



UNCP

Universidad Nacional del Centro del Perú

Facultad de Ingeniería de Sistemas

La tecnología FTTH como medio de acceso al servicio de internet ofrecido por la Empresa Red Intercable Peru SAC en la ciudad de Huancayo

Carbajal Carbajal, Ismael

Huancayo
2018



La tecnología FTTH como medio de acceso al servicio de internet ofrecido por la Empresa Red Intercable Peru SAC en la ciudad de Huancayo

UNCP

Universidad Nacional del
Centro del Perú



Esta obra está bajo una licencia
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
[Repositorio Institucional - UNCP](#)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ



FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TESIS

**LA TECNOLOGÍA FTTH COMO MEDIO DE ACCESO AL
SERVICIO DE INTERNET OFRECIDO POR LA EMPRESA
RED INTERCABLE PERU SAC EN LA CIUDAD DE
HUANCAYO.**

PRESENTADO POR:

CARBAJAL CARBAJAL, ISMAEL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE SISTEMAS

**HUANCAYO – PERÚ
2018**

ASESOR:

Mg. Taípe Castro Robensoy Marco

AGRADECIMIENTOS:

A MIS PADRES

Por su ejemplo y apoyo constante para ser mejor cada día.

A MI ALMA MATER

Por guiar y fortalecer mi formación profesional.

A MI ASESOR

Por su gran apoyo mediante su experiencia y conocimiento para la elaboración de la tesis.

A LA EMPRESA RED INTERCABLE PERU SAC

Por brindarme la oportunidad de desarrollar esta tesis y apoyarme con la información necesaria para la elaboración de la presente tesis.

DEDICATORIA:

Esta tesis es dedica a mi madre Victoria, mi padre Edilberto y todos mis hermanos; quienes me apoyaron en todo momento brindándome la confianza necesaria para cumplir mis objetivos, Son ellos mi motivación y fortaleza para salir adelante cada día.

RESUMEN

La presente tesis titulada “LA TECNOLOGÍA FTTH COMO MEDIO DE ACCESO AL SERVICIO DE INTERNET OFRECIDO POR LA EMPRESA RED INTERCABLE PERU SAC EN LA CIUDAD DE HUANCAYO” realiza un análisis de los efectos que provoca la implementación de una red de acceso a internet basado en la tecnología FTTH sobre el servicio que dicha empresa brinda a la población huancaína. Debido a que se tenían problemas con la calidad del servicio de internet ofrecido denotado con el aumento de reclamos, número de bajas, el lento crecimiento de usuarios y el rendimiento de la red.

El realizar un diseño e implementación de una red de acceso basado en redes pasivas, implicó tener conocimiento de los estándares, normas, parámetros y funcionamiento de los equipos necesarios, es por ello que para el diseño e implementación de la red se hace uso de la metodología Top Down, que consta en el desarrollo de cuatro fases 1. Análisis de requerimientos, esta fase permitió consolidar los objetivos que se deseaban alcanzar con la implementación de la nueva red; 2. Diseño lógico en esta fase se describe la topología que la red tendrá, se caracteriza los parámetros, protocolos y cómo será el despliegue de red; 3. Diseño Físico, en esta fase se selecciona el equipo necesario para llevar a cabo el diseño considerando las descripciones de la fase dos y los objetivos de la fase uno, por último la fase 4. Pruebas y optimización de la red diseñada, que es la fase donde se pone a prueba el funcionamiento de la red planteada a fin de encontrar falencias y puntos a mejorar.

La aplicación adecuada de cada fase de la metodología no solo ayudó en el diseño, construcción y mejora de la red FTTH para la empresa RED INTERCABLE PERU SAC, sino que logró cumplir los objetivos propuestos por la empresa en mejorar su capacidad, rendimiento y disminuir los reclamos respecto a la calidad en el servicio. Además permitió conocer y entender cada elemento que se involucra en el funcionamiento de la red desde equipos hasta los gestores y propietarios.

ABSTRACT

This thesis entitled "FTTH TECHNOLOGY AS A MEANS OF ACCESSING THE INTERNET SERVICE OFFERED BY THE RED INTERCABLE PERU SAC COMPANY IN THE CITY OF HUANCAYO" analyzes the effects caused by the implementation of an internet access network based on the FTTH technology on the service that this company provides to the Huancaína population. Because there were problems with the quality of the offered internet service denoted with the increase of users, number of casualties, the slow growth of users and the performance of the network.

The design and implementation of an access network based on passive networks implied having knowledge of the standards, parameters and the equipment operation, that is why the design and implementation of the network makes use of the Top Down methodology, which consists of the development of four phases 1. Requirements analysis, this phase allowed to consolidate the objectives that were to be achieved with the implementation of the new network; 2. Logical design in this phase describes the topology that the network will have, characterizes the protocols parameters and how the network deployment will be; 3. Physical Design, in this phase the necessary equipment is selected to carry out the design considering the descriptions of phase two and the objectives of phase one, finally phase 4. Testing and optimization of the designed network, which is the phase where the operation of the proposed network is tested in order to find flaws and points to improve.

The adequate application of each phase of the methodology not only helped in the design, construction and improvement of the FTTH network for the company RED INTERCABLE PERU SAC, but also achieved the objectives proposed by the company in improving its capacity, performance and reducing claims regarding quality in the service. It also allowed to know and understand each element that is involved in the operation of the network from teams to managers and owners.

ÍNDICE

ASESOR:	ii
AGRADECIMIENTOS:	iii
DEDICATORIA:.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
GENERALIDADES.....	2
1.1.Planteamiento del Problema.	2
1.1.1. El servicio de internet fijo en el Perú.	2
1.1.1.1 Crecimiento de usuario de internet fijo en el Perú.....	3
1.1.1.2. Tecnologías usadas para el acceso a internet fijo.....	4
1.1.1.3. Demanda del ancho de banda en el Perú	5
1.1.2. El servicio de internet fijo en la región Junín	6
1.1.2.1. Estructura del mercado de la región Junín	8
1.1.3. El servicio de internet fijo ofrecido por la empresa Red Intercable Perú SAC..	9
1.1.3.1. Problemas en el servicio de internet	10
1.1.3.2. Presencia en el mercado Regional.....	12
1.2. Formulación del problema.	12
1.2.1. Problema general.	12
1.3. Objetivo	12
1.3.1. Objetivo general	12
1.4. Justificación del Proyecto.....	12
1.4.1. Justificación Teórica.....	12
1.4.2. Justificación Metodológica.....	13
1.4.3. Justificación Práctica.....	13
1.4.4. Justificación Social	13
1.5. Hipótesis.....	13
1.5.1 Hipótesis general	13
1.6. Diseño Metodológico.....	14
1.6.1. Tipo de Investigación.....	14
1.6.2. Nivel de Investigación.....	14
1.6.3. Diseño de Investigación.....	14
1.6.4. Operacionalización de Variables.....	14
1.6.5. Sistema de Referencia	15
CAPÍTULO II	16

MARCO DE REFERENCIA	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Marco Teórico	20
2.2.1. Telecomunicaciones	20
2.2.2. El servicio de Internet	21
2.2.3. La Fibra Óptica	22
2.2.4. Redes Pasivas Ópticas (Redes PON).....	24
2.2.5. Funcionamiento de una red PON	26
2.2.6. Estándares de una red PON	27
2.2.7. Redes de Acceso FTTx	29
2.2.8. Metodología Top Down para diseño de redes	30
2.3. Modelo Aplicativo	36
2.4. Marco Conceptual.....	37
CAPÍTULO III	40
INTERVENCION METODOLÓGICA	40
3.1. Análisis de Requerimientos	40
3.1.1. Análisis de objetivos empresariales y limitaciones.....	40
3.1.2. Análisis de Objetivos Técnicos	41
3.1.3. Caracterización de la red EoC	42
3.1.4. Alcance y características del tráfico de red	45
3.2. Diseño Lógico	45
3.2.1. Diseño de la topología	46
3.2.2. Parámetros para el diseño de la red FTTH	46
3.2.3. Diseño de la red FTTH.....	48
3.2.3. Selección de protocolos de enrutamiento.....	57
3.2.4. Estrategias de seguridad y gestión de la red	58
3.3. Diseño Físico	59
3.3.1. Selección de tecnología y dispositivos de empresa.....	59
3.3.2. Selección de tecnología y dispositivos de campus.....	60
3.4. Pruebas y optimización	62
3.5. Implementación de red	68
CAPÍTULO IV.....	70
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	70
5.1. Evaluación de resultados.....	70
5.2. Prueba de hipótesis.....	74
5.3. Discusión de resultados.....	77
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS	80
APÉNDICES.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Usuarios por tecnología de acceso desde 2012 - 2017	4
Tabla 2. Usuarios de internet fijo desde 2014 - Región Junín.....	7
Tabla 3. Distribución del mercado de internet 2014-2016.....	8
Tabla 4. Usuarios de internet Red Intercable Perú SAC 2015-2017	10
Tabla 5. Número de bajas 2015-2017	11
Tabla 6. Operacionalización de variables	14
Tabla 7. Parámetros de alcance de red.....	46
Tabla 8. Parámetros de atenuación por fibra óptica	47
Tabla 9. Atenuación por nivel de división.....	47
Tabla 10. Parámetros de OLT	48
Tabla 11. Parámetros de la ONU.....	48
Tabla 12. Características del cable de F.O. ADSS	61
Tabla 13. Cálculo de presupuesto óptico de cajas NAP sector 1	65
Tabla 14. Cálculo de presupuesto óptico de cajas NAP sector 2.....	68
Tabla 15. Crecimiento de usuarios de EoC y FTTH.....	71
Tabla 16. Reclamos de usuarios EoC y FTTH.....	72
Tabla 17. Alcance de la red EoC	73
Tabla 18. Alcance de la red FTTH.....	73
Tabla 19. Velocidades EoC - FTTH.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crecimiento de usuarios de internet fijo 2012-2017.....	3
Figura 2. Usuarios de internet por tipo de tecnología 2012-2017	5
Figura 3. Pronóstico de consumo por usuario	6
Figura 4. Composición del mercado de la región Junín 2017	9
Figura 5. Reclamos registrados en el año 2017	11
Figura 6. Sistema de referencia - Red Intercable Perú SAC.....	15
Figura 7. Estructura de una red de telecomunicaciones.....	20
Figura 8. Fibra óptica Monomodo.....	23
Figura 9. Fibra óptica Multimodo	24
Figura 10. Funcionamiento de una red PON	27
Figura 11. Tipos de redes FTTx	29
Figura 12. Estructura de una red FTTH.....	30
Figura 13. Modelo Aplicativo	36
Figura 14. Diagrama de conexión cabecera – HUB	49
Figura 15. Ubicación de HUB's y redes principales	50
Figura 16. Diagrama de conexión de HUB- divisor de 1° nivel	51
Figura 17. Red de distribución primaria de Cabecera.....	51
Figura 18. Red de distribución primaria de HUB 1	52
Figura 19. Red de distribución primaria de HUB 2	52
Figura 20. Red de distribución primaria de HUB 3	53
Figura 21. Red de distribución secundaria de Cabecera.....	53
Figura 22. Red de distribución secundaria de HUB 1	54
Figura 23. Red de distribución secundaria de HUB 2.....	54
Figura 24. Red de distribución secundaria de HUB 3.....	55
Figura 25. Redes desplegadas por Red Intercable Perú SAC.....	56
Figura 26. Diagrama de la red de conexión.....	57
Figura 27. Ubicación del sector de prueba 1	62
Figura 28. Despliegue de la red de distribución para el sector 1	63
Figura 29. Despliegue de la red de conexión y cajas NAP del sector 1	64
Figura 30. Ubicación del sector de prueba 2	65
Figura 31. Despliegue de la red de distribución para el sector 2	66
Figura 32. Despliegue de la red de conexión y cajas NAP del sector 2.....	67
Figura 33. Cobertura FTTH - Red Intercable Peru SAC	69
Figura 34. Prueba de normalidad- Crecimiento de usuarios.....	74
Figura 35. Prueba T - Student - Crecimiento de usuarios.....	75
Figura 36. Prueba de normalidad - Reclamo de usuarios.....	75
Figura 37. Prueba T - Student – Reclamo de usuarios.....	76

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la demanda por servicios de alta velocidad y de calidad, obliga a las empresas ISP mejorar las tecnologías de acceso al servicio de internet. Ante esta situación se han desarrollado estándares y nuevas tecnologías que permiten satisfacer los requerimientos actuales de los usuarios. La tecnología GPON es un estándar moderno y recomendado para la implementación de redes pasivas que satisfacen los requerimientos de usuarios; además de tener ventajas en facilidad de implementación y costos bajos para las ISP. Por su parte la empresa Red Intercable Perú SAC en pos de mejorar el servicio de internet plantea implementar una nueva tecnología de acceso que le permita cumplir dicho objetivo. Es así que el presente trabajo “La tecnología FTTH como medio de acceso al servicio de internet ofrecido por la empresa Red Intercable Peru SAC en la ciudad de Huancayo” tiene la siguiente estructura:

En el primer capítulo se presentan la contextualización desde el macro contexto hacia el micro contexto del problema que se tiene en el servicio de internet. También se definen los principales indicadores afectados de la empresa Red Intercable Perú SAC con el problema del servicio de internet. Además se presenta la formulación de objetivos, hipótesis y el diseño metodológico que guía la investigación.

El segundo capítulo se presenta el marco referencial con los antecedentes correspondientes, el marco conceptual que contiene los términos necesarios y el marco teórico que es el sustento conceptual de la investigación. También se presenta el modelo aplicativo propuesto por la metodología Top Down pasando desde el análisis de requerimientos, diseño lógico, diseño físico, prueba y optimización de red.

En el tercer capítulo se realiza la intervención metodología en base al modelo aplicativo definido el en capítulo dos, aquí se desarrollan cada una de las fases para la construcción de la red propuesta.

En el cuarto capítulo se realiza el análisis e interpretación de los resultados obtenidos luego de la intervención metodología, desarrollándose la comprobación de los indicadores y la validación de la hipótesis.

Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones que resumen de manera general todo lo descrito en la investigación y permiten una apreciación del trabajo realizado.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

Este capítulo describe los temas y aspectos más resaltantes que evidencian con información real y estadística el problema en la calidad del servicio de internet que los usuarios de la empresa Red Intercable Perú SAC tienen en su servicio, el problema se plantea desde el punto de vista del macro contexto hacia el meso contexto y por último en el micro contexto. Además de ello se presenta información sobre las actuales tendencias tecnologías para el acceso a internet y las barreras que existen en el mercado actual. También se plantean los objetivos que se desean alcanzar luego de la aplicación de esta investigación así como su correspondiente hipótesis.

1.1. Planteamiento del Problema.

En la actualidad la demanda por servicios de alta velocidad es más frecuente en los usuarios de internet, es por ello que la necesidad de la innovación tecnología en los medios de acceso es fundamental para las empresas ISP. Para la definición del problema se parte desde al macro contexto hacia el micro contexto, para determinar con más detalles las falencias que existen hoy en día en el servicio de internet.

1.1.1. El servicio de internet fijo en el Perú.

El servicio de internet inicio su distribución en Febrero de 1991, la primera empresa en brindar el servicio de internet fue la Asociación Red Científica Peruana (RCP), desde entonces el número de empresas ISP se incrementó. A partir del año 1998 con el ingreso de empresas portadoras de larga distancia y la aparición y desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas sobre otros medios de acceso (red de telefonía móvil y red de televisión por cable) y la implementación de las tecnologías xDSL sobre el par de cobre, incrementó las opciones de conexión a internet para los usuarios y empresas operadoras. En 1999 existían alrededor de 300 empresas que ofrecían internet en todo el Perú (OSIPTEL, S.F.).

Con la aparición de nuevas tecnologías se tuvo más dinamismo en el mercado, es así que en el 2003 ya se tenía 90,635 suscriptores con este servicio por medio de las nuevas tecnologías (cable módem o ADSL). En el 2004 se registró a 208,650, usuarios, es decir la demanda se incrementó 130% en solo un año. Este crecimiento exponencial fue por que las tecnologías usadas eran más económicas y permitían llevar el servicio de internet a los hogares o pequeños negocios de los usuarios de manera más rápida y sin mayor esfuerzo. Sin embargo, ya que las redes empleadas para la transmisión de este servicio no fueron originalmente diseñados para ello; el rendimiento no era óptimo como las líneas dedicadas convencionales (OSIPTEL, S.F.).

Actualmente el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas y la implementación de la fibra óptica otorgan a los usuarios accesos a servicios múltiples; no solo a internet dedicado, con alta velocidad y mejor calidad. Esta necesidad del usuario de contar con mejores servicios provoca que las empresas ISP mejoren su servicio a fin de satisfacer este nuevo ancho de banda requerido.

1.1.1.1 Crecimiento de usuario de internet fijo en el Perú

La demanda del servicio de internet mantiene un crecimiento constante a nivel nacional, sin embargo desde fines del año 2015 al año 2017 se presenta un decrecimiento en la demanda de este servicio a través de la línea fija. De acuerdo a OSIPTEL durante el año 2015 se registró a 1.9 millones de suscriptores y en el 2016 se alcanzó 2.1 millones de suscriptores, teniendo solo 120 mil nuevos clientes (OSIPTEL, 2018). En comparación de la línea móvil que en ese mismo periodo registro un crecimiento de más de 500 mil suscriptores pasando de 17,4 a 17,9 millones de suscriptores.

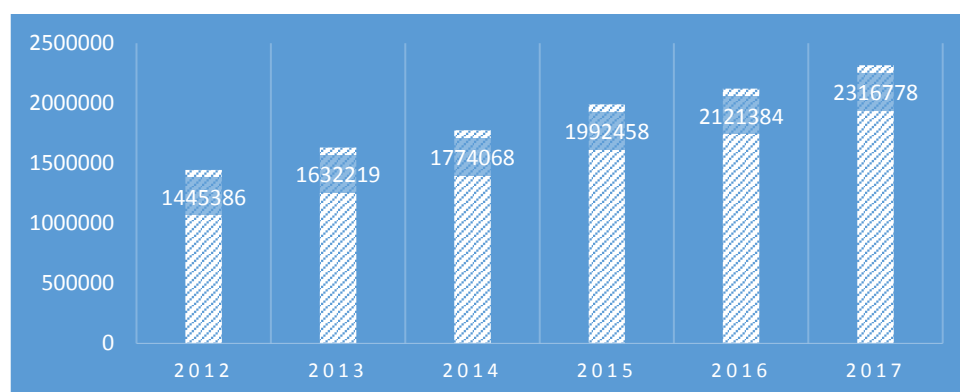


Figura 1. Crecimiento de usuarios de internet fijo 2012-2017

Fuente: Conexiones de acceso a internet fijo, desagregadas por tecnología de acceso y empresa operadora, (OSIPTEL, 2018)

Elaboración: Propia

La figura N°1 muestra el crecimiento del servicio de internet fijo desde el 2012 al año 2017, en total se registró más de 800 mil nuevos usuarios. Durante los años 2013 y 2015 se registró un crecimiento del 12.9% y 12.3% respectivamente en promedio respecto al año anterior; y durante el año 2016 solo se registró un crecimiento de 6.4 % siendo el más bajo registrado desde el año 2012. El panorama no cambio en el año 2017 registrando solo un 9% de crecimiento.

1.1.1.2. Tecnologías usadas para el acceso a internet fijo.

Existen varias tecnologías que permiten el acceso a internet a los usuarios, estas varían en costo e infraestructura. El acceso por la tecnología xDSL o par de cobre es el más usado a nivel nacional, esto por su bajo costo, facilidad de instalación y su cobertura a nivel nacional (ya que usan las líneas telefónicas para su distribución). Seguidos de tecnologías como el cable modem y wimax (servicio de internet inalámbrico).

La tabla N°1 resume el crecimiento de las tecnologías xDSL, cable modem y wimax que son las más usadas para el acceso a internet doméstico desde el año 2012 a nivel nacional, según OSIPTEL.

Tabla 1

Usuarios por tecnología de acceso desde 2012 - 2017

AÑO	TOTAL	XDSL	C.MODEM	WIMAX	OTROS
2012	1445386	1265181	150401	17028	12776
2013	1632219	1371760	235091	18299	7069
2014	1774068	1411024	342621	15052	5371
2015	1992458	1394552	546194	42732	8980
2016	2121384	1260794	801230	31682	27678
2017	2316778	1041400	1121269	18646	135463

Fuente: Conexiones de acceso a internet fijo, desagregadas por tecnología de acceso y empresa operadora. (OSIPTEL, 2018)

Elaboración: Propia

La tabla N°1 resume el número de usuarios por tecnología desde al año 2012, como se observa es la tecnología XDSL la que domina el mercado nacional. Para tener mejor apreciación de su evolución en los últimos 6 años véase la figura N°2.

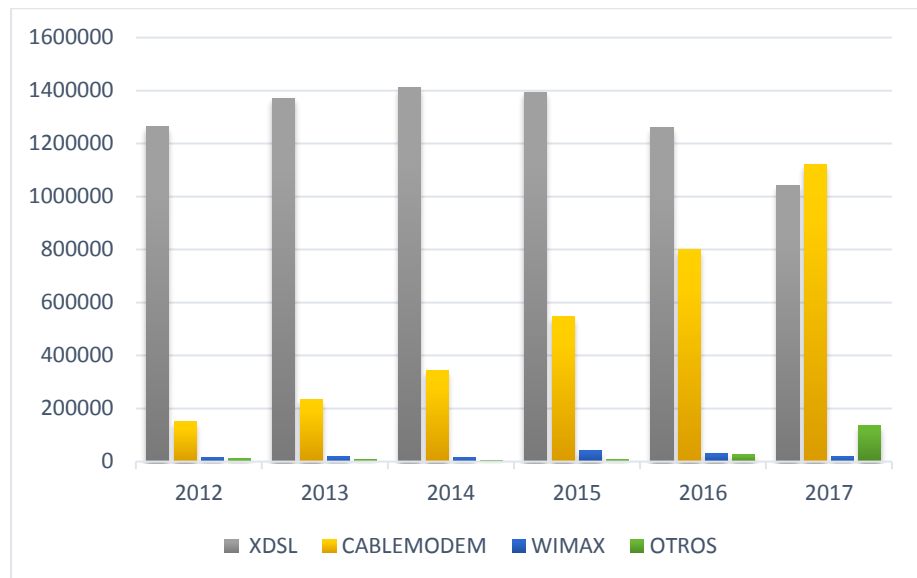


Figura 2. Usuarios de internet por tipo de tecnología 2012-2017

Fuente: Conexiones de acceso a internet fijo, desagregadas por tecnología de acceso y empresa operadora. (OSIPTTEL, 2018)

Elaboración: Propia

La figura N° 2 muestra que desde el año 2014 la demanda por la tecnología xDSL disminuyó en más de 400 mil usuarios, si bien es la que domina el mercado nacional también es la que mayor índice de decrecimiento tiene. Por otro lado la tecnología de cable modem registra mayor crecimiento en el mercado nacional, en solo 3 años desde el 2014 registro más de 600 mil nuevos usuarios. También se registra que desde el año 2016 el uso de nuevas tecnologías de acceso a internet se incrementó, el último reporte de Marzo del 2018 indica que se tienen 159 689 usuarios que acceden al servicio de internet por otras tecnologías (OSIPTTEL, 2018).

Las ISP que tienen la mayor participación a nivel nacional son Telefónica del Perú S.A.A. y América Móvil Perú S.A.C seguidos de otras. En el año 2017 se registró a Telefónica del Perú S.A.A. con 1 721 807 usuarios, América Móvil Perú S.A.C. con 434 560 usuarios, Entel Perú SA con 84 078 usuarios y Olo del Perú SAC con 26 057 usuarios (OSIPTTEL, 2018).

1.1.1.3. Demanda del ancho de banda en el Perú

Actualmente y por reglamento de OSIPTTEL las operadoras que brindan el servicio de internet garantizan el 40% de la velocidad contratada por el usuario. Esta limitación es porque la infraestructura actual no tiene la capacidad para tener mayor cobertura. De acuerdo a OSIPTTEL en el 2017 el Perú contaba con 18 928 Estaciones Base Celular (EBC) conocidas comúnmente como las torres donde se instalan las antenas de las operadoras. Estas bases tienen antenas de diversas tecnologías como la

2G, 3G y 4G de diversas empresas. Dicho número de antenas no son suficientes para satisfacer la demanda de todos los usuarios de internet, sin mencionar que el tráfico de datos por usuario se va incrementado por el uso de redes sociales y otras aplicaciones. Además solo el 2% de estas antenas son de uso compartido, es decir que en una base se encuentran antenas de varias operadoras.

En el 2016 se registró en promedio un consumo de 1.6 GB/ mes por usuario y en el año 2017 dicho promedio se incrementó a 2.1 GB/ mes. (Véase figura N°3). De acuerdo a las proyecciones para el 2021 se requerirían un total de 36 513 estaciones para satisfacer la demanda de datos y uso de celulares que se requerirán en ese año (RPP. Noticias, 2017).

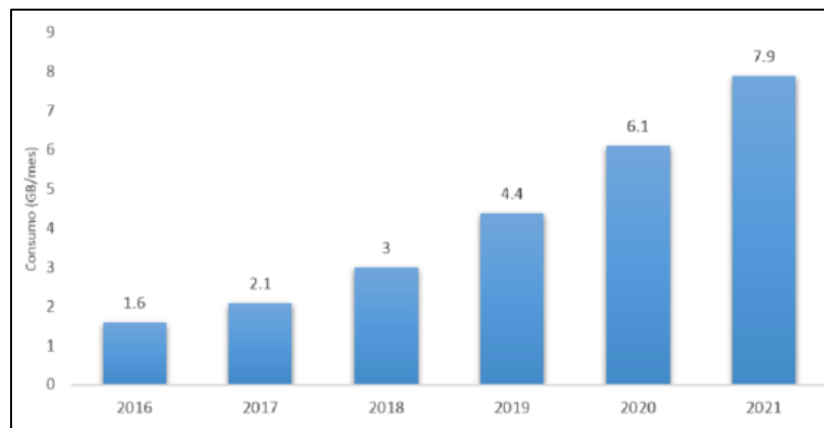


Figura 3. Pronostico de consumo por usuario

Fuente: ¿Por qué las operadoras solo garantizan el 40% de velocidad?, Disponible en: <http://rpp.pe/economia/economia/osiptel-evaluara-si-amplia-garantia-de-velocidad-de-internet-noticia-1058929>

Elaboración: OSIPTEL

En la figura N° 3 se muestra el pronóstico de consumo para el año 2021 será 7.9 GB/ mes, es decir 6 veces más al del año 2016. Es por ello que el uso de nuevas tecnologías y especialmente el uso de la Fibra Óptica se incrementaron. Actualmente a nivel nacional se tiene 61,653 kilómetros de extensión en las 24 regiones del país, a nivel interurbano (entre ciudades) la red ya tiene 36,612 kilómetros y las conexiones intra-urbanas (las que se dan dentro de la ciudad) son 25,041 kilómetros. Sin embargo, este sistema actualmente tiene un uso "mayorista", dado que solo lo usan las operadoras para conectar sus estaciones.

1.1.2. El servicio de internet fijo en la región Junín

La demanda por el servicio de internet en la región Junín no ha sido ajena al crecimiento exponencial nacional registrado desde el año 2000. Según reportes

del INEI en Junio del 2017 solo el 15.4 % de los hogares en la región contaba con este servicio. Pero este crecimiento no es comparable al del internet móvil, que es el de mayor demanda, actualmente por cada 100 habitantes 52.5 de ellos cuentan con este servicio.

De acuerdo a información obtenida de los boletines estadísticos emitidos trimestralmente por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, en Junio del 2014 la región Junín tenía un total de 37 600 suscriptores de internet fijo (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2014). En la reciente información brindada por OSIPTEL en diciembre del 2017 se tenían registrado un total de 56 310 usuarios de internet fijo el cual representa un crecimiento del 33 % respecto al año 2014 (OSIPTEL, 2018). A continuación la Tabla N° 2 resume el crecimiento de usuarios de la región Junín.

Tabla 2.

Usuarios de internet fijo desde 2014 - Región Junín

PERIODO	TOTAL
JUN – 2014	37600
DIC - 2015	45455
DIC - 2016	51227
DIC - 2017	56310

Fuente: Conexiones de acceso a internet fijo, desagregadas por departamento. (OSIPTEL, 2018)

Elaboración: Propia

Como muestra la tabla N°2, en dos años se registró a más de 10 mil nuevos usuarios, marcando una tendencia favorable de crecimiento. En el segundo boletín estadístico emitido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del 2017 también se indica que la región Junín se posiciono dentro de las 10 primeras regiones que cuentan con la mayor cantidad de usuarios de internet fijo, siendo superado solo por las de Lima, La libertad, Lambayeque, Arequipa, Piura y Ancash. Además de ello se precisa que a nivel nacional la densidad se incrementó a 6.9 suscriptores por cada 100 habitantes, y a nivel regional la densidad del se incrementó a 4 por cada 100 habitantes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017). A comparación del año 2016 que solo registro 3.7 en densidad.

1.1.2.1. Estructura del mercado de la región Junín

En la región Junín la presencia de empresas ISP que ofrecen el servicio de internet fijo es reducida siendo las más destacadas Telefónica del Perú SAA y América Móvil Perú. De acuerdo a los boletines estadísticos emitidos por el MTC en Junio del 2014 el mercado en la región Junín era ocupado en un 97% por Telefónica del Perú SAA y el 3% por América Móvil Perú SAC (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2014), mientras que en diciembre del año 2016 el 82% de usuarios son suscriptores Telefónica del Perú SAA, el 15% de América Móvil Perú SAC y solo el 3% son usuarios de otras empresas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017), siendo la tecnología XDSL el medio por el cual la mayor parte de usuarios acceden a internet.

A continuación la tabla N° 3 resume la distribución del mercado de la región Junín en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente.

Tabla 3.

Distribución del mercado de internet 2014-2016

PERIODO	TELEFONICA DEL PERU SAA	AMERICA MOVIL PERU SAC	OTROS
JUN 2014	97%	3%	0%
JUN 2015	95%	5%	0%
DIC 2016	82%	15%	3%

Fuente: Boletín estadístico II-T 2014, Boletín estadístico II-T 2015, Boletín estadístico IV-T 2016. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014, 2015, 2016)

Elaboración: Propia

Como se observa en la tabla 3, el mercado de la región Junín básicamente lo componen las empresas Telefónica del Perú SAA y América Móvil Perú SAC; y más 80% de usuarios acceden a internet por medio de la tecnología xDSL que es la tecnología por la cual brinda internet la empresa Telefónica del Perú SAA.

Es a partir del año 2016 que se aprecia una ligera variación en la estructura del mercado regional. La figura 4 muestra la composición del mercado en el 2017.

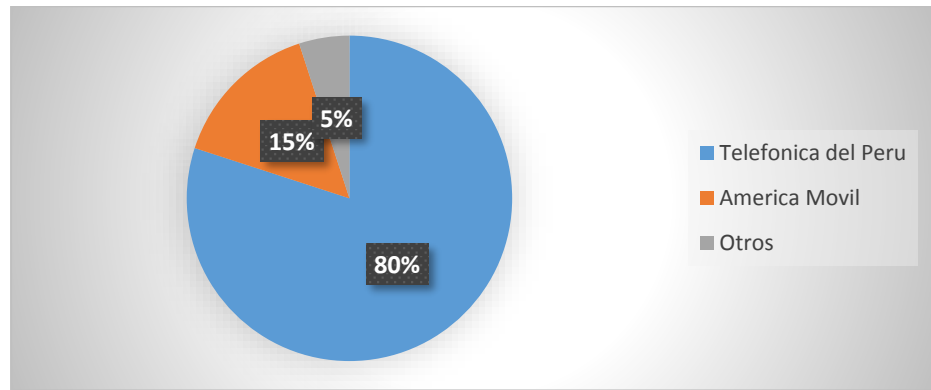


Figura 4. Composición del mercado de la región Junín 2017

Fuente: Boletín estadístico II-T 2017. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017)

Elaboración: Propia

En la figura N°4 se ve como la preferencia hacia otras empresas operadoras se incrementó. Esta variación es básicamente por la inserción de tecnologías modernas para el acceso al internet como el caso del cable modem, HFC, Wimax, entre otros. La empresa América Móvil desde el 2014 viene implementando la red HFC lo cual ha tenido aceptación significativa en las principales ciudades de la región (Huancayo), pero debido a su cobertura limitada de la red el uso de esta tecnología se restringe.

Por otro lado el acceso a internet por Wimax (internet inalámbrico) se da básicamente por terceros, es decir personas que contratan servicios o paquetes de internet de operadoras, y estos implementan la red inalámbrica para poder distribuir el servicio. Por lo general el equipamiento de estas micro ISP son de cobertura limitada y dependen mucho de la zona donde se implementa la red inalámbrica.

1.1.3. El servicio de internet fijo ofrecido por la empresa Red Intercable Perú SAC.

La empresa Red Intercable Perú SAC, inicio sus operaciones en el año 2009, bajo el nombre comercial de Cablered; inicio sus operaciones con la distribución del servicio público de radiodifusión de televisión por cable (CATV) en la ciudad de Huancayo. La implementación del servicio de CATV se inició básicamente en la ciudad de Huancayo, para luego ampliar la red hasta el distrito de El Tambo y finalmente al distrito de Chilca. Llegando a cubrir casi el 60% de los mencionados distritos. El servicio de CATV es uno de los más solicitados por los usuarios. Actualmente se ofrecen canales en señal analógica y digital.

Es a partir del año 2015 que aprovechando la cobertura de la redes de CATV, se inicia la implementación del servicio de internet a través de la tecnología EoC (internet sobre coaxial), el proceso de implementación se inicia en sectores cercanos a la cabecera que se ubica en el sector de Torre Torre aproximadamente

a 20 minutos del centro de la ciudad de Huancayo. El servicio inició ofreciendo anchos de banda de 1 y 2 Mb, se inició con la instalación de unos nodos ópticos donde llegaban los servicios de internet y CATV por medio de fibra óptica y este realizaba la transmisión por medio del cable coaxial hasta los modem instalados en los domicilios de los abonados.

A continuación la tabla N°4 muestra el crecimiento obtenido desde la implementación del servicio de internet hasta el año 2017.

Tabla 4.

Usuarios de internet Red Intercable Perú SAC 2015-2017

PERIODO	N° USUARIOS
1 SEM 2015	206
2 SEM 2015	425
1 SEM 2016	563
2 SEM 2016	732
1 SEM 2017	811
2 SEM 2017	1014

Fuente: Red Intercable Perú SAC (2017)

Elaboración: Propia

Como lo muestra la tabla 4 al cierre del año 2017 se registró 1014 usuarios. El 2016 se registró un crecimiento del 72.4% respecto al año 2015, mientras que en el año 2017 solo se registró un crecimiento del 38.5 % que es mucho menor al anterior, demostrando que existe un decrecimiento en la demanda del servicio que ofrece la empresa, que es inverso a la demanda que presenta la región Junín.

1.1.3.1. Problemas en el servicio de internet

Desde el año 2016 se estandarizaron las velocidades ofrecidas a 2 y 4 MB. Si bien el crecimiento de usuarios mantiene un ritmo constante, el número de quejas y reclamos creció proporcionalmente al número de usuarios. Solo en el año 2016 se registraron cerca de 1530 reclamos, siendo el 40% referidas a la calidad del internet, el 45% debido a problemas técnicos en los equipos del cliente, y el 15% a otros motivos.

Durante el año 2017 el panorama no cambio, la figura 5 muestra la distribución de reclamos recibidos durante este año.

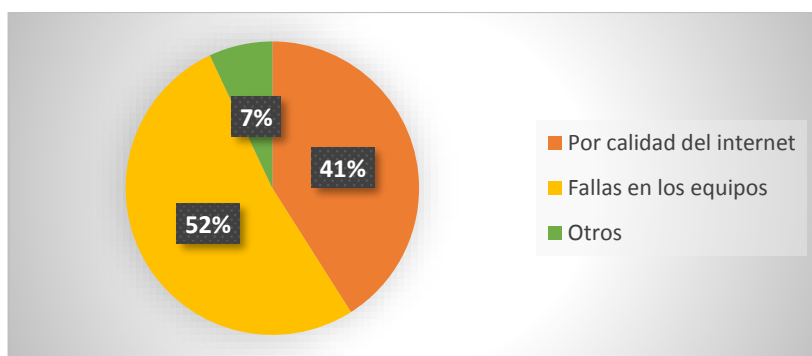


Figura 5. Reclamos registrados en el año 2017

Fuente: Red Intercable Perú SAC

Elaboración: Propia

Los reclamos por calidad de internet eran por la lentitud en el servicio de internet en determinadas horas, la señal intermitente de internet en algunos usuarios y en algunos casos la ausencia del servicio pese a tener conectividad.

Respecto a los reclamos por equipos eran por problemas técnicos en los modem (equipos averiados, equipos que se reiniciaban, roturas en el cable coaxial de conexión, etc).

En cuanto al número de bajas del servicio también se incrementó durante el año 2016 y 2017 la tabla 5 muestra el número registrado desde la implementación del servicio por la tecnología EoC.

Tabla 5.

Número de bajas 2015-2017

	2015	2016	2017
N° de bajas	96	124	185

Fuente: Red Intercable Perú SAC

Elaboración: Propia

La tabla 5 muestra que el número de bajas se incrementaron en un 49% en el año 2017. Entre las razones que los usuario más registraron al momento de dar de baja al servicio adujeron que era por la mala calidad del servicio.

1.1.3.2. Presencia en el mercado Regional.

Según datos recopilados del último boletín estadístico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y revisando el apartado 3.2 (El servicio de internet en la región Junín), el número de usuarios en 2016 fue de 51 227 y en 2017 se incrementó a 56 310 usuarios. Es importante mencionar que los sectores donde la empresa Red Intercable Perú SAC cuenta con mayor cantidad de clientes son los distritos de El Tambo y Huancayo dentro de la provincia de Huancayo. Considerando que en el año 2016 se tenía 732 clientes; solo represento el 1.4 % del mercado regional. Y en el 2017 con 1014 clientes solo representa el 1.8% del mercado regional. Si bien se tiene un crecimiento de 0.4 % en un año, los datos afirman que la empresa no tiene presencia significativa en la región como ISP.

Todo lo indicado anteriormente resumen el problema que se tiene actualmente con el servicio de internet respecto a su cobertura, calidad y la urgente necesidad de mejora en las tecnologías usadas en su distribución, todo esto reflejado en la poca satisfacción, quejas con el servicio por parte de los clientes y el de-crecimiento de la demanda de este servicio. Poniendo como alternativa la innovación y mejora en la distribución de dicho servicio por parte de la empresa Red Intercable Perú.

1.2. Formulación del problema.

1.2.1. Problema general.

¿Cómo influirá la implementación de la tecnología FTTH en el servicio de internet fijo ofrecido por la empresa Red Intercable Perú SAC?

1.3. Objetivo

1.3.1. Objetivo general

Determinar cómo influye la tecnología FTTH en el servicio de internet fijo ofrecido por la empresa Red Intercable Perú SAC.

1.4. Justificación del Proyecto

1.4.1. Justificación Teórica

En la actualidad y debido al desarrollo de nuevas aplicaciones y plataformas los usuarios requieren tener una tecnología de acceso al internet más eficiente y seguro. La implementación de las redes FTTH como medio de acceso a los

servicios, proporciona las características demandas por los usuarios: velocidad de acceso y gran capacidad para la transmisión de datos. Es por ello que la intención de esta investigación es reafirmar los beneficios y el valor que tiene el diseño adecuado e implementación de esta tecnología en las ISP.

1.4.2. Justificación Metodológica

El diseño, rediseño e implementación redes por medio de la metodología Top Down ha demostrado ser muy útil para alcanzar los objetivos y requerimientos del cliente, además que la implementación de las redes FTTH ha demostrado en muchas empresas ISP ser el medio adecuado de acceso a internet y otros servicios. Es por ello que se realiza un modelo de diseño, implementación y control de este tipo de red para la empresa Red Intercable Perú SAC, el cual también servirá como modelo para futuras aplicaciones en otras ISP.

1.4.3. Justificación Práctica

La presente investigación mostrara el impacto que tiene la implementación de una red FTTH en pos de la mejora del servicio de internet hacia los usuarios, dicha implementación también ayudara a identificar nuevas falencias que pueden existir dentro del servicio de internet y con ello poder conseguir realmente brindar un mejor servicio de calidad que pueda satisfacer todas las demandas de los usuarios y desde luego con ello mejorar la imagen institucional de la empresa.

1.4.4. Justificación Social

La actual demanda de servicios de alta velocidad y de mejor calidad obliga a las empresas ISP a mejorar las tecnologías acceso a dichos servicios. Esta investigación demostrara que las redes FTTH son ideales para satisfacer las demandas actuales de los usuarios de internet de la provincia de Huancayo. Además de promover a otras empresas ISP en la implementación adecuada de esta tecnología y con ello reducir los problemas actualmente la población huancaína tiene en su servicio de internet y otros.

1.5. Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La implementación de la tecnología FTTH como medio de acceso al internet, tiene efectos favorables para servicio de internet que ofrece la empresa Red Intercable Perú SAC.

1.6. Diseño Metodológico

1.6.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es aplicada ya que se hacen uso de los conocimientos adquiridos previamente para resolver el problema planteado.

1.6.2. Nivel de Investigación

El alcance que tendrá la presente investigación es explicativa, ya que no solo se describirán las variables y su correlación, además de eso se establecerá las relaciones de causa-efecto entre las variables.

1.6.3. Diseño de Investigación

De acuerdo al nivel de la investigación (explicativo), se define el diseño de la investigación, según Hurtado J. (2009) como Documental transeccional contemporáneo univariable. Documental ya que la fuente de la información se recopila de documentos estadísticos de la empresa. Transeccional contemporáneo ya que se realiza un diagnóstico puntual de la situación y univariable ya que se evalúa cada evento específico por separado.

1.6.4. Operacionalización de Variables

Tabla 6

Operacionalización de variables

	VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADOR	UN. MEDIDA	INSTRUMENTO
Dependiente	Servicio de internet	Actividades o procesos que permiten la conexión de usuarios a internet	Crecimiento de usuarios.	Porcentaje de crecimiento.	Reportes de crecimiento mensual y anual.
			Cantidad de reclamos por calidad de servicio.	Porcentaje de reclamos por calidad del servicio.	Reportes de reclamos anual.
			Capacidad de la red para la distribución.	Cantidad de usuarios que puede albergar	Documentos del diseño de la red.
Independiente	Tecnología FTTH	Medio basado en fibra óptica para acceder a internet.	Niveles de transmisión para servicios.	Velocidades para la transmisión de datos.	Información técnica de la tecnología.

Fuente: Red Intercable Perú SAC

Elaboración: Propia

1.6.5. Sistema de Referencia

El sistema de referencia es definido por la empresa Red Intercable Perú SAC; ya que se evaluará los efectos que provoca la implementación de la tecnología FTTH en dicha empresa.

La empresa Red Intercable Perú SAC se define como una ISP proveedora del servicio de internet a la población Huancaína en general.

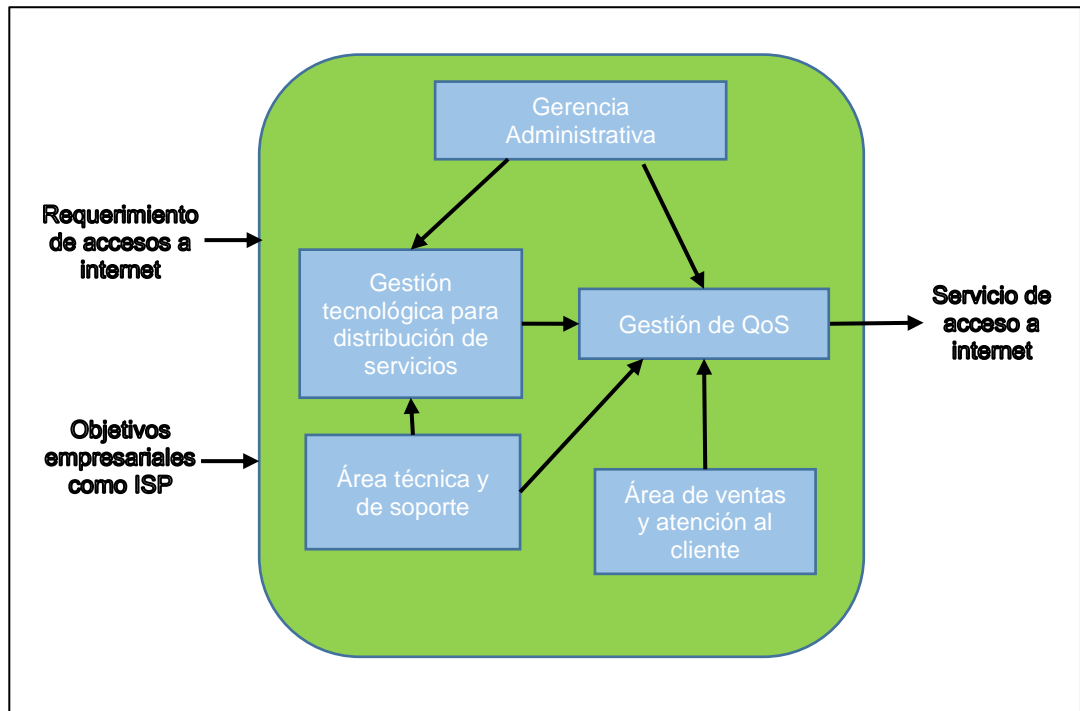


Figura 6. Sistema de referencia - Red Intercable Perú SAC

Fuente: Red Intercable Perú SAC

Elaboración: Propia

En la primera parte del capítulo se presentó la contextualización del problema del internet fijo presentando información estadística nacional, luego información regional y por último datos de la empresa Red Intercable Perú SAC, datos que evidencian que el servicio ofrecido no es el óptimo. La segunda parte presentó el problema general, objetivo general, la correspondiente hipótesis, y la justificación de la investigación. Por último se menciona el diseño metodológico que detalla cómo se realizará la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO DE REFERENCIA

Este capítulo describe el enfoque referencial mediante investigaciones realizadas previamente a la investigación que se presenta, esto con la finalidad de analizarlas y evaluarlas; y lograr una mejor comprensión de las variables involucradas en la presente investigación. Además de ello se presentan los fundamentos y conceptos teóricos necesarios que sustentan el estudio. Se presenta también el modelo aplicativo que es la guía para el desarrollo de toda la investigación; y por último se incluye el marco conceptual que incluye la definición de los términos usados para su mejor entendimiento.

2.1. Antecedentes

A1. Portocarrero Elías, Meylin Laiphen (2017). Diseño de una Red de Transporte de Fibra Óptica y de Acceso Inalámbrico para mejorar el acceso a los servicios de Telecomunicaciones y Lograr la conectividad Integral de la Provincia de Bagua. Tesis. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú.

Esta investigación plantea un diseño de red óptico, con una red de acceso inalámbrico para mejorar el acceso a los servicios de telecomunicación (Internet), y lograr comunicar a los distritos de la provincia de Bagua. Para lograr dicha interconexión se desarrolló un estudio demográfico y análisis económico de las poblaciones que fueron beneficiadas con el proyecto lo que permitió determinar la demanda total. Todo ello sumado a la información de ubicaciones de los nodos de la RDNFO (Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica) se realiza el diseño de la red de transporte óptico y la selección de equipos que garanticen satisfacer la demanda identificada. Del mismo modo se procedió con el diseño de la red de acceso inalámbrico, resultando en 16 enlaces LOS, que también permite la selección de equipos de transmisión en función de la demanda. Por último se procede al diseño de la red de transporte por fibra óptica y la red de acceso inalámbrica, logrando el objetivo de intercomunicar a todas localidades beneficiadas. La red diseñada también

garantiza el ancho de banda de acuerdo a la demanda identificada y proyectada a 10 años, que asegura calidad de transmisión y calidad de servicio (Portocarrero Elías, 2017). *La presente tesis aporta con un diseño de una red de fibra óptica que garantiza y cumple las demandas de los usuarios de todos los distritos de la provincia de Bagua. Mejorando los servicios de comunicaciones, reafirmando de esta manera que las redes basadas en fibra óptica son idóneas para la mejora de servicios (como el internet) e interconectividad entre ciudades debido a la capacidad de transferencia de datos.*

A2. Araujo Araujo, Joel Yovany (2017). Implementación de políticas de servicio para mejorar la gestión de consumo del servicio de internet en la Empresa Consorcio Rio Mantaro mediante la metodología Top Down. Tesis. Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú.

Esta tesis realiza una evaluación al consumo de datos de los usuarios de la empresa Consorcio Mantaro, luego de identificar saturación en el servicio de internet provocando problemas en el uso sistemas de información que los usuarios hacen uso. Para el diseño de la red se emplea la metodología Top Down desarrollando sus cuatro fases (Análisis de requerimientos, Diseño lógico de la red, Diseño físico de la red, Probar y optimizar el diseño de la red) el uso de la metodología permitió identificar y conocer todas las partes de la red permitiendo tener una visión más detallada del problema. En la primera fase de la metodología se identificó los requerimientos, objetivos empresariales y objetivos técnicos como escalabilidad, disponibilidad, seguridad y facilidad, con ello se determinó las características del diseño de red del Consorcio Rio Mantaro. La fase dos de diseño lógico de la red permite determinar el tipo de topología de la red, el direccionamiento de la red, y se definen las desarrollan estrategias para la seguridad de la red y su gestión. La fase tres diseño físico permite conocer las tecnologías y dispositivos que se utilizan en el funcionamiento de la red, también se emplea las herramientas del Mikrotik para establecer los requerimientos de usuario, los permisos, los bloqueos de páginas y el login de administradores. Por último la fase cuatro pruebas o testeos de la red, logrando así establecer las políticas que permiten reducir el consumo del servicio de internet, optimizando así el uso de los sistemas de información que utiliza la empresa (Araujo Araujo, 2017).

La presente tesis describe la aplicación de la metodología Top Down para el rediseño de una red, permitiendo conocer el desarrollo adecuado de cada una de las fases de la metodología, también define la importancia de diseñar una red jerárquica, ya que son escalables, flexibles además que permite tener identificados todos los componentes de la red. Por último y como conclusión refiere que el uso apropiado de la metodología TOP DOWN logra mejorar el rendimiento de la red implementada.

A3. Chayña Burgos, José Pio (2017). Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa Amitel SAC. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano. Perú

Esta investigación presenta el diseño de una red de acceso FTTH para la empresa de Telecomunicaciones AMITEL S.A.C. con la tecnología GPON (Gigabit Pasive Optical Network, Red Óptica pasiva Gigabit), bajo la normativa ITU-T (International Telecommunication Union, Unión Internacional de Telecomunicaciones-Sector de Normalización). La primera parte describe los beneficios de la tecnología FTTH, se identifican y definen todos los componentes de la red, también se determinan las normas y recomendaciones de la ITU-T y la COUNCIL FTTH (organización que agrupa a los fabricantes y empresas que desarrollan la tecnología FTTH) que el diseño deberá cumplir para luego desarrollar el diseño de la red de acceso en el sector definido dentro de la ciudad de Puno. El alcance de la red se define en 1500 casas que se distribuyen en aproximadamente veinte cuadras. El proceso inicia con el diseño de la red principal, red de distribución y red de acceso, luego se determinan los materiales necesarios para la implementación y se escoge el equipo con la tecnología necesaria para la construcción del diseño, por último se realizan las pruebas para la verificación mediante el cálculo del presupuesto óptico; que deberá cumplir el mínimo requerido. El objetivo de la red presentada en esta tesis es el de tener la capacidad para transmitir servicios de telecomunicaciones como internet de alta velocidad, telefonía fija, IpTv, OTT, VOD, entre otros servicios que la empresa AMITEL S.A.C. podrá implementar acorde a la demanda de la población. (Chayña Burgos, 2017)

Esta investigación ayuda en la comprensión de la tecnología GPON como base para el diseño de una red de acceso FTTH, además de presentar las normas y recomendaciones por parte de la ITU - T y otras organizaciones para que el diseño de una red de acceso FTTH cumpla con las características técnicas necesarias. También brinda alcances sobre los parámetros ópticos a cumplir mientras se diseña una red FTTH. Como último aporte indica que una red basada en fibra óptica, otorga la capacidad y beneficios de brindar servicios de alta calidad.

A4. Elkin Fabián Aguas-Martínez, Gustavo Adolfo Puerto-Leguizamón, Carlos Arturo Suárez-Fajardo (2016). Red de acceso WDM-TDM dinámica con convergencia fija-inalámbrica. Artículo. Revista de la facultad de ingeniería Universidad de Antioquia. Colombia.

El incremento de dispositivos que acceden al servicio de internet y la migración de las telecomunicaciones basadas en la tecnología del Protocolo de Internet (IP) han provocado que el ancho de banda requerido por los usuarios sea mayor. Es por ello que el uso de la Fibra Óptica se impuso como la mejor alternativa de solución al problema, ya que permite la transmisión y manejo de grandes volúmenes de datos a gran velocidad.

Ante ello las redes ópticas pasivas se presentan como una alternativa para solucionar el problema, ya que al estar basada su estructura en fibra óptica otorga gran ancho de banda y alta velocidad para transmitir información de alto volumen. Además de tener ventajas sobre otras redes como las de cobre respecto al bajo costo de implementación y mantenimiento ya que solo hace uso de elementos pasivos. Este artículo presenta una propuesta para las redes pasivas basadas en acceso múltiple por división de tiempo y multiplicación de longitud de onda. El objetivo de la propuesta es el de presentar una arquitectura que realice la asignación dinámica de canales para la transmisión de datos evitando así problemas de lentitud en el proceso de transmisión de datos y el transporte convergente de servicios fijos e inalámbricos sobre una arquitectura óptica unificada (Elkin Fabián Aguas-Martínez, 2015).

El artículo aporta brindando información sobre nuevas tendencias que se desarrollaran en base a redes PON, en este caso una tecnología unificada basadas en acceso múltiple por división de tiempo y longitud de onda (TDM - WDM) como alternativa al incremento de la capacidad de red para transportar mayores anchos y la flexibilidad para asignar los canales de longitud de onda según la demanda. Esto ya que la demanda actual de servicios por medio de redes PON crece exponencialmente; y es innegable que el ancho de banda y tráfico será mayor conforme pase los años.

A5. Morat Pérez María (2012). Arquitectura y nuevas funcionalidades para redes OFDM de acceso óptico. Tesis. Universidad Politécnica de Valencia. España.

El FTTH es una tecnología capaz de crear nuevas fuentes de ingresos de aplicaciones de alta velocidad (por ejemplo vídeo y juegos de alta definición), la tecnología FTTH permite tener mayor eficiencia operativa ya que reduce de costos de mantenimiento y de operación. Esta tesis propone extender las ventajas de la tecnología FTTH mediante una arquitectura integrada de la red óptica de distribución desplegada dentro del hogar y el enlace radio final de corto o medio alcance inalámbrico. De esta manera lograr la reducción de costos operativos y mayor eficiencia lleguen hasta el usuario final. La arquitectura planteada (óptica-radio) se basa en la multiplicación por división ortogonal de frecuencia OFDM; esta tecnología es usada en estándares inalámbricos como las señales de banda ultra ancha. El objetivo es presentar una arquitectura que se beneficie de la característica de inmunidad ante el desvanecimiento multi - camino (perdida de potencia óptica) de la tecnología OFDM, para proporcionar diferentes servicios al usuario como internet, teléfono/voz, televisión de alta definición, conexión inalámbrica, etc. La tesis también incluye la demostración experimental de la transmisión simultánea y bi-direccional de señales OFDM multi-estándar en radio-sobre-fibra, para proporcionar servicios triple-play basados en OFDM como UWB para televisión de alta definición, WiMAX para datos de Internet, y LTE para el servicio telefónico, demostrando que la arquitectura propuesta cumple el objetivo planteado. (Morant Pérez, 2012).

Esta tesis brinda información sobre una arquitectura integrada (Óptico - radio) basada en el estándar OFDM a través de redes FTTH, para la distribución de servicios al usuario, demostrando que las redes pasivas también pueden ser usadas para el desarrollo de nuevas tendencias que permitan mejor manejo del ancho de banda y mejoras en los servicios ofrecidos.

2.2. Marco Teórico

En esta sección presentamos los conceptos para comprender mejor la tecnología que se pretende implementar y la metodología para realizar ello.

2.2.1. Telecomunicaciones

Una red de telecomunicación se conforma por sistemas y recursos que permiten la transmisión y recepción de señales (normalmente señales electromagnéticas) que contienen cualquier tipo de información. Las redes de telecomunicaciones se construyen con el objetivo de brindar servicios de comunicación, actualmente incluyen muchas tecnologías como la radio, televisión, teléfono y telefonía móvil, comunicaciones de datos, redes informáticas, internet, radionavegación o GPS o telemetría, entre otros.

Estas redes normalmente se dividen en redes de voz y redes de datos, pero gracias a la digitalización este modelo es cada vez menos empleado. Ahora y gracias a la integración de redes y sistemas de transmisión es posible realizar transmisión de información por todos los medios que una red disponga. No obstante aún existen limitaciones impuestas por el propio terminal y la infraestructura propia de la red. La estructura típica de una red de telecomunicaciones se compone de: red de transporte, red de conmutación y red de acceso. Dentro de esta estructura también se considera estructuras para la gestión y administración que son fundamentales para la implementación de servicios en la red y el mantenimiento de esta misma (Moya, 2006).

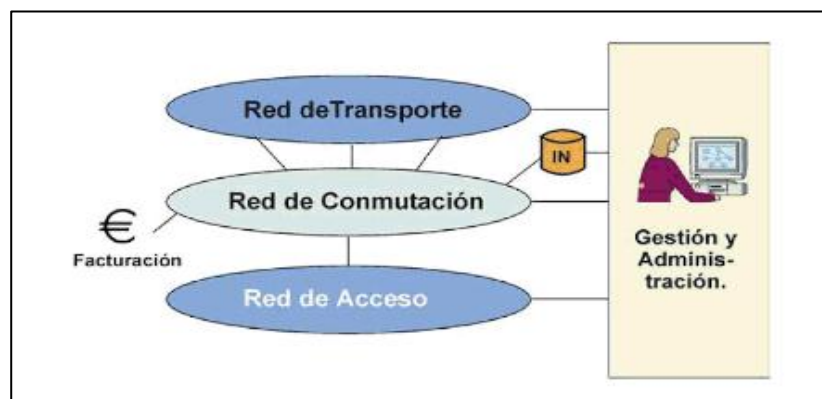


Figura 7. Estructura de una red de telecomunicaciones

Fuente: Redes y servicios de telecomunicaciones. J. Moya (2006)

Elaboración: (Moya, 2006)

A. Sistemas de comunicación

También conocido como sistema de transmisión, es todo sistema que permite la comunicación de datos a través de él, se compone de todos los elementos que permiten el envío, recepción, y control de la información.

B. Medios de comunicación

Es el canal que permite la transmisión de información, se divide en:

- **Medios Guiados:** Son medios sólidos que permiten la transmisión en un sentido en forma de variación de una magnitud física. Comúnmente este tipo de medios lo conforman los cables de cobre o fibra óptica.
- **Medios no guiados:** Sirve de soporte para que se produzca la variación de la magnitud, destacan aquellos que usan variaciones del campo electromagnético.

2.2.2. El servicio de Internet

Internet se define como el conjunto de redes de comunicación interconectadas a través de protocolos TCP/IP. Entre los servicios más conocidos por la internet se encuentra el servicio web, el envío de correo electrónico, la transmisión de archivos, mensajería instantánea, telefonía (VoIP), televisión (IPTV), el acceso remoto a otros dispositivos (SSH y Telnet) o los juegos en línea (WIKIPEDIA, 2018).

Los Proveedores de Servicios de Internet comúnmente conocidas como ISP, conectan a sus clientes con otros clientes de otras ISP y otras redes, a través de capas de red de más alto nivel o del mismo nivel. Las redes de primer nivel lo componen las grandes compañías de telecomunicaciones que intercambian tráfico directamente con otras a través de acuerdos de interconexión. Por su parte las redes de nivel 2 y de más bajo nivel compran tráfico de Internet de otros proveedores para acceder a las redes de primer nivel y así poder compartir tráfico con ellas. Un ISP puede tener un único proveedor para la conectividad o implementar multihoming para conseguir redundancia y balanceo de carga.

Por su parte los ordenadores y routers por medio de las tablas de enrutamiento dirigen los paquetes IP entre los ordenadores conectados localmente. Normalmente las tablas de enrutamiento de los routers vienen asignadas por de manera dinámica mediante el protocolo DHCP aunque pueden ser construidas manualmente en caso se tenga direcciones específicas que se requieran alcanzar. El enrutamiento se da hacia las redes de niveles superiores utilizando protocolos Gateway (puertas de enlace), para solucionar rutas de acceso a un determinado rango de direcciones IP a través de las complejas conexiones de la internet (WIKIPEDIA, 2018).

A. El acceso a internet

Los métodos más comunes para el acceso a internet en los hogares son:

- Dial-up.
- Banda ancha fija (a través de cable coaxial, cables de fibra óptica o cobre)
- Wi-Fi.
- Televisión vía satélite
- Teléfonos celulares con tecnología 3G/4G.

2.2.3. La Fibra Óptica

Es un filamento muy delgado de material transparente, vidrio o materiales plásticos, de aproximadamente de 0,1 mm de diámetro. Por este medio se envían pulsos de luz que representan los datos que se transmiten, siendo la fuente de los haces de luz un láser o también diodo led.

Su función es la de transmitir un haz de luz por el núcleo de la fibra óptica. El haz de luz queda completamente confinado dentro del núcleo de la fibra óptica y se propaga por el interior a lo largo de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total (esto en función de la ley de Snell).

Convencionalmente, un pulso de luz indica un bit 1 y la ausencia de luz indica un bit 0. El detector genera un pulso eléctrico cuando la luz incide en él, un rayo de luz pasa de un medio a otro, el rayo se refracta (se dobla) entre las fronteras de los medios, así la luz no escapa del medio por el cual es refractado.

El grado de refracción depende de las propiedades e índices de refracción de los medios por el cual el haz de luz es transmitido, cuando el ángulo de incidencia de la luz es por encima del valor crítico, la luz se refracta de regreso quedando confinada dentro de la fibra óptica sin poder escapar hacia otros medio, este fenómeno causa problemas como las reflectancias y atenuaciones dentro de la fibra óptica.

A. Tipos de Fibra Óptica

Los tipos de fibra óptica se definen de acuerdo a su modo de transmisión pueden ser multimodo o monomodo.

a) Fibra Monomodo

Conocido también como cable de modo único ya que tiene la propiedad de tener un único modo para la transmisión de luz, es una fibra óptica con un diámetro promedio entre 8,3 a 10 micras. Entre sus principales

características es que transmite mayor ancho de banda pero requiere una fuente de luz con un ancho espectral estrecho, transmite los haces de luz sin rebotar en las paredes de la fibra lo que le da mayor velocidad de transmisión y mayor alcance (50 veces más distancia que las fibras de tipo multimodo). Pero esta propiedad hace que las fibras ópticas monomodo solo puedan transmitir un haz de luz.

Este tipo de fibras son ideales cuando se requiere transmitir en largas distancias. Otra característica es que la fibra monomodo tiene un núcleo mucho más pequeño que el multimodo. Véase la figura 8.

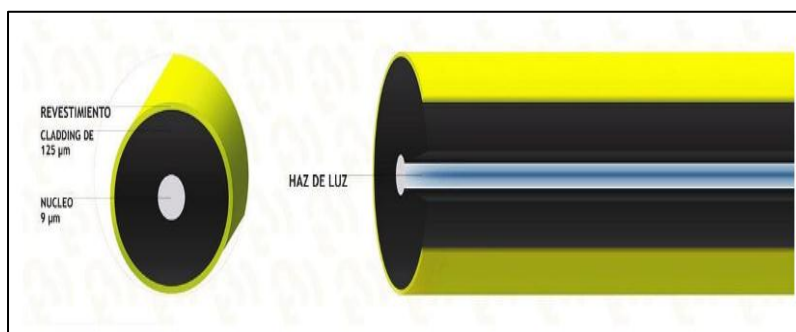


Figura 8. Fibra Monomodo

Fuente: Diferencias entre cables de Fibra óptica monomodo y multimodo. Disponible en: <https://beyondtech.us/blogs/beyondtech-en-espanol/diferencias-entre-cables-de-fibra-optica-monomodo-y-multimodo>

Elaboración: (Beyondtech, 2017)

b) Fibra Multimodo

Este tipo de fibra óptica tiene diámetros entre 50 a 100 micrones, transmite varios haces de luz a la vez en distintos caminos normalmente en las longitudes de onda 850 nm o 1300 nm. Los haces de luz se transmiten rebotando en las paredes de la fibra óptica, lo que les otorga gran ancho de banda con altas velocidades en distancias cortas, es decir el uso de este tipo de fibra es ideal para redes medianas. Sin embargo, en tramos de cable largos las múltiples trayectorias de luz pueden causar distorsión de la señal en el extremo receptor, lo que resulta en una transmisión poco clara e incompleta. Otra característica es que estas fibras tienen el diámetro del núcleo más ancho que las fibras monomodo. Ver la figura 9.

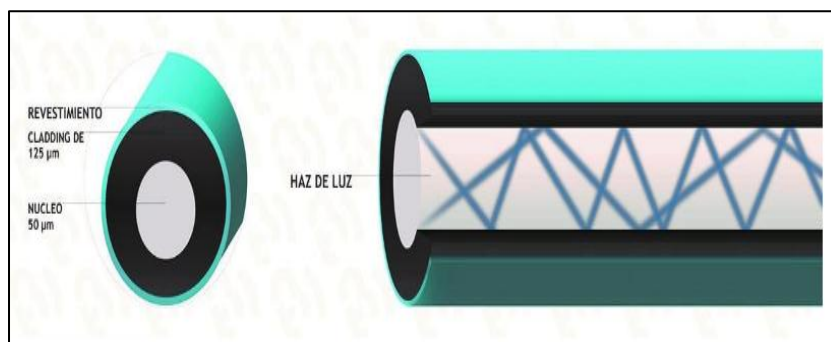


Figura 9. Fibra Multimodo

Fuente: Diferencias entre cables de Fibra óptica monomodo y multimodo. Disponible en: <https://beyondtech.us/blogs/beyondtech-en-espanol/diferencias-entre-cables-de-fibra-optica-monomodo-y-multimodo>

Elaboración: (Beyondtech, 2017)

2.2.4. Redes Pasivas Ópticas (Redes PON)

La red pasivas óptica (del inglés Passive Optical Network) basa su estructura en fibra óptica, y permite reemplazar todos los componentes activos existentes de una red entre la central y el cliente final, con componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos), siendo estos los elementos principales para guiar el tráfico por la red. Teniendo solo componentes activos en la central y el usuario final. Una ventaja de este tipo de red es que al utilizar componentes pasivos en más del 50% de la red, se reduce el costo de implementación y mantenimiento.

Pero entre sus desventajas, es que el ancho de banda para los usuarios no es dedicado, sino dividido para un grupo de usuarios que se conectan a una misma fibra. Dependiendo de la solución tecnológica adoptada es posible implementar la infraestructura de Red Óptica Pasiva de dos formas: **Topología Punto a Punto** (La conexión entre la central y el abonado es dedicada) y la **Topología Punto-Multipunto** (La conexión entre la central y el abonado se comparte a través de divisores óptico, permitiendo la utilización de cable óptico troncal de menor capacidad), siendo esta última la más habitual en uso.

Este tipo de red es la más usada para implementar infraestructuras FTTH. Las redes PON se componen de dos elementos: activos y pasivos descritos a continuación.

A. Componentes activos

Los componentes activos son aquellos que hacen uso de energía o algún otro medio para su funcionamiento, se ubican en la central de donde se envía la transmisión o en el usuario final.

a) Terminal de línea óptica (OLT)

Se ubica en la central de la empresa, es de este equipo que parte el cable de fibra óptica principal hacia los usuarios. Este equipo se encarga de gestionar el tráfico de datos hacia los usuarios o proveniente de ellos, es decir, realiza funciones de router y actúa de puente con redes externas, permitiendo el tráfico de datos con ellas. También se encarga del control en la red de distribución (control de las potencias emitidas y recibidas, corrección de errores e interleaving) y coordina la multiplexación de los canales de subida y de bajada. Cada OLT suele tener la suficiente capacidad para proporcionar un servicio a cientos de usuarios y esa capaz de transmitir a través de la ODN (Red de distribución óptica) hasta 20 km (FS.COM, 2015).

b) Terminal de red óptica (ONT)

Estos componentes se ubican en las casas de los usuarios, también son conocidas como ONU, se encargan de recibir y filtrar la información que la OLT envía. Al recibir la información proveniente de la OLT esta solo permite pasar a aquellos datos que el usuario requiere; pero también cumple la función inversa, es decir encapsula la información procedente de un usuario y la envía en dirección al OLT por el canal ascendente, y luego la OLT envía dicha información por el canal descendente (FS.COM, 2015).

B. Componentes pasivos

Los componentes pasivos son aquellos que no hacen uso de energía o algún otro medio para su funcionamiento, se ubican en la ODN.

a) Divisores Ópticos

También conocidos como Splitter, se ubican a lo largo de la red que se extiende entre el OLT y las ONT. Su función es dividir la señal óptica en N salidas posibles, esta división provoca la pérdida de potencia en la señal óptica original, pero mantienen el mismo contenido óptico de datos que se transmiten, es decir cuánto más veces se divida la señal óptica más usuarios se podrán conectar a dicha señal pero tendrá más pérdida de potencia y velocidad. Estos dispositivos de distribución óptica son bidireccionales, es decir, también son capaces de combinar potencia en una sola señal. Estos dispositivos son pasivos ya que no requieren de

fuentes electrónicas para realizar las funciones de dividir y combinar la señal óptica (FS.COM, 2015).

b) Fibra Óptica

Una fibra óptica se puede definir como un cable o un filamento de vidrio de alta pureza u otro material transparente capaz de transportar haces de luz.

2.2.5. Funcionamiento de una red PON

Ya definidos los componentes de la red, se explica el funcionamiento de este tipo de redes:

La red PON en líneas generales es como sigue: el tramo principal de fibra se tiende entre OLT situado en la central y el centro distribuidor óptico que se ubica cerca un grupo de usuarios. En este punto se utiliza un divisor óptico para la conexión de los abonados a la fibra principal. A continuación, a cada usuario se equipa con una ONT/ONU que se conecta con cada una de las salidas del divisor óptico instalado previamente (topología punto a multipunto).

El OLT realiza la transmisión de la señal óptica por el canal descendente en la longitud de onda de 1490 nm, la forma de transmisión de la señal óptica es mediante broadcast, es decir la señal se distribuye hacia todas las ONT el cual realizan la filtración de información; en este punto la red se comporta como una red punto a multipunto. Luego las ONT envían su información hacia la OLT por el canal ascendente en la longitud de onda 1310 nm mediante TDMA, en este punto la red se comporta como una red punto a punto; con lo cual se consigue realizar la transmisión en ambos sentidos sobre una misma fibra sin interferencia entre las señales. Al mismo tiempo, el OLT puede estar conectado a un multiplexador por longitud de onda (WDM) para la difusión conjunta de video, voz y datos sobre una fibra, siendo el canal usado para esta emisión de la señal de video en la longitud de onda 1550nm (PROMAX, 2010).

En la figura N° 10 se muestra el esquema general de una red PON, en la cual podemos observar los elementos explicados previamente.

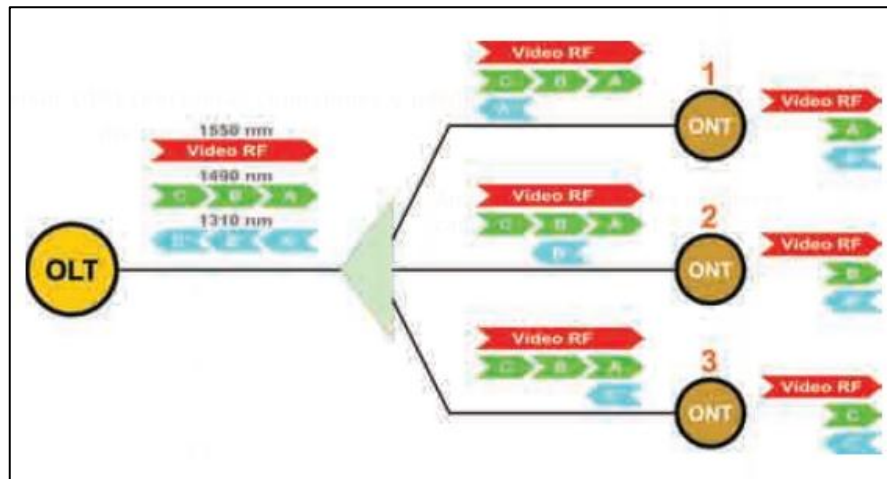


Figura 10. Funcionamiento de una red PON

Fuente: Fiber to the Home. Revista española de electrónica. P 42-43.

Disponible en http://www.redeweb.com/txt/667/junio_2010.pdf

Elaboración: (PROMAX, 2010)

Como se ve en la figura 10 la OLT envía la información hacia todas las ONT mediante broadcast, estas la filtran y envían su información hacia la OLT mediante TDMA. El multiplexor de longitud de onda (WDM) se ubica en ambos extremos de la red (central y cliente).

2.2.6. Estándares de una red PON

A continuación se muestran las principales tecnologías que se utilizan con las redes PON.

A. APON: Se define bajo la norma de la ITU-T G.983, las primeras especificaciones definidas para las redes PON fueron hechas por el comité FSAN (Full Service Access Network), el cual utiliza el estándar ATM como protocolo de señalización de la capa 2 (Enlace de Datos). Los sistemas APON usan el protocolo ATM como portador. A-PON se adecua a distintas arquitecturas de redes de acceso entre ellas las de FTTx.

La transmisión en el canal de bajada se da por ráfagas de celdas ATM de 53 bytes cada una con 3 bytes para la identificación de las ONT. Estas ráfagas van a una tasa de bits de 155.52 Mbps que se reparten entre el número de ONT conectadas. Para el canal de subida, la trama está compuesta por 54 celdas ATM en las cuales hay dos celdas PLOAM (Capa física – operación de administración y mantenimiento) que están destinadas para tener información de los destinos de cada celda y también información para efectos de operación y mantenimiento de la red (Henao, 2010).

B. BPON: Surge a partir de la mejora de la tecnología A-PON para integrar y obtener acceso a más servicios como Ethernet, distribución de video, VPL,

y multiplexación por longitud de onda (WDM). Se basa en el estándar ITU-T G.983. Esta tecnología define una arquitectura de forma simétrica, es decir, que la velocidad para la transmisión de datos en el canal de bajada es el mismo para el canal de subida (155 Mbps). Esta norma fue revisada un tiempo después para lograr un aumento en las velocidades de transmisión y para permitir arquitecturas asimétricas (155 Mbps de subida y 622 Mbps de bajada). El transporte se da mediante celdas ATM, permite el transporte de señales CATV- RF y brinda protección a los puertos PON (Hena, 2010).

C. EPON: Ethernet – PON es un sistema desarrollado por un grupo de estudio de la IEEE de Ethernet en la última milla (EFM) se basa en el estándar IEEE 802.3 El transporte se realiza mediante tramas Ethernet, que en muchos casos resulta ser muy ineficiente, funciona con velocidades de Gigabit, por lo cual la velocidad con la que dispone cada usuario final depende del número de ONT que se interconecten a la OLT. Una ventaja de este sistema es que ofrece QoS (Calidad del servicio) en ambos canales además ofrece velocidades simétricas en ambos canales (1.2 Gbps). En cuando a la gestión y administración de la red, EPON se basa en el protocolo SNMP, reduciendo la complejidad de los sistemas de gestión de otras tecnologías (Hena, 2010).

D. GPON: Gigabit-Capable PON (GPON) la cual está aprobada por la ITU-T en 4 recomendaciones, la G.984.1, G.984.2, G.984.3 y G.984.4. El principal objetivo de GPON es ofrecer un ancho de banda mucho más alto que sus anteriores predecesoras, y lograr mayor eficiencia para el transporte de servicios basados en IP. Ofrece velocidades de hasta 2,488 Gbps en ambos canales y la posibilidad de tener arquitecturas asimétricas. También ofrece la posibilidad a los proveedores de servicios de continuar brindando sus servicios tradicionales sin necesidad de tener que cambiar los equipos para que sean compatibles con esta tecnología. Esto porque GPON usa su propio método de encapsulamiento (GEM o Método de Encapsulamiento GPON), el cual permite el soporte de todo tipo de servicios. GPON también permite OAM avanzado, logrando así una gran gestión y mantenimiento desde las centrales hasta las acometidas (Hena, 2010).

E. GEPON: Gigabit Ethernet – PON, Es un sistema diseñado para el uso en las telecomunicaciones y combina las tecnologías Gigabit Ethernet y

Passive Optical Network. Este sistema facilita en gran medida la llegada con Fibra hasta los abonados ya que los equipos con los que se accede son más económicos al usar interfaces Ethernet. Ofrece anchos de banda seguros para cada servicio, gran alcance entre la OLT y el usuario (hasta 20 km), bajas tasas de mantenimiento de la red (Henao, 2010).

2.2.7. Redes de Acceso FTTx

Las tecnologías de acceso FTTx (Fiber to the x) son empleadas para el acceso a servicios. El acrónimo FTTx es una generalización para los distintos tipos que existen (FTTN, FTTC, FTTH, FTTB, entre otros). Cada tipo de denominación dependerá del lugar final donde llega la fibra óptica.

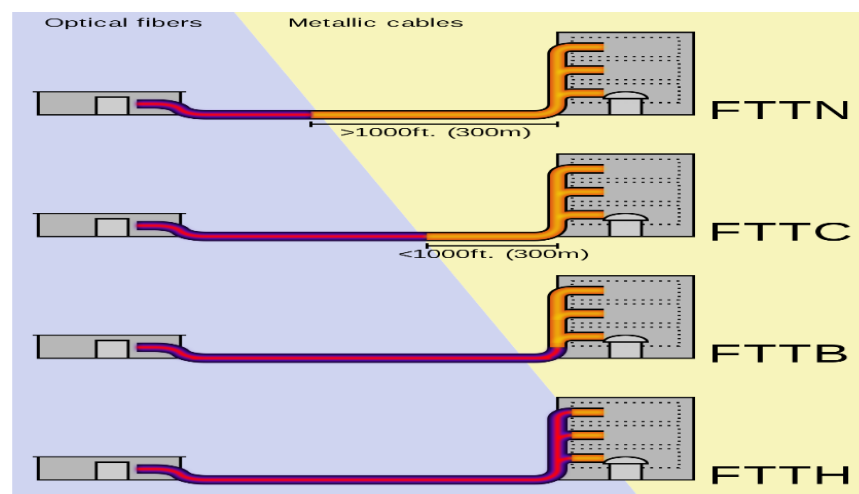


Figura 11. Tipos de redes FTTx

Fuente: FTTx (2007), Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/FTTx>

Como se ve en la figura 11, existen 4 tipos principales de redes FTTx resumidas a continuación:

A. FTTN (Fibra hasta el nodo):

La red de fibra óptica llega hasta un nodo que es propiedad de la central. El nodo se ubica en un vecindario o sector.

B. FTTC (Fibra hasta la acera):

La red de fibra óptica llega hasta una cabina ubicada más cerca del usuario.

C. FTTB (Fibra hasta el edificio):

La red de fibra óptica llega hasta la entrada del edificio.

D. FTTH (Fibra hasta el hogar)

Es una arquitectura de red de transmisión óptica, donde la red pasiva llega hasta el hogar del usuario, es decir hay una fibra óptica exclusiva para el acceso a los servicios, se fundamenta en una red óptica pasiva, bajo el estándar

GPON. Estructuralmente la red FTTH se compone de un tramo de red propiedad de las operadoras o proveedor, un tramo de la comunidad de propietarios del edificio y un tramo que pertenece al usuario. Su funcionamiento se basa en el de una red PON, es decir se tiene los canales ascendente (longitud de onda 1310) y el canal descendente (longitud de onda 1490) y en algunos casos se incluye la longitud 1550 para la transmisión de video.

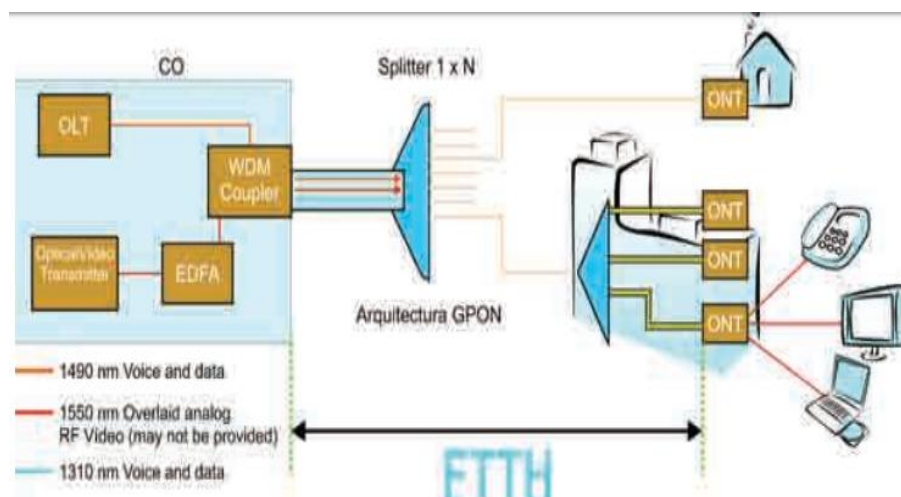


Figura 12. Estructura de una red FTTH

Fuente: Fiber to the Home. Revista española de electrónica. P 42-43.

Disponible en http://www.redeweb.com/txt/667/junio_2010.pdf

Elaboración: (PROMAX, 2010)

Las ONT se ubican en las casas de los usuarios, estos están conectados por una fibra óptica activa por la cual se recibe la señal transmitida por el OLT. La conexión entre la OLT y la ONT es 100% por fibra óptica.

2.2.8. Metodología Top Down para diseño de redes

La metodología TOP DOWN es ideal para el diseño y rediseño de redes, al iniciar desde las capas superiores (tomando como referencia el modelo OSI que consta de 7 capas) para luego adentrarse a las capas inferiores en forma de espiral y holística, así permite al diseñador poder encontrar todas las exigencias, requerimientos, objetivos y elementos necesarios para el diseño de una red. Al ser una metodología cíclica e iterativa, permite al diseñador crear una visión general de la red para que luego holísticamente defina adecuadamente y de manera estructurada el procedimiento del diseño o rediseño de la red. La metodología consta de cuatro fases fundamentales, cada fase puede ser desarrollada con un acercamiento Top Down, se puede desarrollar cada fase independientemente de las demás fases aun cuando estén conectadas, y en cada fase se puede realizar cambios conforme se avance con

la metodología y se encuentren nuevos requerimientos necesarios. (Oppenheimer, 2011).

A. Fase I: Identificando objetivos y necesidades del cliente

a) Análisis de los objetivos y limitaciones del negocio:

El identificar y comprender los objetivos comerciales y las restricciones que tiene el negocio, es un aspecto fundamental para el diseño de red. El diseño de una red inicia con el análisis de los objetivos comerciales que tiene el negocio y cuáles son las limitaciones que impiden cumplir dichos objetivos, ello permite crear una visión general de la situación de la empresa y poder evaluar si la red que se propone será fundamental para la empresa en cumplir dichos objetivos. Es importante también comprender la estructura jerárquica de la empresa, identificando a las personas con poder de decisión, ya que muchas veces de ellos depende la validación del diseño de red que se propone (Oppenheimer, 2011).

Crear una lista de los objetivos y limitaciones comerciales del cliente, es fundamental para iniciar el proceso de rediseño o diseño. Aquí algunos ejemplos de objetivos típicos:

- Incrementar o mejorar los ingresos y las ganancias.
- Incrementar la cuota en el mercado.
- Expansión de nuevos mercados.
- Aumentar o mejorar las ventajas competitivas sobre compañías en el mismo mercado.
- Disminuir periodos de fabricación de productos.
- Ofrecer nuevos productos
- Reducir costos, entre otros.

b) Análisis de los objetivos y limitaciones técnicas

Identificar y analizar las metas técnicas que el diseño tiene previsto cumplir, permite al diseñador determinar las características técnicas que tendrá la red propuesta. Además de poder determinar el tipo de tecnología que se usara para que el diseño final cumpla con dichos objetivos técnicos. Entre los objetivos técnicos a cumplir se encuentra:

- **Escalabilidad:** se refiere a cuanto la red podrá crecer y expandirse.
- **Disponibilidad:** se refiere al tiempo que la red estará en operación.

- **Rendimiento:** Están ligadas a las metas de escalabilidad.
- **Seguridad:** Definir criterios de seguridad e identificar puntos vulnerables.
- **Manejabilidad:** La gestión de la red debe ser lo más simple y clara posible.

c) Graficando la Red Existente

Se trata de examinar y caracterizar la red existente para determinar cómo cumplir los objetivos técnicos planteados. En esta etapa del diseño se determina la topología, estructura física y evaluación del rendimiento de la red existente en el negocio. Al comprender la estructura, los usos y el comportamiento de la red existente, se evalúan si los objetivos propuestos son realistas y alcanzables. En esta parte también se identifican problemas en la red existente así como los dispositivos que requerirán ser cambiados o mejorados. La identificación de problemas de rendimiento de la red existente, ayuda al diseñador a seleccionar las mejores soluciones y desarrollar una línea de base para mediciones futuras de rendimiento de la nueva red que se construirá.

d) Caracterizando un diseño de tráfico de red

Se trata de caracterizar el flujo de la red, es decir identificar fuentes y destinos del tráfico; analizar la dirección y la simetría de los datos que viajan entre fuentes y destinos. Por fuentes se entiende que son los servidores de donde se envían los datos y destinos hacen referencia a las comunidades de usuarios que hacen uso de la red. Para caracterizar el flujo de tráfico se define: La dirección, que permite determinar si datos viajan de forma unidireccional o bidireccional. El camino de enrutamiento y las opciones de enrutamiento, que determina el sentido que toman los datos cuando se transmiten desde la fuente hacia el destino. La simetría, que describe si el flujo tiene alto rendimiento o requiere implementar QoS ya que se identificó que muchas aplicaciones de red necesitan de QoS en determinadas rutas. El método más simple para caracterizar el tamaño de un flujo de datos es medir el número de Kilobytes o Mbytes en un periodo de tiempo, que se transmiten entre la fuente y el destino. Es importante también caracterizar la carga de tráfico, esto para diseñar redes con capacidad suficiente para soportar todo el volumen que genera la red y evitar

cuellos de botella. Para calcular la capacidad necesaria será sumar: El número de estaciones, el tiempo promedio que una estación esta libre cuando se da la transmisión de información y el tiempo requerido para transmitir información cuando el acceso es ganado.

B. Fase II: Fase de diseño lógico

a) Diseño de una topología de red

La selección de la topología que tendrá la red es el primer paso en el desarrollo del diseño, es necesario definir un mapa de la red donde se indiquen los segmentos de red, puntos de interconexión, usuarios finales, alcance de la red, ubicación de los dispositivos, entre otros. El mapa permite al diseñador tener una vista panorámica de alto nivel de la red, y definir la estructura que tendrá la red. Entre las topologías más frecuentes está el diseño jerárquico que consta de tres partes, capa core, capa de distribución y capa de acceso. La topología escogida deberá brindar la seguridad necesaria a los componentes de la red. La selección adecuada de la topología es fundamental en el cumplimiento de los objetivos técnicos. (Oppenheimer, 2011).

b) Diseño de un modelo de direccionamiento.

Se trata de otorgar direcciones y nombres a componentes de redes (subredes, routers, servidores, y demás componentes) se basa en el protocolo de internet (IP). Es importante usar un modelo estructurado y jerárquico para realizar dicha tarea, ya que la asignación inadecuada provoca problemas como el desperdicio de direcciones, duplicidad en nombres o uso de direcciones restringidas. Además que permite tener mejor panorama para cuando se requiera realizar cambios. Con el modelo estructurado las direcciones serán asignadas jerárquicamente en orden y de forma planificada (Oppenheimer, 2011).

c) Selección de los switching y protocolo de enrutamiento

En esta sección se seleccionan los protocolos de conmutación y de enrutamiento para el funcionamiento de la red. La selección debe estar basado en cumplir los requerimientos técnicos y objetivos del cliente. Con la selección adecuada de los protocolos se podrá definir la tecnología y los equipos necesarios producto para la red. Por ejemplo, si el diseño debe soportar un protocolo de enrutamiento que puede convergir dentro de unos segundos en unas redes grandes, es recomendable escoger un router que no solo se ejecute con RIP sino también con protocolos de mayor capacidad (Oppenheimer, 2011).

d) Desarrollando Estrategias de seguridad de red

Es necesario diseñar estrategias de seguridad a fin de salvaguardar los activos de la empresa y de la red, ya que la complejidad y naturaleza porosa de las redes actuales implican conexión con redes externas para servicios como comercio electrónico, extranet, accesos remotos, etc. Lo que implica riesgo para la red ante ataques de externos.

Para el diseño adecuado de estrategias y políticas de seguridad para la red se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Identificar los activos de red.
- Analizar los riesgos de la seguridad en la red.
- Analizar los requerimientos de seguridad y restricciones.
- Desarrollar un plan de seguridad.
- Definir políticas de seguridad.
- Desarrollar procedimientos para aplicar políticas de seguridad.
- Desarrollar una estrategia de realización técnica.
- Entrenar a usuarios, gerentes, y personal técnico.
- Poner en práctica la estrategia técnica y procedimientos de seguridad.
- Probar la seguridad y actualízelo si algún problema es encontrado.
- Mantener la seguridad programando auditorías.

e) Desarrollando Estrategias de manejo de red

La gestión de la red es uno de los aspectos más importantes del diseño de red lógico, a menudo es pasado por alto durante el diseño de una red porque es considerado una cuestión operacional más bien que una cuestión de diseño. Sin embargo, considerarla en la etapa de diseño evita tener problemas de escalabilidad y performance. La gestión de la red ayuda a conseguir disponibilidad, performance, y objetivos de seguridad.

C. Fase III: Diseño de red física

Se trata de seleccionar la tecnología LAN y WAN para la red necesaria. El proceso de selección es a nivel de campus y empresarial. A nivel de campus se selecciona el protocolo para el tendido de cables. A nivel empresarial se selecciona protocolos de capa de enlace de datos y

dispositivos de funcionamiento entre redes (como hubs, switches, routers, y puntos de acceso inalámbricos). Todo ello debe estar basado en los análisis hechos en las dos fases anteriores, es decir la tecnología escogida tiene que tener la capacidad de cumplir con todos los requerimientos detallados en las fases I y II (Oppenheimer, 2011).

D. Fase IV: Testeo, optimización y documentación de la red

Las pruebas del diseño son un paso importante ya que permite confirmar si el diseño encuentra los objetivos comerciales y técnicos.

Para el proceso de testeo de red, se diseña un plan de pruebas en ella se selecciona el método adecuado e instrumentos necesarios. Actualmente existen métodos de pruebas ya establecidos, pero también se pueden contratar servicios de externos para realizarlas. Un plan de pruebas debe permitir lo siguiente.

- La validación del diseño propuesto.
- La validación de la tecnología LAN y WAN escogida.
- La identificación de problemas en el rendimiento de la red.
- La determinación de técnicas de optimización necesarias para encontrar el rendimiento adecuado y otros objetivos técnicos.
- El análisis de los efectos en el rendimiento para mejorar los enlaces de red o dispositivos.
- Cumplir la prueba de aceptación, para proceder realización de red.
- Convencer a gerencia de la empresa que el diseño es eficaz.
- La identificación de cualquier riesgo que podría impedir la implementación y planes para contingencias.
- La determinación cuantas pruebas adicionales podrían ser requeridas.

En general, un plan de pruebas permite una vista al rendimiento, tensión, y análisis de fracaso. El cuanto al rendimiento de la red, permite examinar el nivel de servicio que el sistema ofrece en términos de, tardanza, tiempo de respuesta, y eficacia.

Un plan de prueba deberá incluir la caracterización de la topología de red y una lista de dispositivos que serán requeridos para mejorar la red. La caracterización de la topología deberá presentar a los dispositivos principales, direcciones, nombres, enlaces de red, capacidad de enlaces, además de documentar y sugerir la unificación de algunas redes WAN o LAN (Oppenheimer, 2011).

Para poder realizar la optimización del diseño es necesario que el diseñador tenga el entendimiento general y solido de la red y haber realizado las

pruebas correspondientes de esta manera podrá determinar qué enlaces pueden ser optimizados. El proceso de optimización permite mejorar el uso del ancho de banda reducir el tiempo de tardanza de las redes, mejorar el rendimiento, todo ello en pos de alcanzar los objetivos técnicos y comerciales que el cliente tiene.

2.3. Modelo Aplicativo

El modelo aplicativo para la presente investigación está basado en el diseño de una red y el ciclo de implementación definido por la metodología Top Down, la Figura N° 13 muestra las etapas que se deberán seguir durante la intervención.

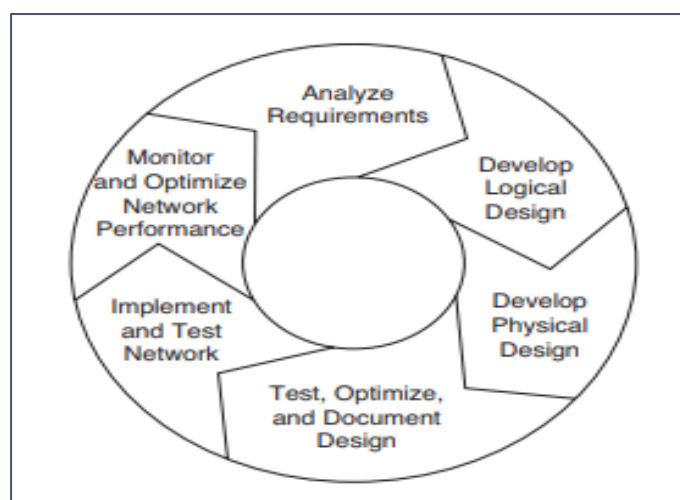


Figura 13. Modelo Aplicativo

Fuente: Top-Down Network Design, Third Edition (2011).

Elaboración: (Oppenheimer, 2011)

- **Análisis de requerimientos**

En esta fase se identifica los objetivos y limitaciones técnicas de la empresa, esto es importante ya que el diseño de la red debe cumplir dichos requerimientos. También se definen los objetivos técnicos que la red cumplirá (adaptabilidad, escalabilidad, disponibilidad y seguridad). Es importante también determinar y caracterizar la red existente esto para determinar sus limitaciones y problemas.

- **Desarrollo lógico de la red.**

En esta fase se define la topología que tendrá la red, también se diseña el direccionamiento y nombramiento de los equipos que compondrán la red, además de la selección de los protocolos y estándares para dichos equipos, también se incluye el diseño de estrategias de seguridad y administración de la red.

- **Desarrollo físico de la red.**

En esta fase se selecciona las tecnologías y dispositivos específicos para la implementación del diseño hecho en la fase anterior, dicha tecnología y equipos deben cumplir los requerimientos técnicos del diseño lógico propuesto.

- **Prueba y optimización.**

Aquí se selecciona el método de prueba de la red para su verificación (puede ser realizadas por software o pruebas de campo). Luego de dichas pruebas se plantean los métodos de optimización de la red diseñada. El siguiente paso es documentar el diseño, aquí se describe los requerimientos del cliente y explica como el diseño cumple esos requerimientos. También se documenta el proceso de desarrollo de las fases anteriores, además de incluir secciones como el presupuesto y otros gastos, y cronograma de implementación de la red.

- **Implementar y probar la red**

Esta etapa consiste en la construcción de la red diseñada y probada, la implementación se debe llevar a cabo conforme al diseño lógico y físico desarrollado en las fases iniciales.

- **Monitorear y optimizar el rendimiento de la red**

En esta etapa se verifica el funcionamiento de la red. A partir de este punto se pueden identificar nuevos problemas en la red o definir nuevos requerimientos que la red debe cumplir.

2.4. Marco Conceptual

- **Ancho de banda.-** Se refiere a la cantidad de datos que pueden transmitirse en una red en un determinado periodo de tiempo. Esta medida esta expresada en bit's.
- **Banda Ancha.-** Es la red (de cualquier tipo) que tiene la capacidad de transportar mucha información a elevada velocidad, son ideales para la conexión a internet.
- **Cable Modem.-** Es un modem especial diseñado para modular y demodular la señal de datos que es transmitida sobre la infraestructura de CATV. Es empleada en tecnologías HFC.
- **Canal Ascendente.-** Se refiere canal usado por la ONT para enviar información hacia la OLT. Se encuentra en la longitud de onda 1390 nm.
- **Canal Descendente.-** Se refiere canal usado por la OLT para enviar información hacia la ONT. Se encuentra en la longitud de onda 1410 nm.
- **CATV.-** Es un sistema de televisión que se ofrece a través de señales de radiofrecuencia que son transmitidos por redes de fibra óptica o cable coaxial y en algunos casos en redes unificadas (fibra óptica y cable coaxial).

- **Demultiplexor.-** Es un dispositivo que puede recibir a través de un medio de transmisión compartido una señal multiplexada y separarla en distintas señales sin alterar el contenido de la transmisión.
- **Disponibilidad de red.-** La disponibilidad se refiere a todo el tiempo que una red está disponible a usuarios y es a menudo una meta difícil de alcanzar para los que diseñan una red.
- **EOC (internet sobre coaxial).-** Es sistema híbrido de distribución de servicios, que utiliza las redes de fibra óptica como plataforma troncal de transmisión y que, al llegar al nodo, realiza dicha transmisión a través de cable coaxial hasta el usuario.
- **Escalabilidad de red.-** Es la propiedad técnica que permite definir si una red será capaz de soportar un crecimiento de usuarios. Es decir si la red en cuestión podrá crecer de acuerdo a nuevos requerimientos.
- **FTTH (Fibra hasta el hogar).-** Es una tecnología de acceso a servicios, que se basa en las redes pasivas, donde la fibra óptica llega hasta la casa del usuario.
- **FTTx (Fibra hasta x).-** Es el acrónimo para generalizar los tipos de red como son el FTTB, FTTH, FTTC, FTTN entre otras.
- **GPON (Red Óptica pasiva con capacidad de Gigabit).-** Es un estándar de las redes pasivas que ofrece velocidades superiores a 1Gbps, fue aprobada en 2003-2004 por ITU-T. Es el estándar más usado en redes pasivas
- **HFC (Híbrido de Fibra-coaxial).-** Es un término que define una red híbrida, es decir incorpora tanto fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha.
- **ISP (Proveedor de servicios de internet).-** Es una empresa u operadora que brinda conexión a internet a sus clientes, puede hacerlo mediante tecnologías como xDSL cable modem, fibra óptica, etc.
- **Longitud de onda.-** También conocidas como "lambda", es la distancia que recorre una perturbación en un determinado tiempo.
- **Multiplexación.-** se refiere a la capacidad de combinar dos o más señales en una sola sin perder la información que es transmitida.
- **Optimización de red.-** Es un plan para mejorar el diseño implementado de una red, con la finalidad de tener un mayor rendimiento de la red.
- **Red PON (Red pasiva óptica).-** Es una red compuesta por elementos pasivos en su mayoría, que se extiende desde la ISP hasta los hogares de los usuarios, este tipo de red es implementada en las topologías FTTx.
- **Seguridad de red.-** Es la planificación e implementación de políticas y/o planes que permiten la protección de los activos de una red.

- **Topología de red:** Es un mapa de la red que indican segmentos de red, puntos de interconexión puntos de distribución para los usuarios. Este mapa debe ser diseñado de manera jerárquica.
- **TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo).**- Es una técnica de multiplexacion que permite la trasmisión de señales que provienen de distintas fuentes en un mismo canal o longitud de onda.
- **xDSL (Bucle de abonado digital asimétrico).**- Es un término utilizado para generalizar a las tecnologías que proveen una conexión sobre líneas de la red telefónica básica o conmutada.
- **WDM (Multiplexación por longitud de onda).**- Es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED.

Este capítulo presentó los conceptos fundamentales como las redes pasivas ópticas (redes PON) su funcionamiento y los estándares que lo guían, esto permitió entender mejor la tecnología que se presenta en la investigación. Además de ello se describió cada una de las fases de la metodología Top Down empleada para el diseño de redes, esta descripción llevo a la definición del modelo aplicativo que presento cada una de las etapas que se desarrollarán en el capítulo III.

CAPÍTULO III

INTERVENCION METODOLÓGICA

El presente capítulo describe la aplicación del modelo aplicativo presentado en el capítulo dos, iniciando con la identificación de los requerimientos y planteo de objetivos empresariales y técnicos, seguido de la caracterización de la red existente, y con ello plantear una topología de red que cumpla los objetivos; pasando así a la selección de la tecnología y equipos necesarios para la implementación de la red propuesta. Por último se realizan las pruebas necesarias para verificar el correcto funcionamiento de la red planteada.

3.1. Análisis de Requerimientos

La definición de los requerimientos está en función de los objetivos empresariales y limitaciones técnicas que la empresa tiene.

3.1.1. Análisis de objetivos empresariales y limitaciones.

3.1.1.1. Datos de la Empresa

- **Rubro:** Telecomunicaciones.

La empresa Red Intercable Perú SAC, brinda los servicios de CATV e internet en los distritos El Tambo, Huancayo y parte de Chilca

- **Razón Social:** Red Intercable Peru SAC
- **Nombre comercial:** Cablered
- **Fecha de creación:** 10 de Junio del 2009

3.1.1.2. Objetivos y limitaciones empresariales

Dentro de los principales objetivos de la empresa se tiene:

- Incrementar el número de usuarios de internet.
- Ampliar la cobertura de la red actual hacia nuevos sectores.
- Ofrecer servicios de calidad con una tecnología moderna y segura.

- Mejorar la presencia en el mercado local.

Entre las limitaciones técnicas se encontró:

- Competencia en el mercado local.
- Cobertura de la red actual.
- Tecnología limitada para la distribución de servicios

3.1.2. Análisis de Objetivos Técnicos

3.1.2.1. Escalabilidad

La red actual con tecnología EoC cuenta con 1014 usuarios, entonces la nueva red tiene como base poder albergar a 1014 usuarios. Es por ello que el diseño es prospectivo ya que tendrá la capacidad suficiente de poder incrementar ese número conforme pasen los años y la demanda se incremente.

3.1.2.2. Disponibilidad

Al ser una red que ofrece el servicio de internet y CATV al público en general, tiene que estar operativa las 24 horas. Es decir la red diseñada cumplirá el requisito de estar operativa las 24 horas de los 365 días de año.

3.1.2.3. Rendimiento

La red diseñada tendrá la suficiente capacidad de soportar el crecimiento de usuarios y con ello el tráfico de red que se generara.

3.1.2.4. Seguridad

Se implementara y mejoraran los planes de seguridad actuales, al ser una red que debe estar operativa las 24 horas se deberá contar con fuentes de energía alterna ante cortes de energía además de sistemas de enfriamiento adecuado, también se deberá contar con planes de prevención de la red externa a fin de evitar averías.

También se implementara o mejorara la seguridad ante ataques que puedan afectar la red interna y su gestión.

3.1.2.5. Facilidad de uso

La red al estar diseñada a brindar el servicio de internet, el uso para el usuario deberá ser fácil. En cuanto a la gestión de la red deberá ser accesible para el administrador, además de plantear políticas de acceso creando usuarios privilegiados y con restricciones.

3.1.3. Caracterización de la red EoC

3.1.3.1 Topología de la red

La red tiene estructura HFC, sobre la cual se implementó la tecnología EoC aprovechando la red de cable coaxial para la distribución de internet. Está basada en el estándar EPON el cual ofrece velocidades de 1.2 Gbps de descarga y subida.

La red EoC cuenta con tres puntos de distribución principales: cabecera (ubicado en el distrito de Huancayo-sector Torre Torre), HUB 1 (oficina central) ubicado en el distrito de Huancayo y HUB 2 (oficina sede El Tambo) ubicado en el distrito de El Tambo, en cada uno de ellos se cuenta con una OLT EPON para la distribución de internet hacia los nodos ópticos, esta topología es jerárquica y en árbol.

Mientras que la parte de la red de conexión de los usuarios (ONT) hacia los nodos ópticos tiene topología en bus.

3.1.3.1 Equipos componentes de la red EoC

En Cabecera se encuentran los equipos encargados de la trasmisión de la señal de CATV y señal de datos, por medio de fibra óptica se envía ambas señales hacia las OLT y amplificadores de cada HUB, estos a su vez las distribuyen a los nodos ópticos que administran; en cabecera también se cuenta con una OLT y amplificador para la distribución hacia los nodos. A continuación se describen los equipos principales de la red EoC.

A. Routerboard Mikrotik

Ubicado en la cabecera, es un router usado para la gestión de la ISP (control de tráfico, y gestión de usuarios) También es usado para distribución de internet hacia las OLT ubicadas en cabecera y los HUB. El modelo usado es el RB1100 que posee las siguientes características.

- **Procesador:** PowerPC MPC8544/ 800 Mhz
- **Memoria:** 512MB (admite hasta 1.5GB).
- **Puertos:** 13 puertos LAN/WAN GE 10/10/1000Mbps
- **Sistema operativo:** MikroTik RouterOS v4
- **Fuente de alimentación:** 1 conector estándar de 110/220V, 12-24VDC Jack

B. Transmisor óptico y amplificador

El transmisor óptico se ubica en cabecera, se encarga de recibir la señal de RF (señal para CATV) de los combinadores, convirtiendo la señal eléctrica en señal óptica (pulsos de luz); para ser enviado por la fibra óptica hacia los nodos ópticos que administra la cabecera y a los amplificadores que se ubican en los HUB. Por su parte el amplificador se ubica en los HUB, reciben la señal óptica RF y la re distribuye hacia más nodos ópticos.

C. OLT

Se tiene 3 OLT EPON de 4 salidas (uno en cabecera y dos ubicados en los HUB), este equipo envía la señal óptica de datos hacia los nodos ópticos. El OLT usado es el modelo 1004D de la marca FOT que tiene las siguientes características.

- **Distancia de transmisión:** 20 km
- **Puertos EPON:** 4
- **División por puerto EPON:** hasta 1:64
- **Velocidad:** 1,25 Gbps downstream y 1.25 Gbps upstream
- **Puertos UPLINK:** 4 puertos RJ 45
- **Potencia TX y RX:** 1-7 dbm (TX) , - 27dbm (RX)
- **Modo de gestión:** SNMP, Telnet y CLI

D. Divisor óptico y ODF (Distribuidor de fibra óptica)

Se ubican la cabecera y los HUB, los divisores ópticos se encargan de dividir las señales ópticas del transmisor óptico y la OLT en diferentes salidas, estas salidas se acoplan al cable de fibra óptica por medio de los ODF para su distribución hacia los nodos que se encuentran ubicados en diferentes sectores.

E. Nodo óptico

Este equipo recibe la señal óptica de RF y datos, en su interior posee un receptor óptico para la señal de TV y una ONU para para la señal óptica de datos. Estos nodos poseen el EoC master, que se encarga de combinar ambas señales para distribuirlas por las salidas por medio de cable coaxial hacia los modem esclavos. El modelo empleado en este caso es el KT'S ONB42, cada uno de ellos contiene una ONU y 4 EoC master, tiene las siguientes características.

- **Parámetros de CATV:** Rango de frecuencia 87 – 1000 MHz, potencia de recepción de 0 hasta -7dBm.
- **Parámetros de datos EOC:** Rango de frecuencia 7.5 – 65 MHz, tiene 4 módulos.
- **Interface:** 4 puertos de 10/100/1000M, 1 puerto EPON SC/UPC-PX2.
- **Parámetros ONU.** Admite hasta 1,2 Gbps
- **Fuente de alimentación:** 150-250V
- **Módulos EOC:** 4 cada uno admite hasta 300 Mbps

F. Modem esclavo

Es el equipo instalado en el hogar del usuario se utiliza para demodular la señal mixta que viene por el cable coaxial (CATV e internet) y enviarla por los puertos de salida correspondientes. El modelo usado es el HKT-EOC que posee:

- **Banda:** 500 Mbps
- **Puertos:** 1 Cable WAN, 3 puertos LAN Rj 45 10/100 M, 1 F- conector para cable coaxial (Salida de señal RF para TV).
- **Parámetros WIFI:** Rango de frecuencia 2.4 – 2.4835 GHz, hasta 120 metros en transmisión, trabaja en 13 canales de transmisión.
- **Parámetros EOC:** Rango de frecuencia 7.5 – 65 MHz, tecnología de modulación OFDM.
- **Señal CATV:** Rango de frecuencia 87 – 1000 MHz, pérdida por reflexión 16 db.
- **Fuente de alimentación:** 12 VDC

3.1.3.1 Redes desplegadas

A. Red Principal:

Se conforma por la red de fibra óptica que se extiende desde la cabecera y los HUB hasta los nodos ópticos. El cable de FO usado es ADSS de 96 hilos y se hacen uso de los hilos 1 al 48 (buffer azul, naranja, verde y marrón).

B. Red de distribución

Conformada por la red de cable coaxial, inicia en los nodos ópticos hasta los puntos de conexión de los usuarios denominados taps. Se emplea el cable coaxial RG 500.

C. Red de Conexión

Es la red que permite la conexión entre el modem esclavo y los puntos de conexión (Taps). Se emplea cable coaxial RG 6.

3.1.4. Alcance y características del tráfico de red

3.1.4.1. Trafico de la red

De acuerdo a las características técnicas de los nodos ópticos, cada ONU soporta un tráfico de hasta 1,2 Gbps que es la misma velocidad que ofrece la OLT EPON.

El dimensionamiento de la OLT para la red EoC es de 20 ONU's, es decir 5 ONU por cada salida de la OLT. La asignación del ancho de banda para cada ONU resulta de la división del ancho ofrecido por la OLT y su dimensionamiento ($1,2 \text{ Gbps}/5 = 240 \text{ Mbps}$).

El ancho de banda requerido por cada cliente se establece en 4 Mbps, esto porque se ofrece el servicio de internet en 2 y 4 Mbps. Considerando ambos datos (ancho de banda requerido y el ancho de banda disponible por ONU) se establece que cada nodo óptico administra en promedio 60 usuarios.

Es importante mencionar que el ancho de banda asignado a cada usuario podría ser mayor o el nodo óptico podría administrar más usuarios, pero se debe considerar que si en la red existen demasiados usuarios con anchos de banda superior al promedio ese podría implicar problemas como la lentitud y poco rendimiento de la red

3.1.4.2. Alcance de la red

La red EoC tiene implementados 49 nodos ópticos en total distribuidos de la siguiente manera:

- El Tambo: 37 nodos ópticos
- Huancayo: 12 nodos ópticos
- Chilca: no se tienen nodos ópticos

Cada uno de los nodos ópticos en promedio administra 60 modem esclavos, Por lo que se concluye que la red EoC implementada puede alcanzar un promedio de 2940 usuarios asignando un ancho de banda en promedio de 4 Mbps.

3.2. Diseño Lógico

Para el diseño de la red FTTH se emplearan elementos ya implementados en la red EoC, como el despliegue de los cables de fibra óptica y los HUB como centros de distribución.

3.2.1. Diseño de la topología

El diseño FTTH se basa en el estándar GPON, el cual ofrece velocidades de 2.48 Gbps en el canal descendente y 1,2 Gbps en el canal ascendente, la red FTTH se comporta de dos maneras en su funcionamiento. Primero se comporta como una red punto a multipunto cuando se transmiten las señales hacia los usuarios por el canal descendente, y segundo tiene comportamiento punto a punto cuando el usuario trasmite su información hacia la central por el canal ascendente.

Para la distribución y conexión se empleara una arquitectura jerárquica tipo árbol ya que se usan divisores ópticos para llegar hasta las ONU/ONT instaladas en los usuarios. Es importante que la red principal cuente con redundancia, de lo contrario algún fallo en la red principal afectaría a todas las demás redes.

3.2.2. Parámetros para el diseño de la red FTTH

A. Parámetros del alcance de la Red.

Según el estándar ITU-G.984, para una red pasiva GPON se considera de lo siguiente.

Tabla 7.

Parámetros de alcance de red

DESCRIPCION	PARAMETRO	ESTANDAR
Alcance lógico	60 km	ITU-G.984.1
Alcance físico	20 km	ITU-G.984.1
Retardo medio de transferencia de señal	1.5 ms	ITU-G.984.1
Nivel de splitt máximo	1:64	ITU-G.984.1
	Clase A: 5 a 20 db	
Rango de atenuación	Clase B: 10 a 25 db	ITU-G.984.2
	Clase C: 15 a 30 db	

Fuente: Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa Amitel SAC. Chayña Burgos (2017)

Elaboración: Propia

B. Parámetros de la fibra óptica

Los parámetros están definidos por el estándar ITU G984.2, se detallan a continuación.

Tabla 8.

Parámetros de atenuación por fibra óptica

Descripción	Atenuación
Fibra óptica 1310nm (KM)	0.4 db
Fibra óptica 1550nm (KM)	0.3 db
Empalme por fusión	0.1 db a 0.2 db
Empalme mecánico	0.5 db
Perdidas por conector	0.3 db a 0.5 db

Fuente: Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa Amitel SAC. Chayña Burgos (2017)

Elaboración: Propia

C. Parámetros por división óptica.

Los parámetros están definidos por el estándar ITU G984.2, se detallan a continuación.

Tabla 9.

Atenuación por nivel de división

Nivel de división	Atenuación
1:2	3.01 db
1:4	6.02 db
1:8	9.03 db
1:16	12.04 db
1:32	15.04 db
1:64	18.07 db
1:128	21.08 db

Fuente: Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa Amitel SAC. Chayña Burgos (2017)

Elaboración: Propia

D. Parámetros por ONU y OLT

Los parámetros están definidos por el estándar ITU G984.2, se detallan a continuación.

Tabla 10.

Parámetros de OLT

Descripción	Potencia
Potencia min de lanzamiento	1.5 dBm
Potencia max de lanzamiento	5 dBm
Potencia min de recepción	-28 dBm

Fuente: Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa Amitel SAC. Chayña Burgos (2017)

Elaboración: Propia

Tabla 11.

Parámetros de la ONU

Descripción	Potencia
Potencia min de lanzamiento	0.5 dBm
Potencia max de lanzamiento	5 dBm
Potencia min de recepción	-27 dBm

Fuente: Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa Amitel SAC. Chayña Burgos (2017)

Elaboración: Propia

E. Presupuesto Óptico

Se refiere al cálculo de la atenuación óptica total. Se empleara la siguiente formula:

$$AT = (\text{Atenuación splitter 1} + \text{atenuación splitter 2}) + (\text{atenuación Fibra/km} * \text{Distancia}) + (\text{Atenuación empalme} * \text{N}^\circ \text{ empalmes}) + (\text{atenuación conector} * \text{N}^\circ \text{ conectores})$$

La atenuación total no debe superar los 28 db, esto de acuerdo a las tablas 9 y 10 donde se indica el límite de sensibilidad tanto para las OLT y ONU. Además se debe considerar 3 db de seguridad esto para asegurar que el diseño no sobrepase el umbral definido. Es decir la atenuación total debe llegar hasta 25 db.

3.2.3. Diseño de la red FTTH

El diseño de la red FTTH para este proyecto tiene como base albergar un promedio de 4000 clientes. Al estar basado en el estándar GPON y de acuerdo a la tabla 6 se considera el nivel de spliteo máximo en 64 clientes para cada salida de la OLT,

es decir se requerirán un total de 64 puertos PON y 64 fibras activas para alcanzar la cantidad deseada.

El despliegue de la red se hará en sectores donde no se tenga cobertura de la red EoC, cada nuevo sector que es implementado, se dimensionara al 40%, pero será diseñado con el objetivo de alcanzar el 100% de casas de cada sector definido.

3.2.3.1. Diseño de la red principal

Se implementa un tercer HUB en el distrito de El Tambo, por lo que la red tendrá en total 4 centros para la distribución (cabecera y tres hub's). Cada HUB es alimentado desde cabecera con un enlace de dos fibras ópticas que transmiten la señal de datos y la señal RF. Los HUB's cuentan con una OLT, un amplificador y un WDM, así cada uno de ellos se encargara de combinar la señal para luego distribuirla.

En resumen se tendrán tres enlaces principales: CABECERA – HUB 1, CABECERA – HUB 2 Y CABECERA - HUB 3. La imagen 14 muestra la conexión entre ellos.

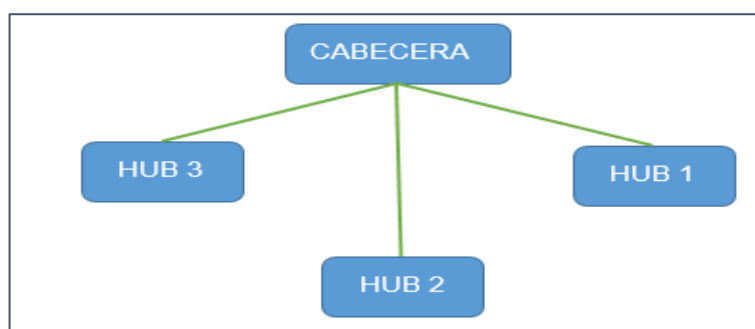


Figura 14. Diagrama de conexión cabecera – HUB

Elaboración: Propia

En cabecera también se cuenta con una OLT y WDM para la distribución, por lo que también habrá un enlace interno entre el mikrotik principal y la OLT de cabecera.

La ubicación de los HUB's es como sigue:

- a. **HUB 1 – Oficina central:** Se ubica en el distrito de Huancayo
- b. **HUB 2 - Oficina sede El Tambo:** Se ubica en el distrito de El Tambo.
- c. **HUB 3:** Se ubica en el distrito de El Tambo.

El enlace entre los HUB's y cabecera es mediante cable de fibra óptica ya desplegados para la red EoC, que son cables de 96 hilos. Es decir se tendrán tres redes de fibra óptica que conectarán cada HUB con la Cabecera. Solo se emplearán 2 hilos para la transmisión de datos y señal RF hacia cada HUB. A continuación en la figura 15 se muestra la distribución de los HUB's y el cable de F.O. que los une.



Figura 15. Ubicación de HUB's y redes principales

Fuente: Imagen Google Earth

Elaboración: Propia

El enlace Cabecera – HUB 3, pasa por el HUB 1 por lo que se coloca una bandeja donde los hilos que alimentan al HUB 3 pasen en dirección hacia esta. Entonces en el cable que une Cabecera con HUB 1, se emplearan 4 hilos por donde se transmitirán las señales hacia el HUB 1 y el HUB 3.

La distancia promedio de cada cable es como sigue:

Tramo Cabecera – HUB 1: 4.2 km

Tramo HUB 1 – HUB 3: 3,9 km

Tramo Cabecera – HUB 2: 7,5 km

3.2.3.2. Diseño de la red distribución

La red de distribución se conforma con las conexiones entre los HUB's y los divisores ópticos de primer nivel. Los divisores ópticos de primer nivel se ubicaran en cada sector donde se implementará el servicio de FTTH, se podrá implementar más de un divisor de primer nivel dependiendo del área del sector que se implementa. Pero solo se usara un divisor óptico por cada fibra activa que salga de la OLT. El nivel de división cambia dependiendo de la distribución de los clientes en cada sector.

Como el OLT GPON de cada HUB cuenta con 16 puertos, en total cada HUB podrá administrar como máximo 16 sectores y cada sector tendrá la capacidad de soportar hasta 64 clientes. La conexión de cada HUB con los divisores de primer nivel se muestra en la figura 16.

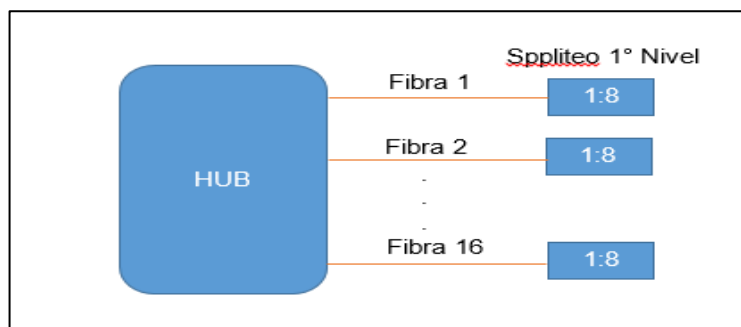


Figura 16. Diagrama de conexión de HUB- divisor de 1° nivel
Elaboración: Propia

La distribución de los hilos activos de las OLT's se hace por dos redes definidas a continuación:

A: Red de distribución primaria:

Esta red hace uso de los cables de fibra óptica desplegados para los enlaces principales. Esto con la finalidad de evitar el despliegue de fibra óptica innecesaria y aprovechar los hilos oscuros en dichos cables.

Como cada OLT tiene 16 salidas se requerirá un cable de FO como mínimo con el doble de fibras ópticas es decir 32 hilos. Los cables desplegados en esta red son de 96 hilos, y se usaran los hilos del 60 al 96 (buffer blanco, rojo y negro) para el despliegue de la fibra óptica hacia los sectores que se implementan.

Las redes de distribución primaria son como sigue:

a) CABECERA: Se tiene 2 cables de F.O. de 96 hilos, uno en dirección hacia el HUB 2 y otro hacia el HUB 1.

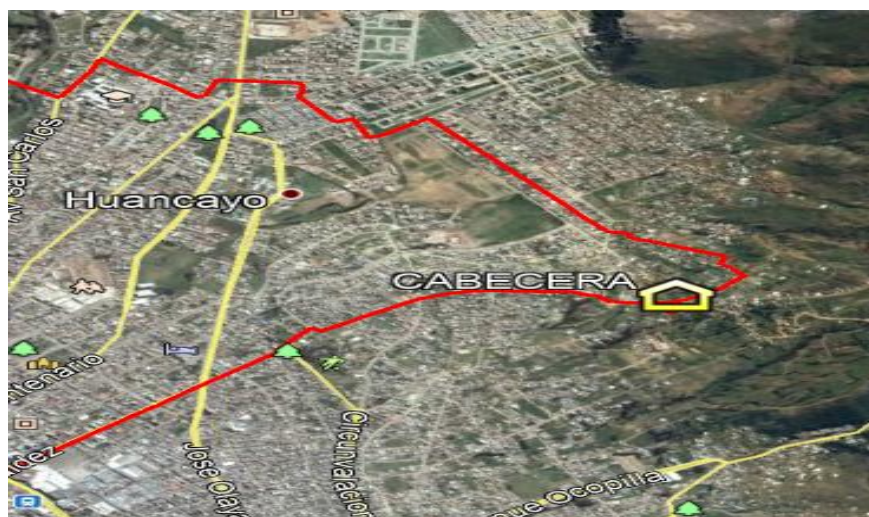


Figura 17. Red de distribución primaria de Cabecera.
Fuente: Imagen Google Earth
Elaboración: Propia

b) HUB 1: Se tiene 2 cables de F.O. de 96 hilos, uno en dirección hacia Cabecera y otro hacia el HUB 3.

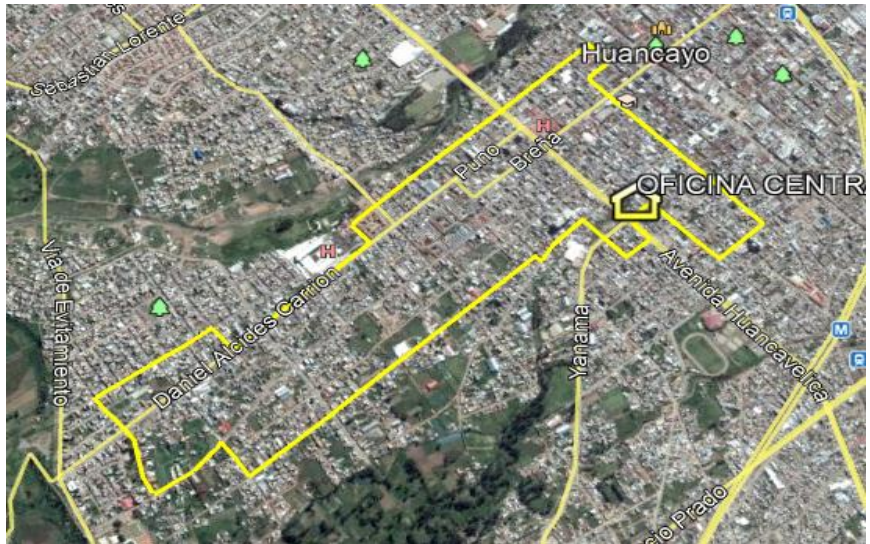


Figura 22. Red de distribución secundaria de HUB 1
Fuente: Imagen Google Earth
Elaboración: Propia

c) HUB 2: Se tiene 1 cable de F.O. (96 hilos) que forma un anillo.



Figura 23. Red de distribución secundaria de HUB 2
Fuente: Imagen Google Earth
Elaboración: Propia

d) HUB 3: Se despliega 1 cable de F.O. (96 hilos) que forma un anillo.

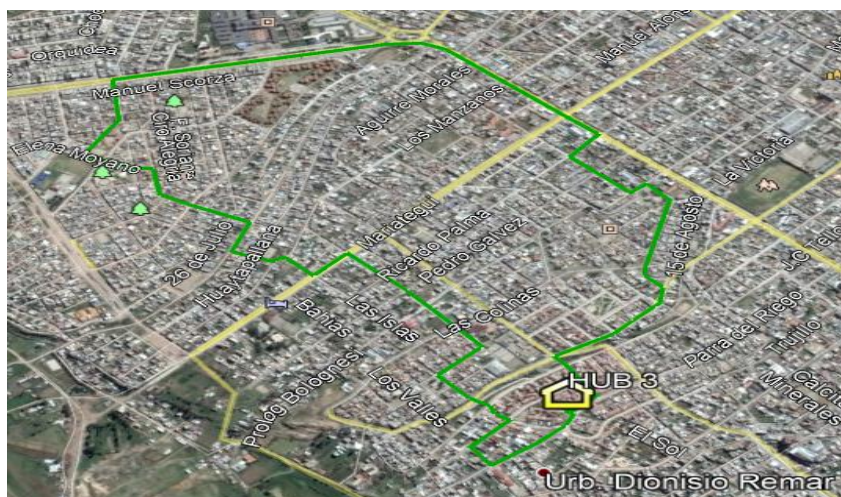


Figura 24. Red de distribución secundaria de HUB 3

Fuente: Imagen Google Earth

Elaboración: Propia

Los hilos que alimentan a cada divisor óptico de 1° nivel se distribuyen por cada una de las salidas del HUB o de cabecera, dependiendo de la ubicación del sector que se implementa, además cada divisor óptico de primer nivel es instalado en un lugar accesible. Veamos el ejemplo 1.

Ejemplo 1: Se requiere implementar el servicio FTTH en un condómino de la Urbanización La Merced en Huancayo, se toma un hilo activo de la OLT ubicada en Cabecera y que se encuentra en la red de distribución primaria en el tramo cabecera hacia El Tambo, esto por su cercanía a Cabecera. El divisor óptico de primer nivel se instala en la entrada del condominio en mención.

La figura 25 muestra la distribución de los cables de F.O. primarios y secundarios.

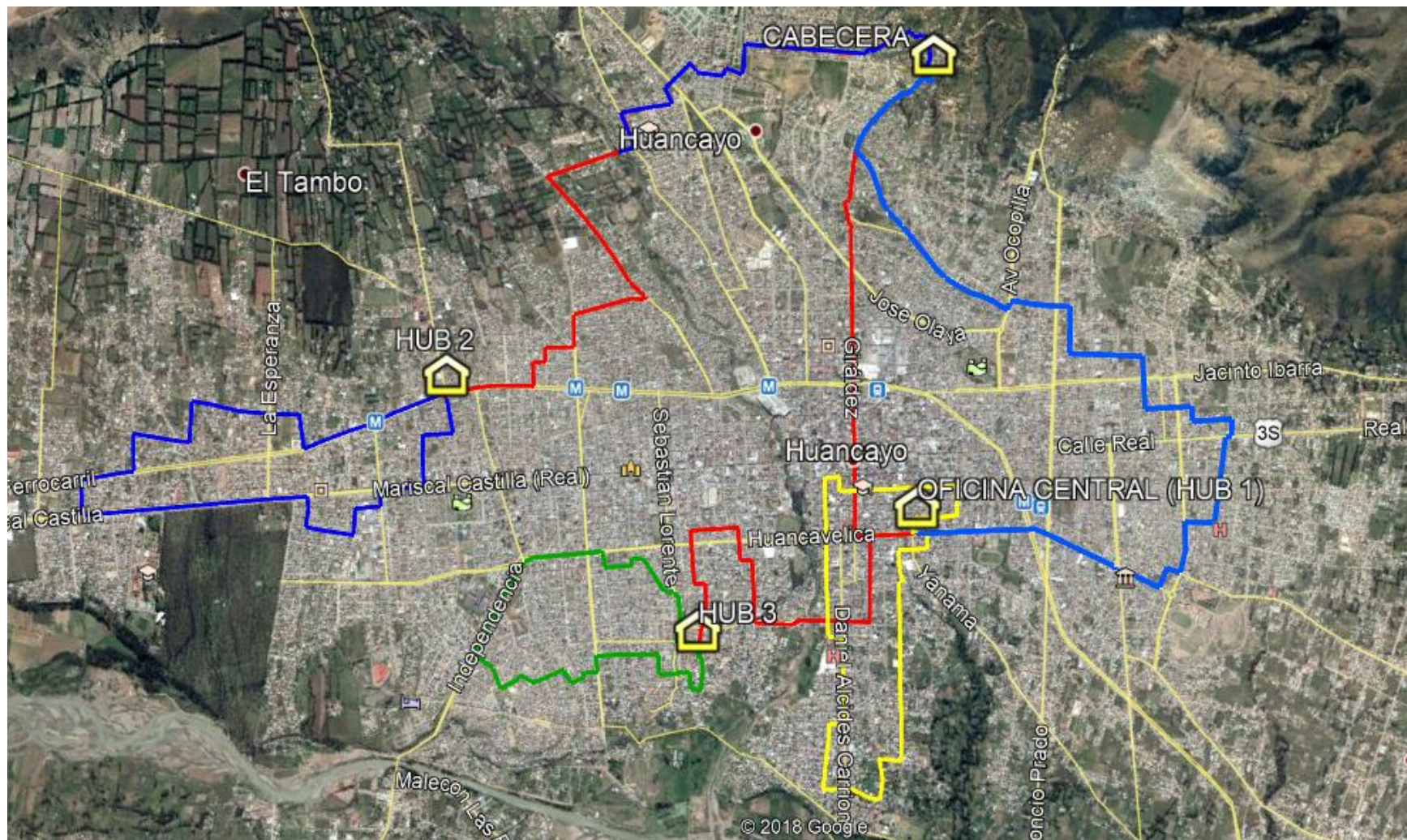


Figura 25. Redes desplegadas por Red Intercable Perú SAC
Fuente: Imagen Google Earth
Elaboración: Propia

3.2.3.3. Diseño de la red conexión

La red de conexión se compone del cable desplegado desde el divisor de primer hasta el divisor de segundo nivel y la parte drop o acometida que llega hasta la ONU del cliente. La figura 26 muestra la conexión entre el divisor de primer nivel y el usuario final.

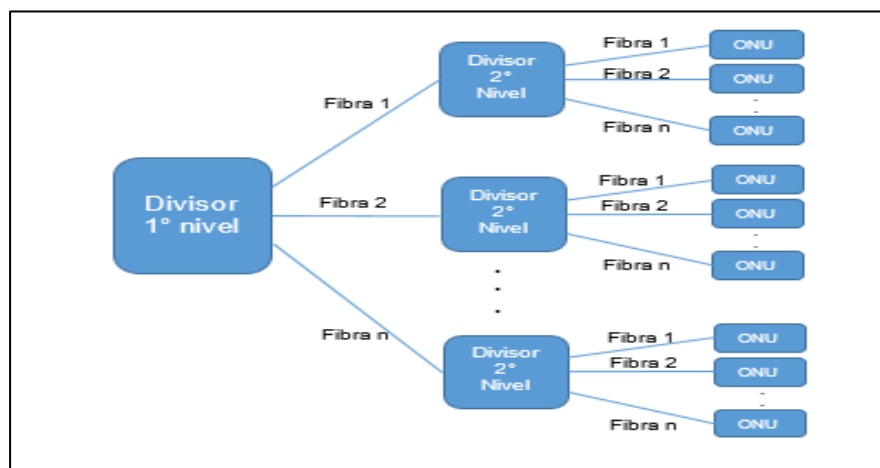


Figura 26. Diagrama de la red de conexión
Elaboración: Propia

Donde “n” representa el nivel de spliteo que se usa en cada división. Para este caso se emplea dos niveles de división óptica, en ambos casos se usa divisores de 1:8. Sin embargo esta división puede cambiar dependiendo de la cantidad y distribución de los usuarios. Es importante recordar que de cada divisor óptico de primer nivel solo podrá alcanzar hasta 64 ONU's. Veamos el ejemplo 2 para tener mejor la idea del dimensionamiento.

Ejemplo 2. Se requiere implementar el servicio de FTTH en un sector que cuenta con 70 casas, se considera el 40% de penetración es decir 28 casas, entonces son necesarios 3 divisores de segundo nivel de 1:8, como la red debe alcanzar el 100 % se necesitan 5 divisores adicionales de 1:8 alcanzando el 91% lo cual es aceptable. El divisor de primer nivel también será de 1:8. El divisor de primer nivel es alimentado por un hilo activo de la red de distribución primaria o secundaria dependiendo de su ubicación y cercanía a un HUB.

Para la conexión del divisor de primer nivel y el de segundo nivel se emplea cable de 24 hilos, mientras que la acometida o drop se emplea fibra óptica de dos hilos.

3.2.3. Selección de protocolos de enrutamiento

Al red está basada en el estándar GPON, por ello para la trasmisión de datos por la longitud de onda 1490 nm hacia la ONU/ONT se utiliza broadcast, cada

ONT/ONU es capaz de filtrar el tráfico que le corresponde gracias a las técnicas de seguridad AES (Advanced Encryption Standard).

Para el tráfico enviado por la ONU/UNT por la longitud de onda 1310 nm hacia el OLT, se utiliza TDMA (Time Division Multiple Access), este protocolo asegura que la transmisión sea mediante ráfagas sincronizadas y sin colisiones.

También se empleara el protocolo de encapsulamiento GEM, definido por la ITU G.984 para GPON, es un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 μ s el cual nos permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.)

Como el diseño propone el envío de datos y señal RF hacia el usuario, se requiere enviar tres longitudes de onda (1490 nm, 1310 nm y 1550 nm) por una misma fibra sin que interfieran una con otra, por ello se emplea la tecnología WDM (multiplexación por división de longitud de onda) para combinar las señales que se transmiten y puedan llegar al usuario sin inconvenientes.

3.2.4. Estrategias de seguridad y gestión de la red

3.2.4.1. Seguridad Planta interna

- ✓ Contar con un generador portátil (GEP) de 10 Kw en cabecera, para asegurar la funcionalidad de los equipos ante cortes de energía.
- ✓ Para los HUB se cuenta con UPS que mantendrán funcionando los equipos ante ausencia de energía.
- ✓ Implementar cronogramas de mantenimiento de equipos.
- ✓ Se cuenta con un sistema de aires acondicionados en cabecera que mantiene la temperatura de la sala de equipos en 23°C.

3.2.4.2. Seguridad Planta externa

- ✓ Cronogramas de mantenimiento preventivo, para verificar el estado de los cables de FO desplegados y evitar puntos de avería o atenuación; además de asegurar la funcionalidad de los puntos de distribución.
- ✓ Realizar mediciones en hilos activos, para identificar puntos de atenuación y realizar la optimización.
- ✓ Habilitación de hilos oscuros, esto ante posibles habilitaciones de nuevos servicios, migraciones o ampliación de cobertura.

3.2.4.3. Estrategias de gestión de la red

- ✓ Se implementó un nuevo router mikrotik para la gestión de los usuarios de FTTH para tener mejor gestión de los usuarios
- ✓ Creación de accesos VPN para los administradores de la red.
- ✓ Se tiene implementados firewall para evitar ataques desde redes externas.

- ✓ Crear backups de seguridad de los equipos mikrotik ante posibles fallos del equipo, resets, etc.

3.3. Diseño Físico

En esta sección se selecciona la tecnología adecuada y los equipos para la red propuesta. La selección de los equipos estará basado en su funcionalidad técnica, interoperabilidad con otros equipos, disponibilidad, soporte y costo. Cabe indicar que el diseño no está limitado al uso de una marca o equipo en específico.

3.3.1. Selección de tecnología y dispositivos de empresa

A. OLT GPON:

Se requiere 4 OLT de 16 puertos con el estándar GPON, estos equipos deberán estar alineados con el estándar ITU G.984 y cumplir con las características de transmisión y parámetros definidos en la fase número 2. El nivel de división por puerto depende del equipo y la marca, el estándar más común es de 64, pero también puede ser de 128. Para este caso se emplea el OLT GPON de marca Kingtype con las siguientes características.

- **Distancia de transmisión:** 20 km
- **Puertos GPON:** 16
- **División por puerto:** hasta 1:128 (recomendado hasta 64)
- **Velocidad:** 2,5 Gbps downstream y 1.25 Gbps upstream
- **Longitud de onda:** TX en 1490 nm y RX en 1310 nm
- **Conector:** SC/PC
- **Potencia TX y RX:** 1 a 5 dbm (TX) , -28 dbm (RX)
- **Capacidad de conmutación de carga:** 272 Gbps
- **Alcance de ONU:** 2048
- **Funciones GPON:** Es compatible con el estándar ITU G.988. Soporta encriptación de datos bidireccional, puertos VLAN, multicast, separación de datos. Auto-identificación de ONU, soporta IGMP proxy, etc.

Es importante mencionar que la cantidad de usuarios que administra la OLT depende de la cantidad de puertos y su dimensionamiento.

B. EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier)

Es un amplificador óptico con WDM, se encarga de combinar la señal RF proveniente del transmisor óptico u amplificador y la señal óptica de datos proveniente del OLT, un EDFA tiene tantas salidas como entradas tenga. Para este proyecto se considera los EDFA de 16 puertos. Cada HUB tendrá un EDFA

instalado por lo que se requieren 4, las salidas del EDFA irán conectadas al cable de FO de distribución por medio del ODF. La selección del modelo será acorde a la necesidad de la empresa en este caso se recomienda usar el modelo FWAP-1550H de la marca HUAWEI que tiene las siguientes características:

- **Interface:** 1 puerto para CATV, 16-64 puertos PON (SC/APC), 16-64 puertos de salida (SC/APC, SC/PC).
- **Potencia óptica de entrada:** -10 a 10 dBm
- **Potencia óptica de salida:** 28 a 45 dBm
- **Fuente de alimentación:** 220 VAC – 48 VDC

Es importante mencionar que de la cantidad de salidas del EDFA dependerá la cantidad de sectores que se desean cubrir.

3.3.2. Selección de tecnología y dispositivos de campus

A. Divisores ópticos

Se emplean dos niveles de división óptica, siendo en ambos casos de 1:8, pero también se incluyen divisores de 1:4 para el primer nivel y divisores de 1:16 en segundo nivel para algunos casos.

Los divisores de primer nivel se acondicionan dentro de los armarios. Los divisores de segundo nivel se acondicionan dentro de las cajas de terminación óptica (cajas NAP).

B. Cajas de empalme

Comúnmente llamadas mufas, se emplean cajas que tengan 6 puertos de entrada/salida y 4 bandejas con capacidad de contener hasta 24 empalmes.

Por su parte los **armarios** son cajas de empalme especiales donde se acondiciona el divisor óptico.

C. Cajas de terminación óptica

También conocidas como cajas NAP, la función de estas cajas es la de distribuir el cable drop hacia las ONU o dar continuidad a las fibras activas hacia otras cajas. Las cajas NAP tienen 4 bandejas de empalme en su interior, donde se acondiciona el divisor óptico, cada bandeja de empalme puede contener hasta 24 empalmes. En este caso se emplearán cajas de 8 salidas y 16 salidas para la parte de acometida o drop.

D. Cable de fibra óptica

El cable de fibra óptica utilizado es monomodo ADSS que cumple el estándar G 652.D. Se emplea cables de Fibra de 96 hilos (red principal y distribución), 24 hilos o 12 hilos (red de conexión). Actualmente ya se tiene el tendido de las redes principales y distribución. El cable de F.O. usado es del fabricante AKSH OPTIFIBRE. A continuación se presentan las características de este tipo de cable.

Tabla 12.

Características del cable de F.O. ADSS

NºFibras (XXX)	Total Elementos (tubos+relleno)	Diámetro (mm)	Peso (kg/km)	Tensión Máxima Operación (N)	Tensión Máxima (N)
24	6 (2+4)	11.0 ± 0.5	95	1500	6000
48	6 (4+2)	11.0 ± 0.5	95	1500	6000
96	8 (8+0)	12.0 ± 0.6	120	1500	6000
144	12 (12+0)	15.0 ± 0.7	180	1500	6000

Fuente: Especificaciones técnicas cable óptico ADSS. Disponible en: <http://www.nexus.com.pe/productos-detalle/aksh-optifibre-ad10-096-s-cable-de-fibra-optica-de-96-hilos-smf/>

Elaboración: Nexus technology (2015)

Otras características:

- Atenuación: 0.34 dB/km (1310 nm) y 0.22 dB/km (1550 nm)
- Tensión máxima: 6000 N (rotura),
- Penetración de agua: No presenta
- Temperatura: -30°C a 70°C
- Vano de instalacion: 100 metros (recomendado para instalaciones en zonas urbanas)
- Viento máximo: ≤30 km/h
- Flechado: 1.5%

El cable de Fibra óptica para la parte de drop es de dos hilos estándar G.657 A la distancia máxima entre la ONU y la caja NAP es de 250 metros.

E. ONU/ONT

Debe contar con un puerto de entrada para fibra óptica, deberá ser capaz de demodular la señal óptica combinada enviada por el EDFA en la señal de RF y datos y enviarla por los puertos indicados. Para este caso se considera el ONU de la marca Kingtype ya que la OLT es de la misma marca, aunque esta puede cambiar. El GPNF04 de la marca Kingtype, tiene las siguientes características:

- **Interface GPON:** 1 puerto SC/UPC clase B
- **Interface Ethernet:** 1x10/100/1000M auto-negociable 3x100M auto-negociable.
- **Interface RF:** 1 puerto F para conexión a CATV.
- **Interface WIFI:** Estandar IEEE802.11b/g/n, 150Mbps, Dual Antenna: 7dBi.
- **Estándares:** ITU-T G.984, ITU-T G.988
- **Potencia TX y RX:** 1 a 5 dbm (TX) , -28 dbm (RX)

3.4. Pruebas y optimización

Para la verificación de la red diseñada se define el plan de pruebas que será realizado en campo.

3.4.1. Plan de pruebas

Para la verificación del funcionamiento de la red se realiza la implementación del servicio en dos sectores. Considerando escenario 1 al primer sector y escenario 2 al segundo sector.

3.4.1.2. Escenario 1

a) Ubicación del sector

Se ubica en el distrito de Chilca, a la altura del cuartel 9 de diciembre, la figura muestra la ubicación y extensión del sector.

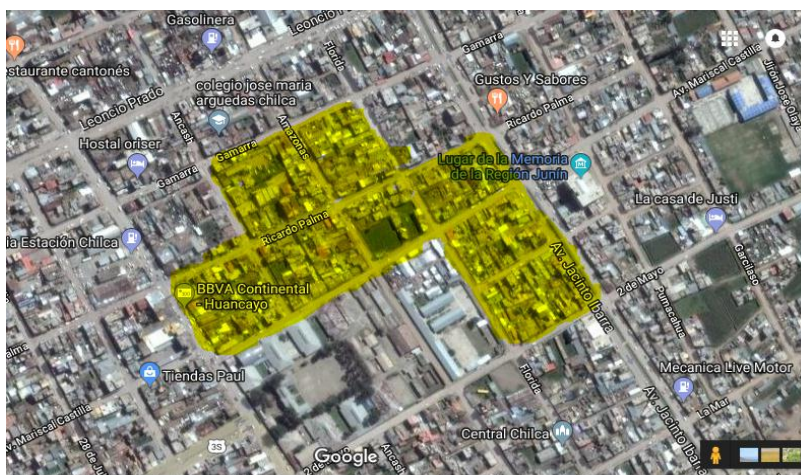


Figura 27. Ubicación del sector de prueba 1

Fuente: Imagen Google Earth

Elaboración: Propia

b) Dimensionamiento del sector

El sector abarca en total de 8 manzanas. Se tiene en promedio 158 casas, con penetración del 40% se tiene 63 casas posibles para abonados. Se emplea dos niveles de división de 1:8

Divisores de Segundo nivel: $63/8 = 7.8$ equivalente a 8

Divisores de primer nivel: $8/8 = 1$

Fibras activas utilizadas de la OLT: 1

En total se requerirán 8 cajas NAP que contendrán cada uno de ellos 1 divisor óptico de 1:8, y 1 caja de empalme (Armario) que tendrá el divisor de primer nivel de 1:8. Para alcanzar el 100% de cobertura del sector se requiere dos divisores de primer nivel de 1:8 (se alcanza 128 usuarios lo que representa el 82 % de todo el sector). Como ya se tiene 1 se deja otro hilo de reserva, las buenas prácticas indican que se debe dejar el doble de hilos requeridos por lo que en total se tiene 4 hilos, 1 activo y tres en reserva.

c) Despliegue de la red de distribución

Se toma un hilo activo proveniente de la OLT en cabecera, que se encuentra en la red de distribución secundaria de cabecera hacia el HUB 1 y se conecta con el armario.



Figura 28. Despliegue de la red de distribución hacia el sector 1

Fuente: Imagen Google Earth

Elaboración: Propia

La distancia promedio del punto de empalme de la red de distribución secundaria (Mufa) hasta el armario es de 420 m. Se usa cable de F.O. de 48 hilos y se utiliza 4 hilos de dicho cable.

d) Despliegue de la red conexión

Se tiene 8 hilos activos salientes del divisor 1° nivel, se usa un cable de F.O. de 24 hilos desde el armario hacia una caja de empalme de donde saldrán dos cables de 12 hilos. La ruta "A" conectara las cajas 5, 6, 7 y 8, y la ruta "B" las cajas 1, 2, 3 y 4. Cada caja NAP contiene los divisores de segundo nivel. La imagen muestra la distribución de las 8 cajas NAP de segundo nivel, cada una tiene 8 salidas para drop:



Figura 29. Despliegue de la red de conexión y cajas NAP del sector 1
Fuente: Imagen Google Earth
Elaboración: Propia

e) Cálculo de parámetros

Para verificar si el diseño cumple con el presupuesto óptico, se toma la caja NAP más alejada del sector en este caso la caja NAP 8. A continuación se determinan la cantidad de empalmes conectores y divisores que conforman el tramo hasta la conexión de la caja

- EDFA hacia el cable de F.O. de campo: 2 conectores, 1 empalme.
- Conexión cabecera hacia el Armario: 6 empalmes (mufas)
- Divisor de 1° Nivel (1:8): 9.03 db
- Ruta A (se considera un empalme por cada caja NAP que recorra): 6 empalmes.
- Divisor de 2° Nivel (1:8): 9.03 db
- Salida NAP 4 hacia la ONU: 1 conector.
- Longitud de cable (de cabecera hacia el NAP 8): 4,52 km en promedio

$$AT = (\text{Atenuación splitter 1} + \text{atenuación splitter 2}) + (\text{atenuación Fibra/km} * \text{Distancia}) + (\text{Atenuación empalme} * \text{N}^\circ \text{ empalmes}) + (\text{atenuación conector} * \text{N}^\circ \text{ conectores})$$

$$AT = (18.06) + (0.3 * 4.52) + (0.2 * 13) + (0.5 * 3)$$

$$AT = 23,5 \text{ db}$$

Como se ve la atenuación óptica es menor al límite permitido.

La tabla 13 muestra el cálculo del presupuesto óptico para las demás cajas NAP.

Tabla 13.

Cálculo de presupuesto óptico de cajas NAP sector 1

RUTA	N° CAJA	PRESUPUESTO OPTICO
A	5	23.2 db
	6	23 db
	7	22.8 db
B	1	22.5 db
	2	22.8 db
	3	23 db
	4	23.2 db

Fuente: Red intercable Peru SAC.

Elaboración: Propia

3.4.1.2. Escenario 2

a) Ubicación del sector

Se ubica en el distrito de Huancayo, inicia en el cruce la Av. Huancavelica y Paseo la Breña se extiende hacia el norte hasta el río Shullcas y hacia el Oeste hasta el Jr. Carrión, la imagen muestra la ubicación del sector.



Figura 30. Ubicación del sector de prueba 2

Fuente: Imagen Google Earth

Elaboración: Propia

b) Dimensionamiento del sector

El sector comprende 13 manzanas, se tiene en promedio 247 casas, con índice de penetración del 40% se considera 99 casas como posibles abonados. Se emplea dos niveles de división de 1:8.

Divisores de Segundo nivel: $99/8 = 12.3$ equivalente a 12

Divisores de primer nivel: $12/8 = 1.5$ equivalente a 2

Fibras activas utilizadas de la OLT: 2

Para este caso se usara 12 cajas NAP y 1 caja de empalme para el divisor de primer nivel (armario).

Para alcanzar el 100% de la cobertura del sector, se requiere 4 divisores de 1° nivel de 1:8, con ello se alcanza 256 clientes llegando al 103% de cobertura. Como en el armario ya se tiene dos hilos activos se deja dos más para la ampliación, las buenas prácticas indican que se debe dejar el doble de hilos requeridos por lo que en total se tiene 8 hilos, 2 activo y 6 en reserva.

c) Despliegue de la red de distribución

Se toma dos hilos activos de la OLT en HUB 1 que se encuentran en la red de distribución secundaria. La figura muestra la conexión de la mufa ubicada en la red de distribución y el armario. Se emplea un cable de F.O. de 48 hilos para la conexión.



Figura 31. Despliegue de red de distribución para el sector 2

Fuente: Imagen Google Earth

Elaboración: Propia

En el armario están acondicionados dos divisores de 1:8 y se tiene 6 hilos óptimos como reserva

d) Despliegue de la red conexión

Del armario se tienen como salida 16 hilos activos, se distribuyen en 3 cables de F.O. de 12 hilos cada uno. La ruta A que se subdivide en tres rutas que conectan las cajas NAP del 1 al 8. La ruta B que conecta las cajas 9, 10 y 11 y la ruta C que conecta las cajas 12 y 13. La distribución de las cajas NAP es como lo muestra la figura. Cada caja NAP tiene 8 salidas para la parte drop.



Figura 32. Despliegue de la red de conexión y cajas NAP sector 2
Fuente: Imagen Google Earth
Elaboración: Propia

e) Cálculo de parámetros

Para verificar si el diseño cumple con el presupuesto óptico, se toma la caja NAP más alejada del sector en este caso la caja NAP 8. A continuación se detalla la cantidad de empalmes, conectores y divisiones que existe en el tramo hasta la conexión de la caja.

- Salida del EDFA hacia el cable de FO de campo: 2 conectores, 1 empalme.
- Conexión HUB 1 hacia el Armario: 5 empalmes (mufas)
- Divisor de 1° Nivel (1:8):9.03 db
- Ruta A y ruta A.3 (se considera un empalme por cada caja NAP que recorra): 6 empalmes.
- Divisor de 2° Nivel (1:8):9.03 db
- Salida NAP 8 hacia la ONU: 1 conector.
- Longitud de cable (de HUB 1 hacia el NAP 8): 3,23 km en promedio

$$AT = (\text{Atenuación splitter 1} + \text{atenuación splitter 2}) + (\text{atenuación Fibra/km} * \text{Distancia}) + (\text{Atenuación empalme} * \text{N}^\circ \text{ empalmes}) + (\text{atenuación conector} * \text{N}^\circ \text{ conectores})$$

$$AT = (18.06) + (0.3 * 3.23) + (0.2 * 12) + (0.5 * 3)$$

$$AT = 22,8 \text{ db}$$

Como se ve la atenuación óptica es menor al límite permitido.

La tabla 14 muestra el cálculo de presupuesto óptico para las demás cajas.

Tabla 14.

Cálculo de presupuesto óptico de Cajas NAP sector 2

RUTA	N° CAJA	PRESUPUESTO OPTICO
A	1	22.2 db
	2	22.4 db
	3	22.6 db
	4	22.4 db
	5	22.6 db
	6	22.4 db
	7	22.6 db
B	9	22 db
	10	22.2 db
	11	22.4 db
C	12	22.2 db
	13	22 db

Fuente: Red intercable Peru SAC.

Elaboración: Propia

3.5. Implementación de red

La red FTTH se encuentra en proceso de implementación, el diseño contempla un alcance de 4000 clientes, actualmente se tienen 20 sectores implementados distribuidos de la siguiente manera

Distrito de El Tambo: 7

Distrito de Huancayo: 12

Distrito de Chilca: 1

La red inicio su implementación en Enero del 2017, y hasta Mayo del 2018 ya se cuenta con 632 clientes de FTTH, la figura muestra la cobertura actual de la red FTTH en los distritos de Chilca, Huancayo y El Tambo.

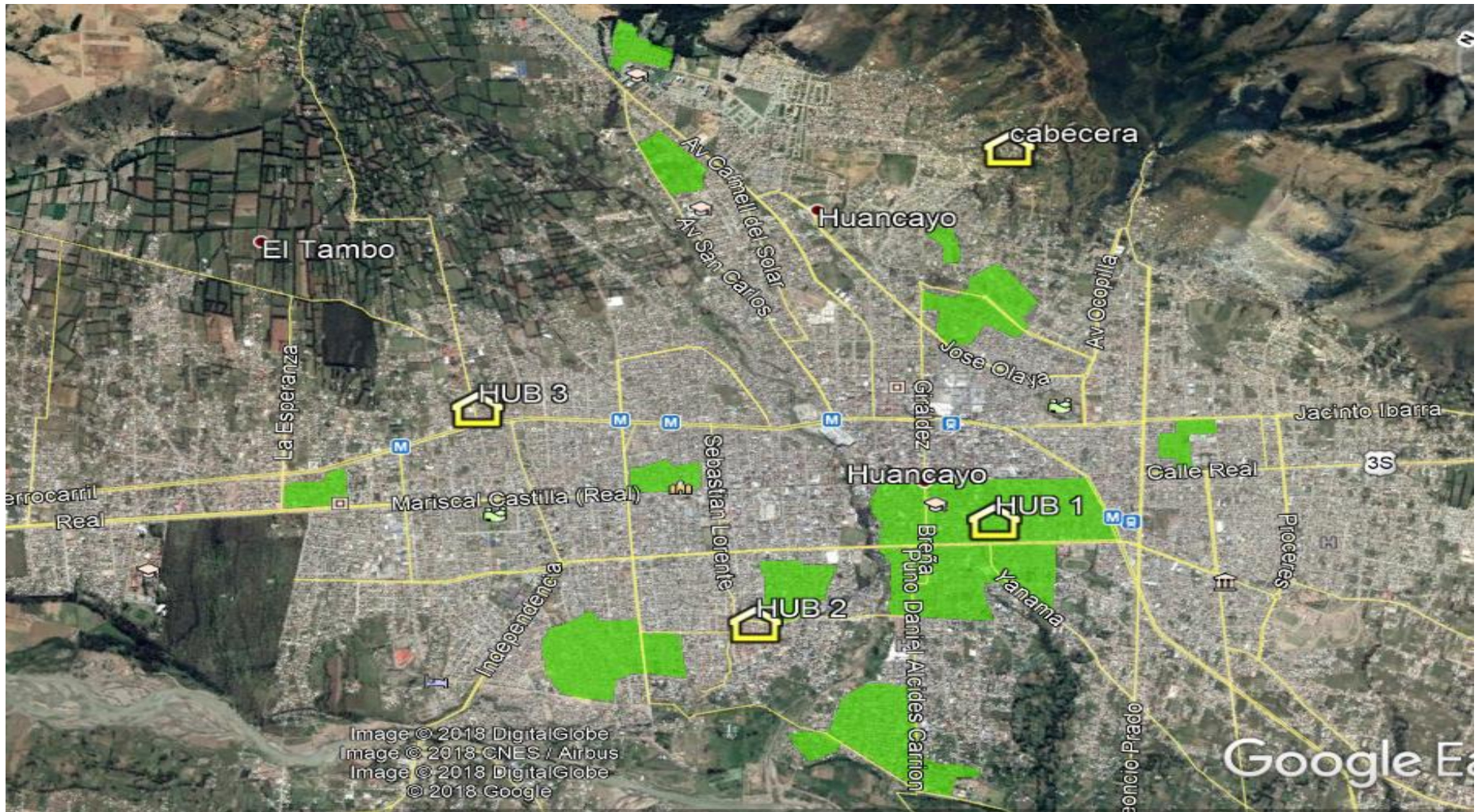


Figura 33. Cobertura FTTH - Red Intercable Peru SAC
Fuente: Imagen Google Earth
Elaboración: Propia

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El capítulo presenta el análisis de los resultados obtenidos luego de la implementación de la tecnología FTTH como medio de acceso al servicio de internet haciendo uso de la metodología Top Down. Para el análisis se realiza un comparativo de los indicadores de la tecnología FTTH con los indicadores de la tecnología EoC. También se presenta la prueba de la hipótesis planteada en el capítulo I. Y por último se presentan algunas recomendaciones y conclusiones de la investigación realizada.

5.1. Evaluación de resultados

Para la evaluación de los resultados obtenidos luego de la intervención metodología presentada en el capítulo III, se analizarán los indicadores identificados en la operacionalización de variables del capítulo I. El análisis presentará cuadros estadísticos y comparativos para las tecnologías que la empresa Red Intercable Perú SAC cuenta para la distribución de servicio de internet.

En este apartado se procede al análisis de la capacidad, alcance y rendimiento de la red FTTH comparado a la red EoC.

5.1.1. Análisis de crecimiento de usuarios

Si revisamos la información presentada en la tabla 4, la red EoC desde el 2015 hasta Diciembre de 2017 alcanzó 1014 clientes. Por su parte la red FTTH inició su implementación en el 2017, hasta Mayo del 2018 se tenía 20 sectores desplegados en los distritos de El Tambo, Huancayo y Chilca alcanzando 632 usuarios. Para el análisis de este indicador se considerará el crecimiento registrado por ambas tecnologías (EoC y FTTH) desde el 2017. La tabla 15 muestra el crecimiento mensual por cada tecnología.

Tabla 15*Crecimiento de usuarios de EoC y FTTH*

Periodo	EoC		FTTH	
	N° Clientes por mes	Total clientes	N° Clientes por mes	Total clientes
mar-17	10	760	23	58
abr-17	15	775	28	86
may-17	14	789	34	120
jun-17	22	811	33	153
jul-17	27	838	35	188
ago-17	31	869	40	228
sep-17	37	906	42	270
oct-17	39	945	30	300
nov-17	34	979	35	335
dic-17	35	1014	42	377
ene-18	34	1048	46	423
feb-18	38	1086	46	469
mar-18	44	1130	50	519
abr-18	40	1170	55	574
may-18	45	1215	58	632

Fuente: Red Intercable Perú SAC**Elaboración:** Propia

Como lo muestra la Tabla 15, en Mayo del 2018 los usuarios de la tecnología EoC alcanzaron llegaron hasta 1215, mientras que los usuarios de la tecnología FTTH llegaron a 632. En 15 meses (desde marzo del 2017) el crecimiento de usuarios de la red EoC fue de 465 usuarios, mientras que el crecimiento de los usuarios de la red FTTH alcanzo 597 usuarios. De acuerdo a las cantidades registradas, la red FTTH tuvo un 28% más de crecimiento en cantidad de usuarios que la red EoC.

5.1.2. Análisis de reclamos de usuarios

Para el análisis de este indicador se tomara los reclamos registrados de los usuarios por cada tecnología en un periodo de 13 meses (Mayo 2017 – Mayo 2018), ya que actualmente la cantidad de usuarios de la red EoC es superior a la de los usuarios FTTH, se afirma que el número de reclamos de los usuarios de EoC también será mayor respecto a los usuarios de FTTH. Por ello el análisis de este indicador se considerara el porcentaje de reclamos referidos a la calidad del servicio de internet. A continuación la tabla 16 muestra los resultados.

Tabla 16*Reclamos de usuarios EoC y FTTH*

Periodo	EoC			FTTH		
	Total reclamos	Reclamos de calidad	% Reclamos por calidad	Total reclamos	Reclamos por calidad	% Reclamos por calidad
may-17	125	57	0.46	45	7	0.16
jun-17	103	45	0.44	50	8	0.16
jul-17	143	64	0.45	52	10	0.19
ago-17	185	75	0.41	60	8	0.13
sep-17	203	92	0.45	55	9	0.16
oct-17	294	122	0.41	63	11	0.17
nov-17	250	124	0.50	69	14	0.20
dic-17	301	143	0.48	73	12	0.16
ene-18	365	116	0.32	75	9	0.12
feb-18	342	149	0.44	70	13	0.19
mar-18	356	145	0.41	64	10	0.16
abr-18	387	160	0.41	79	15	0.19
may-18	414	164	0.40	80	14	0.18

Fuente: Red Intercable Perú SAC

Elaboración: Propia

En promedio el porcentaje de reclamos por mala calidad de internet por parte de los usuarios de EoC es del 42%, mientras que los reclamos de los usuarios de FTTH por mala calidad llego hasta el 16%. Entre las causas más comunes para los reclamos por calidad de internet de usuarios FTTH se debieron a problemas de atenuación o rotura de hilos de fibra óptica en los cables drop, como se recuerda la sensibilidad mínima de las ONU es de -28 dbm por lo que un cable doblado, conectores sucios o roturas de cables de FO provocan problemas en el servicio. Respecto a los reclamos por los equipos instalados se dieron por problemas en las ONU (defectos de fábrica, equipos averiados).

5.1.3. Análisis de la capacidad de la red

La empresa Red Intercable Perú SAC, antes de la implementación de la red FTTH brindaba el servicio de internet mediante la tecnología EoC. Ahora con la implementación del FTTH, brinda el servicio de internet por ambas tecnologías, el número de usuarios que cada red puede alcanzar se detalla en las tablas 17 y 18.

Tabla 17.

Alcance de la red EoC

Red	N° nodos ópticos	Usuarios por nodo	Total	Usuarios Actuales	%
EoC	49	60 (promedio)	2940	1215	41%

Fuente: Red Intercable Perú SAC

Elaboración: Propia

Tabla 18.

Alcance de la red FTTH

Red	Puertos por OLT	Total de OLT	División por puerto	Total	Usuarios Actuales	%
FTTH	16	4	64	4096	632	15%
FTTH	16	4	128	8192	632	7,5%

Fuente: Red Intercable Perú SAC

Elaboración: Propia

Como muestra la tabla 17 el alcance de la red EoC en promedio es de 2490 usuarios, actualmente se tiene cubierto el 41% de su capacidad. Por otro lado la tabla 18 muestra la capacidad de la red FTTH, como la OLT instalada (ver la sección 3.3.1. Selección de tecnologías) considera dos niveles de división (64 y 128), en el primer caso se alcanza una capacidad en promedio de 4000 clientes y en el segundo un promedio de 8000. Comparando ambas tablas la red FTTH (considerando la división en 64) tiene 39% más de capacidad respecto a la red EoC. En caso de usar la división de 128 tiene un alcance de 178% más de capacidad respecto a la red EoC.

5.1.4. Análisis de niveles de transmisión de datos

El ancho de banda promedio asignado para los usuarios de la tecnología FTTH, se define por la cantidad de ONU's que se conectan a la OLT. De acuerdo al estándar GPON y las normas de la ITU G.984, cada puerto ofrece 2,4 Gbps en descarga y 1,2 Gbps en subida, y el nivel de spliteo para esta investigación se define en 64 ONU's por puerto PON. Entonces:

Velocidad de descarga = 2,5 Gbps/64 = 37.5 Mbps

Velocidad de subida = 1,2 Gbps/64 = 18.5 Mbps

Como se aprecia las velocidades ofrecidas por la FTTH bajo el estándar GPON alcanzan desde 18 Mbps hasta 38 Mbps en promedio. A diferencia de la red EoC que solo ofrece hasta 4 Mbps.

5.2. Prueba de hipótesis

Para la elección adecuada de la prueba de hipótesis, los datos de los indicadores serán sometidos a pruebas de normalidad para conocer su distribución y con ello elegir la prueba correspondiente.

5.2.1. Crecimiento de usuarios

a. Prueba de Normalidad: Al tener una muestra de 30 datos, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, con nivel de significancia 0.05. A continuación la figura 34 muestra los resultados utilizando el software SPSS.

Pruebas de normalidad						
Tipo Tecnología	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cantidad EoC	.207	15	.084	.908	15	.127
FTTH	.151	15	.200 [*]	.977	15	.941

Figura 34. Prueba de normalidad- Crecimiento de usuarios
Elaboración: Software SPSS

Como se ve los resultados indican niveles de significancia superiores al nivel establecido (0.05), por lo que se afirma que los datos de la muestra tienen una distribución normal.

b. Aplicación de la prueba estadística. Se aplicara la prueba T – Student ya que la muestra es pequeña (30), y tienen distribución normal, al ser muestras independientes (por cada tecnología), la prueba será aplicada para muestras independientes con nivel de significancia del 0.05; se define:

H₀: El nivel de crecimiento de usuarios ambas tecnologías no tiene diferencia estadística significativa.

H₁: El nivel de crecimiento de usuarios ambas tecnologías si tienen diferencia estadística significativa, siendo la tecnología FTTH mejor.

La figura 35 muestra los resultados obtenidos con el software SPSS.

Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Cantidad	Se asumen varianzas iguales	.164	.689	-2.287	28	.030	-8.8000	3.8473
	No se asumen varianzas iguales			-2.287	27.714	.030	-8.8000	3.8473

Figura 35. Prueba T - Student - Crecimiento de usuarios.

Elaboración: Software SPSS

Como se observa los resultados de significancia en ambos casos es de 0.03, como este nivel es menor al nivel de significancia establecido 0.05, se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna; que establece que el nivel de crecimiento de usuarios de la red FTTH es mejor.

5.2.2. Reclamo de usuarios

- a. Prueba de Normalidad:** Al tener una muestra de 26 datos, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, con nivel de significancia 0.05. A continuación la figura 36 muestra los resultados utilizando el software SPSS.

Pruebas de normalidad							
Tipo tecnología		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje reclamos	EoC	.162	13	.200*	.926	13	.298
	FTTH	.156	13	.200*	.962	13	.791

Figura 36. Prueba de normalidad - reclamo de usuarios

Elaboración: Software SPSS

Como se ve los resultados indican niveles de significancia superiores al nivel establecido (0.05), por lo que se afirma que los datos de la muestra tienen una distribución normal.

- b. Aplicación de la prueba estadística.** Se aplicara la prueba T – Student ya que la muestra es pequeña (26), y tienen distribución normal, al ser muestras

independientes (por cada tecnología), la prueba será aplicada para muestras independientes con nivel de significancia del 0.05; se define

H₀: La implementación de la red FTTH no reduce el porcentaje de reclamos por calidad del servicio de internet de la empresa.

H₁: La implementación de la red FTTH si logra reducir el porcentaje de reclamos por calidad del servicio de internet de la empresa.

La figura 37 muestra los resultados obtenidos con el software SPSS.

Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Porcentaje reclamos	Se asumen varianzas iguales	2.557	.123	18.812	24	.000	.2601463229	.0138288712
	No se asumen varianzas iguales			18.812	18.288	.000	.2601463229	.0138288712

Figura 37. Prueba T - Student – Reclamo de usuarios.

Elaboración: Software SPSS

Como se observa los resultados de significancia en ambos casos es de 0.00, como este nivel es menor al establecido, se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna, que establece que la red FTTH si reduce el porcentaje de reclamos calidad del servicio de internet.

5.2.3. Capacidad de la red

Como se definió en el apartado 5.1.3 Análisis de capacidad de red, la red FTTH puede albergar en promedio hasta 4096 usuarios, mientras que la red EoC solo puede albergar hasta 2940 usuarios. Por lo que se concluye que la red FTTH tiene 39% más de capacidad que la red EoC, y le permite a la empresa ampliar su cobertura y capacidad hasta 7036 usuarios en promedio.

5.2.4. Niveles de transferencia de datos

La red FTTH permite a la empresa ofrecer velocidades superiores a los 4 Mbps que ofrece por la red EoC. Es así que actualmente la empresa tiene clientes corporativos que cuentan con servicio de internet de más de 10 Mbps. Veamos la tabla 19.

Tabla 19.*Velocidades EoC - FTTH*

	EoC	FTTH
Clientes con 2 Mbps	33%	20%
Clientes con 4 Mbps	67%	73%
Clientes con más de 10 Mbps	-	5%
Clientes con más de 20 Mbps	-	2%

Fuente: Red Intercable Peru SAC**Elaboración:** Propia

Como se aprecia en la tabla 19, la empresa cuenta con un 7% de clientes que tienen contratado velocidades de más 10 Mbps por medio de la red FTTH, velocidades que no se pueden ofrecer por la red EoC. Validando así que la red FTTH permite ofrecer velocidades superiores a los 4 Mbps que la red EoC ofrece.

5.3. Discusión de resultados

Con los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis a continuación se muestran en resumen los efectos que tuvo la implementación de la red FTTH en la empresa Red Intercable Perú SAC: tuvo mejor crecimiento de usuarios a comparación de la red EoC, permitiendo mejorar el crecimiento en general de la empresa; tuvo menor porcentaje de reclamos por parte de los usuarios a comparación de la red EoC, logrando disminuir el porcentaje de reclamos por calidad del servicio de internet en general, también se logra ampliar la cobertura actual y mejorar los niveles para la transmisión de datos. De este modo se verifica que la implementación tiene efectos positivos para el servicio de internet y en general para la empresa validándose así la hipótesis planteada que “La implementación de la tecnología FTTH como medio de acceso al internet, tiene efectos favorables en el servicio de internet que ofrece la empresa Red Intercable Perú SAC”.

En este capítulo se realizó la evaluación de los principales indicadores luego de la intervención metodología presentada en el capítulo III, se presentó la información estadística por cada indicador para luego realizar el análisis correspondiente para evaluar estadísticamente los efectos provocados por la implementación a cada indicador. Luego de la evaluación de los efectos y la validación de la hipótesis planteada en el capítulo I, se presentó la discusión de los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

1. Desde su implementación en Enero del 2017 hasta mayo del 2018 la red FTTH alcanzo en total 632 usuarios, considerando la muestra de 15 meses (Marzo 2017 – Mayo 2018) la red FTTH creció en 597 usuarios teniendo un índice de crecimiento de 28% más respecto al crecimiento de usuarios de la red EoC, que en ese mismo periodo solo alcanzo 465 usuarios. Lo que marca una tendencia más favorable para el crecimiento de usuarios en general para la empresa Red Intercable Perú SAC.
2. Se verifico que el servicio de internet ofrecido por medio de la tecnología FTTH tiene un porcentaje en promedio de solo el 16% de reclamos referidos a la calidad del servicio de internet, esto representa una mejora respecto al servicio de internet ofrecido por EoC que tiene un 42% en promedio de reclamos por calidad del servicio de internet. Además que en general reduce el porcentaje de reclamos por el servicio de internet hacia la empresa.
3. La red FTTH tiene la capacidad de albergar hasta 4096 usuarios, que representa un 39% más de capacidad que la red EoC que solo puede albergar hasta 2940 usuarios, que es una mejora respecto a la capacidad de la red inicial. De esta manera la implementación de la red FTTH logra ampliar la capacidad de la empresa Red Intercable Perú SAC de albergar hasta 7036 usuarios en promedio.
4. Con la implementación de la red FTTH se mejora las tasas para la transmisión de datos a los usuarios, ya que le permite a la empresa ofrecer velocidades a los clientes superiores a 4 Mbps que normalmente se ofrecían por la red EoC. Actualmente se tiene un 7% de clientes con velocidades superiores a los 10 Mbps. Esta posibilidad le brinda a la empresa ventajas competitivas para enfrentar el mercado local de internet doméstico, corporativo u otros nichos.

RECOMENDACIONES

1. Recopilar la información necesaria de la tecnología FTTH, de esta manera se tendrá un pleno conocimiento respecto a los estándares que lo rigen, parámetros necesarios, ventajas y desventajas de esta tecnología. Así el administrador o propietario hará una adecuada toma de decisiones respecto a los equipos necesarios, forma de despliegue, materiales a utilizar, etc.
2. Desarrollar cada una de las fases de la metodología Top Down adecuadamente, primero para que el diseño que se planteó y se desarrolle cumpla con las expectativas y requerimientos del administrador u propietario, segundo para que el diseño tenga las características técnicas adecuadas. Y tercero para que la red diseñada tenga optimización continua respecto a su rendimiento, seguridad y gestión.
3. Capacitar al personal que administra la red FTTH para que tengan pleno conocimiento de sus beneficios. También desarrollar políticas para el mejoramiento de la red FTTH, como implementación de nuevos equipos y sistemas de control para nuevos servicios que se distribuirán por la red FTTH mas adelante.
4. Ejecutar adecuadamente las estrategias de seguridad, gestión y mantenimiento de la red planteadas en esta investigación, ya que esto permite asegurar la funcionalidad y disponibilidad de la red FTTH; además de evitar el riesgo de averías en la planta externa como roturas de cable de F.O. atenuaciones en los cables de FO, averías en equipos de la planta interna, etc.
5. Para lograr un mejor impacto en el mercado local, se recomienda implementar planes y estrategias de publicidad que permita dar a conocer las ventajas y características de la nueva tecnología implementada para la distribución del servicio de internet por la empresa. De esta manera la empresa tendrá mejor reconocimiento de la población local.

REFERENCIAS

Araujo Araujo, J. Y. (2017). *Implementación de políticas de servicio para mejorar la gestión de consumo del servicio de internet en la Empresa Consorcio Rio Mantaro mediante la metodología Top Down*. Obtenido de UNCP-Repositorio institucional: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3361>

Beyondtech. (18 de JUNIO de 2017). *Diferencias entre cables de fibra óptica monomodo y multimodo*. Obtenido de BEYONDTECH.US: <https://beyondtech.us/blogs/beyondtech-en-espanol/diferencias-entre-cables-de-fibra-optica-monomodo-y-multimodo>

Chayña Burgos, J. P. (19 de Enero de 2017). *Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estandar GPON para la empresa AMITEL S.A.C, Puno*. Obtenido de Repositorio Institucional: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3859>

Elkin Fabián Aguas-Martínez, G. A.-L.-F. (9 de Setiembre de 2015). *Red de acceso WDM-TDM dinámica con convergencia fija-inalámbrica*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302016000100014&lang=pt

FS.COM. (13 de MAYO de 2015). *ABC of PON: Understanding OLT, ONU, ONT and ODN*. Obtenido de FS.COM: <https://community.fs.com/blog/abc-of-pon-understanding-olt-onu-ont-and-odn.html>

Garcia, D. (Abril de 2015). *Redes PON*. Obtenido de TELECOABLE: <https://www.telecocable.com/blog/redes-pon/429>

Henao, J. S. (Junio de 2010). *TECNOLOGÍAS DE REDES PON*. Obtenido de http://www.tecnologia.technology/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APOn_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf

Ministerio de Transportes y comunicaciones. (2014). *Boletín estadístico II-T 2014*. Lima.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015). *Boletín estadístico II-T 2015*. Lima.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). *Boletín estadístico II-T 2017*. Lima.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). *Boletín estadístico IV - T 2016*. Lima.
- Morant Pérez, M. (2012). *Architectures and Novel Functionalities for Optical Access OFDM Networks "Arquitecturas y Nuevas Funcionalidades para Redes OFDM de Acceso Óptico"*. Obtenido de Tesis Doctorales en Red: <https://tdx.cat/handle/10251/15076>
- Moya, J. M. (2006). *Redes y servicios de telecomunicaciones*. Madrid: Thompson Ediciones.
- Nexus Technology SAC. (08 de 04 de 2016). *AKSH OPTIFIBRE | AD10-096-S- | CABLE DE FIBRA ÓPTICA DE 96 HILOS SMF*. Obtenido de Nexus Technology: <http://www.nexus.com.pe/productos-detalle/aksh-optifibre-ad10-096-s-cable-de-fibra-optica-de-96-hilos-smf/>
- Oppenheimer, P. (2011). *TOP DOWN Network Desing*. Indianapolis: CISCO PRESS.
- OSIPTEL. (MAYO de 2018). *Conexiones de Acceso a Internet Fijo, desagregadas por Tecnología de Acceso y Empresa Operadora*. Obtenido de OSIPTEL: <https://www.osiptel.gob.pe/articulo/53-conexiones-de-acceso-a-internet-fijo-desagregadas-por-t>
- OSIPTEL. (MAYO de 2018). *Conexiones de Acceso a Internet Fijo, desagregadas por Departamento*. Obtenido de OSIPTEL: <https://www.osiptel.gob.pe/articulo/56-conexiones-acceso-internet-fijo-departamento>
- OSIPTEL. (S.F.). *Internet en el Perú*. Lima.
- Portocarrero Elías, M. L. (14 de Febrero de 2017). *Diseño de una Red de Transporte de Fibra Óptica y de Acceso Inalámbrico para mejorar el acceso a los servicios de Telecomunicaciones y Lograr la conectividad Integral de la Provincia de Bagua*. Obtenido de Renati: <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/143905>
- PROMAX. (2010). Fiber to the home. *Revista española de electronica*, 42-43.
- RPP. Noticias. (20 de JUNIO de 2017). *¿Por qué las operadoras solo garantizan el 40% de velocidad de Internet?* Obtenido de RPP. Noticias: <http://rpp.pe/economia/economia/osiptel-evaluara-si-amplia-garantia-de-velocidad-de-internet-noticia-1058929>
- TELPRO - MADRID. (Noviembre de 2017). *Que es la fibra óptica monomodo y multimodo*. Obtenido de TELPRO: <https://telpromadrid.eu/que-es-la-fibra-optica-monomodo-y-multimodo/>

Wikipedia. (2018). *Fibra óptica*. Obtenido de Wikipedia:
https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica

WIKIPEDIA. (Julio de 2018). *Internet*. Obtenido de Wikipedia:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Internet>

APÉNDICES

APÉNDICE A

OFICINA PRINCIPAL RED INTERCABLE PERU SAC



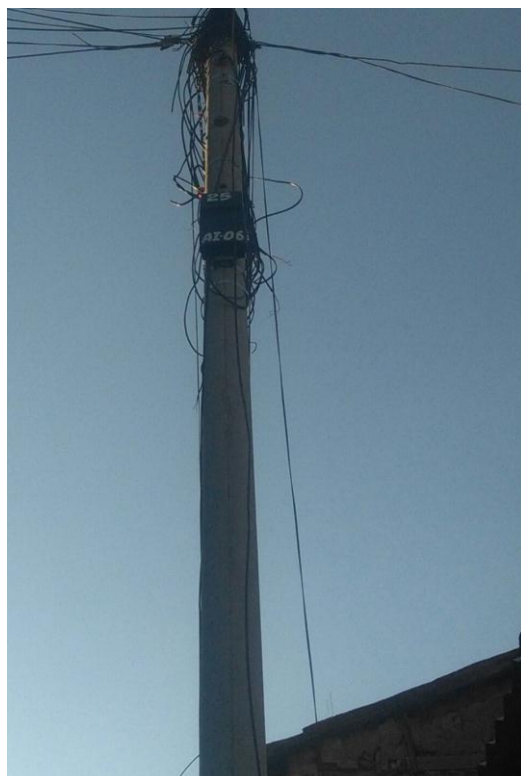
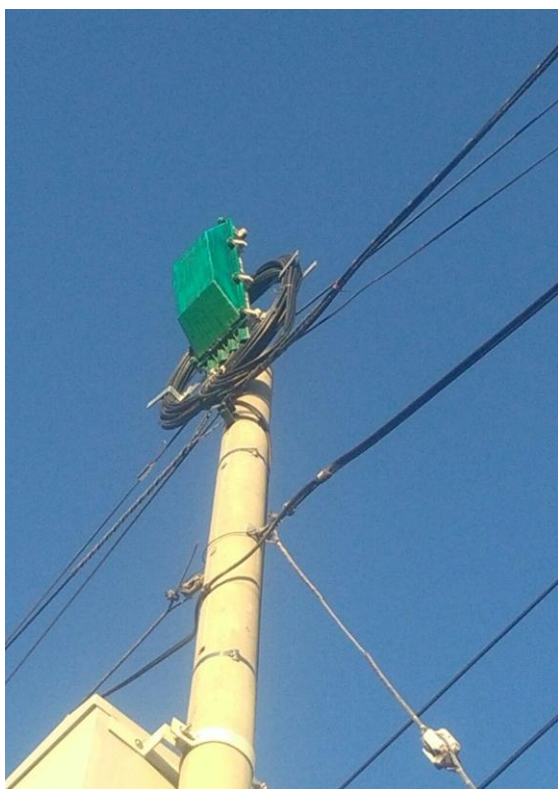
APÉNDICE B

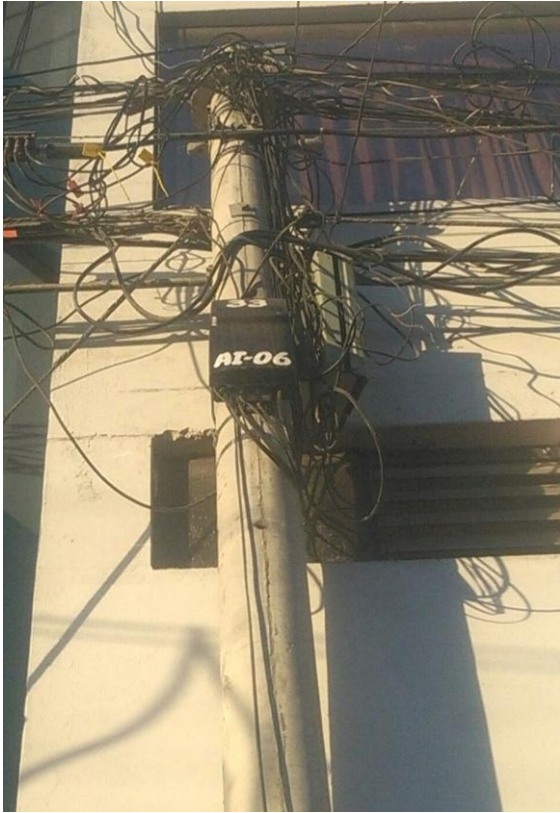
ARMARIO Y CAJAS NAP SECTOR PRUEBA 1 - CHILCA





ARMARIO Y CAJAS NAP SECTOR PRUEBA 2 - HUANCAYO





APÉNDICE C
CAJAS DE EMPALME

