcance comparativo bajo prospectiva más realista tales como fallos, averías, e impacto económico de éstos sobre presupuesto y retorno de inversión, comparando ambos esquemas de acceso PON y AON, o posibilidades de esquemas híbridos.
- Se puede recomendar en ampliar el diseño hacia condiciones de próxima evolución considerando por ejemplo la migración de OLT's hacia nueva generación XGPON, evaluando si bajo estas condiciones, las diferencias técnicas observadas en el presente trabajo puedan ser más equiparables
- Finalmente como tercera recomendación se puede sugerir comparar implementaciones reales entre redes PON y AON en escenarios similares de cobertura de ciudades del Perú de manera de que se puedan acercar con condiciones de implementación real los datos de inversión y de mantenimiento que se pueden estar generando actualmente en redes de acceso FTTH en el país.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Juniper Juniper Networks Inc. (1999 – 2024) ¿Qué es una Red Óptica Pasiva?. Obtenido el 03 de diciembre del 2023 de:

<https://www.juniper.net/mx/es/research-topics/what-is-pon.html>

Hugo David Aguirre Castañeda (2023) La Brecha de conectividad en el Perú. Obtenido el 03 de diciembre del 2023 de:

<https://elperuano.pe/noticia/160292-la-brecha-de-la-conectividad-en-el-peru>

Huawei Technologies Co. 2023 Triple Play: Nuevo modelo para la convergencia de servicios. Obtenido el 03 de diciembre del 2023 de:

<https://forum.huawei.com/enterprise/es/Triple-Play-nuevo-modelo-para-la-convergencia-de-servicios/thread/697229976409096192-667212890693840896>

Pachas Matías M.J. (2019). Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino. Obtenido el 03 de diciembre del 2023 de:

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13945/PACHAS%20MATIAS%20MARCO%20JESUS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Misaco Poma D.J. (2017) Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en la Universidad Nacional del Callao. Obtenido el 05 de diciembre del 2023 de:

<https://es.scribd.com/document/460992287/fibras-opticas-proyecto2-1>

Brito Jiménez M. F. (2022) Estudio de despliegue de una red de acceso NG-PON2 en la ciudad de Quito. Obtenido el 05 de diciembre del 2023 de:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23268/1/UPS%20-%20TTS917.pdf>

Huawei Technologies Co. (2023) Red FTTH AON y PON. Obtenido el 05 de diciembre del 2023 de:

<https://forum.huawei.com/enterprise/es/Red-FTTH-AON-PON/thread/667234771991937024-667212890693840896>

Salazar J. (2021) Redes Inalámbricas. Obtenido el 08 de diciembre del 2023 de:

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf

López Polo E.D. (2016) Diseño de una Red de Fibra Óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coischo (Ancash). Obtenido el 08 de diciembre del 2023 de:

<https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/47/lopez-polo-elliott.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tinoco Alvear J.D. (2011) Estudio y Diseño de una Red de Fibra Óptica FTTH para brindar servicio de voz, video y datos para la Urbanización Los Olivos ubicada en el sector Toctesol en la Parroquia Borrero de la ciudad de Azogues. Obtenido el 15 de diciembre del 2023 de:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1076/12/UPS-CT002134.pdf>

Xataka Basics Co. (2023) Router todo lo que debes de saber. Obtenido el 30 de abril del 2024 de:

<https://www.xataka.com/basics/guia-router-todo-que-debes-saber-para-colocar-lo-configurar-lo-usar-sus-principales-funciones>

Muñoz Saldaña J. (2006) Mercedes: «El futuro jurídico de la televisión desde la perspectiva europea». Madrid. Marcial Pons Editores. P. 33. Obtenido el 06 de junio del 2024 de:

<https://portalcientifico.unav.edu/documentos/6397d5f0b0ebee6c8799d241>

Ofelia Nieto S.L. (2020): «Procedimientos de pruebas en redes FTTH: Fase de mantenimiento (I)». Obtenido el 06 de junio del 2024 de:

[https://www.instaladoresdetelecomhoy.com/procedimientos-de-pruebas-en-redes-ftth-fase-de-mantenimiento-i/#:~:text=Algunos%20de%20los%20problemas%20que,deberse%20a%20una%20potencia%20insuficiente\).](https://www.instaladoresdetelecomhoy.com/procedimientos-de-pruebas-en-redes-ftth-fase-de-mantenimiento-i/#:~:text=Algunos%20de%20los%20problemas%20que,deberse%20a%20una%20potencia%20insuficiente).)

ANEXOS

ANEXO 01: Características Técnicas de equipos de planta interna o cabecera

OLT. SmartAX MA5608T

	Velocidad de transmisión descendente	2.5	Gbps
	Velocidad de transmisión ascendente	1.2	Gbps
	Presupuesto de potencia (clase B+)	-28	Dbm
	Presupuesto de potencia (clase C++)	-32	Dbm
	Longitud de onda Tx	1490	nm
		1310	nm
	Mínima potencia óptica de salida	6	dBm
		10	dBm
Rendimiento de sistema	-		
-	Velocidad de Transmision	capa 2	
		capa 3	
	Ruta estatica	RIP	
		OSPF	
		MPLS	
	Relación máxima de división	(1:256)	
	Alcance	60	Km
Tipo de puerto	Puerto sentido ascendente / óptico	10	GE
	Puerto sentido descendente / eléctrico	1	GE
Capacidad de acceso			
	GPON	(-8x10)	G
	GPON	(-32x1)	G
	GEPON	(-32x1)	G
Capacidad de conmutación			
	Tablero de control	512	Gbit/s
	Bus de panel	720	Gbit/s
Energía eléctrica			
	Entrada de energía protección de suministro	-48	V
	Rango de voltaje	-38.4	V
		-72	V
Entorno Operativo			
	Rango en grados	-40	°C
		65	°C
	Rango de porcentaje de HR	-5	%
		95	%
Dimensiones en el rack			
	altura	88	nm
	ancho	442	nm
	profundidad	233.5	nm

Transmisor

Dimensiones del rack

	altura	0.9	mm
	ancho	2	mm
	profundidad	3	mm
Perdida de inserción	mínima	0.15	dB
	estándar	0.25	dB
Perdida de retorno	estándar	60	dB
Repetibilidad	estándar	0.1	dB
Durabilidad	rango	>1000	dB
		0.2	dB
Temperatura de funcionamiento	rango	-20	dB
		70	dB
Temperatura de almacenamiento	rango	-40	dB
		80	dB

Amplificador EDFA

Rango de producción

	31	dBm
	40	dBm
Rango de producción	1250	mW
	10000	mW
Rango de ajuste de salida	down 4	dBm
Atenuación descendiente única	down 6	dBm
Longitud de onda	1540	nm
	1565	nm
Estabilidad de salida	< 0.3	dB
Perdida de retorno óptico	> = 45	dB
Conector de Fibra	FC/APC	
	SC/APC	
	SC/IUPC	
	LC/APC	
	LC/UPC	
Figura de ruido	<6.0	dBm
Consumo de energía	< = 80	W
Voltaje	220	V / AC
	-48	V / DC
Temperatura de trabajo	0	°C
	55	°C
Dimensiones del rack		
altura	88	mm
ancho	486	mm
profundidad	370	mm

Switch CISCO

Puertos

	48 x 100	
	1000M	
	5G	
	10 G BASE - T	
	4 X 40 G	
	QSFP +	
Fuente de alimentación	2 (1 + 1)	W
Numero de ventilador	4 (2 + 2)	W
Memoria Flash	2	GB
Búfer de paquetes	9	Mb
MTBF	> 90000	horas
Capacidad de conmutación	1.28	Tbps
Tasa de reenvío	952.3	Mbps
Memoria RAM	1	GB
Latencia		
máxima	0.755	us
mínima	0.67	us
Consumo máximo de energía	250	W

Router CISCO

Memoria RAM

	512	MB
	2	GB
Memoria DRAM	4	GB
Memoria SDRAM	256	MB
Memoria Flash	32	MB
	256	MB
	1	GB
	8	GB

ODF

Temperatura de trabajo	-10	°C
	40	°C
Temperatura de almacenamiento	-25	°C
	55	°C
Humedad relativa	< = 85	%
	30	°C
Presión atmosférica	70	Kpa
	106	Kpa
Rendimiento fotoeléctrico		
Longitud de onda	850	nm
	1310	nm
	1550	nm
Perdida de inserción	< = 0.5	dB
Perdida de retorno	PC > = 40	dB
	UPC > = 50	dB
	APC > = 60	dB
Fuerza eléctrica	> = 3	KV / DC
Aislamiento de resistencia	> = 1000 M	Ohm
	500	V / DC
Tiempo de funcionamiento	> = 1000 veces	S
Disco del radio de la fibra	> = 40	mm

Servidor de video

Marca	HP		
Formato	Torre		
		1.9	GHz
Procesador	Procesador Intel Xeon-B 3204 6-Core (1.90GHz 8.25MB L3 Cache)	8.25	Mb
		L3	Cache
Soporte de Procesador	Soporta hasta 1 procesador		
		32	GB
Memoria RAM / Expansión	RDIMM	192	GB
		2666	MHz
		16 X	
Slot de expansión	PCIe	8 X	
	Batería de Modulo	Cache	2
	HDD	8	TB
		6	G
Discos incluidos		7200	
	Dos unidades / SATA	3500	
		4	TB
Capacidad de discos	Disco SATA	4	Und.
	LFF	3.5	pulg.
		0	
Controlador de disco / RAID	HPE Dynamic Smart Array S100i controller SATA Only	1	
		5	
		10	
Controlador de red	HPE Ethernet	1	GB
	2 puertos	368	i
Fuente de poder y refrigeración	1 x HPE ATX Power Supply	550	W
	Microsoft Windows Server 2012 R2, 2016		
	Red Hat Enterprise Linux (RHEL)		
	SUSE Linux Enterprise Server (SLES)		
Sistemas operativos soportados	VMware ClearOS		

Servidor de Internet

Procesador Intel® Xeon® E de hasta 8 núcleos	95	W
	8	GB
Oferta de memoria UDIMM estándar HPE DDR4 de 3200 MT	16	GB
	32	GB
Capacidad máxima de memoria	128	GB
Cuatro ranuras de expansión para un uso más flexible,	4	
PCIe Gen	16	
Compatibilidad con SSD M.2 NVMe/SATA integrados.		
Opción de kit de puerto serie y puerto HPE iLO dedicado.		

Servidor de Telefonía

CPU:	intel j1900	
DRAM: DDR2 SDRAM		2 GB
HDD:	SSD 32	GB
Almacenamiento:		
		44
		2.5 pulg.
1 ranura SATA para disco duro de		12 V
		2.5 pulg..
Potencia: fuente de alimentación		20 pines
Tres LED de panel frontal, para 3 indicadores de estado GPO programables		
Pulsador: para el interruptor de configuración de modo, accediendo a un GPI programable, activo bajo significa que el interruptor está presionado		
Expansión: 1 ranura PCI, interrupción fija e individual		
Conectividad:		
1 controlador Ethernet PCI-E (rtl8111c)		10 Mbps 100 Mbps 1 Gbps
1 controlador Ethernet PCI-E (rtl8103e)		10 Mbps 100 Mbps
IM145 está configurado con los 2 canales Ethernet anteriores.		
I/O: 1 puerto serie DB9, para uso de la consola de depuración		

ANEXO 02: Detalles de los planos de planta externa PON Y AON

En la Figura 17 se presenta el detalle de una MUFA o caja de empalme horizontal de 144 hilos de fibra óptica, donde también está sobre un poste de 9m. de altura junto a un enrollado de F.O de 20m. en una cruceta del cual se va a desplazar todos los trazos de fibra o ramales a las principales calles y avenidas de la Urbanización Víctor Andrés Belaunde , Urbanización Las Casuarinas y Urbanización Entel Perú .del cual está más detallado la descripción en las tablas de inversión de la planta externa PON

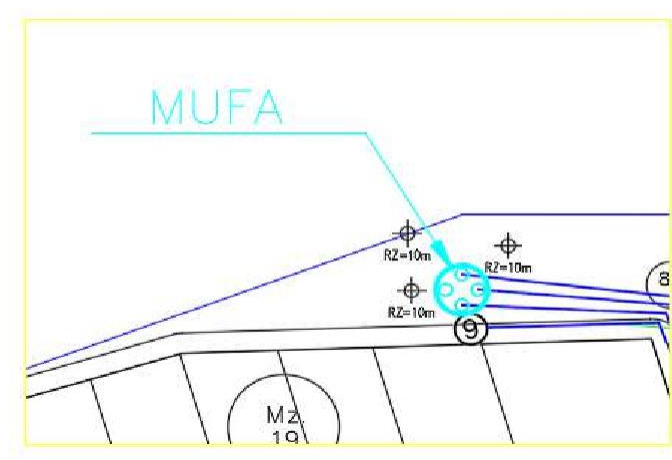


Figura 17. Detalle de Ubicación de la MUFA

En esta imagen correspondiente a la figura 18 del detalle del plano , ubicamos un FATEVEN o CTO (CAJA TERMINAL OPTICA) que tiene una cantidad de fibra óptica desplazada desde el HUB BOX en donde cada caja terminal se va a desplazar de manera directa o se va a splitear en combinaciones de 1x8 para así desplazar a los clientes correspondientes , donde está ubicado también en un poste de 8.7m. de altura junto a un enrollado de F.O de 18m. en una cruceta del cual es el punto de partida donde se va a desplazar todos los trazos de fibra o ramales a las principales calles y avenidas de la Urbanización Víctor Andrés Belaunde , Urbanización Las Casuarinas y Urbanización Entel Perú .del cual está más detallado la descripción en las tablas de inversión de la planta externa PON

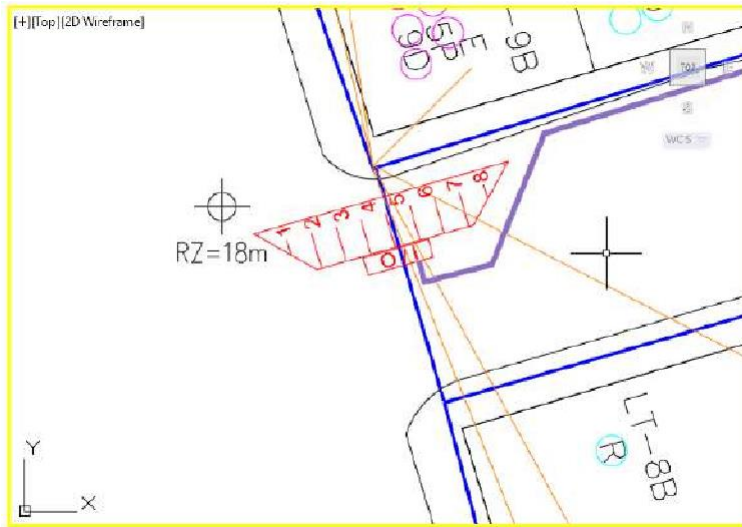


Figura 18. Detalle de ubicación de FATEVEN

En esta imagen correspondiente a la figura 19 del detalle del plano , ubicamos un FATUNEVEN o CTO (CAJA TERMINAL OPTICA) que tiene una cantidad de fibra óptica desplazada desde el HUB BOX en donde cada caja terminal se va desplazar de manera directa o se va splitear en combinaciones de 1x8 para así llegar hacia a los clientes correspondientes , donde está ubicado también en un poste de 8.7m. de altura junto a un enrollado de F.O de 52m. en una cruceta del cual es el punto de partida donde se va a desplazar todos los trazos de fibra o ramales a las principales calles y avenidas de la Urbanización Víctor Andrés Belaunde , Urbanización Las Casuarinas y Urbanización Entel Perú .del cual está más detallado la descripción en las tablas de inversión de la planta externa PON

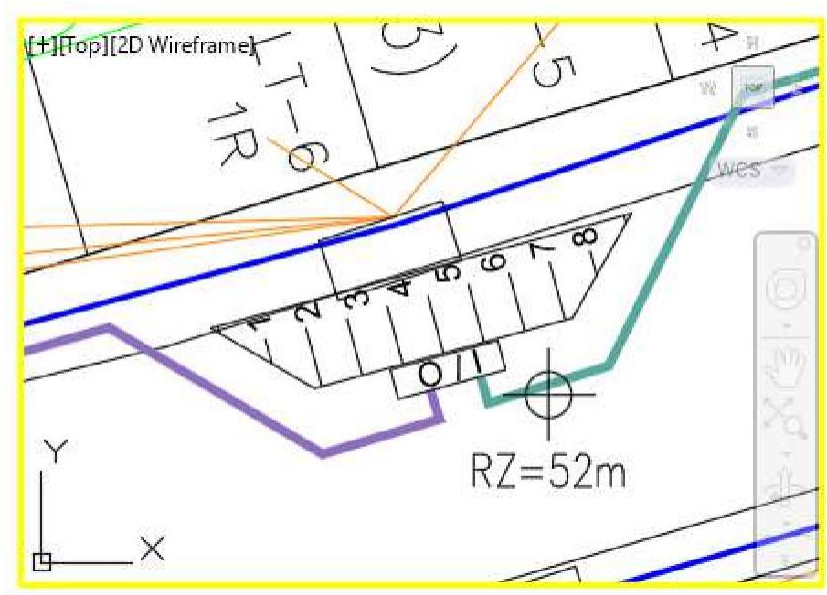


Figura 19. Detalle de ubicación de FATUNEVEN

En esta imagen correspondiente a la figura 20 del detalle del plano , ubicamos el HUB BOX el cual va a realizar la función de desplazar a los FUTEVEN y FATUNEVEN que son los CTO (Caja Terminal Óptica) que se va desplazar hacia los clientes correspondientes , donde está ubicado también en un poste de 8.7m. del cual es el punto de partida que se va a desplazar todos los trazos de fibra o ramales a las principales calles y avenidas de la Urbanización Víctor Andrés Belaunde , Urbanización Las Casuarinas y Urbanización Entel Perú .del cual está más detallado la descripción en las tablas de inversión de la planta externa PON

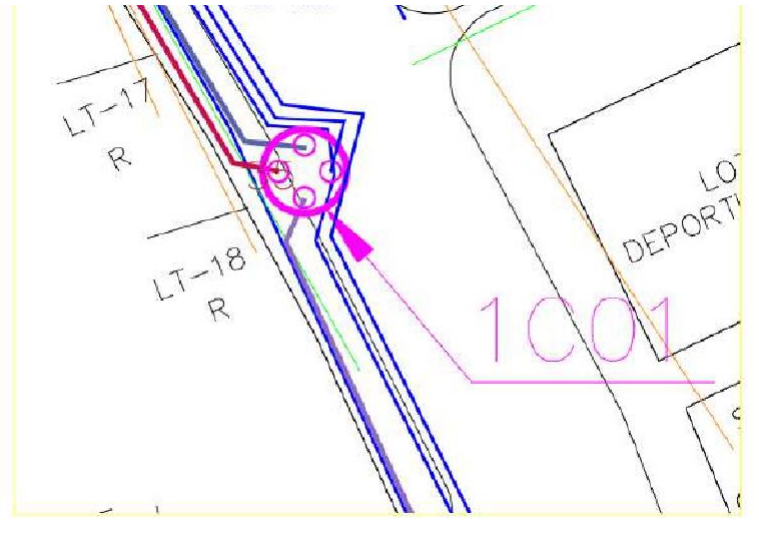


Figura 20. Detalle de ubicación de Hub Box

En esta imagen correspondiente a la figura 21 del detalle del plano donde ubicamos las figuras geométricas: triángulo identifica los negocios, el rectángulo los edificios y los círculos las casas dentro del plano de planta externa PON dibujado en por lo tanto está en las calles y avenidas de la Urbanización Víctor Andrés Belaunde, Urbanización Las Casuarinas y Urbanización Entel Perú del cual está más detallado la descripción en las tablas de inversión de la planta externa PON

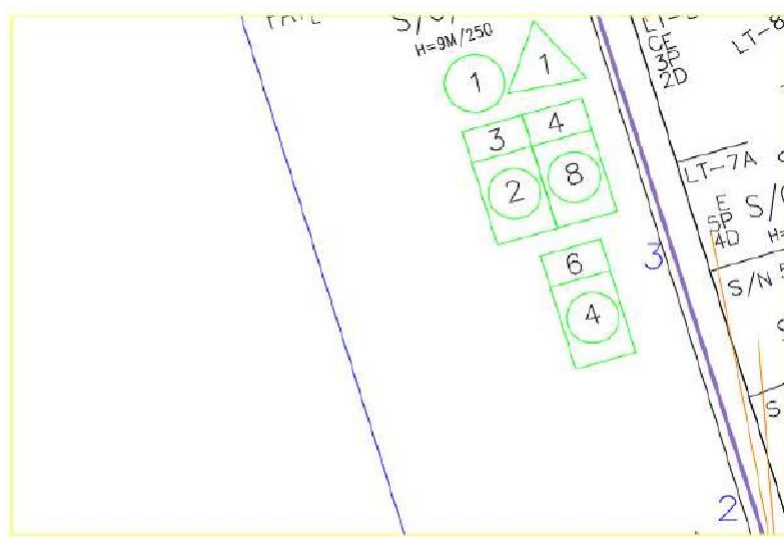


Figura 21. Detalle de ubicación de casas, edificios y centros comerciales

Como se puede observar en la figura 22 del detalle del plano, ubicamos la cabecera de control o planta interna del plano correspondiente

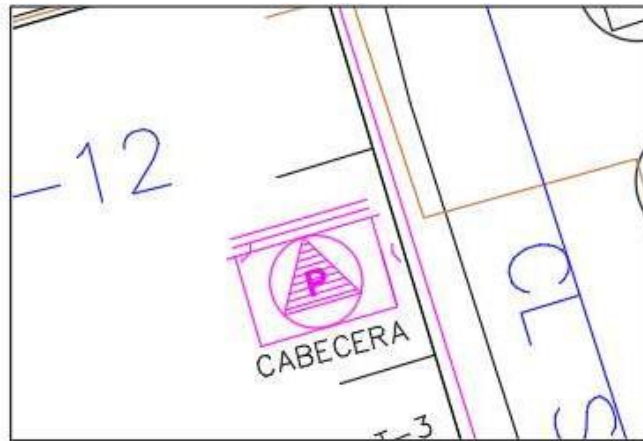


Figura 22. Detalle de planta interna o cabecera

En esta imagen correspondiente a la figura 23 del detalle del plano, ubicamos la MUFA de 144 hilos de F.O , donde está ubicado también en un poste de 9m. de altura junto a un enrollado de F.O de 20m. en una cruceta del cual es el punto de partida donde se va a desplazar todos los trazos de fibra o ramales a las principales calles y avenidas de la Urbanización Víctor Andrés Belaunde , Urbanización Las Casuarinas y Urbanización Entel Perú .del cual está más detallado la descripción en las tablas de inversión de la planta externa AON.

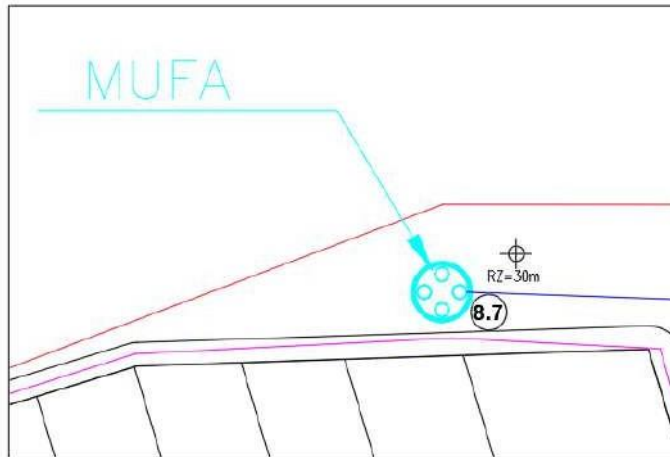


Figura 23. Detalle MUFA de plano AON

En esta imagen correspondiente a la figura 24 del detalle del plano , ubicamos un Switch de Fibra Óptica POE el cual va a realizar la función de desplazar a los clientes para así desplazar a los clientes correspondientes , donde está ubicado también en un poste de 8.7m. de altura junto a un enrollado de F.O de 24m. en una cruceta del cual es el punto de partida donde se va a desplazar todos los trazos de fibra o ramales a las principales calles y avenidas de la Urbanización Víctor Andrés Belaunde , Urbanización Las Casuarinas y Urbanización Entel Perú .del cual está más detallado la descripción en las tablas de inversión de la planta externa AON

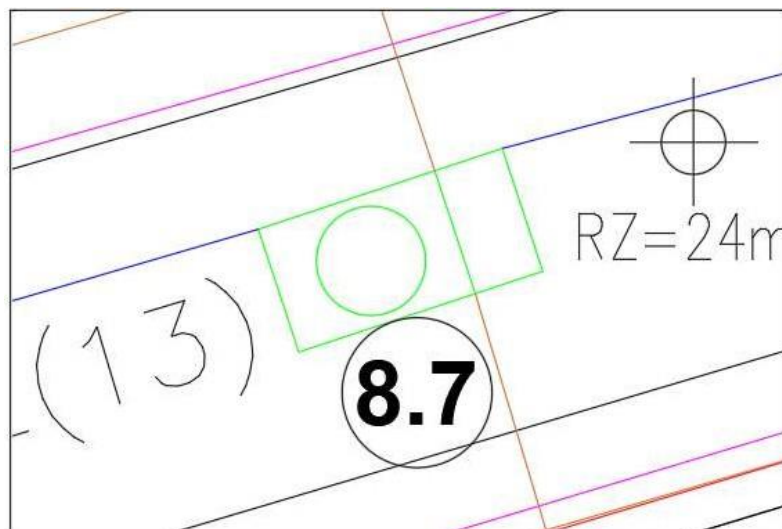


Figura 24. Detalle Switch de Fibra Óptica POE

ANEXO 03: Detalle de equipos de planta interna : OLT y EDFA

A continuación se detallará las conexiones de salida a planta externa, en donde a partir del OLT se distribuyen los accesos PON hacia los usuarios. El OLT posee los puertos PON distribuidos en 02 tarjetas denominadas tarjetas GPON, cada una de las tarjetas posee 16 puertos, cada puerto posee una capacidad máxima de 2.4 Gbps, desde cada puerto se distribuirá las conexiones de acceso hasta 32 usuarios, considerando que se tienen 505 usuarios, se van ocupar a 16 puertos el equivalente con 2 tarjetas, las conexiones GPON comprende tanto la conexión de bajada de 2.4 Gbps y de subida de 1.2 Gbps, así mismo se tiene las conexiones en las cuales se conectarán los accesos del proveedor 40 Gbps de downstream y 20 Gbps de upstream, sabiendo que tiene 2 tarjetas MCU0 y MCUD1 de las cuales se va repartir el internet.

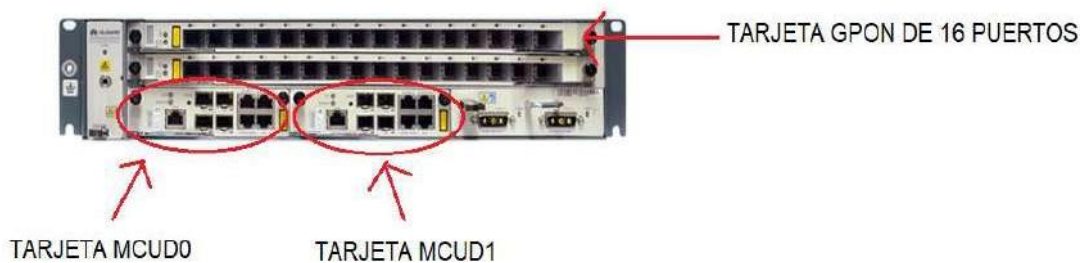


Figura N°25 : OLT Smart MA5608T Huawei 2U

Fuente: Huawei Enterprise (2016)

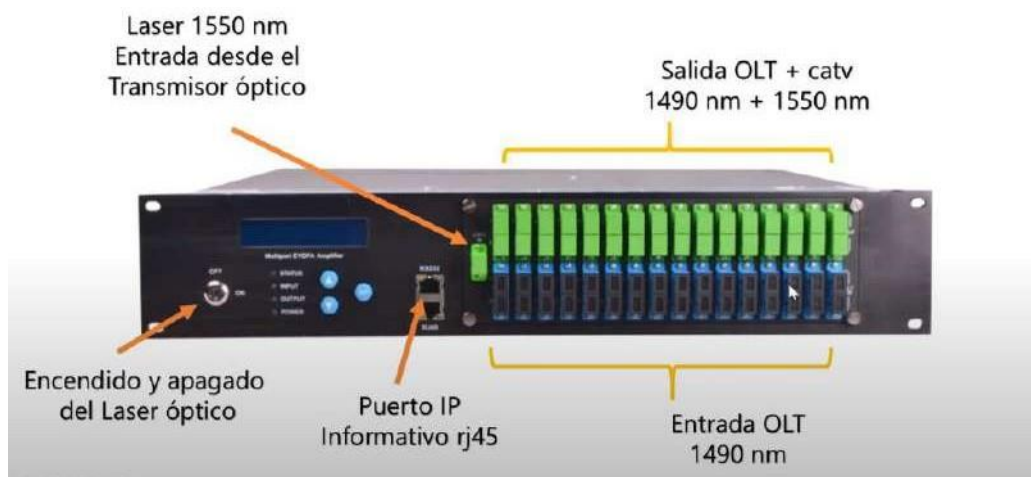


Figura N° 26: Partes de un amplificador Óptico EDFA

Fuente: Huawei Enterprise (2016)

Partes de un amplificador EDFA donde van las conexiones, entrada de OLT son de 1490 nm (longitud de onda) hacia amplificador y la salida hacia OLT + CATV es de 1490 nm + 1550 nm (longitud de onda)



Figura N°27: Funcionamiento de Amplificador Óptico EDFA

Fuente: Huawei Enterprise (2016)

El hilo de color amarillo es donde ingresa la fibra óptica del OLT direccionado hacia el amplificador y el hilo de color blanco de la parte superior del amplificador de un puerto habilitado es de salida hacia el OLT más CATV que luego se va a conectar a un router que va en ese router se va hacer conexión coaxial hacia una tv y el cable con splitter o conector de fibra más grande es del transmisor



Figura N°28: Conexión de un transmisor hacia un amplificador

Fuente: Huawei Enterprise (2016)

La conexión de un transmisor de entrada laser de 1550 nm hacia el puerto de entrada de un amplificador que recibo los 1550 nm

La magnitud del ruido generado por un dispositivo electrónico u óptico, por ejemplo, un amplificador, se puede expresar mediante el denominado factor de ruido (f)

OLT al ODF

ODF va a la MUFA (caja empalme): 144, 96, 48 hilos

que es la cantidad de bits por puerto, por lo tanto, cada puerto de 1 giga va a llegar de manera externa a 1:64 de acuerdo a la cantidad de usuarios y así

establecer que cada CTO esta subdividida en 8 splitters ósea terminales que viene hacer el usuario final, en total de 512

Cuanta velocidad internet por usuario (Mbps)

Cada cliente va a tener una velocidad de internet un total máximo de 75 Mbps de bajada y 37.5 Mbps de subida ese es el rango establecido que le va llegar a cada cliente en cuanto a la velocidad del internet, ya que por lo tanto para los 505 clientes vamos a tener una velocidad total de bajada.

ANEXO 04: Tabla de parrilla de canales TV Digital

Tabla 28. Parrilla de Canales TV Digital

Número	Nombre	Género
100	Canal Claro	Variedades
101	Canal Claro HD	Variedades
102	Latina	Nacional
104	América TV	Nacional
105	Panamericana	Nacional
107	TV Perú	Nacional
108	A la Cocina TV	Nacional
109	ATV	Nacional
112	VIVA TV	Nacional
113	Global	Nacional
114	TV PERU PE	Nacional
117	ATV +	Nacional
119	EXITOSA TV	Nacional
121	Justicia TV	Nacional
122	Congreso	Nacional
124	Canal J	Nacional
125	JPE	Nacional
126	La Tele	Nacional
127	ATV Sur	Nacional
130	Cosmos	Nacional
131	Nativa	Nacional
160	Liga 1	Nacional
182	Latina HD	Nacional
184	América HD	Nacional
185	Panamericana HD	Nacional
187	TV Perú HD	Nacional
188	A la Cocina TV HD	Nacional

189	ATV HD	Nacional
192	Willax TV HD	Nacional
193	Global TV HD	Nacional
194	TV PERU PE HD	Nacional
196	Nativa HD	Nacional
197	EXITOSA TV HD	Nacional
198	LIGA 1 HD	Nacional
202	Canal J HD	Nacional
205	Jpe HD	Nacional
210	Nick Jr.	Infantil

211	Nat Geo Kids HD	Infantil
212	Discovery Kids HD	Infantil
214	Cartoon Network HD	Infantil
215	Nick Jr. HD	Infantil
234	Nick 2	Infantil
240	Nickelodeon HD	Infantil
302	Discovery	Cultura
303	Discovery Theater HD	Cultura
305	TLC	Variedades
306	TLC HD	Variedades
307	Discovery HD	Cultura
308	Animal Planet	Cultura
309	Discovery World HD	Variedades
310	History	Cultura
312	History HD	Cultura
313	Discovery Turbo	Deportes
315	Animal Planet HD	Cultura
320	National Geographic	Cultura
321	National Geographic HD	Cultura
323	National Geographic Wild HD	Cultura
402	Discovery Home & Health	Variedades

403	Discovery Home & Health HD	Variedades
405	Fox Life	Series
409	E!	Variedades
414	¡Hola! TV HD	Variedades
415	INTI Network HD	Variedades
439	Las Estrellas HD	Internacional
440	Las Estrellas	Internacional
445	RCN Novelas	Variedades
446	Telemundo Internacional	Internacional
449	Pasiones HD	Variedades
450	Unicable HD	Variedades
455	CNN en Español	Noticias
470	TVE	Internacional
481	A3Series HD	Series
504	Claro Sports	Deportes
505	Claro Sports HD	Deportes
510	ESPN	Deportes
511	ESPN 2	Deportes
512	ESPN 3	Deportes
513	Fox Sports	Deportes
514	Fox Sports 2	Deportes
515	Fox Sports 3	Deportes
516	Fox Sports HD	Deportes
517	Fox Sports 2 HD	Deportes
521	Win Sports	Deportes
523	Win Sports+ HD	Premium Win Sports +
530	ESPN +	Deportes
531	ESPN 3 HD	Deportes
532	ESPN 2 HD	Deportes
540	ESPN HD	Deportes
553	Fox Sports 3 HD	Deportes
602	Warner Channel	Series

603	AXN	Series
604	Sony Channel	Series
605	Investigation Discovery	Series
606	Fox Channel	Series
607	Universal TV	Series
608	Fox Channel HD	Series
609	FX	Series
611	A&E	Series
612	TNT Series HD	Series
613	Universal TV	Series
614	Sony Channel	Series
615	A&E HD	Series
616	Warner Channel HD	Series
617	AXN HD	Series
618	TBS	Series
619	TBS HD	Series
620	Sun Channel HD	Variedades
621	Fox Life HD	Variedades
630	Comedy Central HD	Series
631	FX HD	Series
632	Investigation Discovery HD	Series
668	Hustler HD	Premium-Adultos
669	Playboy TV HD	Premium-Adultos
670	Venus	Premium-Adultos
701	TCM	Cine
702	TNT	Cine
703	FXM	Cine
705	Space	Cine
706	I-Sat	Cine
709	Cinemax	Cine
718	Cinecanal	Cine
719	Cinecanal HD	Cine

720	TNT HD	Cine
721	Space HD	Cine
722	Cinema Dinamita	Cine
723	FXM HD	Cine
724	DHE HD	Cine
726	Paramount Channel HD	Cine
728	Claro Cinema	Cine
751	HBO	Premium HBO
753	HBO Plus	Premium HBO
755	HBO Family	Premium HBO
758	HBO Xtreme	Premium HBO
760	HBO 2	Premium HBO
761	HBO HD	Premium HBO
763	HBO Pop HD	Premium HBO
764	HBO Plus HD	Premium HBO
766	HBO Family HD	Premium HBO
767	HBO Signature HD	Premium HBO
768	HBO Xtreme HD	Premium HBO
777	Fox Premium Family HD	Premium Fox Premium
778	Fox Premium Comedy HD	Premium Fox Premium
779	Fox Premium Movies HD	Premium Fox Premium
780	Fox Premium Series HD	Premium Fox Premium
781	Fox Premium Series	Premium Fox Premium
784	Fox Premium Movies	Premium Fox Premium
787	Fox Premium Action	Premium Fox Premium
788	Fox Premium Cinema HD	Premium Fox Premium
789	Fox Premium Action HD	Premium Fox Premium
800	New Age	Audio
802	Rock en Español	Audio
806	Regional Mexicana	Audio
809	Symphonic	Audio
814	Love Music	Audio

815	Classic Rock	Audio
816	70's Hits	Audio
817	80's Hits	Audio
824	Reggae	Audio
848	Reggaetón	Audio
902	ESNE	Religioso
905	Enlace	Religioso

ANEXO 05: Cálculos de margen de enlace para las redes AON y PON

CÁLCULO DE ENLACE PON

Canal descendente:		Canal ascendente:	
OLT TX Potencia	: 6 dBm	ONT Tx Potencia:	: 0.5 dBm
ONT Rx Sensibilidad	: -27 dBm	OLT Rx Sensibilidad	: -32 dBm
Presupuesto potencia (Pp)	: 33 dB	Presupuesto potencia (Pp)	: 32.5 dB

Pérdida por atenuación de la fibra:

fibra monomodo G.652D, o bien fibra monomodo G.657A

coeficiente de atenuación : 0.4 dB/Km

distancia al cliente más lejano : 1 Km

At fibra : 0.4 dB

Pérdida por atenuación en conectores:

pérdida por conector : 0.5 dB

Nº conectores desde OLT hasta cliente : 6 conectores

At conect : 3

Pérdida por fusiones:

Pérdida por fusión: : 0.1 dB

ITU-G650
(0.1 dB), real
(0.03 dB)

fusiones necesarias : 7 fusiones

fusiones futuras por rotura : 5 fusiones

At fus : 1.2 dB

Pérdida por división (splitteo):

Splitter 1x2 : 4 dB 0

Splitter 1x4 : 7 dB 0

Splitter 1x8 : 11 dB 1

Splitter 1x16 : 14 dB 1

Splitter 1x32 : 17 dB 0

Splitter 1x64 : 20 dB 0

Total pérdidas por división : 24 dB

Margen extra canal descendente: : 4.1 dB

Margen extra canal ascendente: : 3.6 dB

CALCULO DE ENLACE AON

Canal descendente:		Canal ascendente:	
Switch SFP Potencia Tx	: -3 dBm	ONT Tx Potencia:	: 0.5 dBm
ONT Rx Sensibilidad	: -17 dBm	Switch SFP Rx Sensibilidad	: -12 dBm
<hr/>		<hr/>	
Presupuesto potencia (Pp)	: 14 dB	Presupuesto potencia (Pp)	: 12.5 dB

Perdida por atenuacion de la fibra:

fibra monomodo G.652D, o bien fibra monomodo G.657A

coeficiente de atenuacion	: 0.4 dB/Km
distancia al cliente más lejano	: 0.5 Km
<hr/>	
At fibra	: 0.2 dB

Perdida por atenuacion en conectores:

perdida por conector	: 0.4 dB
N° conectores desde OLT hasta cliente	: 5 conectores
<hr/>	
At conect	: 2

Perdida por fusiones:

Perdida por fusión	: 0.1 dB	TIA 568 0.1 dB, real (0.03 dB)
fusiones necesarias	: 6 fusiones	
fusiones futuras por roturas	: 3 fusiones	
<hr/>		
At fus	: 0.9 dB	

Perdida por división (switch):

Switch 1x2	: 4 dB	0
Switch 1x4	: 7 dB	0
Switch 1x8	: 11 dB	0
Switch 1x16	: 14 dB	0
Switch 1x32	: 17 dB	0
Switch 1x64	: 20 dB	0
<hr/>		
Total perdidas por división	: 0 dB	

Margen extra canal descendente : 10.9

Margen extra canal ascendente : 9.4 dB

ANEXO 06: Racks para para planta interna

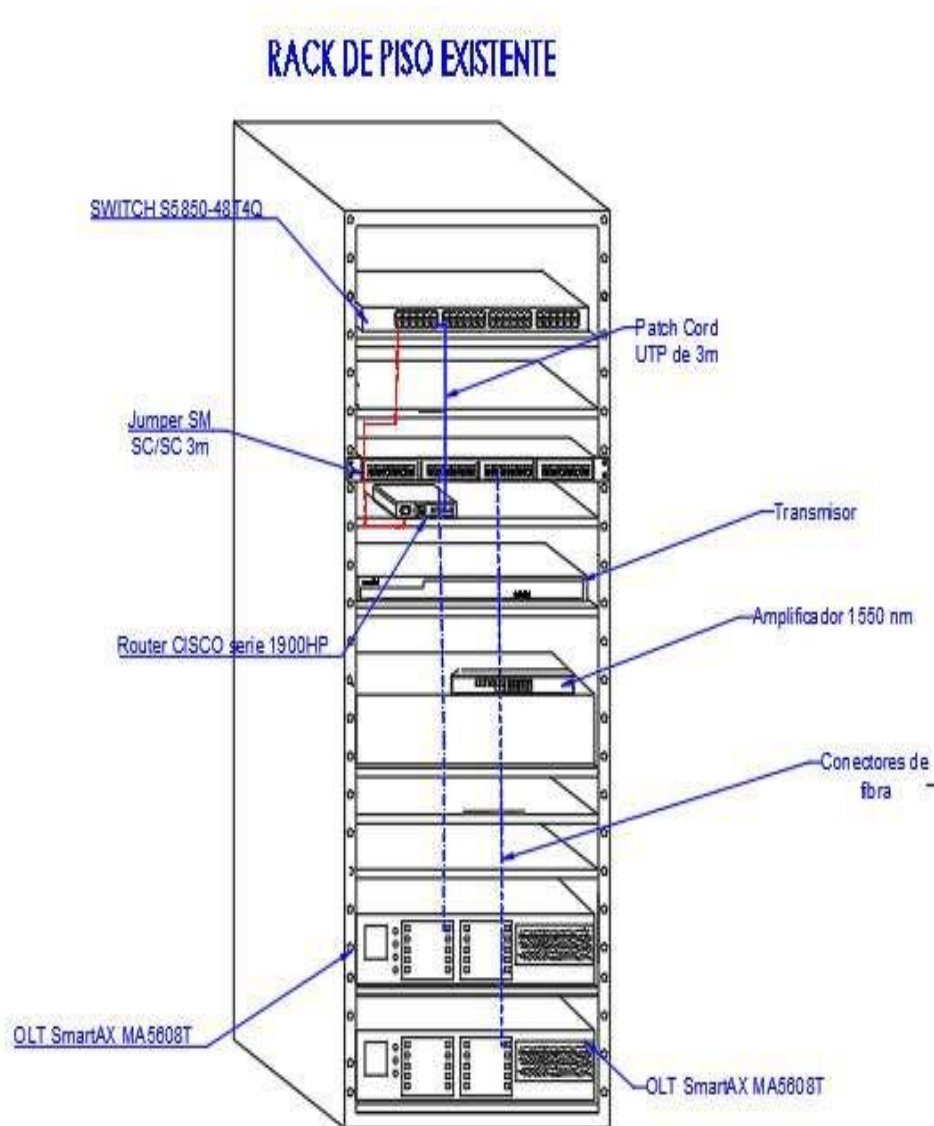


Figura - Gabinete con equipos para planta interna o cabecera