

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED ÓPTICA CON
TECNOLOGÍA GPON PARA EL MEJORAMIENTO DE ACCESO A LA
BANDA ANCHA FIJA EN LA URBANIZACION LOS CEDROS DE VILLA-
CHORRILLOS-LIMA SUR, 2019”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

BALLON PALOMINO, LUIS JHONATAN

Villa El Salvador

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a todas las personas que pusieron su fe en mi persona, enseñándome gran parte de sus conocimientos en el ámbito personal, profesional y laboral. A mis padres que gracias a su apoyo incondicional pude seguir creciendo como persona y como profesional.

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar agradeciendo a mis compañeros del ámbito laboral, que me asistieron y se dieron el tiempo para aportar sus conocimientos formando parte del presente trabajo. También agradecer a mi familia por el apoyo que me brindaron. Por ultimo agradecer a mis profesores que gracias a ellos pude formarme como un profesional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	Pág. 1
-------------------	--------

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2. Justificación del problema.....	4
1.3. Delimitación del proyecto.....	5
1.3.1.-Teórica.....	5
1.3.2.-Temporal.....	5
1.3.3.-Espacial.....	5
1.4. Formulación del problema.....	5
1.4.1 Problema general.....	5
1.4.2.-Problemas específicos.....	6
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos.....	6

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	7
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	7
2.1.2 Antecedentes internacionales.....	8
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 Redes de acceso.....	9
2.2.2 Arquitecturas.....	18
2.2.3 Estándares.....	34
2.3 Definición de términos básicos.....	43

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. Modelo de solución propuesto.....	48
3.1.1 Lugar de ejecución.....	52
3.1.2 Propuesta de diseño.....	55

3.1.3 Análisis de costo.....	73
3.1.4 Propuesta de implementación.....	75
3.2.-Resultados.....	83
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES.....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	87
ANEXOS.....	90

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1 Red De Acceso.....	10
Figura N° 2 Cable Coaxial.....	11
Figura N° 3 Cable De Fibra Óptica.....	13
Figura N° 4 Transmisión Monomodo.....	14
Figura N° 5 Fibra Multimodo de índice gradual.....	15
Figura N° 6 Fibra Multimodo de índice escalonado.....	16
Figura N° 7 Conexión Punto a Punto OLT A ONUS.....	16
Figura N° 8 Diseño de Arquitectura Estrella.....	17
Figura N° 9 Arquitectura de Bus.....	18
Figura N° 10 CTMS C4.....	22
Figura N° 11 Transmisores ópticos (posterior).....	23
Figura N° 12 Transmisores ópticos (frontal).....	23
Figura N° 13 Receptores ópticos (frontal).....	24
Figura N° 14 Receptores ópticos (posterior).....	24
Figura N° 15 Nodo o trova de 220 voltios.....	26
Figura N° 16 Insertor de potencia.....	27
Figura N° 17 Taps de 4 y 8 salidas con 14 y 20 dB.....	27
Figura N° 18 Diagrama de arquitectura FTTN.....	29
Figura N° 19 Arquitectura FTTB y FTTC.....	30
Figura N° 20 Esquema de red FTTH con GPON.....	31
Figura N° 21 OLT.....	32
Figura N° 22 Divisor óptico.....	33
Figura N° 23 ONT GPON.....	33
Figura N° 24 Arquitectura DOCSIS.....	34
Figura N° 25 Red GPON.....	38
Figura N° 26 Aplicaciones.....	39
Figura N° 27 Trama GEM.....	41
Figura N° 28 Trafico de datos GPON.....	42

Figura N° 29 Modelo de solución propuesto diseño Networking para transmisión en la red.....	50
Figura N° 30 Velocidades ofrecidas por la empresa Econocable.....	52
Figura N° 31: Cobertura del trabajo a diseñar	53
Figura N° 32 Oficina central del distrito Chorrillos.....	54
Figura N° 33 Diseño de distribución de planos.....	57
Figura N° 34 Plano de distribución de mufas.....	61
Figura N° 35 Diseño distribución unifilar plano 8075.....	63
Figura N° 36 Resumen diseño enviado para obras Plano 8075.....	65
Figura N° 37 Registro de cuentas del plano 8075.....	66
Figura N° 38 Recorrido de la fibra troncal del hub al plano.....	67
Figura N° 39 Switch Extreme capa 3 modelo X460 G2.....	68
Figura N° 40 Router Mikrotik CCR1036-12G-4S-EM.....	69
Figura N° 41 OLT del proveedor ZTE modelo ZXA10 C320.....	70
Figura N° 42 Transmisor óptico 1550nm del proveedor Optictimes.....	71
Figura N° 43 Cronograma de actividades.....	72
Figura N° 44 Diagrama gabinete de distribución de equipos.....	77
Figura N° 45 Instalación y conexión de OLT ZTE en gabinete.....	78
Figura N° 46 Conexión por consola y configuración de OLT.....	79
Figura N° 47 Configuración del OLT ZTE.....	80
Figura N° 48 Línea de comandos alta de la ONU en OLT.....	80
Figura N° 49 Comprobación de ubicación y niveles de potencia de la ONU	81
Figura N° 50 Revisión de niveles de potencia en la ONU.....	81
Figura N° 51 Configuración de velocidad asignada a la ONU.....	82
Figura N° 52 Test de velocidad desde el equipo terminal ONU.....	82

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1 Frecuencia vs atenuación cable coaxial 500.....	13
Tabla N° 2 Amplitud de banda de aplicaciones.....	51
Tabla N° 3 Resumen de planos vs hogares pasados.....	58
Tabla N° 4 Capacidad de transferencia de datos de bajada por equipo.....	58
Tabla N° 5 Nomenclatura del diseño de distribución de mufas.....	62
Tabla N° 6 Materiales a necesitar plano 8075.....	64
Tabla N° 7 Especificaciones Router Mikrotik CCR1036.....	69
Tabla N° 8 Especificaciones OLT ZTE ZXA10 C320.....	70
Tabla N° 9 Especificaciones del transmisor 1550nm Opctictimes.....	71
Tabla N° 10 Lista de costos para la implementación en la oficina central.....	73
Tabla N° 11 Lista de costos para la implementación en la planta externa....	74
Tabla N° 12 Costo de implementación de la Urbanización Los Cedros.....	75
Tabla N° 13 Velocidades máximas ofrecidas red FTTH vs HFC.....	83

INTRODUCCION

En esta época tecnológica es imprescindible no solo contar con un medio de comunicación, sino que este sea de muy buena calidad.

Con el pasar de los años el hombre ha ido evolucionando tecnológicamente en su manera de comunicarse, es así que utilizando como principio los pulsos eléctricos en los medios de transmisión guiados se podía extender la información que se necesitaba transmitir.

En la actualidad la demanda de los usuarios del servicio de banda ancha es cada vez mayor, esto ha hecho que se replanteen las estrategias de los operadores de telecomunicaciones.

Hasta la fecha algunas compañías vienen utilizando como medio de transmisión guiado el cable de cobre. Aún existen en nuestro territorio operadores que hacen uso de la tecnología xDSL comprendido por pares de cobre que en un principio solo estaba diseñada para transportar voz mediante señalización analógica, sin embargo aparecieron los primeros modem diseñados para esta infraestructura, los cuales pueden transmitir un tráfico digital hasta un promedio de 24Mbps en velocidad descendente, teniendo una corta capacidad en rango de frecuencias y a unas cortas distancias. La ventaja de este medio es su costo ya que es más económico a diferencias de otros medios de transmisión guiado.

Luego de esto apareció el cable coaxial como un medio de transmisión guiado con grandes expectativas en velocidad de transferencia, y altos rangos de frecuencia. Este tipo de transmisión utilizado en un principio para la distribución de televisión por cable y de telefonía a gran distancia, pudiendo también transmitir señales analógicas como digitales, sumándose a esto la capacidad de usar la multiplexación por división de frecuencia, para de esta forma brindar muchos canales de audio y video, además de datos. De esta manera se pudo satisfacer los servicios demandados por los abonados de la compañía Econocable, que aprovechando ya la existencia de la fibra óptica, hace uso de ella en su red troncal permitiendo así llegar a distancias más largas, bajo una arquitectura híbrida de fibra y cable coaxial o HFC logra mejorar y amplificar su servicios en cuanto a ancho de banda y cobertura.

En el afán de seguir mejorando la calidad de servicio además de un venidero apagón analógico inminente en nuestra ciudad, se pretende en el presente trabajo de titulación proponer una implementación de la arquitectura de la fibra óptica hasta el hogar o FTTH bajo la moderna tecnología GPON en la conocida red acceso de última milla, haciendo uso de la red troncal tendida a lo largo del distrito de Chorrillos tomando como piloto la urbanización de los Cedros de Villa.

El presente trabajo de suficiencia profesional está compuesto por tres capítulos, empezando por el primer capítulo que consta del proceso de planificación del trabajo donde se limitará, y se plantearán sus objetivos principales, en el segundo capítulo se abarcará los antecedentes previos al presente trabajo, como también de describirá los conceptos teóricos relacionados al trabajo. En el tercer y último capítulo se planteará el modelo de solución propuesto de nuestra parte el cual implica su diseño y registro, por último se realizará la implementación de dicho proyecto.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.- Descripción de la realidad problemática

La empresa Econocable media SAC, actualmente opera en el ámbito de las telecomunicaciones bajo una estructura híbrida de fibra óptica además de cable coaxial también conocida como HFC, brindando servicios de televisión por cable e internet de banda ancha fija. Cuenta con una red extendida a lo largo de todo Lima y algunas provincias principales tales como Arequipa, Puno, Tacna, Puerto Maldonado, Cusco y Barranca.

La empresa dedicada a brindar los servicios mencionados líneas arriba, se inclina más a ser brindadas hacia los sectores socioeconómicos C, D, E, que tenía como resultado en sus inicios un mercado sin mucha competencia, debido a que la tecnología usada era moderna a diferencia que las de otras operadoras que ya tenían tendida su red DSL y/o HFC.

Debido a la gran competitividad existente entre las empresas de telecomunicaciones actualmente, y ante la necesidad mejorar la calidad de servicio de la red HFC que presenta ciertas dificultades en el acceso a la banda ancha y el aumento en ancho de banda a sus abonados, influido por los sensibles parámetros del SNR, MER, BER, atenuación, etcétera. La empresa busca una alternativa el cual sea capaz de resolver los inconvenientes presentados por la actual red, como también se busca ampliar la cobertura de red llegando a abarcar los sectores socioeconómicos A y B para de esta forma poder competir con grandes empresas ya establecidas, que en cierta forma son una gran competencia y su calidad de servicio que está por encima de la compañía en algunos aspectos, tales como estructura de red más moderna y equipos de Core más sofisticados y potentes, en la misma red HFC.

La empresa necesita con urgencia estar a la vanguardia del uso de la tecnología para poder competir de igual a igual con las grandes compañías de comunicaciones ya establecidas en los sectores A y B para poder abarcar también dichos sectores de la ciudad.

1.2. – Justificación del problema

El constante acceso de los clientes a varios servicios de comunicaciones, hacen que el uso del internet hoy en día se haya vuelto una necesidad al punto de ser considerada como básica.

Conforme han ido pasando los años la red de banda ancha fija ha ido evolucionando desde el uso del par de cobre como medio de transporte con la tecnología DSL y sus variantes con velocidades de descarga de hasta 24Mbps, desarrollándose luego el cable coaxial con una mejor capacidad en descarga del ancho de banda, que luego pasó a hibridarse con la fibra óptica teniendo así la arquitectura HFC.

En la actualidad la existencia de la fibra óptica viene desplazando al cable de cobre, y está pasando por su mayor apogeo. Por tal motivo es de suma importancia implementar una red que agraden el requerimiento de los clientes y de la operadora. Por tal motivo se plantea como una solución a este problema reemplazar por fibra óptica el cobre en la última milla implementando la arquitectura FTTH (del inglés Fiber To The Home), haciendo uso de la red troncal existente por fibra óptica de la arquitectura HFC.

El presente proyecto tiene como perspectiva el mejoramiento de la calidad de servicio y mayor acceso a la banda ancha fija, como también superar la velocidad de transmisión, haciendo uso de la tecnología GPON bajo la arquitectura FTTH, debido a que actualmente se viene haciendo uso de aplicaciones con una alta tasa de transferencia, tales como la tecnología streaming, contenido de audio y video en vivo, con exceso de descargas de archivos multimedia en resolución 4K tales como Netflix, Youtube, etc.

La empresa Econocable viene ofreciendo velocidades de 6, 12 y 20 Mbps en velocidad descendente con la tecnología HFC mediante el uso de sus cablemodem abasteciendo de manera regular las exigencias del cliente consumidor en el sector; se pretende ofrecer además de las velocidades mencionadas con el estándar GPON velocidades más altas tales como 30, 40 y 60Mbps. De este modo nos permitiremos aplicar y hacer uso de nuestros conocimientos, para diseñar e implementar una posible distribución de capacidades en un sistema HFC por un sistema FTTH, evitando así

algunos parámetros tales como SNR(Relación señal ruido), interferencia (cualquier otra señal ajena que altera, modifica o interrumpe la señal emitida), atenuación (pérdida de potencia sufrida la distancia al transitar por el medio de transmisión) considerados como indeseables los cuales son mínimas o inexistentes en la arquitectura FTTH; a su vez aumentar el ancho de banda para el caso particular de una red en la urbanización Los cedros de villa del distrito de Chorrillos.

1.3. – Delimitación del proyecto

1.3.1. – Teórica

El presente trabajo trata sobre la red óptica con tecnología GPON como mejoramiento de acceso a la banda ancha fija, enmarcando su diseño e implementación, tomando como referencia los fundamentos estructurales de la red con arquitectura FTTH, para de esta forma ofrecer servicios de video y datos. Como consecuencia veremos su procedimiento, configuración, pruebas y medidas de sus parámetros como principio afectos a la red de fibra óptica.

1.3.2. – Temporal

El tiempo determinado para el diseño estimado fue de aproximadamente un mes, y la implementación del mismo se proyectó en un intervalo de cuatro meses.

1.3.3. – Espacial

La propuesta de implementación del trabajo fue planteada en nuestra capital, específicamente en la urbanización de los Cedros de Villa perteneciente al distrito de Chorrillos.

1.4. - Formulación del Problema

1.4.1. - Problema General

¿En la actualidad cual es la mejor alternativa para ofrecer un mayor ancho de banda fija y calidad de servicio a los usuarios, para que puedan satisfacer sus exigencias en la urbanización Los Cedros de villa del distrito de Chorrillos?

1.4.2. - Problemas específicos

¿Qué arquitectura es más conveniente diseñar e implementar en la actualidad en la empresa ECONOCABLE?

¿Cuáles son los elementos de red que se necesitan para el diseño de una red fibra óptica basada en la tecnología GPON?

¿Por qué es necesario ofrecer mayor ancho de banda a los usuarios de la urbanización los Cedros de Villa, Chorrillos?

¿Cuánto cuesta implementar una red óptica con tecnología GPON en la Urbanización los Cedros de Villa, Chorrillos?

1.5 - Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Proponer una implementación de una red basada en la arquitectura FTTH y haciendo uso de la tecnología GPON, para ofrecer un mejor ancho de banda y calidad de servicio respecto a otras arquitecturas en la Urbanización Los cedros de Villa.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Demostrar la capacidad y calidad del servicio de una red FTTH bajo los estándares GPON a diferencia de la red HFC que ya se tiene en producción por parte de la empresa.
- Conocer e identificar los elementos de red de la red FTTH con el estándar GPON y remarcar las diferencias de la red operativa actual HFC.
- Identificar el uso del ancho de banda fija por parte de los usuarios finales.
- Determinar el costo necesario para implementar la red óptica con tecnología GPON en la Urbanización los Cedros de Villa, Chorrillos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes

2.1.1.- Antecedentes nacionales

En nuestro país aún se tiene una gran demanda de acceso al internet fijo por medio de la tecnología ADSL (haciendo uso del par de cobre de telefonía), como también el uso del cable modem, donde también es posible transportar televisión por cable. Esta última red conformada por fibra óptica hasta un determinado tramo, para luego llegar hasta el cliente con el cable coaxial, usando algunos elementos de red activos en el transporte. Con el advenimiento de la fibra óptica en estos últimos años se empezó a desplazar al cobre como acceso. A continuación se detallan algunos antecedentes nacionales relacionados al presente trabajo:

Arias (2015) en su plan de tesis “Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar” para optar el título de Ingeniero de Telecomunicaciones, para la Pontificia Universidad Católica del Perú. Explica los pasos que se realizaron para diseñar la red FTTH, como también el dimensionamiento de las potencias y las tasas de transferencias en la red, de este modo, este estudio aporta en el presente trabajo, a estimar el cálculo de potencias y las tasas de transferencia en una red de planta externa con tecnología FTTH.

López (2016) en su tesis “Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (Ancash)”. Para optar el título de Ingeniero Electrónico con mención en Telecomunicaciones. Aquí se plantea un aumento en la capacidad de velocidades ofrecidas por los distintos operadores en dicha ciudad, es así que este diseño aporta al siguiente trabajo, un análisis detallado para estimar el cálculo de la capacidad de la fibra óptica en un sistema FTTH.

Chayña (2017) en su tesis “Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa AMITEL SAC, Puno”, en el cual se busca transmitir servicios de telecomunicaciones como internet, telefonía fija, TPTV,OTT,VOD, así la empresa busca ofrecer a sus abonados dichos servicios, esta tesis apunta a diseñar

la red FTTH desde el tendido inicial basada en la tecnología GPON como modelo de red en la empresa AMITEL, aportando de al presente trabajo el cual busca implementar y aprovechar la red HFC, para expandir su red bajo la arquitectura FTTH.

Vásquez (2017) en su tesis “Análisis comparativo de los sistemas HFC y FTTH en base a sus capacidades de transmisión de datos en una red triple play, caso de estudio: Ciudad Trujillo”. Para optar el título profesional de ingeniero telecomunicaciones y redes. Donde expone las características principales técnicas, realizando un análisis comparativo respecto de sus capacidades en transmisión, estas capacidades estimadas considera los estándares DOCSIS para HFC y redes G-PON para FTTH. De tal forma que logra aportar en el trabajo con información teórica de los parámetros a considerar entre los sistemas HFC y FTTH.

Ya en muchos países se implementando la arquitectura FTTH logrando resultados favorables en su uso, en el Perú si bien es cierto en algunas ciudades se ha introducido esta tecnología, aun no es muy significativo el grado de penetración sobre este tipo de red para los usuarios finales.

2.1.2.- Antecedentes internacionales

Dentro de los antecedentes referenciales internacionales del presente trabajo se va a realizar una comparación con trabajos y/o investigaciones realizadas anteriormente que tienen relación o afinidad con el tema a tratar, dentro de ellas se mencionan los siguientes:

Marchucov (2011) en su trabajo “Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH” España, donde nos manifiesta la importancia del uso de un sistema basado en las consideraciones teóricas para implementar estructuras FTTH. Para esto es necesario conocer los elementos que intervienen tales como: tipos de fibras ópticas, empalmes, conectores y divisores ópticos. Este trabajo aporta en los cálculos y conceptos necesarios a considerarse en una red FTTH.

Asenjo (2014) en su trabajo “Diseño y construcción de una red de fibra óptica (FTTH) para brindar servicios de voz, videos y datos en sector Barrios Bajos de la ciudad de Valdivia”, este trabajo tiene como objetivo analizar los parámetros necesarios que se requieren para la construcción de una red de fibra óptica, aportando

el presente en los pasos a realizar para proceder con la implementación del sistema FTTH como se ejecutó en la empresa Telefónica del Sur de Chile.

Guillen (2015) en su trabajo de titulación “Análisis del proceso de migración de las redes HFC a redes GPON – FTTH en la calidad del servicio de televisión digital para las principales compañías de Telecomunicaciones en el Ecuador, el cual trata de demostrar las ventajas en velocidad de transmisión, asimismo aprovechar su capacidad en ancho de banda. Tal es así, que este estudio aporta a mi propuesta de implementación, una visión mucho más amplia en relación a la red GPON, como mejora respecto al sistema HFC considerando sus ventajas y características.

Estos estudios aportarán en el siguiente trabajo a realizarse, para determinar conceptos sobre las tecnologías FTTx y sus variantes en el acceso a datos para proponer una implementación de una red de fibra óptica FTTH bajo la tecnología GPON, el cual tiene como propósito, hacer uso de los hilos de la fibra de red troncal tendida por la arquitectura HFC ya en producción, además de contemplar su instalación y configuración de los equipos en la oficina central a utilizarse.

2.2.- Bases Teóricas

Es aquí donde vamos a estudiar las arquitecturas de las redes HFC y FTTH, remarcando las diferencias, ventajas y desventajas de cada una de ellas, como también hacer mención de los estándares DOCSIS y xPON, que van de la mano junto con sus arquitecturas respectivas, además de comparar los tipos de sistemas y topologías utilizadas en este último tipo de estándar.

2.2.1.- Redes de acceso

El termino redes de acceso se aplica a las diferentes arquitecturas existentes en redes de comunicaciones, tales medios como el par de cobre, cable coaxial, fibra óptica o espacio aéreo.

La red de acceso también conocida como 'La última milla', viene a estar compuesta por todos los elementos y equipos necesarios que conectan desde el usuario final hasta la red operadora de servicio de transmisión de datos.

En esta parte nos centraremos en las arquitecturas de red de cable coaxial que actualmente viene utilizando la compañía Econocable media SAC, como también la red de fibra óptica el cual se está planteando implementar.

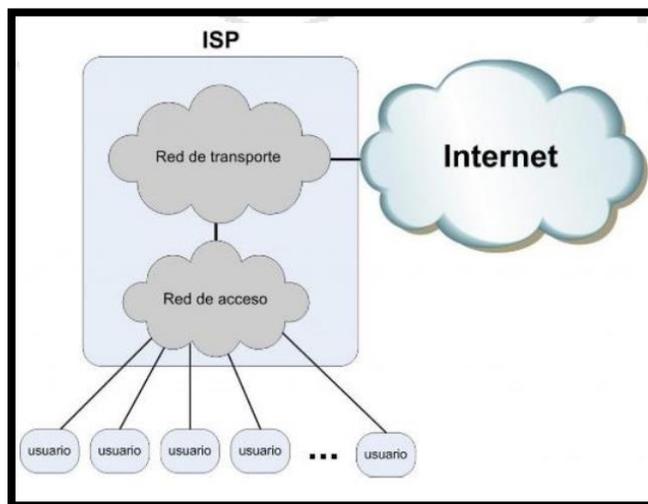


Figura N° 1: Red de acceso
Fuente: José Chayña (2017)

Como se muestra en la figura N° 1 la red de acceso viene a ser la última etapa de la red que conecta a los usuarios finales. El término de última milla se comenzó a utilizar en telefonía para referirse a la conexión entre el abonado y la central telefónica. A esta conexión también se la conoce como bucle de abonado. Todas las conexiones entre los abonados y las centrales forman la llamada red de acceso. (Chayña, 2017, p. 23).

a.- Red acceso por Cable coaxial.

Se refiere a la tecnología cableada, el medio físico el cual llevara la conexión desde el proveedor de servicios hasta el usuario final.

Las compañías de telecomunicaciones añadieron el servicio de datos a la red de acceso diseñado por medio coaxial donde se transmite la señal de televisión por cable.

Según William Stallings (2004), el cable coaxial al igual que el par trenzado, tiene 2 conductores, pero está construido de forma diferente para que pueda operar sobre un rango de frecuencias mayor. Debido al apantallamiento, por construcción, el cable coaxial es mucho menos susceptible que el par trenzado tanto a interferencias como a diafonía. Sus principales limitaciones son la atenuación, el ruido térmico y el ruido de intermodulación.

a.1. – Características del cable coaxial

Este tipo de cable tiene una forma cilíndrica en la parte conductora externa protegida exteriormente por una cubierta o funda, este cable normalmente se conecta a tierra, cuya función principal es proporcionar un excelente blindaje con las interferencias externas. En la parte céntrica del cable está compuesto de un alambre rígido de cobre. Ambos conductores están separados a lo largo de su eje por un material sólido dieléctrico.

El cable coaxial normalmente puede tener una medida de diámetro desde 1cm hasta los 2.5cm, y sus aplicaciones más demandadas en la actualidad son: Distribución urbana de televisión de paga, telefonía a larga distancia y en las redes de área metropolitana.

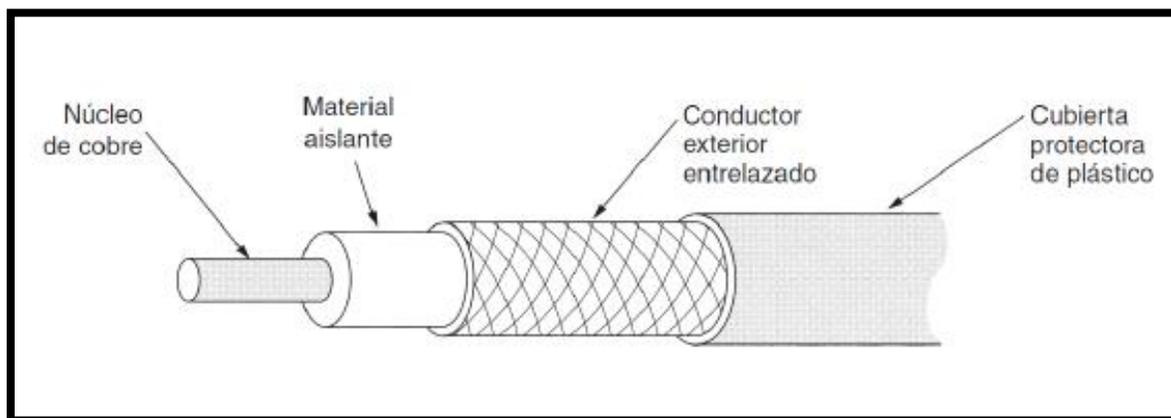


Figura N° 2: Cable coaxial
Fuente: Esduar Vásquez (2017)

Como se muestra en la figura N° 2 el cable coaxial está construido por cuatro materiales principales; donde el núcleo de cobre viene a ser el material que actuará de conductor central, estará cubierto por un material dieléctrico que aislará a la

siguiente capa, seguido por un conductor exterior entrelazado que servirá como referencia a tierra, por ultimo está cubierto por una capa protectora de plástico.

a.2. – Parámetros del cable coaxial

➤ Impedancia Característica:

Se refiere a los valores de la relación entre la tensión aplicada y corriente absorbida por el cable coaxial. La impedancia característica no depende de la longitud del cable ni de la frecuencia.

➤ Impedancia de transferencia:

Determina la eficiencia del blindaje del conductor externo. En cuanto más pequeño es el valor, como consecuencia mejora el cable a los efectos de la propagación al exterior de la señal transmitida y de la penetración en el cable de señales externas. Expresado generalmente en miliohm por metro.

➤ Capacidad:

Se mide en picofaradios por metro, es el valor de la capacidad eléctrica, medida entre el conductor central y el conductor externo, dividida por la longitud del cable. Esta unidad varía con el tipo de material aislante y geometría del cable.

➤ Velocidad de propagación:

Es la relación expresada en porcentaje (%) entre la velocidad de propagación de la señal en el cable y la velocidad de propagación de la luz. Varía con el tipo de material aislante.

➤ Atenuación:

Expresada en dB/100m, es la pérdida de la potencia, a una determinada frecuencia, expresado en decibeles cada 100 metros. Varía con el tipo de material utilizado y con la geometría del cable, mientras la frecuencia es más alta la atenuación respecto a la distancia como se muestra en la tabla N°1.

Tabla N° 1: Frecuencia vs Atenuación cable coaxial 500

Frecuencia MHz	Atenuación dB/100 m
55	1.21
550	4.1
750	4.86
1000	5.71

Fuente: López Y Del Salto (2016)

➤ **Potencia transmisible:**

Es la potencia que se puede transmitir a una determinada frecuencia sin que la temperatura del cable afecte al funcionamiento del mismo. Este parámetro es inversamente proporcional a la medida de la frecuencia, su unidad de medida es expresada en Watt.

b. – Red de acceso por fibra óptica.

Estas redes de alta tecnología transmiten información por medio de pulsos de luz que se desplazan a lo largo de la red, teniendo como características principales a diferencia de otras redes de acceso, la capacidad de transportar mayor capacidad ancho de banda, el cual supera enormemente al de cobre, como también llevar la señal a grandes distancias.

En la figura N° 3 se muestra el cable de fibra óptica y sus partes, desde el elemento central dieléctrico que es un filamento que no conduce la electricidad y que es útil para dar consistencia al cable. Las fibras que son la parte más importante del cable de fibra óptica, ya que por ahí se transmite la información. Hasta la vaina que viene a ser la capa superior del cable de fibra óptica, que aísla y da consistencia a todo el conjunto que está al interior.

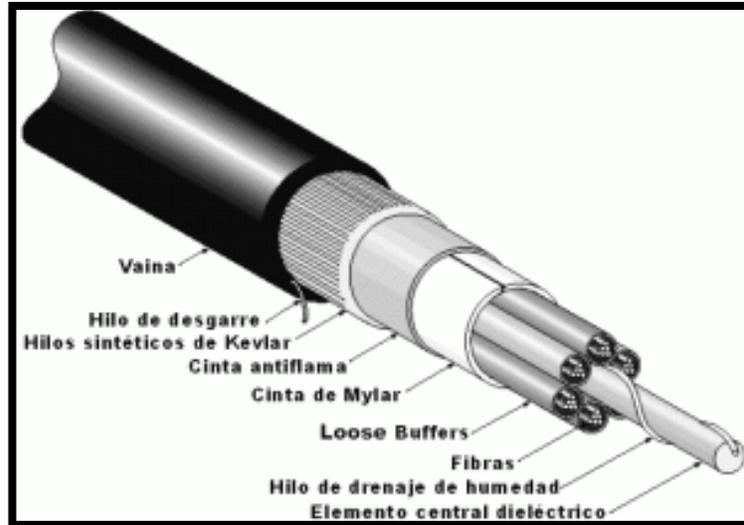


Figura N° 3: Cable de fibra óptica
Fuente: Asís Rodríguez (2012)

Con el paso del tiempo han ido apareciendo distintas topologías de red, utilizando como red acceso la fibra óptica, las cuales cada una siendo más eficiente que la anterior, los cuales haremos un pequeño recuento.

b.1. – Tipos de Fibra óptica

b.1.1. – Fibra Monomodo

Es el tipo de fibra que nos ofrece mayor capacidad de transporte de información. La transmisión de los haces de luz siguen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, su modo de propagación es único o lineal. Por tal motivo, las pérdidas por reflexión (distorsión modal) son menores, en consecuencia la fibra puede ser más larga que en las fibras de tipo multimodo.

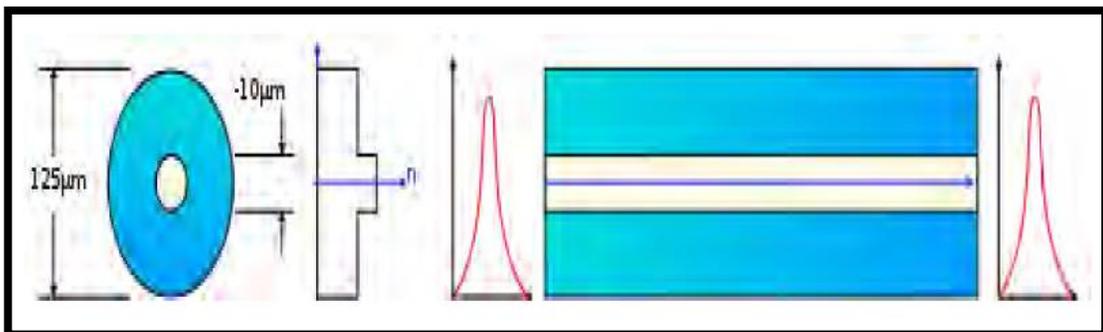


Figura N° 4: Transmisión Monomodo
Fuente: Elliot López (2016)

Como se muestra en la figura N° 4 la transmisión de luz es lineal, tiene trayectoria recta, su propagación es de larga distancia alrededor de unos 300 km.

b.1.2. – Fibra Multimodo

Este tipo de fibra que por su construcción (mayor diámetro del núcleo) permite el paso de varios haces de luz de forma simultánea, y por lo tanto permite que varios modos de luz puedan entrar y salir de la fibra.

b.1.2.1. – Fibra Multimodo de índice gradual

Este tipo de fibra se basa en su índice de refracción donde en el interior del núcleo no es único, además de ello este decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta, por esa razón el número de rayos ópticos distintos que viajan es menor que en el caso de la fibra Multimodo de tipo índice escalonado.

Las fibras Multimodo con índice gradual se basa en el que el índice de refracción en el interior no es el único en el núcleo, estas fibras permiten reducir la dispersión entre todos los diferentes modos de propagación que están en el núcleo de la fibra. (López, 2016, p. 21).

El núcleo de esta fibra está constituido de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción, causando que el rayo de luz de refracte poco a poco mientras viaja por el núcleo, pareciendo que el rayo se curva como se ve en la figura N° 5.

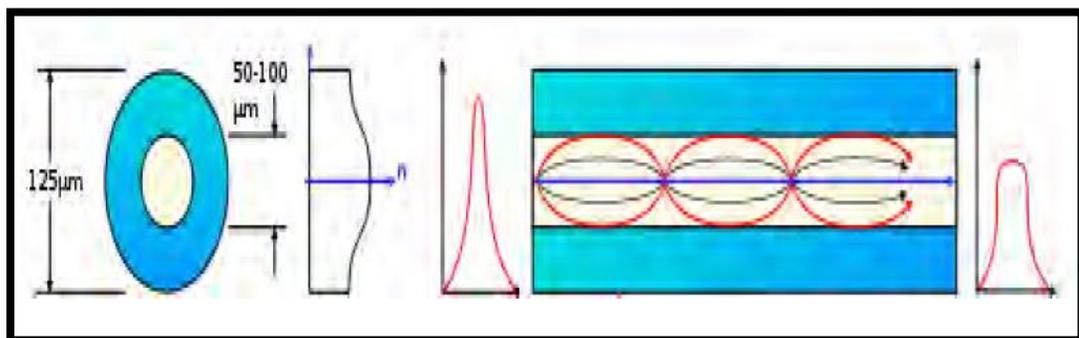


Figura N° 5: Fibra Multimodo de Índice Gradual
Fuente: Elliot López (2016)

b.1.2.2. – Fibra Multimodo de índice escalonado

En la fibra óptica Multimodo de índice escalonado los rayos de luz se reflejan con diferentes ángulos sobre las paredes del núcleo, por lo que corren diferentes distancias y se desfasan en su viaje dentro de la fibra, razón por la cual la distancia de transmisión debe ser corta, tal y como se muestra en la figura N° 6.

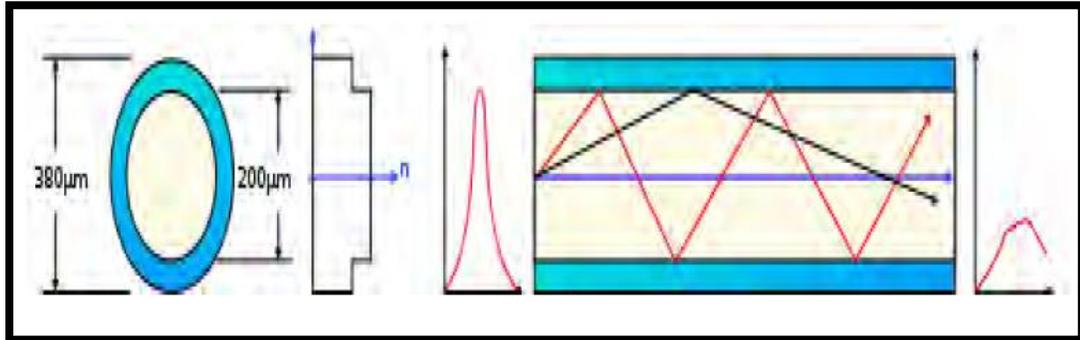


Figura N° 6: Fibra Multimodo de Índice Escalonado
Fuente: Elliot López (2016)

b.2. – Topologías en red de acceso por fibra óptica

b.2.1 – Topología punto a punto

Esta tecnología comunica el equipo principal OLT con el terminal ONU a través del cable de fibra óptica. La comunicación entre estos equipos se da en forma full dúplex con longitudes distintas para la transmisión ascendente y descendente.

Debido al costo elevado de esta topología, solo se utiliza para conexiones dedicadas o corporativas.

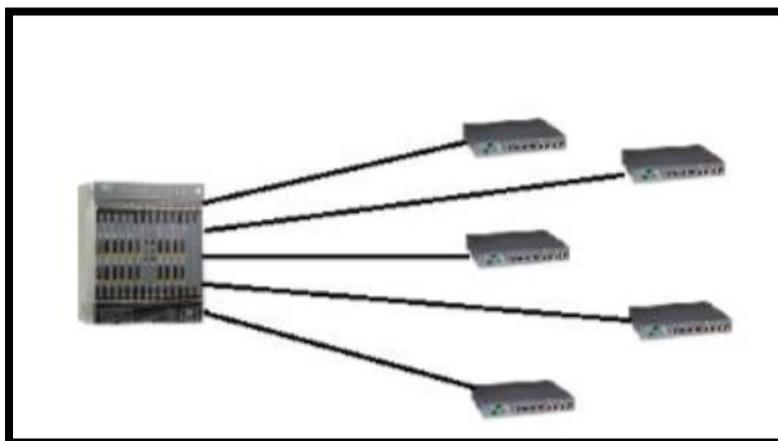


Figura N° 7: Conexión punto a punto OLT a ONU's
Fuente: Sergio Guillen (2015)

En la figura N° 7 se muestra el despliegue de red que se ha hecho con arquitectura punto a punto, es decir una fibra en la central por cada hogar donde cada usuario dispondrá de una fibra propia y dedicada.

b.2.2 – Topología punto a multipunto

Esta topología también conocida como Red Óptica Pasiva (PON) consiste en que un mismo enlace se conecta a varios receptores, dividiéndose la señal hacia cada uno de los terminales. Esta topología divide un canal de transmisión en varios enlaces, de esta manera se comparte los costos de un mismo segmento de fibra. La ventaja de esta topología se ha convertido en una alternativa para los operadores de comunicaciones, bajo esta topología se tienen distintas arquitecturas.

b.2.2.1. – Topología en estrella

Este tipo de arquitectura es la más usada por las operadoras de comunicaciones ofreciendo fibra hasta el hogar, también conocida como la arquitectura FTTH, utiliza un segmento de fibra desde la data center u oficina principal hasta un determinado punto, es ahí donde con un divisor óptico que se encargará de repartir la señal a los terminales finales.

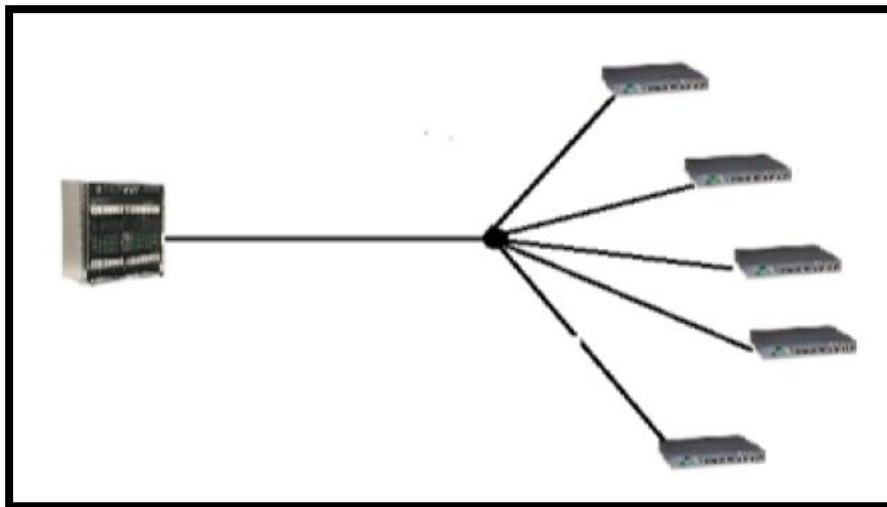


Figura N° 8: Diseño de arquitectura estrella
Fuente: Sergio Guillen (2015)

El ancho de banda es dividido entre el número de hogares conectados a la misma fibra como se muestra en la figura N° 8.

b.2.2.2. – Topología en bus

La arquitectura en bus hace uso de un solo segmento de fibra como enlace principal, siendo utilizado por varios ONT como se muestra en la figura N° 9. La desventaja de esta arquitectura es que si sucediera una ruptura del segmento principal, todos los terminales posteriores quedarán desconectados.

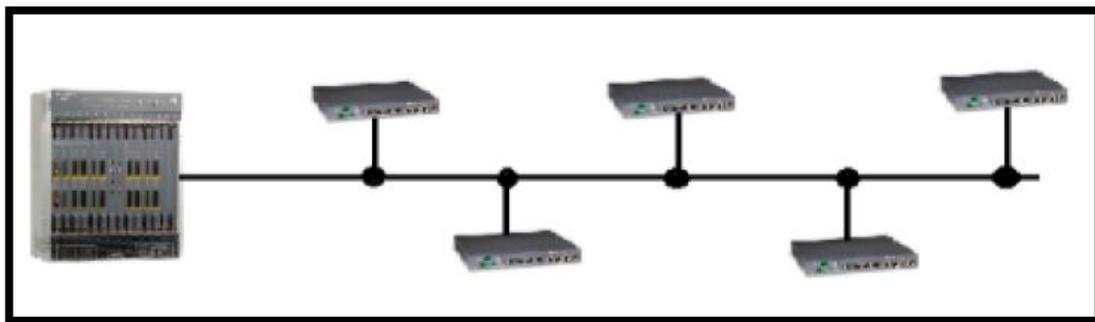


Figura N° 9: Arquitectura de bus
Fuente: Sergio Guillen (2015)

b.2.2.3. – Topología de anillo

Esta arquitectura consta de un enlace en común, el cual cuenta con un alto nivel de confiabilidad, debido a que tiene la capacidad de recuperar la comunicación, esto debido a que la transmisión puede cambiar de sentido, habiendo siempre comunicación con la oficina principal.

2.2.2 Arquitecturas

a. - La arquitectura EOC

Esta arquitectura basada en modulación OFDM (Orhogonal Frecuency División Multiplexing), donde es posible llevar datos a través de Ethernet sobre cable coaxial y fibra óptica.

Este sistema híbrido de distribución hace uso de las redes de fibra óptica como plataforma troncal de transmisión de los servicios, llegando a un nodo o master,

donde se concentra toda la información en la red coaxial, aprovechando la infraestructura de última milla disponible por parte de los operadores CATV.

La desventaja de esta arquitectura de red resultante de configuración original del sistema terminaba siendo una típica red LAN de computadoras, lo cual permite detectar todos los terminales conectados. Por esta razón los equipos son fácilmente detectados y atacados por hackers que no necesitan tener demasiados conocimientos sobre el tema, y que solo es necesario estar conectado en la misma red, teniendo acceso a la toda la información de las computadoras conectadas, hasta también poder robar el ancho de banda asignados para cada usuario.

b. – La arquitectura HFC

La red híbrida de Fibra-Coaxial (HFC) en comunicaciones es un tipo de tecnología en la cual tanto cable de fibra óptica como cable coaxial son usados en diferentes porciones de la red para transportar contenido de banda ancha (por ejemplo video, datos y voz). (...) La red HFC es una red de comunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soportes de la transmisión de las señales. Se compone básicamente de cuatro partes claramente diferenciadas: la cabecera, la red troncal, la red de distribución y la red de acometida de los abonados. (López y Del Salto, 2016, p.01)

Este tipo de red de banda ancha hace uso de la infraestructura de CATV, representando así en la actualidad como uno de los sistemas más usados por las operadoras de comunicaciones fijas. La señal de CATV y servicio de datos parten de la cabecera, saliendo por fibra óptica hasta llegar a un nodo o trova, convertidores electrópticos donde interactúan parte óptica con eléctrica. Como el ancho de banda de la fibra óptica es mayor al del cable coaxial, este se distribuye a distintos nodos zonales, por lo que un punto de fibra puede alimentar varios cables de tipo coaxial, llegando así por este último a los distintos usuarios o terminales.

Los CMTS poseen interfaces Ethernet y RF, los cuales les permiten conectarse a Internet y a la red HFC, ya que son los intermediarios entre estas dos redes.

b.1. – Cabecera

La cabecera es la parte principal donde se concentra todo el sistema. Normalmente consta de unas antenas para la recepción de los canales de televisión y radio mediante los satélites o microondas. Este lugar físico donde confluyen todas las señales, cuentan con la infraestructura necesaria para las distintas prestaciones en la red, su complejidad dependerá de los diversos de los servicios que pueda ofrecer.

Para el caso de los sistemas de distribución de señales bidireccionales, es decir presta servicios de datos sobre la red, la cabecera contará con transmisores ópticos que son los que alimentan a la red troncal. La cabecera tendrá un CMTS y tendrá receptores ópticos para la información que le llegue desde los abonados.

b.2. - Red Troncal

La red troncal consta únicamente como medio de transporte cable de fibra óptica, el cual distribuye la señal proveniente de la cabecera, hasta llegar hacia los nodos primarios los mismos que se interconectan con los nodos secundarios, estos equipos convierten la señal óptica en señal eléctrica. La red troncal no cuenta con dispositivos activos tales como amplificadores de banda ancha, debido a las características de la fibra como medio de transmisión es posible llevar la señal en buen estado.

Luego de que los nodos cumplan su función de convertir la señal, estos son llevados a los equipos terminales por medio de la red de distribución.

b.3. – Red de distribución

Esta parte de la red se encuentra compuesta por el cable coaxial, el cual inicia desde el nodo secundario hasta el último dispositivo antes de la acometida del usuario final; es en este tramo donde se utilizan los amplificadores de banda ancha conectados en cascada.

Las trovas o nodos también pueden recepcionar la señal de ascendente, es decir la señal del usuario hacia el CMTS, convirtiendo la señal eléctrica en señal óptica.

Por lo tanto podemos indicar que las redes de distribución trabajan con señal de radiofrecuencia llegando de ese modo al nodo óptico, y es este quien convierte la señal eléctrica en luz óptica

El acceso a CATV (Community antenna Television) o cable modem fue desarrollado por Cablelabs, consorcio comprendido por empresas que brindan televisión por cable. Con el tiempo crean otra sociedad llamada PacketCable, este especifica los estándares de internet por medio de cable (DOCSIS), protocolos y tecnologías que los usuarios acceden a servicios integrados de una red HFC (Hybrid Fiber Coaxial). (Guillen, 2015, p. 24).

La tecnología DOCSIS fue evolucionando pasando por una serie versiones, los cuales implicaban una serie de características tales como como ancho de canal y velocidad de transmisión. Fue con la versión DOCSIS 3.0 que se llegó a tener la posibilidad de multiplexar canales alcanzando para el canal de bajada 140 Mbps y para el canal de bajada 40 Mbps.

b.4. – Elementos de la red HFC

b.4.1. - CMTS (Sistema de Terminación de Cable módems)

Es el equipo que se encarga de recibir todo el tráfico de Internet, normalmente se encuentra instalado en la cabecera o hub, permite distribuir por cable el servicio hacia todos los abonados.

Para proporcionar dichos servicios de alta velocidad, la compañía conecta el CMTS por medio de su interfaz Ethernet a un equipo de red Core, y este se conecta a un proveedor de ISP.

El CMTS a estudiar en el presente trabajo es de la marca ARRIS modelo C4, tal y como se muestra en la figura N°10, el cual soporta el estándar DOCSIS 3.0, además de ser compatible con las versiones anteriores como la 2.0 y 1.0. Este equipo soporta una capacidad de tráfico de hasta 3.5 Gbps, manejando 4 portadoras por conector downstream, con la ventaja de realizar el conocido Bonding Channel.



Figura N° 10: CMTS C4
Fuente: Compañía Econocable

b.4.2. – Transmisor óptico

Es un elemento de comunicación que cumple la función principal de convertir la señal eléctrica en señal óptica, el transmisor es un dispositivo el cual permite enviar señales de luz hacia la red troncal desde la cabecera. Internamente está compuesto por un modulador y una fuente de luz asociada con un circuito láser.

En el caso de la transmisión de CATV y datos en simultaneo sea analógicas o digitales, el transmisor hace posible la multiplexación de las señales, de todas las fuentes de información que se desee transmitir. Soportando un ancho de banda 47 ~ 862 y 1000 MHz permitiendo llevar varios canales de señal analógica o digital además de los canales descendentes.

En este trabajo no entraremos en detalle en la forma de inserción y transmisión de la señal de televisión por cable, nos centraremos por la transmisión de la señal del servicio de banda ancha. La longitud de onda en señal óptica transmitida por convención en la arquitectura HFC es la 1310 nm como se muestran en las figuras N° 11 y 12, pero también son utilizables los transmisores que operan a 1550 nm.



Figura N° 11: Transmisores ópticos (Posterior)
Fuente: Compañía Econocable



Figura N° 12: Transmisores ópticos (Frontal)
Fuente: Compañía Econocable

b.4.3. – Receptor óptico

Un receptor óptico es un equipo utilizado en el interior de un Hub o Cabecera, su función principal es la de convertir la señal de retorno óptico proveniente de la planta externa en señal de RF en la red HFC. Este dispositivo permite separar la información embebida en la portadora óptica incidiendo en un fotodetector, procesa

su salida para luego demodularla extrayendo de así la señal en forma de radiofrecuencia.

En un sistema de comunicación por fibra óptica el receptor es un dispositivo que permite extraer la información contenida en una portadora óptica que incide en el fotodetector. En los sistemas de transmisión analógica el receptor debe amplificar la salida del fotodetector y después demodularla para obtener la información. En los sistemas de transmisión digital el receptor debe producir una secuencia de pulsos (unos y ceros) que contienen la información del mensaje transmitido. (López y Del Salto, 2016).



Figura N° 13: Receptores ópticos (Frontal)
Fuente: Compañía Econocable



Figura N° 14: Receptores ópticos (Posterior)
Fuente: Compañía Econocable

En las figuras N° 13 y 14 se muestran los receptores los cuales tienen 4 vías ópticas independientes, que pueden procesar 4 señales ópticas sincrónicamente. Estos receptores convierten la señal de luz de fibra óptica en una señal de distribución de base RF coaxial tradicional; los 4 LEDs del frontal indican la potencia óptica recibida en cada uno de los 4 receptores ópticos.

b.4.4. – Nodo o Trova

Los nodos ópticos son equipos cuya función es la de realizar la conversión entre la señal óptica y eléctrica para el enlace descendente o forward (de la cabecera al abonado) y viceversa para el enlace de subida, con esto lograr la comunicación entre el CMTS ubicado en la cabecera y los cablemodems de los usuarios. El canal de retorno en las redes HFC son ocupadas por las frecuencias más bajas de todo el espectro. Estos canales de retorno de los distintos nodos de la zona llegan a la cabecera por distintas vías y multiplexados a distintas longitudes de onda.

Los nodos ópticos que se usan en la compañía constan de cuatro salidas troncales de 34 dBmV de ganancia y con un rango de potencia óptica de -3/+2 dBm. Estos equipos al trabajar entre la red troncal y distribución aceptando voltajes desde 40 V a 90 V, que generalmente cuentan con una fuente de alimentación ubicados en un punto central de la zona o plano.

En la figura N° 15 se muestra un nodo óptico de exterior con sistema bidireccional; donde las señales descendentes se convierten de óptico a eléctrico para continuar su camino hacia el abonado a través de la red de distribución de coaxial.

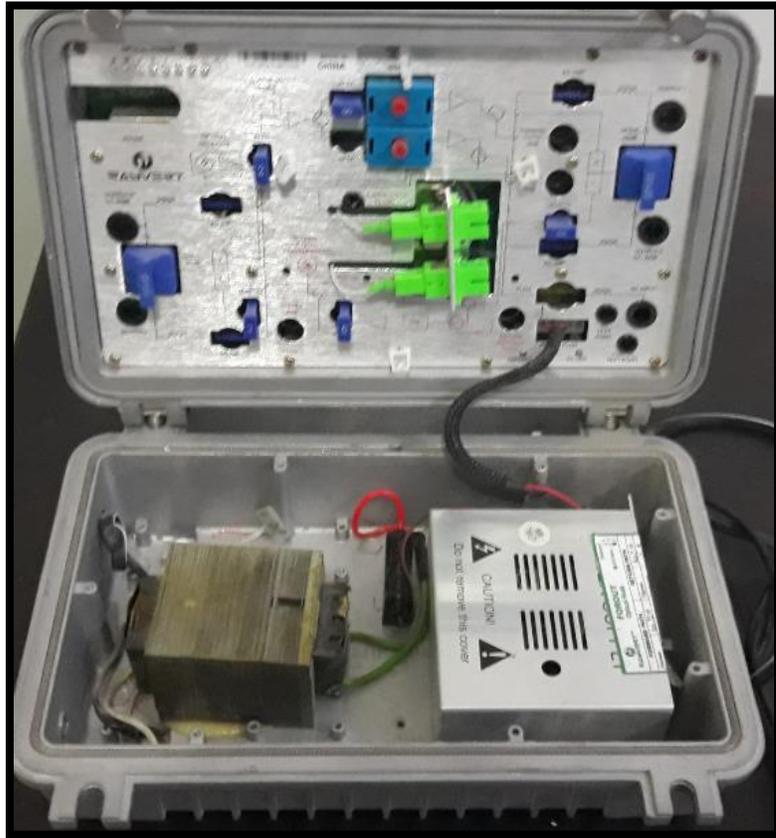


Figura N° 15: Nodo o trova de 220 Voltios
Fuente: Compañía Econocable

b.4.6. – Insertor de potencia

Es un dispositivo considerado como elemento pasivo cuya función es la de mezclar la señal de radiofrecuencia y la energía eléctrica. Este dispositivo se encuentra instalado en las redes de distribución, alimentando los nodos ubicados en los distintos puntos de la zona o plano. Como se muestra en la figura N° 16 el insertor consta de una entrada AC para ser combinada con la señal RF.



Figura N° 16: Insertor de potencia
Fuente: Compañía Econocable

b.4.6. – TAP

Es un elemento pasivo el cual distribuye señal al usuario final. Se ubica entre las interfaces de red de distribución y la red de acometida. Existen diversos tipos de este dispositivo de acuerdo a las atenuaciones con la que fueron fabricadas. 23 dBm, 20 dBm, 17 dBm, 14 dBm, 11 dBm. Su pérdida por inserción es del orden de 1 dBm. En la figura N° 17 se muestran 2 taps, la primera de cuatro conectores de salida y una atenuación de 14 dB, el segundo tap cuenta con 8 salidas y atenuación de 20 dB.



Figura N° 17: TAPS de 4 y 8 salidas de 14 dB y 20 dB
Fuente: Compañía Econocable

c. – La arquitectura FTTx

En la actualidad la compañía Econocable ya opera con estructura de red fibra óptica en la red troncal, pero no lo hacen aun en la denominada última milla, debido a que se opera mediante cable coaxial, presentando de esta forma una serie de inconvenientes.

Como solución a este inconveniente se diseñaron las redes FTTx, que presenta una serie de ventajas, como por ejemplo el desuso de elementos electrópticos que regeneran la señal.

c.1. – FTTN (Fiber to the node)

También conocida como fibra hasta el nodo o hasta el vecindario, está diseñada para abastecer a unos pocos cientos de clientes.

En las configuraciones FTTN, se instala un enlace óptico en la ONU dentro del armario de la Interfaz del Área de Servicio (SAI) que se ubica cerca de una comunidad residencial, subdivisión o escenario de negocios. La ONU convierte la señal óptica en una señal eléctrica donde se transfieren fácilmente los servicios a las instalaciones de cobre actuales. (Grady, 2005, p.130)

Como se muestra en la figura N° 18 una instalación FTTN puede realizarse de distintas formas, de tal forma que da soluciones a varias perspectivas. Como por ejemplo el hecho de usar armarios pasivos para mejorar los DSLAM (Multiplexor de acceso de línea de abonado digital) en la terminal remota.

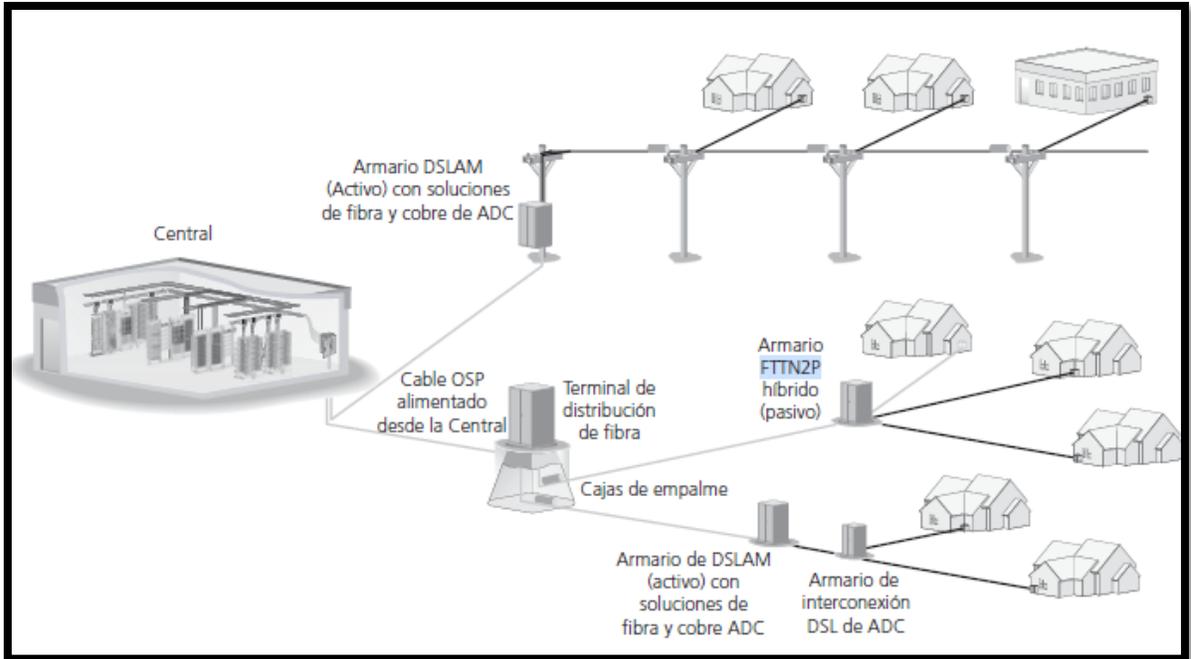


Figura N° 18: Diagrama de arquitectura FTTN
Fuente: Steve Grady, (2005)

c.2. – FTTC (Fiber to the Curb)

Fibra hasta la acera, para este caso el armario se encuentra más próximo hasta el usuario, aproximándose a una distancia de 300 a 600 metros.

En esta arquitectura, las fibras ópticas se envían desde la oficina central para acceder a dispositivos que se ubican en terminales de distribución de fibra (FDT) a lo largo de la acera o en compartimentos de distribución de cable áreas residenciales. Luego, los dispositivos de acceso se conectan a líneas de cobre (xDSL) que se enlazan a los hogares de los usuarios, implementando el acceso al servicio. FTTC se usa normalmente en áreas con baja densidad de población.

c.3. – FTTB (Fiber to the Building)

Fibra hasta el edificio, esta arquitectura no incluye el tendido hasta el hogar, para la conexión del edificio hasta el domicilio suele conectarse a través del cable de cobre.

Los cables de fibra óptica se enrutan desde la oficina central para acceder a

dispositivos que se ubican en edificios, entrando por pozos o sótanos de corriente de luz. Luego, los dispositivos de acceso se conectan a líneas de cobre (xDSL) o cable Ethernet (LAN) que se enrutan a los hogares de los usuarios, implementando el acceso al servicio. FTTB se aplica a zonas comerciales y áreas residenciales con altas densidades de población.

En la figura N° 19 se muestran las arquitecturas FTTB y FTTC respectivamente, donde se aprecia las distancias respecto desde el OLT a la unidad de viviendas múltiples (MDU) para luego ser conectados mediante cables de cobre a los usuarios terminales.

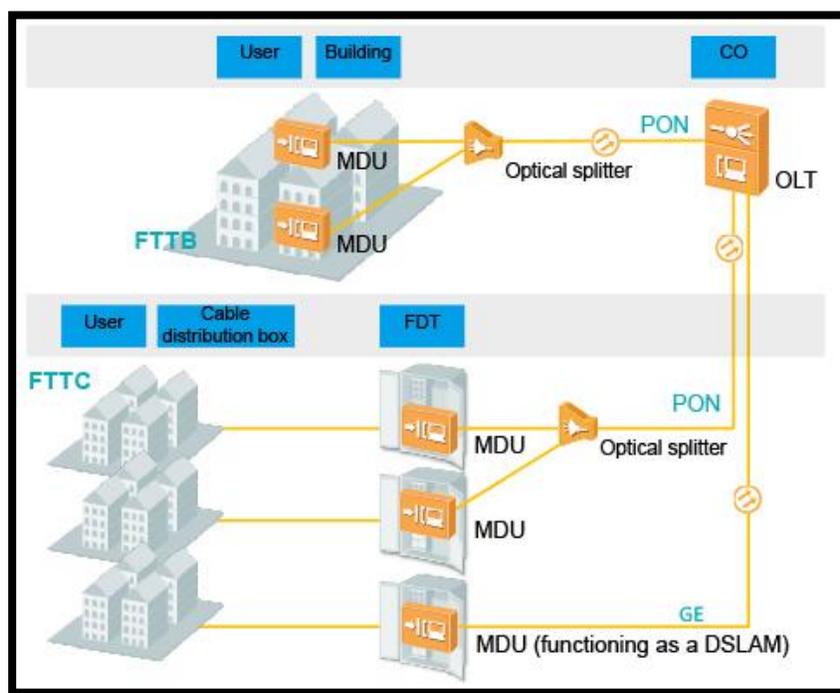


Figura N° 19: Arquitecturas FTTB y FTTC
Fuente: Router-switch Ltd, (2019)

c.4. – FTTH (Fiber to the Home)

Es una arquitectura perteneciente al tipo FTTX, compuesta en el trayecto únicamente por fibra óptica llegando hasta el terminal de usuario, y se completa por cable Ethernet y coaxial en la red interna del abonado.

Esta arquitectura propone la utilización del medio físico a través de la

multiplexación por longitud de onda (WDM), desde la central hasta cada abonado final.

El FTTH es la fibra óptica que llega hasta el usuario en otras palabras al hogar. En Europa, Asia y en otros lugares ya cuentan con esta tecnología con más de 8 millones de hogares. Esta tecnología es capaz de soportar el ancho de banda necesario que requiera los hogares, esta tecnología es a prueba de futuro, debido que su arquitectura es de fibra desde el terminal línea óptico hasta el dispositivo ubicado en el usuario. (López, 2016, p.36)

c.4.1. – Elementos de la arquitectura FTTH

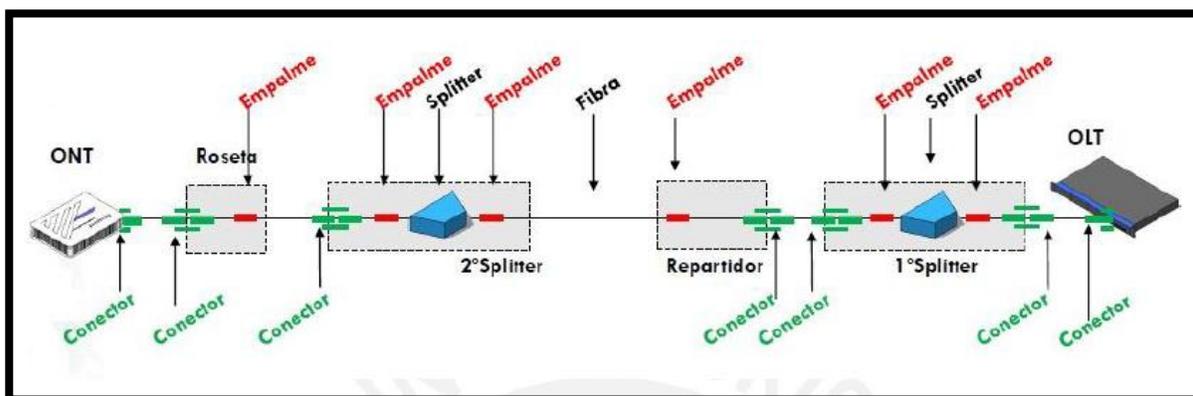


Figura N° 20: Esquema red FTTH con GPON
Fuente: Joseph Arias (2015)

c.4.1.1 Equipo terminal de línea OLT

El OLT es un elemento activo que se encuentra ubicado en la cabecera o Data center, de ella sale hacia las redes de fibra óptica hacia los usuarios. Tienen la capacidad de dar servicios a miles de terminales denominadas ONU u ONT.

El OLT es un equipo que integra la función de interruptor en el sistema GPON. Normalmente, el equipo OLT está compuesto por un bastidor, un módulo de control de conmutación, un módulo de enlace o tarjeta PON, protección de redundancia, módulos de fuente de alimentación de -48v CC y/o un módulo de fuente de alimentación de 110/220 V CA y ventiladores.

La función del OLT es la de gestionar el intercambio de datos hacia las ONU's y su distancia máxima admitida de transmisión a través de la ODN es de 20 km. El OLT controla dos sentidos de la transmisión de información: sentido ascendente (y sentido descendente, cada puerto soporta una cantidad de hasta 64 ONU's.

En la Figura N° 21 se muestra el dispositivo base que hace la conversión desde el equipo de última milla OLT MxK Zhone hacia la red pasiva, los cuales a su salida pueden entregar hasta una potencia de 4 dB.



Figura N° 21: OLT
Fuente: Jhonatan Asenjo (2014)

c.4.1.2. – Divisor óptico

El divisor óptico o también conocido como Splitter es un elemento pasivo cuya función es la de dividir la señal en 2 o más ramificaciones con menor potencia óptica respecto a la señal original.

Una de las principales consideraciones en la construcción de la parte de la red de distribución de fibra que une al cliente con la Central, es la que concierne al enfoque del divisor óptico que mejor funciona. Dado que la tarjeta del terminal de

línea óptica (OLT) actual puede dar servicio a un máximo de 64 clientes, es importante garantizar un uso eficiente de cada tarjeta. (Grady, 2005, p. 37).



Figura N° 22: Divisor óptico
Fuente: Compañía Econocable

c.4.1.3. – Equipo terminal de red ONT

La ONT (Optical Network Terminal) es un equipo terminal que convierte la señal óptica transportada por la fibra, en una señal de banda ancha Gigabit Ethernet que puede ser interpretada por un ROUTER (donde también puede venir embebido dicha función en el equipo). La ONT se ubica en el usuario final y esta necesita alimentación eléctrica y debe estar siempre encendida.



Figura N° 23: ONT GPON
Fuente: Compañía Econocable

En la figura N° 23 se muestra una ONT con una interface Giga Ethernet, un puerto RF y una antena de Wifi, como también está compuesto por una interfaz PON por donde se intercomunicaran con el OLT.

c.4.1.4. – Cable de fibra óptica

El cable de fibra óptica utilizada en la red FTTH es de tipo Monomodo el cual debe ser compatible con la recomendación G.652. Para la red de distribución se utilizan cables de 24 y 48 hilos.

2.2.3. – Estándares

a. – Estándar DOCSIS

La especificación de interfaz del servicio de datos por cable (DOCSIS) es un estándar de transmisión de banda ancha por cable para servicios de datos IP. Define un canal de subida y bajada que permite la comunicación bidireccional entre un sistema de terminación de módem de cable (CMTS) en la cabecera del cable y un equipo terminal denominado cablemodem.

Se define como red DOCSIS cuando los dos elementos principales involucrados en el sistema son el CM y el CMTS. El CM (cablemodem) es el equipo final del suscriptor, al cual se pueden conectar diferentes dispositivos como una PC, un celular, etcétera, y el CMTS (cable modem termination system) que está ubicado en la cabecera o Head End destinado a la inserción del servicio de Internet. (López y Del Salto, 2016, p. 23).

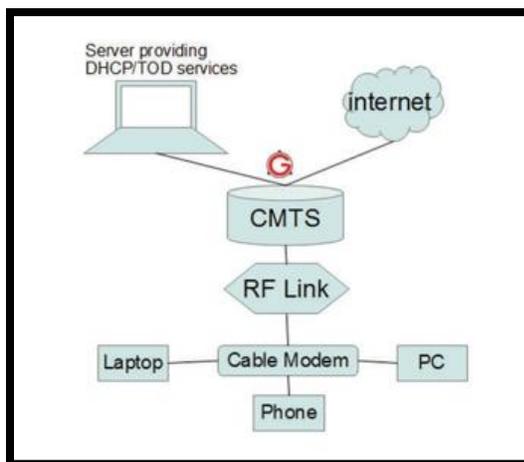


Figura N° 24: Arquitectura DOCSIS
Fuente: López Y Del Salto (2016)

a.1. – DOCSIS 1.0

El primer estándar aprobado fue el DOCSIS 1.0 por la UIT, teniendo como velocidad descendente de hasta 42 Mbps de capacidad, en sentido ascendente logra una velocidad de 10 Mbps, haciendo uso del servicio del mejor esfuerzo no fue posible brindar una buena calidad de servicio en esta versión.

El interfaz DOCSIS 1.0 es ofrecido al cablemodem de usuario a través de un cable coaxial RG-6 según sus normas establecidas, acabando en conector F macho.

Es en este estándar donde se establece el ancho de banda de cada canal de radiofrecuencia en 6 MHz para TV analógica o para señales digitales, mientras que para el sentido ascendente se usa modulación QPSK y 16 QAM.

a.2. – DOCSIS 1.1

La especificación DOCSIS 1.1 obtuvo las contribuciones de muchos fabricantes. El principal desarrollo o evolución en esta especificación es la calidad de servicio (QoS). También expone mejoras en la eficiencia del ancho de banda, fragmentación, concatenación, supresión de encabezamiento y aprovisionamiento seguro.

Esta versión hace de uso de la técnica de multiplexación FDMA para la transmisión en sentido ascendente y descendente, siendo el canal ascendente un medio compartido.

a.3. – DOCSIS 2.0

Este estándar es compatible con las versiones 1.0 y 1.1. Desarrolla la modulación de 64-QAM en capa física para el canal de subida. Tiene soporte para servicios simétricos y servicios punto a punto (PPP), servicios IP multicast, así como mayor inmunidad al ruido y a la interferencia. Para facilitar la transmisión más robusta de datos en sentido ascendente, DOCSIS 2.0 introdujo una serie de características llamadas PHY avanzada.

DOCSIS 2.0 utiliza la técnica de acceso TDMA y S-CDMA para la optimización de las transmisiones en sentido ascendente y establece un número limitado de

peticiones por ancho de banda disminuyendo el número de colisiones en la transmisión.

a.4. – DOCSIS 3.0

La especificación DOCSIS 3.0 incluye la unión de canales (Channel Bonding) tanto en downstream como en upstream; además de presentar una serie de mejoras, como ser el soporte a IPv6, también es compatible con las versiones anteriores. La unión de canales proporciona una forma más flexible para aumentar el rendimiento, con velocidades de datos en potencialmente altas de hasta 140 Mbps.

La importancia del Channel Bonding es la capacidad de transmisión elevada que nos puede brindar, cada canal RF sigue teniendo un ancho de banda de 6 MHz, y dependiendo del formato de modulación tendremos la tasa de transmisión de datos en sentido ascendente o descendente, por ejemplo, en el canal descendente usando modulación 256-QAM la tasa de transmisión es de 36 a 38 Mbps, considerado lo anterior si queremos una tasa de transmisión de 144 Mbps se tendría que unir cuatro canales, éstos canales no necesariamente tienen que ser adyacentes, de esta manera el CM recibirá información de los 4 canales al mismo tiempo considerándolos como un solo canal de mayor capacidad.

Este es el estándar utilizado actualmente por la operadora de telecomunicaciones Econocable.

b. – Estándares xPON

c.1. – APON

Este es el primer estándar desarrollado para las redes ópticas pasivas por la ITU-T G983, operando con el protocolo de señalización ATM en la capa 2, adecuándose de esta forma a las arquitecturas FTTH.

La transmisión de datos a nivel descendente se da por una corriente de ráfagas de celdas ATM que van a una tasa de bits de 155.52 Mbps que se reparten entre la cantidad de terminales u ONUS que estén conectados en el medio.

c.2. – BPON

Después de que apareciera el estándar APON para las redes ópticas pasivas, en el intento de mejorar y ampliar la cantidad de servicios surgió la tecnología BPON, pudiéndose con esto ofrecer servicios de Ethernet, VPL, distribución de video, además de agregar una tecnología muy relevante en estos tiempos llamada WDM (Multiplexación por longitud de onda). BPON o PON de banda ancha también perteneciente a las especificaciones ITU-T 983 y sus variantes, puede llegar a traficar su servicio de manera asimétrica como simétrica, en arquitecturas asimétricas (155 Mbps de subida y 622 Mbps de bajada), en arquitectura simétrica el tráfico descendente y ascendente se logra una transferencia de 622 Mbit/s.

c.3. – GPON

La tecnología GPON también perteneciente a la arquitectura PON, tiene como ventaja ofrecer una mejor capacidad en ancho de banda respecto a las tecnologías anteriores la cual se encuentra estandarizada dentro las especificaciones de la ITU-T G.984 y variantes. Logrando de esta manera ofrecer distintos tipos de servicios con más exigencia en la banda ancha tales como Voz IP y televisión por IP, ofreciendo hasta 2,488 Gbps en velocidad de bajada, también tiene la capacidad de ofrecer arquitecturas simétricas y asimétricas. GPON tiene como característica la creación de un propio método de encapsulamiento conocido como GEM (Método de Encapsulamiento GPON), el cual permite el soporte de diversos tipos de servicios. Esta tecnología GPON ha desarrollado una serie de mecanismos OAM (operación, administración y mantenimiento) permitiendo de esta forma facilitar al operador una gestión centralizada con los equipos terminales. Los componentes principales usados en esta tecnología son el OLT (Línea Terminal Óptica) por el lado de la compañía operadora y las ONT (Red Terminal Óptica).

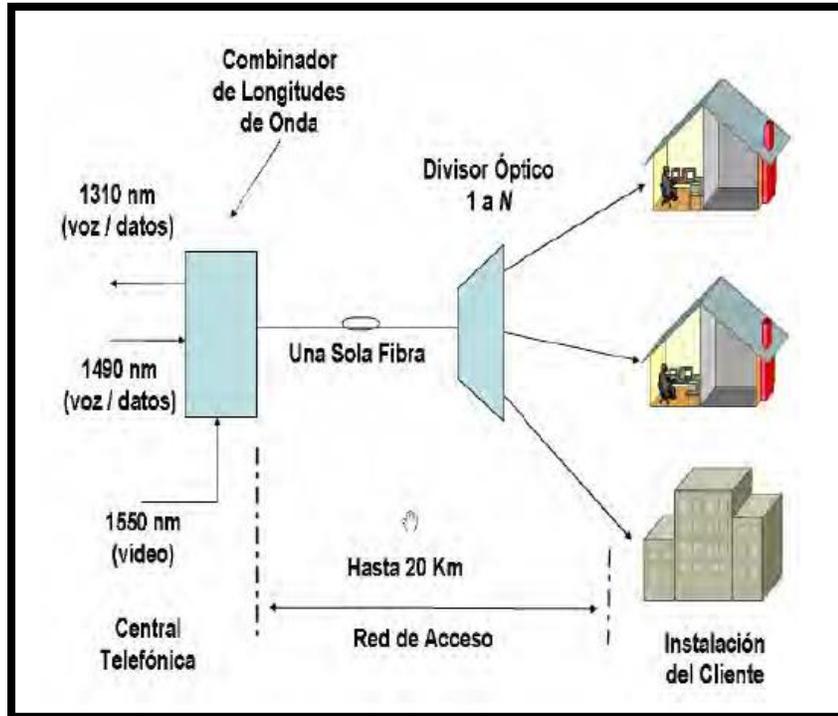


Figura N° 25: Red GPON
Fuente: Elliot López (2016)

c.3.1. – Componentes de la red GPON

Una red óptica pasiva GPON está compuesta básicamente por:

- Un módulo OLT (Terminal Óptico de Línea) que se encuentra en el nodo o Hub central.
- Uno o varios divisores ópticos que sirven para ramificar la red de fibra óptica.
- Tantas ONUs (Unidad Óptica de Usuario) como viviendas.

c.3.2. – Características de una red GPON

La red GPON presenta muchas virtudes respecto a otros tipos de redes que también hacen uso de la fibra óptica, estos son:

- Tiene un rango de alcance de cerca de 20 Km (este estándar puede llegar a 60Km) entre la oficina central y el usuario final.

- Se minimiza la cantidad de tendido de fibra, tanto entre las distancias distribuidoras como entre los circuitos de llegada al cliente.
- Los niveles de ancho de banda son muy elevados ofreciendo alta calidad en sus servicios.

c.3.3. – Aplicaciones de la tecnología GPON

El estándar GPON es una tecnología de última generación, el cual nos permite hacer uso de servicios como televisión en alta definición, streaming y aplicaciones multimedia que llegan hasta los usuarios sin interferencias, ni retrasos remarcados.

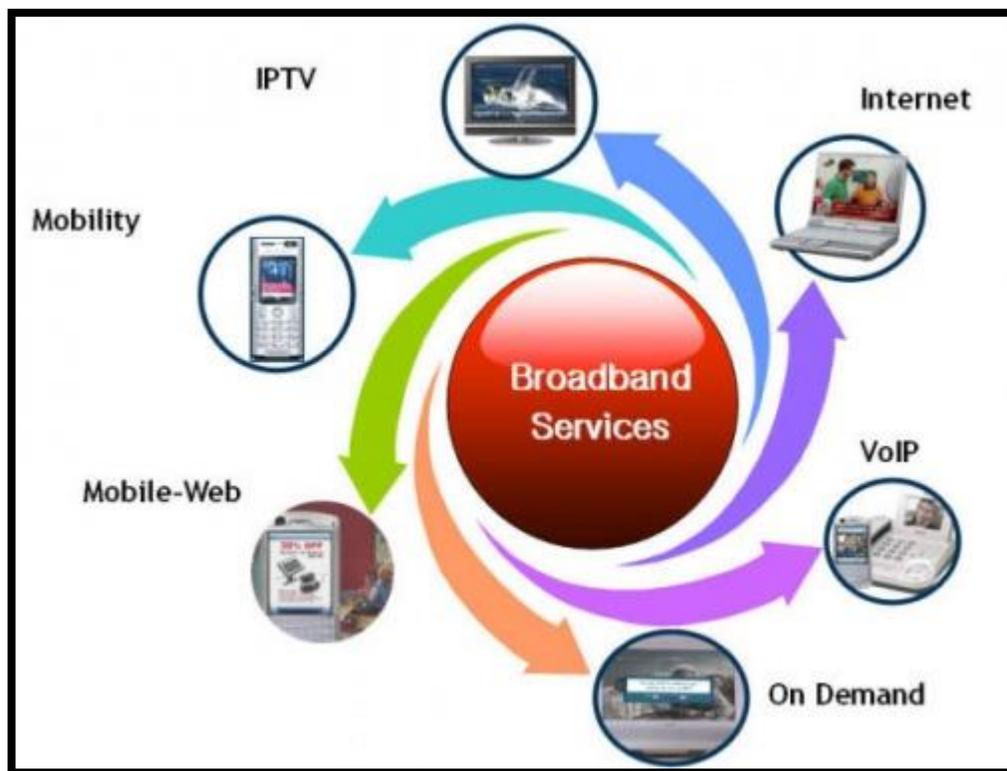


Figura N° 26: Aplicaciones
Fuente: Elliot López (2106)

c.3.4. – Método de encapsulación

La tecnología GPON emplea un método de encapsulación que es el Método de encapsulación GPON conocido como GEM, el cual es un protocolo de transporte síncrono que se basa en transportes de tramas de 125 μ s para que pueda manejarlo la tecnología PON a un nivel superior que se adapte al tráfico de las señales.

Se trata de la innovación en el protocolo de encriptación definido por la ITU-T G.984.3, el mismo que resulta una evolución del protocolo de entramado genérico GFP, que define las maneras de encapsular la información de longitud variable de diversas señales, para transportarlas por redes SDH (Jerarquía Digital Síncrona). El método de encapsulación que emplea GPON permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM) por lo que es un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 ms. (Chayña, 2017, p. 72).

La trama GEM compuesto por:

- Payload Length Information (PLI): Nos indica la longitud en bytes de los datos de usuario transportados. Transportando un máximo de 4095 bytes. Si los datos de usuario exceden este valor se trocean un varias tramas GEM
- Port-ID: Es un identificador de tráfico para diferenciar cada puerto GEM. Hasta 4096 canales posibles (12 bits)
- Payload Type Information (PTI): Informa sobre tipo de datos transportados: datos fragmentados, final de una trama fragmentada, información OAM GEM
- HEC: Información para detección y corrección de errores en la cabecera GEM

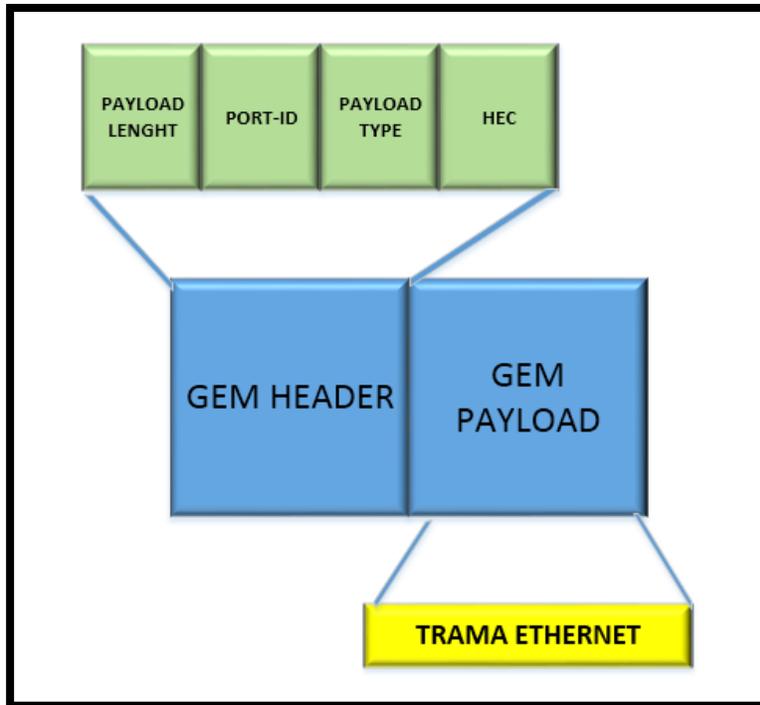


Figura N° 27: Trama GEM
Fuente: Elaboración propia

c.3.5. – Tráfico de datos

Una red GPON tiene tráfico en downstream (utiliza ondas de 1490nm) y upstream (utiliza ondas de 1310nm), usa el WDM (modulación por división de longitud de onda) se utiliza en broadcast de video con longitud de onda de 1550nm; el video se puede transmitir de dos formas, video TV y IPTV por eso que las ONT tienen una entrada de RF para el video TV. (López, 2016, p. 40).

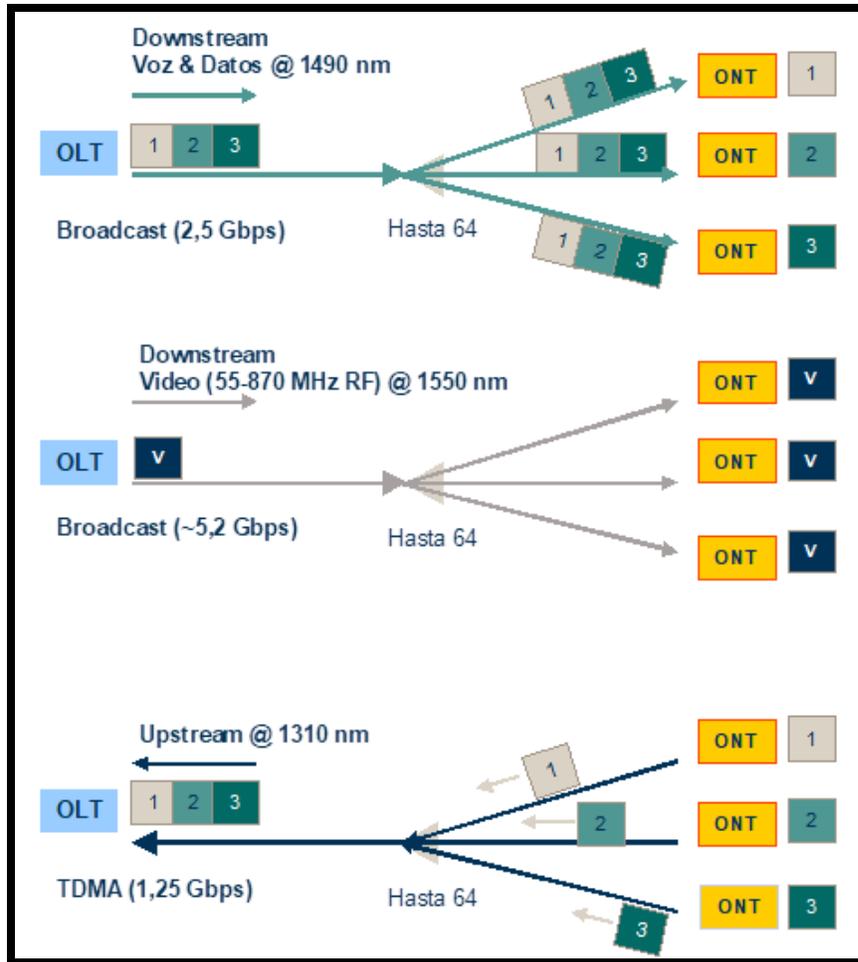


Figura N° 28: Tráfico de datos GPON
Fuente: Elliot López (2016)

c.3.6. – Configuración remota de las ONT (OMCI)

El protocolo OMCI (ONT Management and Control Interface) es un estándar de GPON para poder gestionar los equipos terminales ONT desde la OLT.

Dentro de la norma GPON se ha desarrollado un protocolo denominado OMCI (ONT Management and Control Interface). Este protocolo permite la configuración remota de las ONTs. Para cada ONT se establece un canal de gestión entre OLT y ONT. Incluye gestión, rendimiento, monitorización de alarmas, fallos y prestaciones. El protocolo OMCI es uno de los aspectos fundamentales para garantizar la interoperabilidad entre fabricantes. (Chayña, 2017, p. 80).

c.4. – EPON

Esta tecnología Ethernet-PON ha sido constituido por la IEEE haciendo llegar Ethernet en la última milla desarrollado por el grupo de trabajo EFM (Ethernet en la primera milla). EPON se basa principalmente en el transporte de tráfico a través de Ethernet reemplazando al transporte por medio de celdas de ATM, que en muchos casos resulta ser muy ineficiente y costoso. EPON hace uso del transporte de tráfico Ethernet manteniendo sus especificaciones 802.3 funcionando con velocidades de gigabit. Esta tecnología tiene como ventaja hacer uso del protocolo snmp en cuando a gestión y administración evitando el uso de elementos como ATM y SDH reduciendo de esta manera los costos de inversión.

2.3. – Definición de términos básicos

➤ Atenuación

En telecomunicaciones se denomina atenuación de una señal, a la pérdida de potencia que sufre al propagarse por un medio de transmisión (cobre, fibra, etcétera). Normalmente se encuentra expresada la atenuación en unidades de dB/Km.

➤ Cable modem

El cablemodem es un equipo utilizado para acceder principalmente al servicio de internet de banda ancha, haciendo uso del ancho de banda no utilizado por la red de Tv por cable. Estos equipos cumplen una serie de parámetros exigidos o normalizados por el estándar DOCSIS (Especificación de interfaz para servicio de datos por cable).

➤ Cable UTP

Es un tipo de cable de par trenzado que contiene pares de cables conductores eléctricos aislados y entrelazados para anular las interferencias de fuentes externas y diafonía de los cables adyacentes.

➤ CMTS (Sistema de terminación de cable modem)

Este equipo normalmente se instala en la cabecera o hub principal de distribución de los operadores. El Cmts se encarga de recibir todo el tráfico de internet, a su vez los distribuye hacia los abonados provisionados en la red. Es posible encontrar equipos operando con el estándar DOCSIS 2.0 y 3.0 los cuales permiten gestionar múltiples canales descendentes y ascendentes por dominio MAC.

➤ Dispersión

La dispersión es un fenómeno característico en la fibra óptica, este reduce el ancho de banda efectivo para la transmisión por el ensanchamiento de los pulsos. Esto provoca la distorsión de la señal transmitida limitando así la velocidad de transmisión.

➤ DOCSIS

DOCSIS (Data Over Cable Services Interface Specification) es un estándar publicado por el organismo sin fines de lucro Cablelabs, muy utilizado en Latinoamérica pasando por una serie de versiones, llegando así al estándar DOCSIS versión 3.0 publicado en el año 2006, permitiendo incrementar aún más las capacidades de ancho de banda y optimización de las redes de HFC.

➤ EDFA

El amplificador de fibra dopada con erbio (del inglés, Erbium Doped Fiber Amplifier) se basa en el dopaje con erbio de una fibra óptica. Es un dispositivo repetidor óptico que se utiliza para aumentar la intensidad de las señales ópticas que se transportan a través de un sistema de comunicaciones de fibra óptica.

➤ GEM

GEM (GPON Encapsulation Method) de las siglas método de encapsulación GPON, es protocolo definido por la G.984s para en GPON.

➤ HUB

Es una estación que se emplea para retransmitir servicios de datos, voz y televisión. Se trata de nodos que se conectan con redes de comunicaciones provenientes de la data center o cabecera.

Los Hubs están conformados por transmisores y receptores ópticos, encargados de recibir la señal óptica amplificarla y redistribuirla nuevamente en forma de señal óptica.

➤ G.652

Recomendación aprobada por la ITU donde se especifican las características de las fibras y cables ópticos Monomodo. Su última fecha vigente aprobada es el 13 de noviembre del 2016.

➤ ITU

Unión Internacional de Telecomunicaciones, es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las Tecnologías de la Información y la Comunicación – TIC

Su función es la de elaborar normas técnicas que garanticen la interconexión continua de las redes y las tecnologías, y nos esforzamos por mejorar el acceso a las TIC de las comunidades insuficientemente atendidas de todo el mundo.

➤ MODULO SFP

Los módulos SFP (Small Form-factor Pluggable) o factor pequeño de forma conectable son conectores de medios compactos e intercambiables en caliente que proporcionan conectividad de fibra instantánea a un equipo de red.

➤ MUFA

Es un elemento pasivo que forma parte de la red de planta externa, cuya función es la de proteger los puntos de fusión de fibra óptica, su diseño de cierre central mediante sello, evita el ingreso de humedad y aire al interior de la cavidad contenedora de las fibras.

➤ MULTIPLEXACION

Es la técnica de combinar dos o más señales, y transmitir las por un solo medio de transmisión. Su principal ventaja es la de permitir que pasen varias señales de forma simultánea, usando un dispositivo llamado multiplexor.

➤ ODF

El ODF (Optical Distribution Frame) es un distribuidor de fibra óptica que se encuentra instalado en el nodo o Hub, se utiliza para la interconexión con los usuarios.

➤ OLT

Es el equipo principal de la red GPON, cumpliendo la función de interruptor entre la capa 2 y 3 de esta arquitectura, compuesta por una serie de tarjetas con funciones distintas, las cuales son bastidor, un módulo de control de conmutación, módulos de fuente de alimentación de -48v CC o un módulo de fuente de alimentación AC de 110/220 V y los coolers.

➤ OMCI

ONT Management and Control Interface, es el protocolo estándar de GPON para la gestión por parte de la OLT hacia las ONT. Este protocolo permite establecer y liberar conexiones en la ONT, gestionar los puertos físicos de la ONT.

➤ ONT/ONU

La ONU es el equipo terminal que se encarga de convertir las señales ópticas transmitidas a través de la fibra en señales eléctricas. En general, las ONU pueden estar conectadas a una distancia no mayor de 20 km con respecto al OLT. Además, la ONU puede enviar, agregar y gestionar diferentes tipos de datos provenientes del cliente y enviarlos en sentido ascendente a la OLT.

➤ OTDR

El OTDR es un instrumento óptico-electrónico utilizado en la ODN para diagnosticar el estado de una red de fibra óptica. Este instrumento cumple distintas funciones tales como medir la distancia de la fibra, la atenuación en el camino, pérdidas por empalme y conectorización. Por tal motivo puede ser utilizado para detectar roturas de la fibra inyectando pequeños pulsos de luz.

➤ VLAN

Red de área local y virtual (Virtual LAN), es un método el cual nos permite crear redes que lógicamente son independientes, encontrándose dichas redes dentro de una misma red física.

➤ WDM

La multiplexación por división de longitud de onda (Wavelength Division Multiplexing) es una tecnología muy utilizada para transmitir señales de video y datos por un mismo segmento de fibra, cada una viajando por diferentes longitudes de onda, siendo separadas por un multiplexor.

CAPITULO III:

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. – Modelo de solución propuesto

El modo de transmisión de información en la empresa Econocable es la fibra óptica que a su vez trabajan con el cable coaxial en el acceso a la última milla haciendo así una red híbrida. Pues como sabemos la principal dificultad en dicha red es la distancia, esto debido a que el cable coaxial nos proporciona una mayor pérdida, afectando de esta forma a los usuarios más alejados proporcionando un servicio de poca confiabilidad.

El presente trabajo, responde a la modalidad de investigación de tipo comparativo y no experimental, debido a que describe y hace uso de las características de las arquitecturas y estándares en el acceso a la última milla, remarcando y proponiendo las ventajas de la tecnología FTTH sobre HFC además de sus respectivos estándares GPON y DOCSIS, en la empresa de telecomunicaciones Econocable SAC.

Consideraciones del diseño:

La empresa Econocable viene ofreciendo velocidades de 6, 12 y 20 Mbps de bajada con la tecnología HFC mediante sus cablemodem; se pretende ofrecer además de las velocidades mencionadas con el estándar GPON velocidades más altas tales como 30, 40 y 60Mbps. Considerando las capacidades de los equipos que se utilizarán para el presente trabajo es posible ofrecer dichas velocidades que según lo establecido por OSIPTEL(Organismo supervisor de inversión privada en telecomunicaciones) en su resolución N° 005-2016-CD/OSIPTEL publicado en enero del 2016, modifican el Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones N° 123-2014-CD/OSIPTEL Artículo 11, indica que se debe garantizar un mínimo del 40% de la velocidad contratada.

También se está considerando no intervenir en la red de Core, es decir se mantendrán los equipos de red tales como el SWITCH de borde que se enlaza con

el equipo proveedor de ISP, ni tampoco se modificará el router interno que se tiene puesto en producción cumpliendo en trabajo del NAT y asignación de IP privadas a los equipos terminales, recibiendo el tráfico del CMTS actual; donde también se pretende hacer uso de sus puertos disponibles para ser conectados al OLT de la red FTTH.

En la figura N° 29 se muestra un diseño de los equipos utilizados en la red y las etapas del proceso de la transmisión de datos y video en la red de fibra óptica. El router que viene a brindar la fuente de datos, ingresa al terminal de línea óptica u OLT. Luego la información es enviada por un medio de transmisión que en este caso es la fibra óptica viajando a una velocidad muy rápida, llegando a un primer divisor o splitter de 1x16, para luego ingresar nuevamente a otro divisor de 1x4, para luego llegar al usuario final, teniendo en cuenta que la capacidad de cantidad de terminales es la de 64. Estos splitter deben cumplir las normativas de atenuación menor a 13.8 dB para el caso del splitter 1x16 y menor a 7.5 dB para el caso del divisor 1x4, de acuerdo a la recomendación de la ITU-T 984.

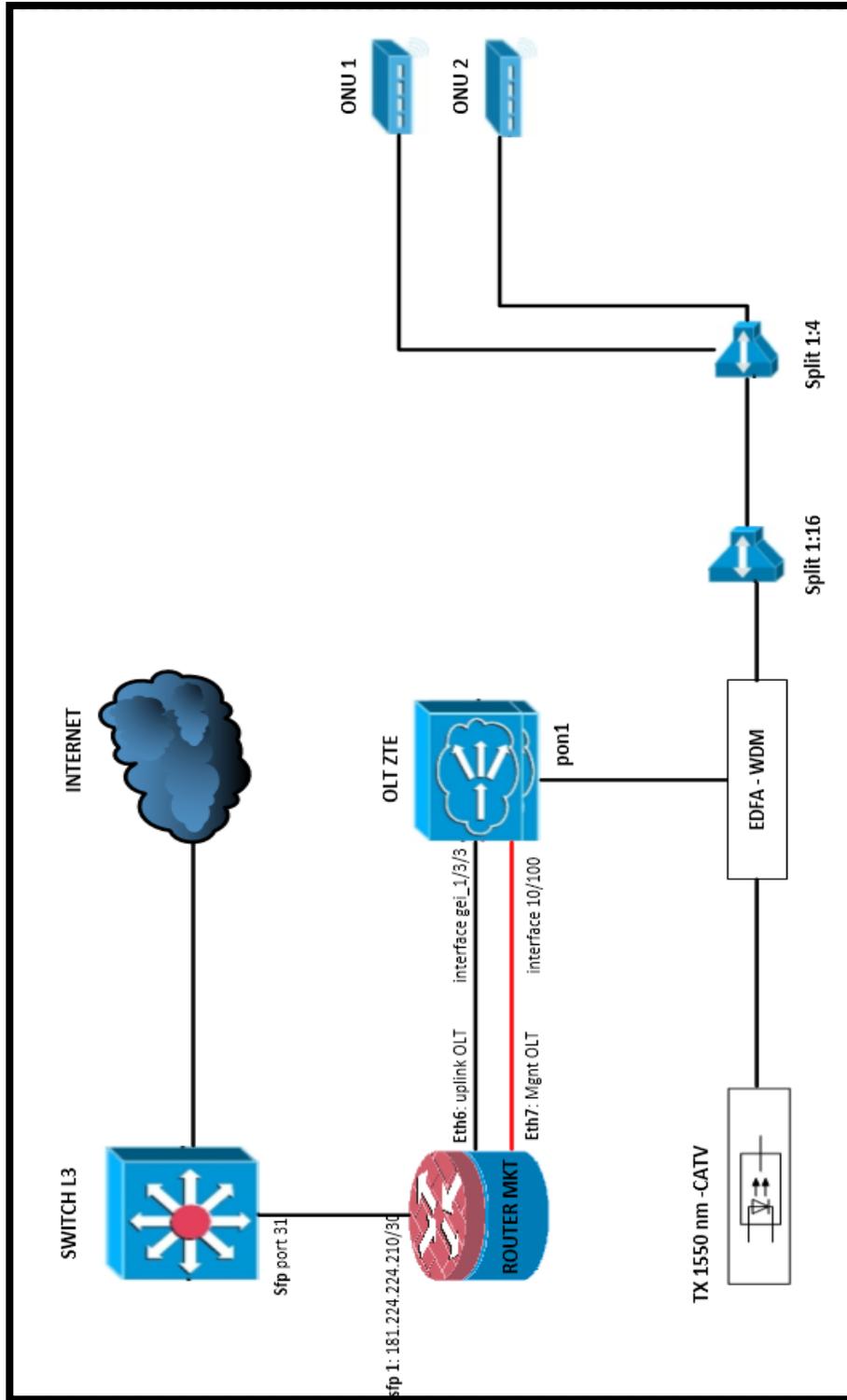


Figura N° 29: Modelo de solución propuesto diseño networking para transmisión en la red
Fuente: Elaboración propia

Debido a la alta demanda en el uso de la amplitud de banda, muchas personas se preguntan cuál es la velocidad que necesitan, a continuación, presentaremos en la tabla N° 2, sobre que amplitud de banda se necesita para un servicio determinado.

Tabla N° 2: Amplitud de banda de aplicaciones

Servicios	Amplitud de banda
Línea de teléfono	64 Kbps
ISDN	128 Kbps
Wifi, Wimax, cable	3-4 Mbps
Fuente de video de calidad	5 Mbps
HDTV	55 Mbps
Aprendizaje a distancia	>100 Mbps
telemedicina	>100 Mbps
Tele presencia	>100 Mbps
Televisión 3D-GPON	>300 Mbps (En cualquier sitio)
Ultra alta definición-GPON	>300 Mbps

Fuente: Elliot López (2016)

En la figura N° 30 se muestra las velocidades ofrecidas actualmente mediante la arquitectura HFC en su página web www.econocable.com, cabe mencionar que estas velocidades de sentido descendente son asimétricas respecto a la velocidad ascendente puesto que mediante este tipo de arquitectura no es posible brindar velocidades de subida de manera proporcional.

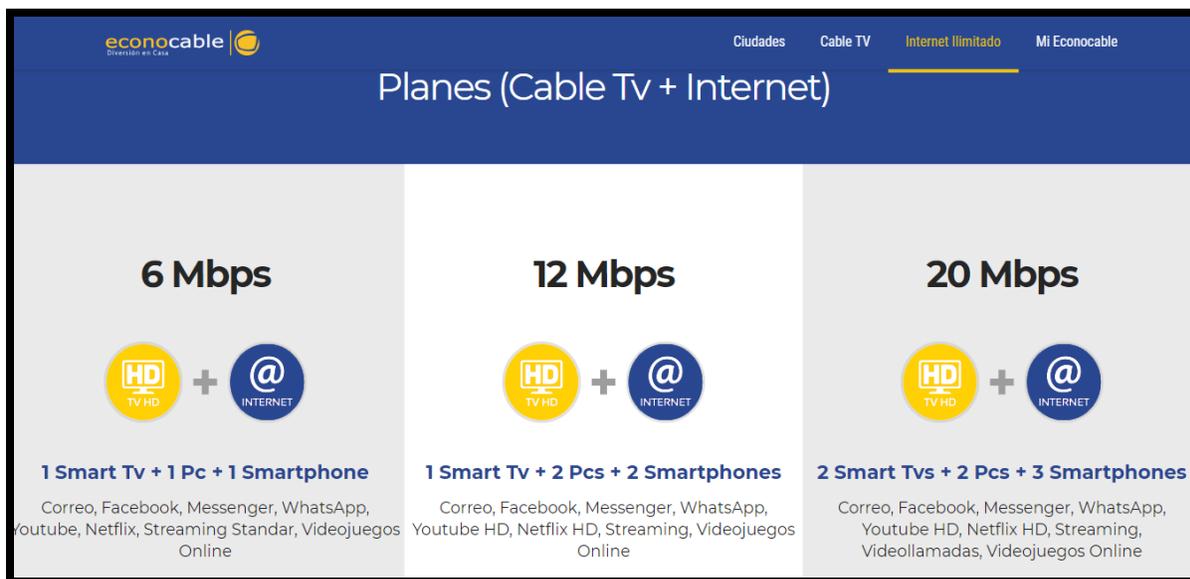


Figura N° 30: Velocidades ofrecidas por la empresa Econocable
Fuente: Compañía Econocable

3.1.1. – Lugar de ejecución

El presente trabajo tiene como objetivo abarcar gran parte de la urbanización de los Cedros de villa, los cuales estarían conformados desde la 1era etapa hasta la 12da etapa, de esta manera se estará cubriendo un aproximado de 2500 viviendas.

La revisión previa de los servicios de red que dispone la compañía actualmente en el distrito de Chorrillos, hace que se pueda dimensionar los requerimientos que son necesarios para posteriormente proponer una implementación el sistema de Red, haciendo uso de la red troncal tendida, considerando la cobertura mencionada para interconectar el área mencionada.

De acuerdo a la cobertura que se maneja actualmente en el distrito de Chorrillos se tiene en la red HFC; luego de realizar un estudio de mercado en el lugar se verifico que el factor de penetración de nuestra red es del 20 %, con la nueva arquitectura FTTH se pretende cubrir un 25 a 30% del total de los hogares por donde recorrería la nueva arquitectura, es decir un aproximado de 750 abonados.

El área comprendida del presente estudio es:

- La avenida Alameda sur hasta el cruce con la avenida Alameda San Marcos.
- Desde la avenida Costanera hasta el cruce con la avenida Alameda los Horizontes. 12°12'43.76"S de Latitud y 77° 0'56.85"O de Longitud.
- El área que cubierta comprende desde la 1era etapa hasta la etapa número 12 de la urbanización Los Cedros de Villa.

UBICACIÓN DEL PROYECTO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACION



Figura N° 31: Cobertura del trabajo a diseñar
Elaboración: Propia – Google Earth

3.1.1.1. - Ubicación de la oficina central o Hub

La ubicación de la oficina central se encuentra ubicado en el mismo distrito de Chorrillos, en la Av. Defensores del morro Manzana A Lote5 Villa municipal, esto debido a que haya una menor distancia hacia los elementos pasivos de la red. Es en este lugar donde se instalarán los equipos activos tales como: OLT, EDFA* y transmisor óptico, además de los elementos pasivos tales como ODF y Pachtords. También de aquí partirán los cables de fibra óptica que tendrán como destino la Urbanización Los Cedros de Villa donde se encontraran los usuarios que harán uso del servicio.



Figura N° 32: Oficina central del distrito Chorrillos
Fuente: Compañía Econocable

En la figura N° 32 se muestra la oficina principal del distrito de Chorrillos, donde además de ubicarse los equipos principales de red en un espacio hermético con aire acondicionado incorporado para un buen funcionamiento de los elementos de red a temperaturas recomendadas, también es un punto de cobranza, para recibir el abono de los usuarios de los servicios.

3.1.2. – Propuesta de diseño

En esta parte del trabajo se está proponiendo un diseño de red de fibra óptica empleando la arquitectura FTTH bajo el estándar GPON. Esta propuesta hace uso de los recursos tecnológicos indicados en el análisis de costo para la implementación de la solución.

Se propone el despliegue de la red FTTH para el presente escenario, desde la avenida Alameda sur, con coordenadas: 12°12'35.74"S, 77° 1'13.85"O, hasta la avenida Alameda San Marcos, con coordenadas 12°11'48.45"S, 77° 0'39.22"O, por la zona norte. Desde la avenida Alameda San Marcos, con coordenadas 12°12'7.20"S, 77° 0'18.24"O, hasta la avenida Costanera, con coordenadas 12°12'43.85"S, 77° 0'56.80"O, por la zona sur.

Se considera dicha ubicación, con el fin de centralizar el servicio suministrado por esta tecnología a un área específica y éste servicio pueda ser utilizado de manera eficiente por la urbanización mencionada.

3.1.2.1. – Planificación del diseño propuesto

- a). Se tomará como registro de un plano la cantidad promedio de 400 a 450 hogares para una mejor organización y reconocimiento de la zona.
- b). De acuerdo al factor de penetración del 30% proyectado en cada plano, se asignaran 2 puertos PON del OLT, los cuales tienen una capacidad 64 terminales por puerto, que en total sumarían 128 terminales (cantidad aproximada al 30 % de 450 hogares).
- c). Se solicitará la información del catastro en la municipalidad de Chorrillos, la zona donde se tiene planificado realizar el diseño.
- d). Actualizar la información del catastro con el personal de replanteo, para determinar la ubicación de los postes y la cantidad de hogares pasados por plano.
- e). Calculo de la atenuación teórica y análisis de pérdida de potencia.
- f). Diseño del plano, área de influencia y distribución de mufas.
- g). Diseño de plano con la distribución unifilar.

- h). Cálculo y mediciones correspondientes a la distribución de cables, ubicación de los equipos pasivos.
- i). Determinación del tipo de cable y equipos correctos a utilizar para el tipo de zona a operar.
- j). Determinación de los tipos de conectores a utilizar para el proceso de conexión en la planta externa, planta interna y acometida.
- k). Diseño del registro de la red, en el nodo u oficina central para cada uno de los planos, identificando las cuentas de los hilos a utilizar.
- l). Identificación de los equipos de networking a utilizar, tales como Switch, Router, OLT y ONU.
- m). Diseño del diagrama de red IP para el proceso de transmisión de datos y video.

En la figura N° 33 se muestra la división en planos de la Urbanización Los Cedros de Villa que de acuerdo a la estimación de los hogares pasados y distribución de postes, se vió conveniente dividirlos en 8 zonas o planos, denominándose 8075, 8076, 8077, 8078, 8079, 8080, 8081 y 8082.

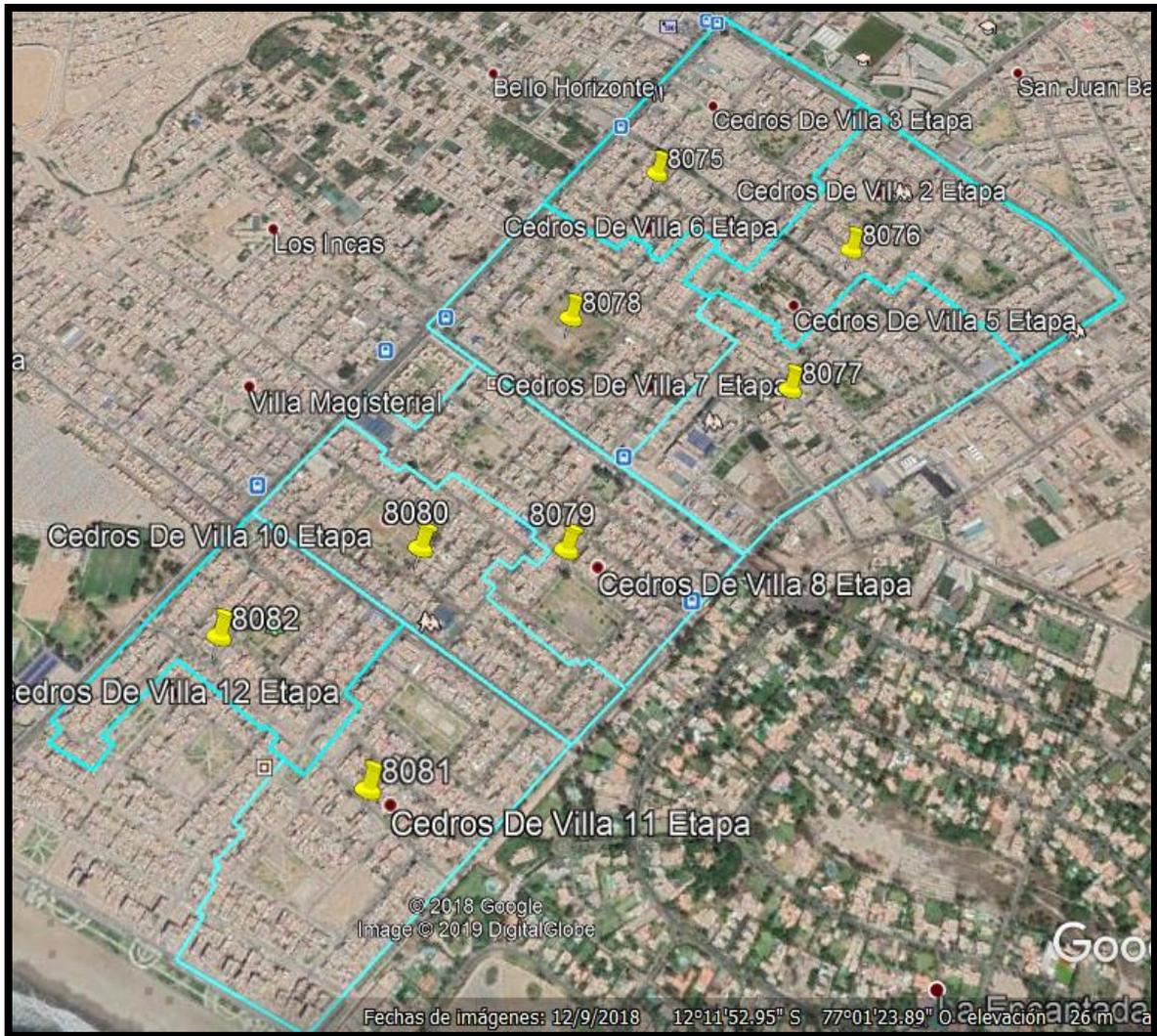


Figura N° 33: Diseño de distribución de planos
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la información recopilada en la tabla N° 3 se está pasando por un total de 3167 hogares, considerando el factor de penetración de la nueva red FFTH que es un máximo de 30%, se tiene como resultado un total de 950 clientes posibles suscritos.

$$950 \text{ clientes} \times 60 \text{ Mbps} = 57000 \text{ Mbps}$$

Asumiendo en el mejor de los casos donde se tenga los 950 clientes activos con una velocidad contratada de 60 Mbps, usando en el mismo instante de tiempo su velocidad contratada al máximo se llegaría o se requeriría un ancho de banda

máximo de aproximadamente 57 Gbps. Ahora, es necesario saber la capacidad de transferencia de datos con la que pueden contar los equipos de red.

Tabla N° 3: Resumen de planos vs hogares pasados

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	N° DE PLANO	SERVICIO	HOGARES PASADOS
LIMA	LIMA	CHORRILLOS	8075	CATV-INTERNET	458
LIMA	LIMA	CHORRILLOS	8076	CATV-INTERNET	469
LIMA	LIMA	CHORRILLOS	8077	CATV-INTERNET	331
LIMA	LIMA	CHORRILLOS	8078	CATV-INTERNET	407
LIMA	LIMA	CHORRILLOS	8079	CATV-INTERNET	380
LIMA	LIMA	CHORRILLOS	8080	CATV-INTERNET	329
LIMA	LIMA	CHORRILLOS	8081	CATV-INTERNET	411
LIMA	LIMA	CHORRILLOS	8082	CATV-INTERNET	382

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4: Capacidad transferencia de datos de bajada por equipo

CHASIS	Capacidad Máxima
CMTS C4 ARRIS – DOCSIS 3.0	3456 Mbps
OLT ZTE C320 – GPON	10000 Mbps

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 4 se consideran los equipos de red de la arquitectura HFC, representado por CMTS C4 con una capacidad máxima de transferencia de datos de 3456 Mbps; por el lado de la arquitectura FTTH se hace mención del OLT ZTE C320 que tiene una capacidad de 10000 Mbps de bajada. Donde se puede observar que la capacidad utilizando la tecnología GPON supera ampliamente a la tecnología DOCSIS.

3.1.2.2. – Calculo de la atenuación y pérdida de potencia

De acuerdo a la información teórica de los elementos a utilizarse se realizaran los cálculos de las pérdidas de potencia en los siguientes puntos:

- Enfrentamiento a conector PON del OLT: Se refiere a la pérdida que causará la conexión del patchcord al conector del OLT.

El valor será de -0.5 dB

- Enfrentamiento a ODF del OLT: El valor corresponde a la conexión del otro extremo del patchcord que se conectó al OLT, en este caso se conectará al ODF.

El valor será de -0.5 dB

- Pérdida por distancia del cable: De acuerdo a las indicaciones técnicas del cable de fibra, su pérdida es de 0.3 dB por kilómetro, en el caso de la arquitectura GPON nos permite tender un máximo de 20 km.

El valor será de -6 dB

- Empalmes en la red: El valor de los empalmes por fusión corresponde a un promedio de -0.15 dB por cada empalme a realizarse.

El valor será de -0.15 dB

- Pérdida en el Splitter de 1er nivel: Pertenece al splitter de 1:16 el cual maneja una pérdida de inserción de 13.6 dB

El valor será de -13.6 dB

- Pérdida en el splitter de 2do nivel: Pertenece al splitter de 1:4 el cual maneja una pérdida de inserción de 7.3 dB

El valor será de -7.3 dB

- Distancia de acometida: Es el valor de la pérdida en la distancia del cable de acometida, es decir la distancia entre la caja terminal y la ONU, su valor por kilómetro es de 0.3 dB. La distancia máxima estimada es la de 0.2 km.

El valor será de -0.06 dB

- Pérdida de conectorización en acometida: Viene a ser la pérdida por empalme mecánico en cada extremo del cable de acometida, su valor es de 0.3 dB.

El valor será de -0.6 dB

Asumiendo una distancia máxima de 20 km entre la oficina principal y el equipo terminal, se ha realizado la suma de todos los valores detallados líneas arriba, dándonos un valor total de pérdidas de -28.71 dB.

Considerando la potencia de salida el conector PON del OLT cual es de 4.8 dB, tendríamos el siguiente resultado.

$$\text{Potencia de recepción de la ONU} = -28.71 + 4.8 \text{ dB} = -23.91 \text{ dB}$$

Este valor se encuentra dentro de los parámetros establecidos en las características técnicas de una ONU las cuales oscilan entre -26 y -28 dB de acuerdo a la marca instalada en el usuario final.

3.1.2.3. – Diseño del plano y nomenclatura

Los siguientes diseños a implementar han sido desarrollados bajo la plataforma MicroStation, el cual se diseñó como plataforma CAD. Este producto pertenece a la compañía Bentley Systems, que trabaja duro para hacer que casi todos sus productos tengan capacidad para dibujar / detallar, modelar en 3D, renderizar, e incluso crear animaciones. Aunque MicroStation produce sus diseños en formato DGN puede editar fácilmente el formato DWG, tiene todas las herramientas de creación de dibujos 2D, su administración y documentación.

Para nuestro trabajo tomaremos como modelo el diseño del primer plano, el cual sería el plano 8075, mencionando que el criterio de diseño será el mismo para los planos siguientes los cuales se adjuntaran en el ANEXO 06.

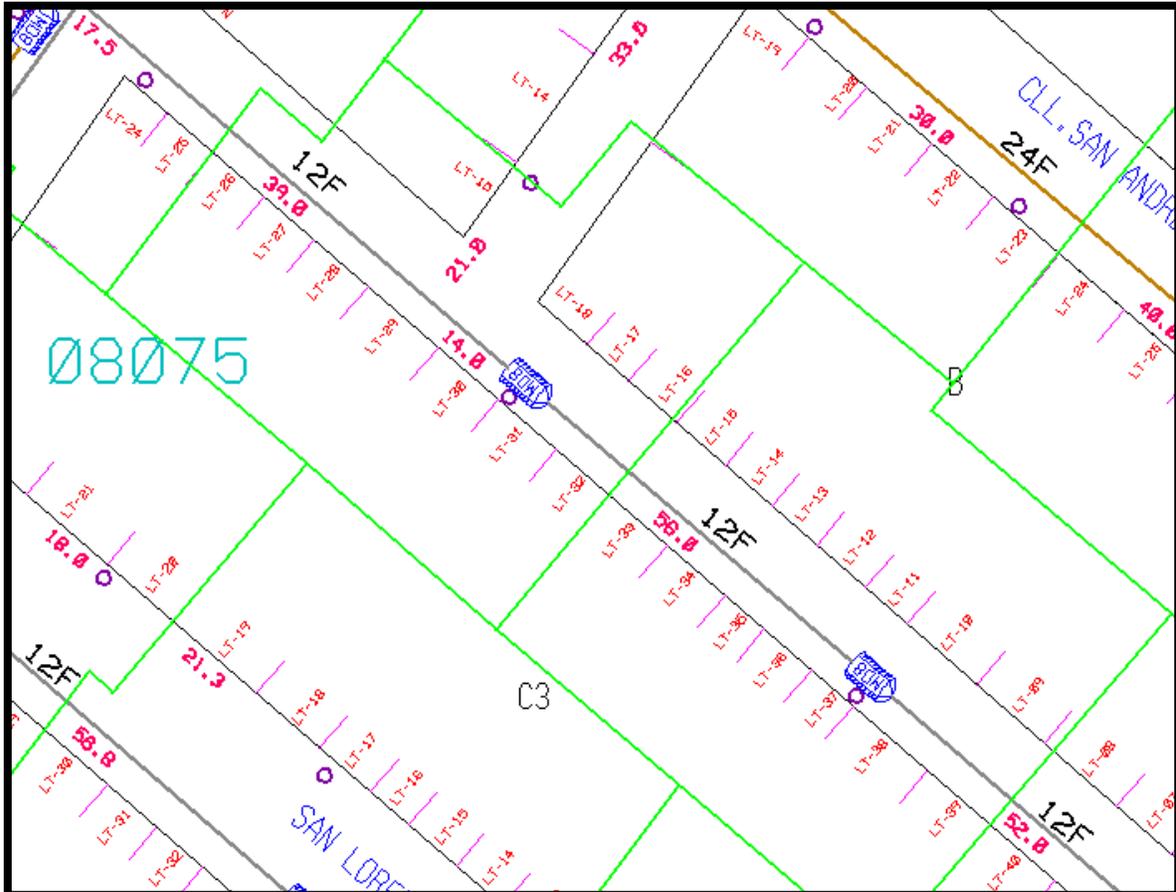
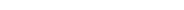


Figura N° 34: Plano catastral y distribución de mufas
Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 34 se muestra el diseño de distribución de mufas del plano 08075, aquí es donde se define la ubicación de las mufas, las cuales serán ubicadas de acuerdo al área de influencia y a la ubicación de los postes, estas mufas cubrirán un aproximado de 12 hogares. El área de influencia esta remarcado por las líneas de color verde, el criterio de la delimitación del área de influencia es la de cubrir un promedio de 12 hogares, los cuales serán cubiertos por 1 mufa instalada en dicha área.

Tabla N° 5: Nomenclatura del diseño de distribución de mufas

Datos	Simbología
Caja de empalme 48	
Mufa de distribución 16	
Mufa de distribución 8	
Mufa de distribución 4	
Área de influencia	
Retenida aérea	
Cable fibra óptica 12 hilos	
Cable fibra óptica 24 hilos	
Cable fibra óptica 48 hilos	
Poste	

Fuente: Elaboración propia

Se maneja las cajas de empalme de 48, estos solo se están usando para las mufas principales que de acuerdo al diseño por plano serian 2; 1 para cada puerto PON, luego las mufas de distribución de 16, 8 y 4 se utilizaran de acuerdo a la distancia con la mufa principal y a la necesidad por cada ramificación del cable de fibra hacia las cajas de distribución.

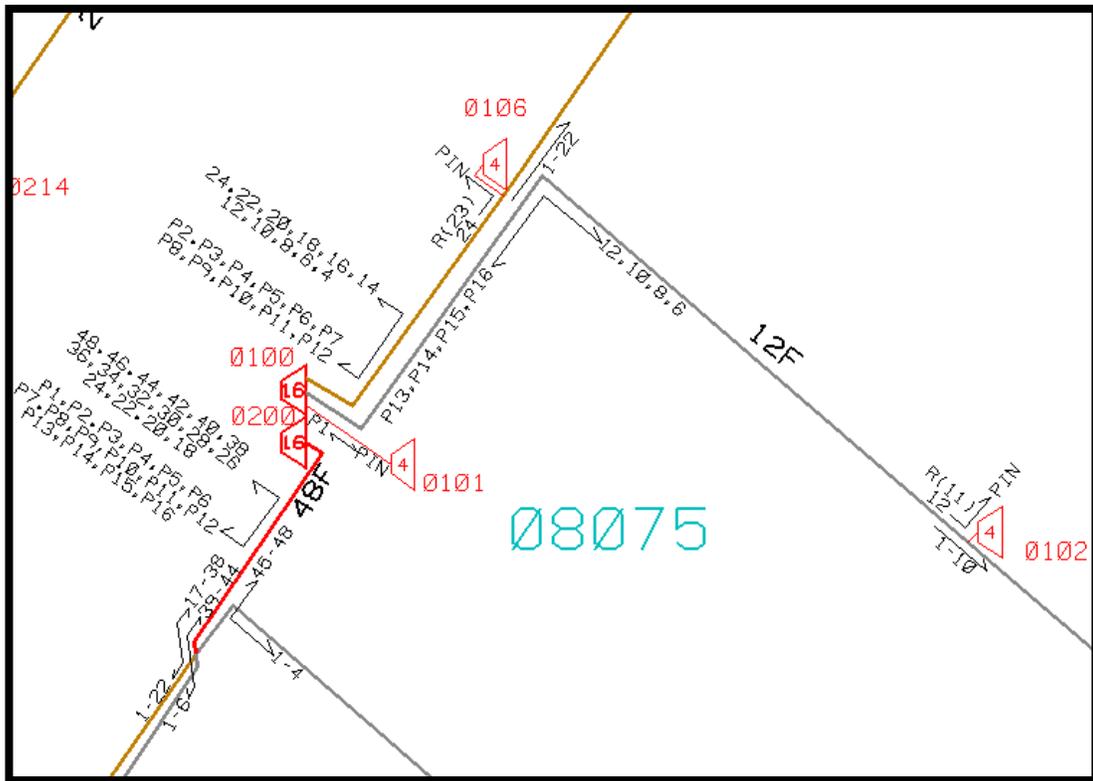


Figura N° 35: Diseño distribución unifilar plano 08075
Fuente: Elaboración propia

Las denominaciones de los 2 splitter principales serán de 0100 y 0200 mostrados en la figura 35, estos elementos tendrán una división de 1:16, que luego de ser ubicadas se asignaran los hilos correspondientes para ser empalmados por fusión con los hilos otro cable de fibra que continuara el camino hasta llegar hacia las cajas de distribución donde también se incorporará un divisor óptico de 1:4. Cabe mencionar que por cada hilo que se asigne a una caja terminal se dejará 1 hilo de reserva para prevención y/o proyección por si hay alguna avería o crecimiento en la zona.

En la ubicación de los splitter principales se dejara un splitter de distribución para cubrir el área de influencia en dicho espacio.

3.1.2.4. – Calculo de materiales

Tabla N° 6: Materiales a necesitar plano 8075

PLANO:	8075	
CABLES	Unid. Med	Cantidad
CABLE FIBRA OPTICA 12 HILOS	M.	825.8
CABLE FIBRA OPTICA 24 HILOS	M.	1469.1
CABLE FIBRA OPTICA 48 HILOS	M.	42
ELEMENTOS DE FO		
MUFAS DE EMPALME FO 12	UND.	0
MUFAS DE EMPALME FO 24	UND.	0
MUFAS DE EMPALME FO 48	UND.	2
MUFA DE DISTRI. 8 PUERTOS	UND.	32
DISPOSTIVOS		
SPLITER DE 4	UND.	32
SPLITER DE 8	UND.	0
SPLITER DE 16	UND.	2
SPLITER DE 32	UND.	0
FERRETERIA		
ALAMBRE MENSAJERO 3/16	M.	208
ALAMBRE PARA DEVANAR	M.	187.68
CINTA ACERADA ½	M.	97.6
CRUCETA	UND.	1
HEBILLAS ½ BANDIT	UND.	120
PORTALINEA TIPO C	UND.	54
PREFORMADO ½	UND.	101

Fuente: Elaboración propia

Los cables de fibra óptica de 12 hilos se usaran en los tramos que tienen a lo mucho una distribución de 6 mufas en su ramificación, tomando en cuenta que a cada mufa se le asignara 1 hilo principal más 1 de reserva, de la misma forma los cable de fibra de 24 hilos se usaran cuando en su ramificación existan más de 6 y menos de 12 mufas de distribución. Los cables de fibra de 48 se usan en el primer tramo de los splitter principales de 1:16 en caso sea necesario de acuerdo a la cantidad de ramificaciones.

Las mufas de distribución de 8 puertos se usan para cada terminación de los splitter de distribución, recordando que se tiene 4 fibras principales para las acometidas y 4 fibras de reserva.

Los splitter de 4 van ubicados en las cajas terminales los cuales servirán para las instalaciones de acometida. Los splitter de 16 se ubican en las mufas principales.

<i>PLANO ENTREGADO A OBRAS</i>	
<i>N° DE PLANO :</i>	<input type="text" value="08075"/>
<i>HOGARES PASADOS :</i>	<input type="text" value="458"/>
<i>ZONA :</i>	<input type="text" value="CEDROS DE VILLA"/>
<i>FECHA DE ENTREGA OBRAS :</i>	<input type="text" value="17-01-2019"/>
<i>SERVICIOS PARA ACTIVAR :</i>	CATV <input checked="" type="checkbox"/> INTERNET <input checked="" type="checkbox"/> TV DIG <input checked="" type="checkbox"/>
<i>ARCHIVO DE SECTORES Y RUTAS :</i>	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>

Figura N° 36: Resumen diseño enviado para obras Plano 8075
Fuente: Propia

En la figura N° 36 se muestra un resumen con la información del plano diseñado, listo para enviarse a construcción. Aquí podemos identificar el número del plano donde se va a ejecutar, la cantidad de hogares que cubre el diseño del plano, la urbanización a la que pertenece el plano, los servicios que se brindaran en el en la zona, además de los archivos que se han diseñado debe entregarse junto a este resumen, lo siguiente: El plano de distribución de mufas, plano de distribución unifilar, lista de materiales a utilizarse para su implementación.

3.1.2.5. – Registro de las cuentas y diseño de la red troncal

Luego de realizar el diseño del plano, se procederá a asignar los hilos correspondientes que se destinaran a los 2 splitter principales del plano desde el ODF ubicado en la oficina central.

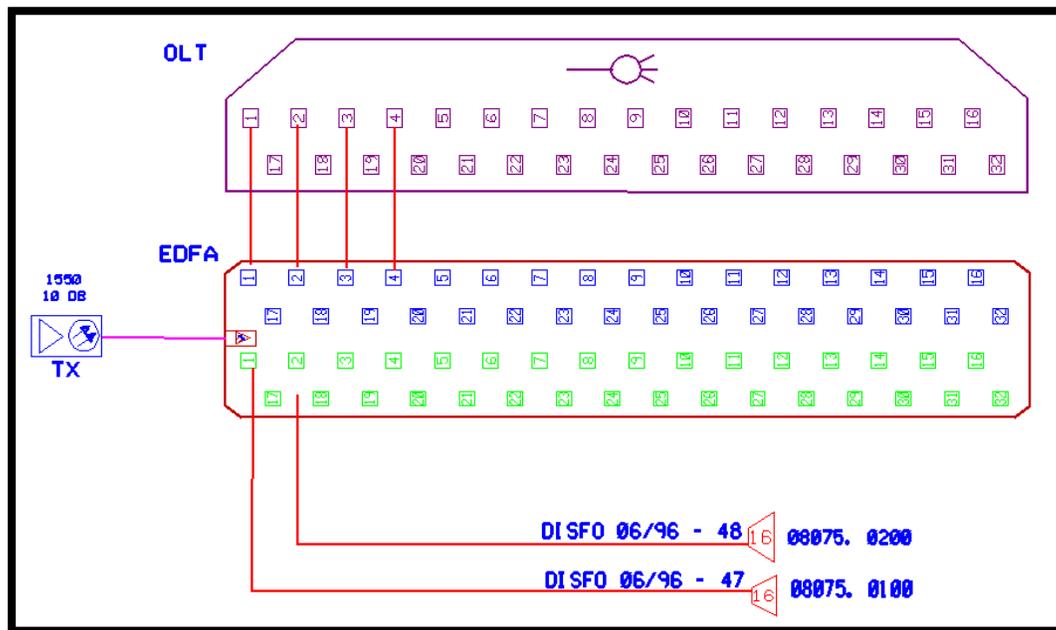


Figura N° 37: Registro de cuentas del plano 8075
Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 37 se muestran las conexiones de los puertos asignados en los equipos OLT y EDFA los cuales serán unidos mediante un patchcord con tipo de conector SC/UPC en ambos lados. A la vez se introduce la señal de CATV mediante un transmisor de 1550 nm hacia el equipo EDFA. Las señales del OLT y Transmisor se combinan en el EDFA que multiplexa las longitudes de onda (1490 y 1550 nm respectivamente). Luego el puerto de salida del EDFA con tipo de conector SC/APC identificándose dichos conectores por el color verde se conecta al distribuidor de fibra óptica (DISFO). Por ejemplo, para el plano 8075 se han asignado los puertos 1 y 2 del OLT, los cuales irán al puerto de entrada 1 y 2 del EDFA, la salida 1 del EDFA se conectara al ODF (DISFO) numero 6 el cual tiene 96 hilos y se utilizará específicamente el hilo número 47, este hilo será destinado al primer splitter principal 100 en el plano.

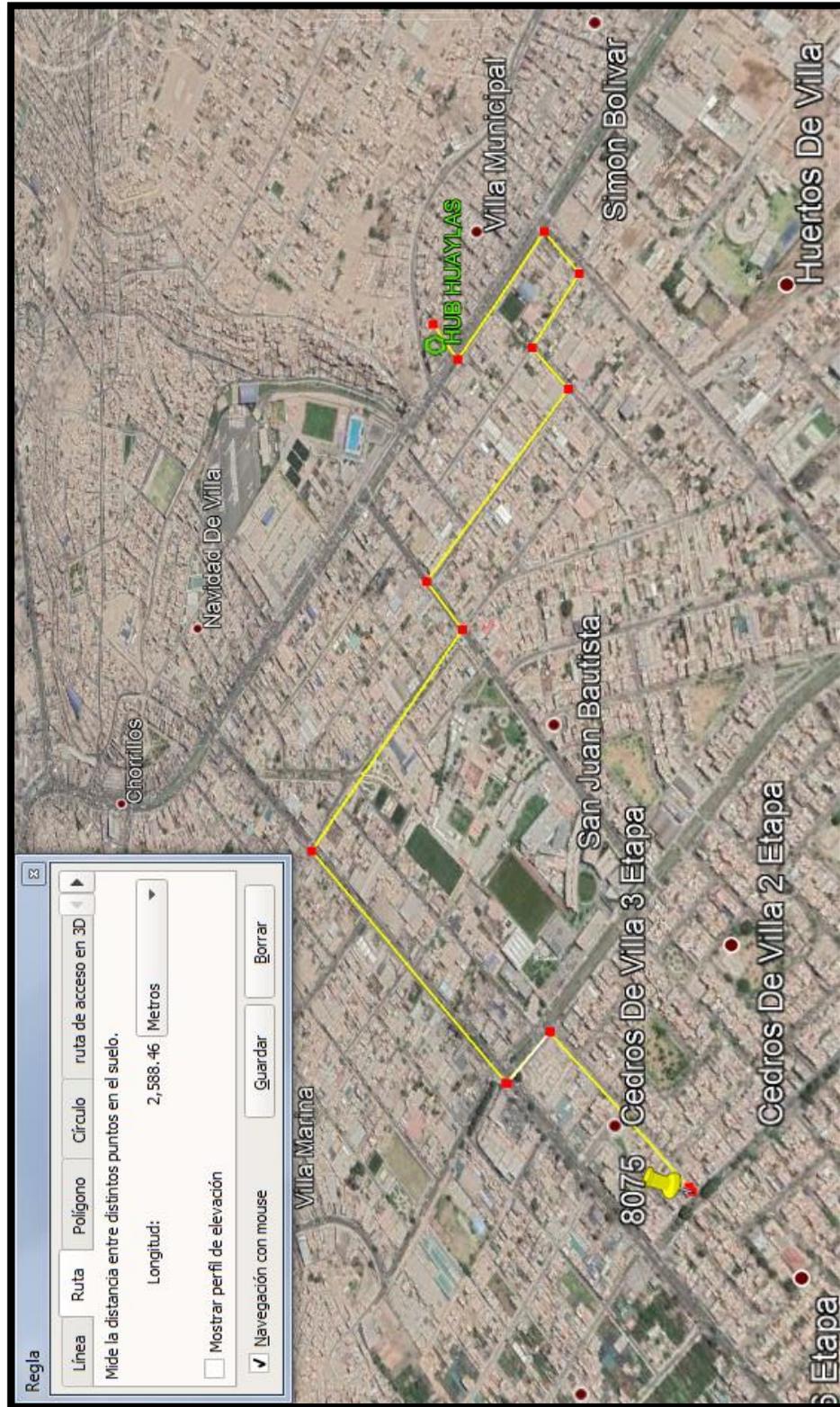


Figura N° 38: Recorrido de la fibra troncal del hub al plano
Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 38 se muestra el diseño del recorrido del cable de fibra principal, el cual partirá desde la oficina principal y llegara a los splitter principales asignados para el plano 8075, en la figura se muestra una distancia de recorrido de 2.58 kilómetros, a esto se sumará una reserva de 30 metros por cada 500 metros por prevención si hubiera alguna avería en la zona o rotura de fibra posterior, haciendo un total de tendido de fibra de 2.73 kilómetros. Cabe mencionar que le fibra troncal ya se encuentra en uso en gran parte del tramo por los planos HFC en alrededor del territorio.

3.1.2.6. – Identificación de equipos a utilizarse

En esta sección identificaremos los equipos que se instalarán en la oficina principal para la implementación de la red FTTH con la tecnología GPON:

- Switch capa 3 de borde: Este equipo se encargará de comunicarse con el proveedor del servicio de internet. Se asignará un puerto con un módulo SFP capacidad de 10 Gbps de transferencia.

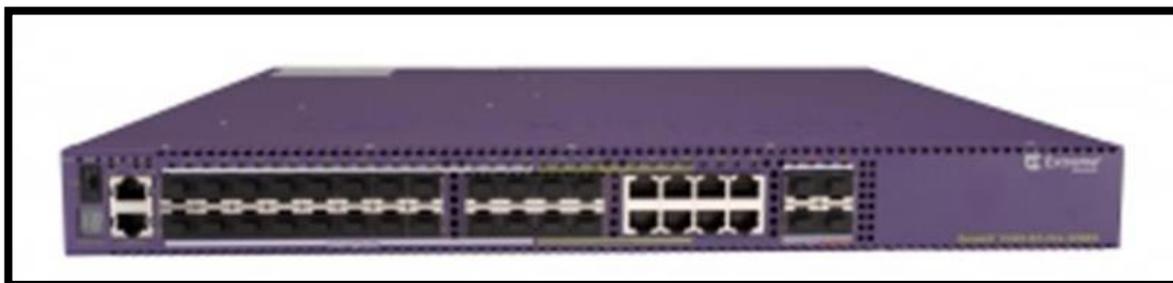


Figura N° 39: Switch Extreme Capa 3 Modelo X460
Fuente: Datasheet Extreme Networks

Los conmutadores X460-G2 son conmutadores efectivos de borde de campo que admiten Ethernet de bajo consumo de energía (EEE - IEEE 802.3az) con IEEE 802.3at PoE-plus como se muestra en la figura 39, también pueden servir como conmutadores de agregación para redes empresariales tradicionales.

- Router Core inside – NAT: El router que resolverá las asignaciones de IP y permitirá el acceso a internet a cada equipo terminal. La conexión entre el router y el OLT serán por 2 medios, uno será por puerto Giga-Ethernet para resolver el tráfico proveniente de las ONUS, y la otra conexión será Fast-ethernet para la gestión y comunicación entre router y OLT.

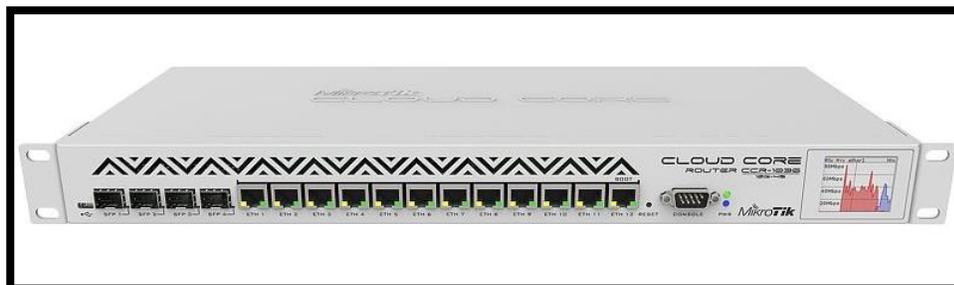


Figura N° 40: Router Mikrotik CCR1036-12G-4S-EM
Fuente: Página oficial Mikrotik

Tabla N° 7: Especificaciones Router Mikrotik CCR1036

Especificaciones técnicas	
Código de producto	CCR1036-12G-4S-EM
Arquitectura	TILE
CPU	TLR4-03680
Numero de núcleos CPU	36
Frecuencia nominal CPU	1.2 GHz
Dimensiones	355x145x44mm
Nivel de licencia	6
Sistema operativo	RouterOS v6 (64bit)
Tamaño de RAM	16 GB
Tamaño de almacenamiento	1 GB
Tipo de almacenamiento	NAND
Temperatura de ambiente probada	-20°C a 60°C
Rango de entrada AC	100-240
Consumo máximo de energía	69 W
Puertos Ethernet 10/100/1000	12
Puertos SFP	4

Fuente: Página oficial

- OLT: Es el equipo que tendrá comunicación directa con los equipos terminales u ONUS, el OLT asignará un puerto y una posición a una determinada ONU, el cual será únicamente utilizado por dicha ONU mediante una identificación el cual será su serie.



Figura N° 41: OLT del proveedor ZTE modelo ZXA10 C320
Fuente: Compañía Econocable

Tabla N° 8: Especificaciones OLT ZTE ZXA10 C320

Modelo	C320
Dimensión:	2200x600x300mm
Entorno operativo	Temperatura: -40 ° c ~ + 65 ° c Humedad: 5% ~ 95% (sin condensación)
Parámetros de suministro de energía	-Entrada de corriente continua de 48V AC 100 ~ V 240 V
Capacidad	GPON hasta 32 puertos Total 5 slots:
Configuración de chasis	2 slots para tarjetas de línea universal 2 slots para tarjetas de conmutación y control 1 slot para el módulo de ventilador
Tipo de acceso	Upstream interfaz: interfaz de negocio de 10GE óptico (Configurable 1*GE), GE ópticos/electricidad: Puerto ethernet eléctrico 1*10 M/100 M/1000 M
Rendimiento del sistema	Alcance físico máximo: 20 km Apoyo máximo 60km de distancia lógica

Fuente: Datasheet página oficial

- **Transmisor 1550 nm:** Este dispositivo transmisor óptico externo tendrá la función específica para la transmisión de señal CATV y datos de cable. Tiene diodo DFB (Laser de retroalimentación distribuida) como fuente de luz. Primero, modula a través de un modulador externo a la manera de AM-VSB, luego transmite el video.



Figura N° 42: Trasmisor óptico 1550 nm del proveedor Optictimes
Fuente: Página oficial

Tabla N° 9: Especificaciones del transmisor 1550 nm Optictimes

Tipo	Item	Unidad	Parámetro	Descripción
Características ópticas	Longitud de onda Laser	Nm	1550±10	ITU-TG.692 standard referido
	Relación de compresión de modo de radio	dB	35	Typical value >40
	Conector de fibra óptica		FC/APC	SC/APC、E-2000 por opción
Características de RF	Ancho de banda	MHz	47-862	
	Resistencia de entrada	Ω	75	
Características	CNR	dB	≥52	65Km fibra optica, 0dBm receiving
Características comunes	Fuente de alimentación	V	90~265VAC	-48VDC
	Temperatura de trabajo	°C	-20~85	
	Tamaño	"	19"×16.5"×1.75"	(W) × (D) × (H)

Fuente: Página oficial

Comienzo mié 02/01/19		Recopilación mié	Diseño y registro de los mar 15/01/19 - vie	Implementación del trabajo #3 lun 11/02/19 - vie 26/07/19	
Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	
📅	▶ Recopilación de información #1	9 días	mié 02/01/19	lun 14/01/19	
➡	Solicitud y adquisición del plano-Urbanización Los Cedros	1 día	mié 02/01/19	mié 02/01/19	
➡	Replanteo de los planos- Postes y hogares pasados	8 días	jue 03/01/19	lun 14/01/19	
📅	▶ Diseño y registro de los planos #2	19 días	mar 15/01/19	vie 08/02/19	
➡	Diseño de distribución de mufas y área de influencia	8 días	mar 15/01/19	jue 24/01/19	
➡	Diseño del plano- Ubicación de splitters y cajas de distribución	8 días	vie 25/01/19	mar 05/02/19	
📅	➡ Registro de cuentas y asignación de hilos	2 días	mié 06/02/19	jue 07/02/19	
➡	Instalación y conexión de equipos	1 día	vie 08/02/19	vie 08/02/19	
➡	▶ Implementación del trabajo #3	120 días	lun 11/02/19	vie 26/07/19	
📅	➡ Construcción de planos FTTH	112 días	lun 11/02/19	mar 16/07/19	
➡	Pruebas y revisión de niveles de potencia	5 días	mié 17/07/19	mar 23/07/19	
➡	Configuración de equipos de red	2 días	mié 24/07/19	jue 25/07/19	
➡	Comprobación de funcionamiento de la red	1 día	vie 26/07/19	vie 26/07/19	

Figura N° 43: Cronograma de actividades
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cronograma de actividades desarrollado en Microsoft Project mostrado en la figura N° 43 la etapa de recopilación de información de la Urbanización Los Cedros de Villa demandará un lapso de 9 días. Respecto al proceso del diseño y registro de las cuentas en la red de los 8 planos pertenecientes a la Urbanización tomará el tiempo de 19 días. El proceso más largo que es el de la construcción e implementación de la red nos tomará un tiempo de 120 días, donde la implementación de cada plano está proyectado activarse en un promedio de 15 días

3.1.3. – Análisis de costo

Cabe mencionar que se va a realizar un análisis de costos con valores de una red FTTH que ya se está poniendo en producción en al menos la mitad del trabajo propuesto, el análisis servirá para que alguna empresa, a futuro, se interese en la implementación y pueda hacerlo sin problemas posteriores.

En el presente trabajo el presupuesto económico se tomará en cuenta lo siguiente:

Los precios de los equipos fueron obtenidos gracias a las consultas con los proveedores.

Para el tipo de cambio utilizado en el trabajo se realizó la consulta en la página del Banco Central de Reserva, cuyo valor de cambio indicado es el de S/. 3.30.

Tabla N° 10: Lista de costos para la implementación en la oficina central

EQUIPOS y DISPOSITIVOS		PREC.UNIT
CHASSIS OLT ZTE ZX10 C320	UNIDAD	\$3,773.25
CONTROL /UPLINK CARD OLT ZTE	UNIDAD	\$0.00
LINE CARD GPON OLT 16 PORT ZTE	UNIDAD	\$0.00
POWER CARD OLT AC 220 + -48 DC ZTE	UNIDAD	\$0.00
TRANSMISOR OPTICO DE 1550 (7 dBm)	UNIDAD	\$700.00
Optictimes		
AMPLIFICADOR OPTICO EDFA (32*19W)	UNIDAD	\$4,300.00
Optictimes		
ODF 48 PUERTOS	UNIDAD	\$110.00
	TOTAL	\$8,883.25

Fuente: Elaboración propia

El análisis de costos se realizó de una contratación particular. Los requerimientos expuestos en la sección anterior determinan la inversión a realizar para desarrollar el proyecto en la oficina central.

Tabla N° 11: Lista de costos para la implementación en la planta externa

MATERIALES DE SOPORTE		PREC.UNIT	CANT.	SUBTOT.
ALAMBRE MENSAJERO 3/16	METRO	0.35	208	\$72.80
ALAMBRE PARA DEVANAR	METRO	0.10	188	\$18.80
CINTA ACERADA ½	METRO	0.84	98	\$82.32
CRUCETA	UNIDAD	15.38	1	\$15.38
HEBILLAS ½	UNIDAD	0.70	120	\$84.00
PORTALINEA TIPO C	UNIDAD	1.06	54	\$57.24
PREFORMADO ½	UNIDAD	2.00	101	\$202.00
				\$532.54
CABLES		PREC.UNIT	CANT.	SUBTOT.
CABLE FIBRA OPTICA 12, 24 HILOS	METRO	1.10	2295	\$2,524.50
CABLE FIBRA OPTICA 48,96 HILOS	METRO	1.60	42	\$67.20
				\$2,591.70
DISPOSITIVOS		PREC.UNIT	CANT.	SUBTOT.
MUFA DE DISTRI. 8 PUERTOS	UNIDAD	13.00	32	\$416.00
MUFAS DE EMPALME FO48	UNIDAD	85.00	2	\$170.00
SPLITTER OPTICO 1X4	UNIDAD	6.00	32	\$192.00
SPLITTER OPTICO 1X16	UNIDAD	28.00	2	\$56.00
				\$834.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 11 se muestra la lista de costos para la implementación en la red de distribución, cabe resaltar que no se está considerando el precio la red fibra troncal tendida desde la oficina central hasta el divisor principal del plano, puesto que dicha fibra troncal ya se encontraba en producción alimentando las redes arquitectura HFC en las urbanizaciones aledañas a los Cedros de Villa. El análisis de costo se considera para 1 solo plano que es el 8075. El costo de implementación para este plano en la planta externa suma un total de \$ 3957.94 dólares americanos.

Tabla N° 12: Costo de implementación de la Urbanización Los Cedros

Nº DE PLANO	SERVICIO	HOGARES PASADOS	COSTO PEXT
8075	CATV-INTERNET	458	\$3,957.94
8076	CATV-INTERNET	469	\$4,021.12
8077	CATV-INTERNET	331	\$3,775.40
8078	CATV-INTERNET	407	\$3,878.12
8079	CATV-INTERNET	380	\$3,820.36
8080	CATV-INTERNET	329	\$3,757.14
8081	CATV-INTERNET	411	\$3,879.94
8082	CATV-INTERNET	382	\$3,833.76

Fuente: *Elaboración propia*

El costo total en la implementación de la planta externa correspondiente a la Urbanización Los Cedros de Villa hace un total de \$ 30923.78. Si sumamos el costo de la implementación de los equipos en la oficina central tendríamos el costo total del trabajo el cual es \$ 39807.03.

3.1.4. – Propuesta de implementación

Luego del proceso de levantamiento de información en campo, denominado replanteo del catastro, se procedió con el diseño y registro de la red. A continuación procederemos a plasmar el proceso de construcción el cual tomará un lapso determinado de 15 días por plano. Luego de esto se procederá con las pruebas de medición y activación del plano.

El proceso de construcción del plano se asignara a una contrata, que se encargará del tendido de los cables, instalación de las mufas, instalación de splitter y cajas terminales, además del uso de la ferretería mencionada en el proceso de diseño.

La implementación en el cual nos proponemos de ejecutar, sería lo correspondiente a la instalación de los equipos en la oficina central, la configuración de los mismos, además de las pruebas de conexión y niveles de potencia con las ONUS terminales.

3.1.4.1. – Instalación de los equipos

Para el proceso de instalación de los equipos es necesario saber las dimensiones y medidas de los mismos para adquirir el gabinete donde se ubicaran los equipos principales de la red GPON. Dichos equipos estarán ubicados en un mismo gabinete para un mejor ordenamiento y conexionado. Los equipos a instalar son los siguientes:

- Switch Extreme. 1 unidad de rack.
- Router de Core Mikrotik: 1 unidad de rack.
- OLT ZTE ZX10 C320: 2 unidades de rack.
- EDFA Optictimes: 2 unidades de rack.
- Transmisor CATV 1550 nm Optictimes: 1 unidad de rack.

También mencionar que el equipo ODF se instalara en otro gabinete aledaño donde se encuentran instalados otros distribuidores de fibra.

Para el conexionado de los equipos de red a utilizarse es necesario establecer un orden, para realizar el cableado estructurado adecuado durante su instalación.

Se utilizará el cable de UTP categoría 6A de la marca PANDUIT modelo, el cual tiene una baja emisión de humo, sin halógenos (LSZH -3), 4 pares, los conductores son 23 AWG con aislante de Polietileno de alta densidad (HDPE) retardante de llama, retorcido en pares, separados por un divisor de pares integrado, envueltos con cinta MaTriX y protegidos con una capa LSZH (IEC 60332-3) (baja emisión de humo, sin halógenos), azul. Este tipo de cable sigue las normas establecidas por EIA (Alianza de industrias Electrónicas) 658A.

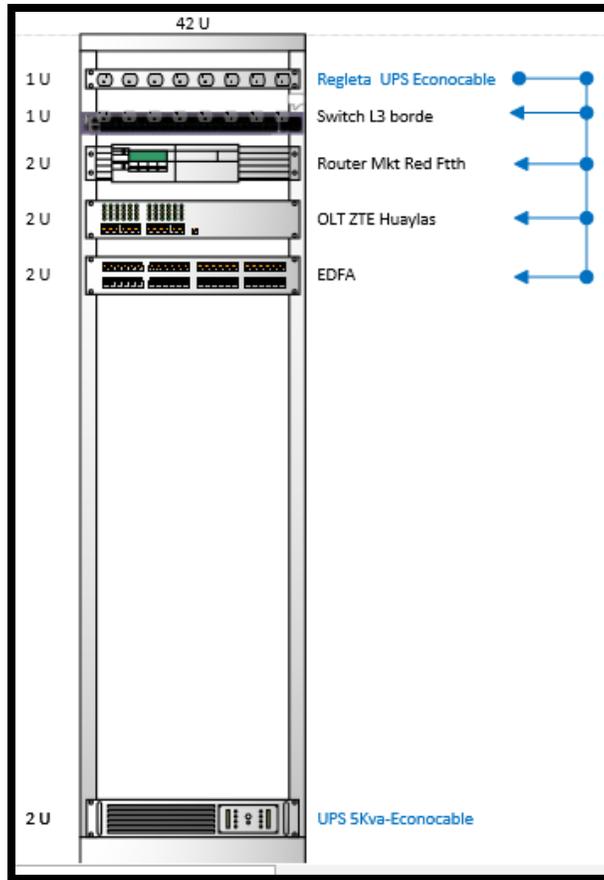


Figura N° 44: Diagrama gabinete de distribución de equipos
Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 44 se hace una simulación en Microsoft Visio de cuanto espacio estarían ocupando en unidades de rack los equipos necesarios para la implementación en la oficina central, además de la distribución de cableado y energizado de dichos equipos.

En la figura N° 45 se está realizando la instalación y conexionado del equipo OLT en el gabinete de networking que este caso se alimentando con energía DC, donde además se encuentran instalados los equipos de red que se utilizaran para las conexiones de configuración.

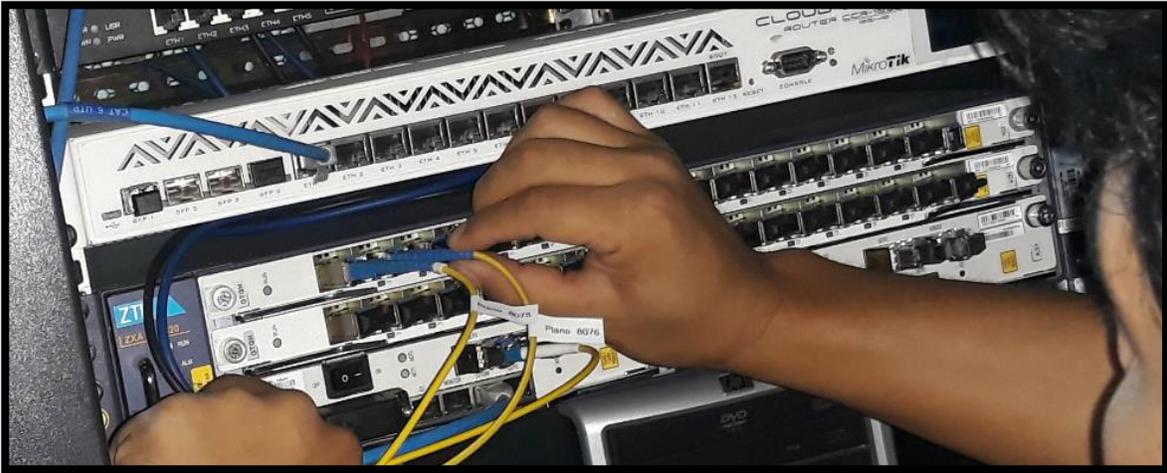


Figura N° 45 Instalación y conexionado de OLT ZTE ZXA10 en gabinete
Fuente: Elaboración de trabajo

3.4.1.2 Configuración del OLT

Para proceder con la configuración del OLT es necesario tener un cable de consola y un adaptador de puerto serial a USB uniremos dichos cables y procederemos a conectar el conector serial al OLT y el conector USB a la PC o laptop. Luego de eso es necesario instalar los controladores del adaptador de puerto serial a USB.

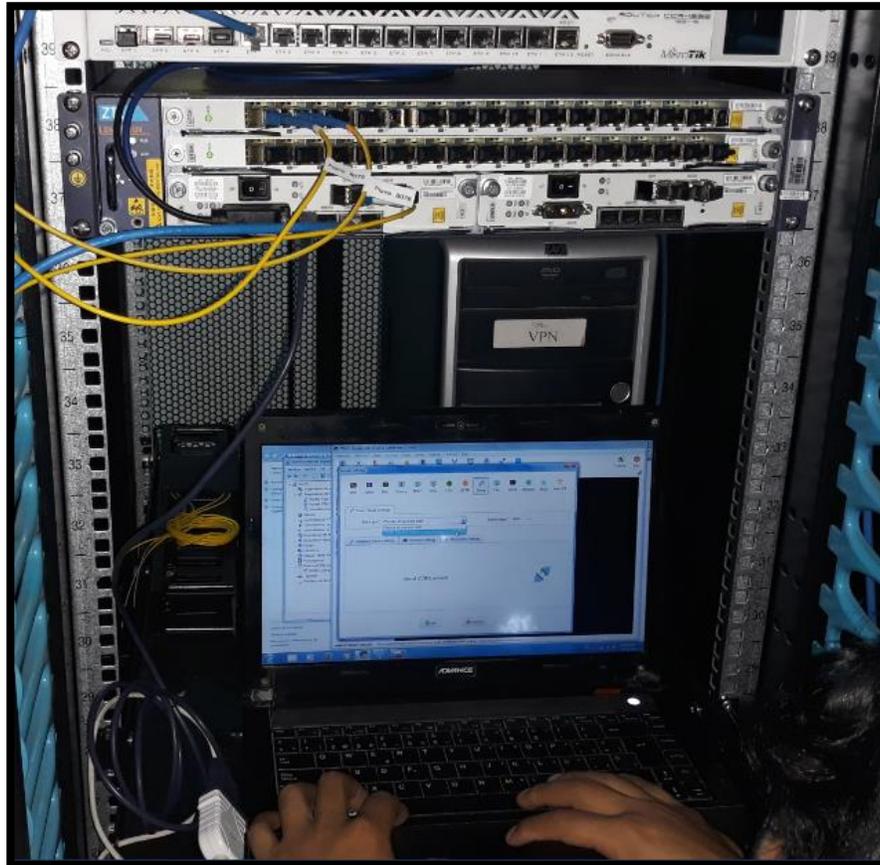


Figura N° 46: Conexión por consola y configuración de OLT
Fuente: Elaboración de trabajo

Como se muestra en la Figura N°46, se ha utilizado un cable de serial y un adaptador de cable serial a USB, dichos cables se unirán y se conectarán sus extremos en el puerto serial del OLT, y el otro extremo a un puerto USB de la laptop, se procede a instalar los controladores del adaptador, para poder conectarnos desde la laptop al OLT por medio de un herramienta llamada MobaXterm, el cual es soportado por la plataforma de Windows, y que nos permitirá ingresar por consola a configurar el OLT desde cero.

```
*****
Welcome to ZXAN product C320 of ZTE Corporation
*****

Last login time is 03.30.2019-05:42:48-UTC, 192 authentication failures happened
since that time.
Username:zte
Password:
ZXAN#conf t
%Info 20272: Enter configuration commands, one per line. End with CTRL/Z.
ZXAN(config)#hostname OLT-ZTE_HUAYLAS
OLT-ZTE_HUAYLAS(config)#
OLT-ZTE_HUAYLAS(config)#gpon
OLT-ZTE_HUAYLAS(config-gpon)#profile tcont 100M-v_HSI type 1 fixed 100000
.[Successful]
OLT-ZTE_HUAYLAS(config-gpon)#onu profile vlan 100M-v_HSI tag-mode tag cvlan 50
OLT-ZTE_HUAYLAS(config-gpon)#exit
OLT-ZTE_HUAYLAS(config)#pon
OLT-ZTE_HUAYLAS(config-pon)#onu-type FD600-704GAW-HR500 gpon description 4ETH,WIFI,RF
```

Figura N° 47: Configuración del OLT ZTE
Fuente: Elaboración de trabajo

En la figura N° 47 se está mostrando parte de la configuración necesaria en el OLT, tales como la VLAN, se crearan los perfiles con sus respectivas velocidades. Luego se procederá a ingresar las ONUS y sus características físicas tales como número de puertos Ethernet, adaptador wifi, puerto RF y otros si los tuviera.

```
OLT-ZTE_HUAYLAS(config)#interface gpon-olt_1/1/1
OLT-ZTE_HUAYLAS(config-if)#onu 1 type FD600-704GAW-HR500 sn DC54B3513902
.[Successful]
OLT-ZTE_HUAYLAS(config-if)#exit
OLT-ZTE_HUAYLAS(config)#interface gpon-onu_1/1/1:1
OLT-ZTE_HUAYLAS(config-if)#tcont 1 profile 100M-v_HSI
OLT-ZTE_HUAYLAS(config-if)#gempport 1 tcont 1
OLT-ZTE_HUAYLAS(config-if)#switchport mode hybrid vport 1
OLT-ZTE_HUAYLAS(config-if)#service-port 1 vport 1 user-vlan 50 vlan 50
OLT-ZTE_HUAYLAS(config-if)#exit
OLT-ZTE_HUAYLAS(config)#pon-onu-mng gpon-onu_1/1/1:1
OLT-ZTE_HUAYLAS(gpon-onu-mng 1/1/1:1)#service 100M-v_HSI gempport 1 vlan 50
```

Figura N° 48: Línea de comandos alta de la ONU en OLT
Fuente: Elaboración del trabajo

En la figura N° 48 se muestra la línea de comandos para la autenticación de una nueva ONU, el cual se dará de alta en la tarjeta 1, puerto 1 correspondiente al plano 8075. Al ser la primera ONU en registrarse tomará la posición 1. La serie de la ONU se registrará en dicha posición.

A continuación procederá al ingreso del perfil denominado TCONT que tomará que este caso será de 100 Mbps y la VLAN por donde pasara el tráfico de datos.

```

OLT-ZTE_HUAYLAS(config)#show gpon onu by sn DC59B352959B
Search result
-----
gpon-onu_1/1/1:2
OLT-ZTE_HUAYLAS(config)#show pon power att
OLT-ZTE_HUAYLAS(config)#show pon power attenuation g
OLT-ZTE_HUAYLAS(config)#show pon power attenuation gpon-onu_1/1/1:2
      OLT                ONU                Attenuation
-----
up      Rx  :-21.884(dbm)    Tx:2.469(dbm)    24.353(dB)
down    Tx  :6.636(dbm)      Rx:-19.746(dbm)  26.382(dB)
OLT-ZTE_HUAYLAS(config)#

```

Figura N° 49: Comprobación de ubicación y niveles de potencia de la ONU
Fuente: Elaboración de trabajo

Luego de dar de alta la ONU en el OLT, el paso siguiente a realizar es la comprobación del registro y revisión de sus niveles de potencia, en la primera caja terminal más cercana al OLT, los cuales deben estar dentro de los parámetros establecidos. En la figura N° 49 se muestra la ubicación en la tarjeta 1, puerto 1, posición 1 de la ONU con número de serie DC54B3513902. Luego se visualiza los niveles de transmisión y recepción de la ONU al OLT y viceversa los cuales están dentro de los niveles establecidos por la recomendación ITU-T 984.6.

Status		Status	Internet	Security										
		Device Info Internet Info LAN & WLAN TR-069 Status												
IPv4 Status	GPON Status <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Connection Status</td><td>Online (05)</td></tr> <tr><td>FEC Capability</td><td>Support</td></tr> <tr><td>FEC Upstream Status</td><td>Disable</td></tr> <tr><td>FEC Down Status</td><td>Disable</td></tr> <tr><td>Triple encryption</td><td>Flow 0: Disable Flow 1: Disable Flow 64: Disable</td></tr> </table>				Connection Status	Online (05)	FEC Capability	Support	FEC Upstream Status	Disable	FEC Down Status	Disable	Triple encryption	Flow 0: Disable Flow 1: Disable Flow 64: Disable
Connection Status	Online (05)													
FEC Capability	Support													
FEC Upstream Status	Disable													
FEC Down Status	Disable													
Triple encryption	Flow 0: Disable Flow 1: Disable Flow 64: Disable													
IPv6 Status														
GPON Info	Optic Info <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>TX Power</td><td>2.483665 dBm</td></tr> <tr><td>RX Power</td><td>-19.870399 dBm</td></tr> <tr><td>Temperature</td><td>44.730469 C</td></tr> <tr><td>Voltage</td><td>3.321100 V</td></tr> <tr><td>Bias Current</td><td>6.450000 mA</td></tr> </table>				TX Power	2.483665 dBm	RX Power	-19.870399 dBm	Temperature	44.730469 C	Voltage	3.321100 V	Bias Current	6.450000 mA
TX Power	2.483665 dBm													
RX Power	-19.870399 dBm													
Temperature	44.730469 C													
Voltage	3.321100 V													
Bias Current	6.450000 mA													

Figura N° 50: Revisión de niveles de potencia dentro de la ONU
Fuente: Elaboración del trabajo

En la figura N° 50 se muestra la imagen del acceso por vía web a la ONU, este equipo se encuentra instalado en la primera caja terminal, del plano más cercano al OLT, donde se observa que recibe una potencia de -19.87 dB los cuales están dentro del rango establecido.

#	Name	Target	Upload Max Limit	Download Max Limit
0 D	<pppoe-dc59b352959b>	<pppoe-dc59b352959b>	24M	60M

Figura N° 51: Configuración de velocidad asignada a la ONU
Fuente: Elaboración del trabajo

En la figura N° 51 se muestra la configuración en el router de la velocidad con la que contará la ONU, que para el caso de los clientes será el ancho de banda contratado, en este caso se ha asignado una velocidad de 60 Mbps de bajada y 24 Mbps de subida.

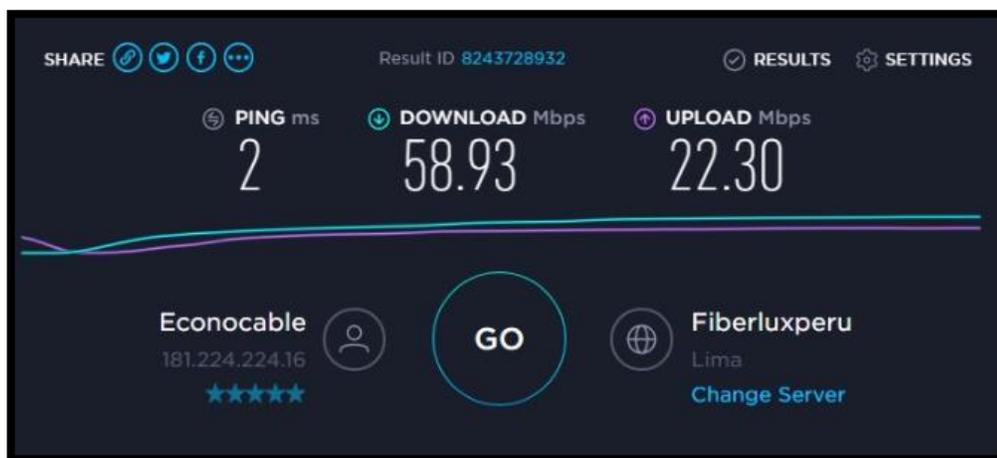


Figura N° 52: Test de velocidad desde el equipo terminal ONU
Fuente: Elaboración del trabajo

Después de realizar un test de velocidad desde una computadora conectada a la ONU como se muestra en la figura N° 52 se verifica que el ancho de banda asignado es el correcto logrando así superar las pruebas realizadas durante la validación y activación del plano.

3.2. – Resultados

Los datos de transmisión de la red en FTTH-GPON en comparación con la tecnología HFC-DOCSIS, es muy notable que el cable de fibra óptica supera a la híbrida. Es posible hacer uso de altas velocidades de transmisión y esta no es compartida como lo es en el estándar DOCSIS es decir, el tráfico se concentra en el CMTS empleando DOCSIS 3.0, la capacidad total se distribuye compartiendo hacia todos los usuarios conectados a la red. Pero para el caso del sistema FTTH-GPON la capacidad se concentra en el OLT (Oficina central), esta se distribuye por cada puerto manteniendo un límite de 64 usuarios, los cuales pueden hacer uso de hasta 2.4 Gbps.

Tabla N° 13: Velocidades máximas ofrecidas red FTTH vs HFC

ITEM	RED FTTH	RED HFC
Velocidad contratada	60 Mbps	30 Mbps
Latencia	2 ms	11 ms
Velocidad testeada descendente	58.9 Mbps	27.6 Mbps
Velocidad testeada ascendente	22.3 Mbps	3.82 Mbps

Fuente: Elaboración propia

Por último se realiza una tabla comparativa donde se especifica las velocidades máximas contratadas en las arquitecturas FTTH y HFC, además de sus parámetros de medición donde se resaltan la latencia, velocidad testeada de bajada y subida, mostrando una menor latencia y mayor ancho de banda en la red FTTH.

Se logró identificar de manera concreta y satisfactoria los componentes de la red FTTH, además de las funciones de cada una ellas para el correcto funcionamiento del estándar GPON.

CONCLUSIONES

- Es un hecho que en la actualidad la mejor alternativa respecto al uso del ancho de banda la red que ofrece mayores prestaciones es la FTTH tal y como se muestra en los resultados obtenidos en la figura N° 51. Corroborándose el mejoramiento del ancho de banda y la calidad de servicio, eliminando el uso de equipos activos en la red de distribución, disminuyendo así la latencia, ampliando la capacidad de ancho de banda como se verifica en la tabla N° 13; así como también haciendo uso de más longitudes de onda, además de hacer uso de una red core con puertos de fibra óptica de conexión directa; con los resultados mostrados en las figuras y tablas del capítulo 3.
- Es por eso que el área de cobertura de la red en que ha diseñado e implementado en la urbanización planteada, los usuarios demandan los distintos servicios ofrecidos, estos usuarios podrán tener mayores opciones y alternativas respecto a la elección de servicios ofrecidos por empresas de la competencia, teniendo como ventaja que nuestra red basada en GPON es novedoso y moderno en dicho sector para los usuarios residenciales.
- En el proceso de reconocimiento de la ubicación de los elementos de red en la red HFC es necesario para poder hacer o realizar un buen diseño e implementación a una red GPON-FTTH, los procedimientos para poder realizar el proceso de esta nueva red depende mucho de los estudios realizado en la ciudad tales como el número de usuarios a suscribirse en la red y el factor de penetración en el sector.
- Es una realidad que en la actualidad las redes FTTH son muy superiores a las redes que hacen uso del cable coaxial, tanto en calidad de servicio como implementación, esto debido a que el uso del cobre hace necesario elementos electrónicos activos, este requiere mayor seguridad y cuidado, agregando a esto su implementación compleja en la red de planta externa.
- Los materiales de la red óptica en nuestro país tiene un precio muy cerca del mercado internacional, aunque los dispositivos y herramientas para su implementación son algo costosos como se muestran en las tablas 10, 11 y 12 del

capítulo 3, existen muchas ventajas que ayudaran a desarrollar la red GPON-FTTH. Como se sabe la demanda del servicio de internet sigue en crecimiento, y es necesario mantener una red donde se garantice la calidad del servicio.

RECOMENDACIONES

- Para el diseño de la arquitectura FTTH se ha utilizado la tecnología GPON, es necesario saber que actualmente ya se encuentra desarrollo el estándar XGPON que ofrece muchas mayores prestaciones y también puede operar o coexistir junto con GPON, se recomienda realizar un estudio con este tipo tecnología.
- Para las instalaciones y conexionado de la red FTTH-GPON es necesario que el personal técnico de planta externa y de acometida se encuentre capacitados tanto en el uso de los dispositivos de empalme como en conectorización, ya que la fibra es muy sensible en sus parámetros de atenuación y pérdida.
- Es necesario tener el equipamiento adecuado no solo para la implementación en la red planta externa, sino también contar con los equipos y herramientas dedicados en la red acceso a la última milla, ya que en la actualidad han aparecido dispositivos más sencillos y prácticos para una correcta instalación y conectorización en el tramo final del usuario, para de esta manera garantizar los parámetros adecuados además de una buena calidad de servicio.

BIBLIOGRAFÍA

Alcívar, J. (2015) "Diseño e implementación de una red de fibra óptica FTTH utilizando el estándar GPON entre la facultad de sistemas y telecomunicaciones y sus laboratorios en la Universidad Estatal Península de Santa Elena". Trabajo de titulación previa a la obtención del título de: Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. La Libertad-Ecuador, Universidad Estatal Península de Santa Elena. Consulta 7 de enero del 2019.

<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/1877>

Arias, J. (2015) "Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar". Plan de tesis para optar el título de Ingeniero de Telecomunicaciones. Lima-Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú. Consulta 5 de enero del 2019.

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7506>

Asenjo, J. (2014) "Diseño y construcción de una red de fibra óptica (FTTH) para brindar servicio de voz, videos y datos en sector Barrios bajos de la ciudad de Valdivia". Trabajo para optar el título de Ingeniero Electrónico.

Chile: Universidad Austral de Chile. Consulta 5 de febrero del 2019

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcia816d/doc/bmfcia816d.pdf>

Chayña, J. (2017) "Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa Amitel s.a.c, Puno". Tesis para optar el título profesional de Ingeniero electrónico. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Consulta: 15 de enero del 2019

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3859>

Grady, S. (2005) El libro de FTTX (Vol. 1ra Edición). Directora Editorial de OSP Magazine, ADC Telecommunications.

Guillen, S. (2015) “Análisis del proceso de migración de las redes HFC a redes GPON – FTTH en la calidad del servicio de televisión digital para las principales compañías de Telecomunicaciones en el Ecuador”. Trabajo de Titulación previo a la Obtención del Título de: Ingeniero en Telecomunicaciones. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Consulta 19 de enero del 2019
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/3807>

López, E. (2016) “Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (Ancash)”. Tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico con mención en Telecomunicaciones. Lima, Perú: Universidad de Ciencias y humanidades. Consulta 15 de enero del 2019

López Y Del Salto (2016) “Diseño y plan de migración para la implementación del estándar DOCSIS 3.1 en 3 nodos críticos principales de la red HFC quito de la empresa tvcable”. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero en electrónica y telecomunicaciones. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Consulta: 12 de enero del 2019
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15054>

Marchukov, Y. (2011) “Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH”. Trabajo final de carrera. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, I.T. Telecomunicaciones. Consulta: 17 de enero del 2019
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf?sequence=1>

Rodríguez, A. (2012) Artículo “Fibra Óptica, qué es y cómo funciona”. Consulta: 20 de enero del 2019
<https://www.fibraoptica hoy.com/fibra-optica-que-es-y-como-funciona/>

Router-switch Ltd. (2019). FTTH/FTTC Network Structure. Obtenido de <https://www.router-switch.com/solution/ftth-fttc.html>

Stallings, W. (2004) Comunicaciones y Redes de Computadores (Vol. 7ta Edición). Pearson Education, S.A. Prentice Hall.

Vásquez, E. (2017) “Análisis comparativo de los sistemas HFC y FTTH en base a sus capacidades de transmisión de datos en una red triple play, caso de estudio: Ciudad Trujillo”. Tesis para optar el título profesional de ingeniero telecomunicaciones y redes.

Trujillo: Universidad privada Antenor Orrego. Consulta 17 de enero del 2019.

<http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/3517>

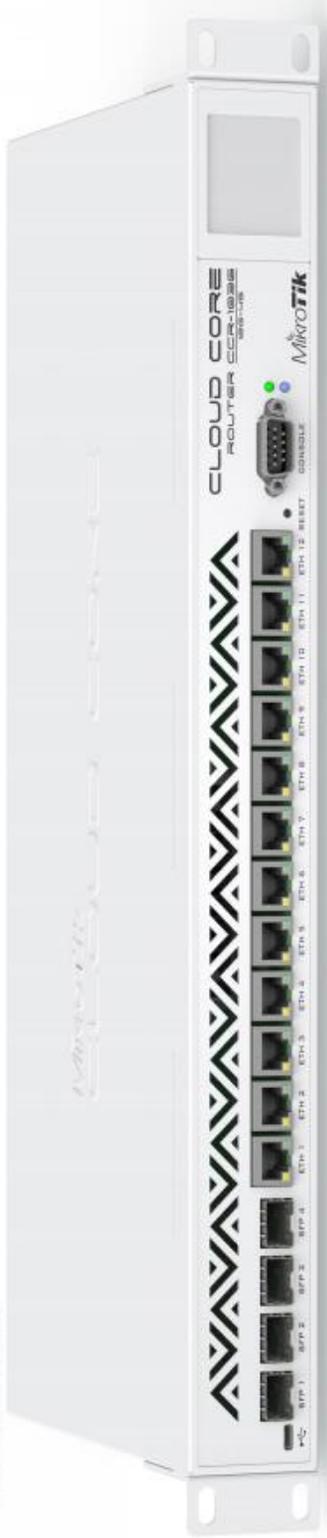
ANEXOS

ANEXO N° 01

DATASHEET ROUTER MIKROTIK CCR1036

Cloud Core Router

CCR1036-12G-4S-EM



CCR1036-12G-4S-EM is an industrial grade router with cutting edge 36 core CPU! Unprecedented power and unbeatable performance - this is our new flagship device, the Cloud Core Router (CCR1036). If you need many millions of packets per second - Cloud Core Router with 36 cores is your best choice.

This new kit comes preinstalled with 16GB of RAM to provide you the absolute best performance possible in a Mikrotik device.

The device comes in a 1U rackmount case, has four SFP ports, twelve Gigabit ethernet ports, a serial console cable and a USB port.

The CCR1036-12G-4S-EM has two DDR3 SODIMM slots, by default it is shipped with 16GB of RAM, and has no memory limit in RouterOS.



New generation CPU

- 36 core CPU
- 1.2GHz clock per core
- 12 Mbytes total on-chip cache
- State of the art TILE GX architecture

Highest performance

- 8 mpps standard forwarding
- 24 mpps fastpath forwarding (wire speed for all ports)
- Up to 16Gbit/s throughput

Full set of features

- 1U rackmount case
- 12x Gigabit ports
- 4x SFP ports
- Color touchscreen LCD
- Ports directly connected to CPU
- 16GB of RAM

CPU	Terra Tile GX36 CPU (36-cores, 1.2Ghz per core)
Memory	Two SODIMM DDR3 slots, 2x 8GB DDR3 10600 modules installed (16GB total)
Ethernet	Twelve 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet with Auto-MDIX
SFP	Four 1.25G Ethernet SFP cage (Mini-GBIC; SFP module not included)
Expansion	microUSB port, host and device mode
Storage	1GB Onboard NAND
Serial port	One DB9 RS232C asynchronous serial port
Extras	Reset switch, speed controlled fan, beeper, voltage, current and temperature monitoring
Power options	IEC C14 standard connector 110/220V (PSU included), up to 60W power consumption
Board dimensions	305x145mmx5mm
Temperature	Max ambient temperature 50° @ 1.2Ghz, 70° @ 1Ghz CPU core frequency
OS	Mikrotik RouterOS v6 (64bit), Level 6 license
Included	Router in a 1U case with LCD, PSU, power cable, usb cable

ANEXO N° 02 DATASHEET OLT



With the requirements of communication services increasing, the value-added services (VAS) including 3D network games, video conference/phone, Video on Demand (VoD) and IPTV are key means for operators to provide differential services to attract more subscribers, and gain income growth.

ZTE ZXA10 C320, a small size, full-service optical access convergent platform, provides carrier class QoS and reliable network to meet the requirements for small-scale implementation of FTTx services.



Key Features

- Unified platform for GPON, XG-PON1 and P2P
- Small size and compact design, flexible network and fast deployment
- 2U frame with 2 service slots, compatible with ZXA10 C300 line cards
- Abundant service support capability: IPTV, VoIP, HSI, VPN, mobile backhaul, etc
- Higher security assurance: ONT authentication, user ID identification, port isolation, address binding, packet filtering, and broadcast packet suppression.
- High reliability: key parts redundancy; support Type B and Type C protection for PON downlink and LACP/ UAPS/STP/ERPS for uplink
- Service differentiation: Comprehensive QoS mechanisms for voice, video and high speed Internet services.
- Support DC input redundancy
- Support AC power supply
- Support 1:1 protection for PON interfaces
- Support 1:1 protection for SW (core card) card
- Support 1588V2 and Synchronous Ethernet
- Support embedded OTDR in SFP

Technical Specifications

■ System Architecture

- Capacity
 - GPON up to 32 ports
 - Uplink interfaces up to 4 *GE (Optical)+2*GE(Electronic) or 2*10GE(Optical)+2*GE(Optical)+2*GE(Electronic)
- Chassis Configuration (19")
 - Total 5 slots
 - 2 slots for universal line cards
 - 2 slots for switch& control cards
 - 1 slot for fan module
- Subscriber Card Density
 - GPON card: 8/16 ports per card
 - XG-PON1 card: 8 ports per card
 - P2Pcard: 24/48 ports per card

ZXA10 C320 Datasheet



- Uplink interface card
 - 1*10GE optical port (Configurable 1*GE optical port)
 - 1*GE optical port
 - 1*10 M/100 M/1000 M electrical Ethernet port
- Common interfaces
 - 1*environment detecting interface
 - 1*management interface
 - 1*maintenance serial interface

■ PON Features

- GPON compliant with ITU G.984.x
- P2P compliant with ITU G.985/G.986
- XG-PON1 compliant with ITU G.987.x and G.988
- Support 1:128 optical split ratio for xPON
- Support OLS (Optical Laser Supervising)
- Max logical reach: 60km
- Max physical reach: 20km
- Max link difference: 20km
- High-efficient DBA: NSR-DBA,SR-DBA
- Synchronous Ethernet
- GPON Transceiver power: Class B+ or class C+
- XG PON1 Transceiver power: Class N1 and N2a
- Type B and type C optical uplink protection
- Support FEC
- Support AES128
- Support SCB
- GPON MCM(Multi-Copy Multicast)
- Support 1550nm for third party CATV broadcasting

■ L2/L3 Features

- 4K VLAN
- 1:1/N:1 VLAN
- 802.1ad, SVLAN, Selective QinQ, VLAN stacking
- Line-rate forwarding
- STP/RSTP/MSTP compliant to IEEE 802.1d/802.1w/802.1s
- UAPS/EAPS/LACP protection
- Link aggregation IEEE 802.3ad
- L3 routing:
 - 12K IPv4 routing forwarding entries
 - IPv4 and IPv6 statistic routing
- Multicast – IPTV
 - 1K Multicast groups
 - IGMP Snooping and proxy (v1/v2/3)
 - MLD V1/ V2, snooping/proxy
 - MVLAN: 256
 - Channel Access Control (CAC), Preview (PRV) and Call Detail Record (CDR) for IPTV
 - Less than 50ms channel zapping delay
- QoS
 - 8 queues per port
 - Queue & scheduling mechanism: SP, WRR, SP+WRR
 - IPv4 DSCP Diffserv
 - Stream classification, rate limiting, shaping and priority setting

ZXA10 C320 Datasheet



- Traffic statistics
- WRED and triple color
- SLA: CIR, PIR, EIR

■ Security

- L2- L4 ACL
- IP and MAC source guard
- Resistance against DOS attacks
- MAC/IP anti-spoofing (MAC binding, IP binding, DHCP snooping)
- Anti-flooding: broadcast packet suppression, IGMP packet suppression, DHCP packet suppression
- MAC address number limit based on VLAN or GEM-port
- Port mirroring
- User port identification such as PPPOE+ and DHCP Option 82

■ O&M

- Operator security, Multi-privileged operator, SSH, FTP/TFTP, ACL
- Management protocol and interface: CLI, Telnet, SNMP V1/V2C/V3, MIBII
- Remote firmware download and upgrade
- Environment detecting, control and alarm

■ Environment

- Operating temperature: -40°C ~ 65°C
- Operating humidity: 5% ~ 95%
- Air pressure: 70 kPa - 106 kPa

■ Power Supply

- DC: $-48\text{V}\pm 20\%$, $-60\text{V}\pm 20\%$;
- AC: 100V~240V

■ Dimensions

- 86.1mm (H) * 482.6mm (W) * 270mm (D)
(19 inch shelf)
- 2200 mm (H) x 600 mm (W) x 300 mm ((D)
(Rack)
- 1035 mm(H) x 770 mm(W) x 460 mm(D)
(Outdoor Cabinet)

ANEXO N° 03

RESOLUCIÓN OSIPTEL N° 123-2014

Sistema Peruano de Información Jurídica

Ministerio de Justicia

RESOLUCION DE CONSEJO DIRECTIVO N° 123-2014-CD-OSIPTEL

(SEPARATA ESPECIAL)

CONCORDANCIAS: R. N° 066-2015-CD-OSIPTEL (Aprueban la publicación para comentarios del Proyecto de Norma que modifica el Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones, en la página web institucional del OSIPTEL)

Lima, 10 de octubre de 2014

MATERIA	:	Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones
---------	---	---

VISTOS:

(i) El Proyecto de Resolución presentado por la Gerencia General, que tiene por objeto aprobar el Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones;

(ii) El Informe N° -GFS/2014, elaborado por la Gerencia de Fiscalización y Supervisión del OSIPTEL, que recomienda aprobar el Proyecto de Resolución al que se hace referencia en el numeral precedente, con la conformidad de la Gerencia de Asesoría Legal;

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 3 de la Ley Marco de los Organismos Reguladores de la Inversión Privada en Servicios Públicos, aprobado por la Ley N° 27332 y modificada en parte por las Leyes N° 27631 y N° 28337, el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (en adelante, OSIPTEL) tiene, entre otras, la función normativa;

Que, la mencionada función normativa comprende la facultad exclusiva de dictar, en el ámbito y en materia de su competencia, reglamentos, normas que regulen los procedimientos a su cargo, otras de carácter general y mandatos u otras normas de carácter particular referidas a intereses, obligaciones y derechos de las entidades o actividades supervisadas o de sus usuarios;

Que, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 76 del Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones, aprobado mediante Decreto Supremo N° 013-93-TCC, el OSIPTEL es el encargado de garantizar la calidad y eficiencia de los servicios que presten las empresas operadoras;

Que, en el artículo 8 del Reglamento General del OSIPTEL, aprobado por Decreto Supremo N° 008-2001-PCM (en adelante, Reglamento General), se dispone que la actuación de este Organismo se orientará a promover las inversiones que contribuyan a aumentar la cobertura y calidad de los servicios públicos de telecomunicaciones, orientando sus acciones a promover la libre y leal competencia en el ámbito de sus funciones;

Que, en el artículo 19 del Reglamento General se señala que es objetivo específico de este Organismo promover la existencia de condiciones de competencia en la prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones, siendo fundamental para lograr dicho objetivo garantizar que las concesionarias y especialmente los usuarios estén informados de los niveles de calidad ofrecidos por las empresas que brindan el servicio;

Que, en ejercicio de dichas atribuciones, el OSIPTEL mediante Resolución N° 040-2005-CD-OSIPTEL aprobó el Reglamento de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones (en adelante, Reglamento de Calidad), a través del cual se establecieron los parámetros de calidad que deben regir para la prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones;

Que, mediante Resolución N° 012-2008-CD-OSIPTEL se modificó el Reglamento de Calidad, aprobándose los indicadores de Calidad de Voz y Cobertura Radioeléctrica, encargándose a la Gerencia de Fiscalización y Supervisión la elaboración de los Procedimientos de Supervisión de los Indicadores de Calidad, incluyendo la determinación de los valores y escenarios de aplicación cuando corresponda;

Que, mediante Resolución N° 029-2009-CD-OSIPTEL, se aprobaron los Procedimientos de Supervisión de los Indicadores de Calidad;

Que, mediante Resolución N° 143-2010-CD-OSIPTEL, se modificaron los Procedimientos de Supervisión de Indicadores de Calidad, aprobados mediante Resolución N° 029-2009-CD-OSIPTEL;

Que, conforme se evidencia en los considerandos precedentes, las disposiciones que conforman el Reglamento de Calidad se encuentran actualmente contenidas en diferentes resoluciones emitidas por este Organismo, las cuales a su vez han sido modificadas, derogadas o precisadas en algunos de sus artículos;

Que, en la presente norma no solo se sistematizan los dispositivos normativos antes mencionados; sino, principalmente, se incorporan modificaciones destinadas a promover y asegurar la mejora en la calidad de los servicios de telecomunicaciones que prestan las empresas operadoras, a través de la actualización y perfeccionamiento de los indicadores de calidad vigentes, así como la inclusión de nuevos mecanismos como el indicador de disponibilidad de servicio, herramientas de medición del servicio de acceso a Internet, publicación de los resultados de los indicadores y parámetros de calidad, entre otras medidas que redunden en beneficio de los usuarios, a fin de proporcionarles elementos que les permitan conocer la calidad del servicio prestado, de manera objetiva y comparable;

Que, de conformidad con lo dispuesto por el Artículo 24 del Reglamento General, el Consejo Directivo del OSIPTEL es el órgano competente para ejercer de manera exclusiva la función normativa;

Que, el artículo 7 del Reglamento General establece que, en virtud del Principio de Transparencia, toda decisión del OSIPTEL deberá adoptarse de tal manera que los criterios a utilizarse sean conocidos y predecibles por los administrados;

Que, el artículo 27 del citado Reglamento dispone que constituye requisito para la aprobación de los reglamentos, normas y disposiciones regulatorias de carácter general que dicte el OSIPTEL, el que sus respectivos proyectos sean publicados en el diario oficial El Peruano, con el fin de recibir las sugerencias o comentarios de los interesados;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 164-2013-CD-OSIPTEL, el 16 de diciembre de 2013 se publicó en el diario oficial El Peruano el Proyecto de Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones, sus anexos y la Exposición de Motivos, a fin de recibir los comentarios correspondientes;

Que, desde la referida fecha, las empresas operadoras enviaron sus comentarios al citado Proyecto y han sostenido reuniones con las distintas instancias del OSIPTEL, en las que manifestaron sus puntos de vista sobre la norma propuesta;

Que, habiéndose analizado los comentarios recibidos, en aplicación de las funciones previstas en el literal b) del Artículo 75 del Reglamento General, y estando a lo acordado por el Consejo Directivo del OSIPTEL en su Sesión N° 549;

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- Aprobar el Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de

Telecomunicaciones, conjuntamente con sus Anexos.

Artículo Segundo.- Encargar a la Gerencia General disponer las acciones necesarias para la publicación de la presente Resolución, Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones, así como sus Anexos, Exposición de Motivos en el diario oficial El Peruano.

Artículo Tercero.- Encargar a la Gerencia General disponer las acciones necesarias para que la presente Resolución, conjuntamente con el Reglamento referido en el Artículo Primero, así como sus Anexos, Exposición de Motivos, Informe Sustentatorio y Matriz de Comentarios, sean publicados en el Portal Electrónico del OSIPTEL (página web institucional: <http://www.osiptel.gob.pe>).

Regístrese y publíquese

GONZALO MARTÍN RUIZ DÍAZ
Presidente del Consejo Directivo

REGLAMENTO GENERAL DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DE TELECOMUNICACIONES

TÍTULO I

DISPOSICION GENERAL

Artículo 1.- Objeto y alcance de la norma

El presente Reglamento tiene por objeto propiciar la mejora en la prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones.

En tal sentido, se establecen los indicadores de calidad a ser aplicados a quienes cuentan con concesión, registro de valor añadido y/o los operadores móviles virtuales (OMV) que tengan control sobre la red, los cuales presten los siguientes servicios, en áreas urbanas:

- i. Servicio de Telefonía Fija, en la modalidad de abonados y de Teléfonos de Uso Público.
- ii. Servicio de Telefonía Móvil.
- iii. Servicio Público de Comunicaciones Personales (PCS).
- iv. Servicio Móvil de Canales Múltiples de Selección Automática (Troncalizado) con sistema digital.
- v. Servicio Portador Local.
- vi. Servicio Portador de Larga Distancia Nacional e Internacional.
- vii. Servicio de acceso a Internet y de transferencia de datos.
- viii. Servicio de conmutación para transmisión de datos
- ix. Servicio de distribución de radiodifusión por cable.

No se encuentran incluidos en los alcances de la presente norma los servicios públicos de telecomunicaciones que se presten en áreas rurales y lugares de preferente interés social. Para determinar dichas áreas se considera la lista consolidada de centros poblados urbanos y rurales del OSIPTEL.

Para efectos de lo dispuesto en el presente Reglamento, los concesionarios, empresas con registro de valor añadido, y OMV antes señalados, serán denominados indistintamente "empresa operadora".

TÍTULO II

INDICADORES Y PARÁMETROS DE CALIDAD

Artículo 2.- Indicadores de calidad aplicables a múltiples servicios

Se establecen los siguientes indicadores de calidad:

2.1 Tasa de Incidencia de Fallas (TIF): Definido como el porcentaje del número de averías reportadas por los abonados o usuarios de un determinado servicio público de telecomunicaciones, durante el período de un mes calendario, por cada cien (100) líneas en servicio o abonados, que sean atribuibles a la red de responsabilidad de la empresa operadora.

Asimismo, la empresa operadora deberá calcular la proporción de averías reportadas que han sido reparadas antes de veinticuatro (24) horas.

El indicador de calidad TIF resulta aplicable para el servicio de telefonía fija en la modalidad de abonados, el servicio de acceso a Internet y el servicio de distribución de radiodifusión por cable. Este indicador resulta aplicable cuando el servicio sea comercializado de modo individual o en paquete.

Se aplica para este indicador el Procedimiento de Medición y Valor Objetivo de Calidad establecido en el Anexo N° 2.

2.2 Respuesta de Operadora (RO): Medido en dos tramos como el porcentaje de llamadas atendidas: (i) dentro de los primeros cuarenta (40) segundos de iniciada la llamada por parte del usuario hasta que se le presente la opción para comunicarse con un operador humano; y, (ii) dentro de los primeros veinte (20) segundos desde que el usuario elige la opción indicada en el numeral (i) hasta ser atendido por un operador humano.

El presente indicador resulta aplicable para el servicio de acceso a Internet y el servicio de distribución de radiodifusión por cable para empresas operadoras que brinden el servicio a más de 50,000 abonados.

Se aplica para este indicador el Procedimiento de Medición y Valor Objetivo de Calidad establecido en el Anexo N° 3.

Artículo 3.- Indicador aplicable al servicio de teléfonos de uso público

3.1. Tasa de Reparaciones (TR): Definido como el porcentaje mensual de averías reparadas en menos de veinticuatro (24) horas respecto al total de averías reportadas o detectadas, considerando todos los días calendario.

El indicador de calidad TR resulta aplicable al servicio de teléfonos de uso público (TUP).

Se aplica para este indicador el Procedimiento de Medición y Valor Objetivo de Calidad establecido en el Anexo N° 4.

Artículo 4.- Indicador aplicable al servicio de telefonía fija

4.1. Tasa de Llamadas Completadas (TLLC): Definido como el porcentaje de llamadas completadas originadas en la red en evaluación, del total de intentos de llamadas originadas en la

misma red, medidas durante la hora de mayor carga en un mes calendario.

Las mediciones son de aplicación al servicio de telefonía fija, sea esta alámbrica o inalámbrica, en la modalidad de abonados para las llamadas locales, llamadas de larga distancia nacional y llamadas de larga distancia internacional. Aplica para llamadas con acceso directo (llamadas originadas y terminadas en la red del operador). Se considera la evaluación de todas las etapas de la llamada de extremo a extremo, incluyendo para el caso de la telefonía fija inalámbrica la etapa de acceso radioeléctrico.

El parámetro ASR (Answer Seizure Ratio), se aplica para el caso de servicio con acceso indirecto (origen de llamada en un concesionario y terminación de llamada en otro concesionario interconectado), servicios especiales facultativos (1YX); especiales con interoperabilidad (19XX) o comunicaciones mediante el uso de tarjetas de pago (0800-800XX), así como para el caso de las llamadas dirigidas a los servicios especiales básicos (101, 102, 103, 104, 108, 109); a los servicios de atención de reportes de averías de otros servicios (0 800 XXXX) o cualquier otro en que el número llamado termine en un sistema inteligente interactivo (IVR), se considera completado cuando el número llamado contesta.

Se aplica para este indicador, el Procedimiento de Medición y el Valor Objetivo de Calidad establecido en el Anexo N° 5.

Artículo 5.- Indicadores aplicables al servicio público móvil

Se establecen los siguientes indicadores de calidad:

5.1 Tasa de Intentos No Establecidos (TINE): Definido como la relación, en porcentaje, de la cantidad de Intentos No Establecidos sobre el Total de Intentos. Este indicador se evaluará considerando todos los intentos de llamadas que se originan en la red de la empresa operadora, así como los que ingresan a ésta a través de los puntos de interconexión.

Se aplica para este indicador lo establecido en el Anexo N° 6.

5.2 Tasa de Llamadas Interrumpidas (TLLI): Definido como la relación, en porcentaje, de la cantidad total de Llamadas Interrumpidas sobre el total de Llamadas Establecidas.

Se aplica para este indicador lo establecido en el Anexo N° 7.

5.3 Tiempo de Entrega de Mensajes de Texto (TEMT): Definido como el tiempo comprendido desde el envío de un mensaje de texto (SMS) desde un equipo terminal hasta su recepción en el equipo terminal de destino, dentro de una ventana de observación.

Asimismo, se calculará la proporción de mensajes de texto enviados que son recibidos exitosamente dentro de una segunda ventana de observación.

Se aplica para este indicador lo establecido en el Anexo N° 8.

5.4 Calidad de Cobertura de Servicio (CCS): Definido como el porcentaje de mediciones de nivel de señal que fueron superiores o iguales al valor de la intensidad de señal -95 dBm el cual garantiza el establecimiento y la retenibilidad de las llamadas que realizan los usuarios del servicio en la zona cubierta del centro poblado.

Se aplica para este indicador lo establecido en el Anexo N° 9.

5.5 Calidad de la Voz (CV): Definido como la medida de inteligibilidad de la voz percibida por los usuarios durante la fase de conversación en una llamada.

Se aplica para este indicador lo establecido en el Anexo N° 10.

El OSIPTEL podrá realizar mediciones en campo sobre la accesibilidad y retenibilidad del servicio a nivel de centro poblado, conforme al Anexo N° 17.

Artículo 6.- Indicadores y parámetros aplicables al servicio de acceso a Internet

Se establecen los siguientes indicadores de calidad:

6.1 Para el tramo usuario-ISP (Proveedor de Servicio de acceso a Internet), las empresas operadoras deberán implementar los indicadores definidos a continuación:

6.1.1 Cumplimiento de Velocidad Mínima (CVM): Es el porcentaje de mediciones (TTD) de las velocidades de bajada y subida que cumplen con la velocidad mínima.

Las empresas operadoras están obligadas a prestar el servicio acorde con las velocidades contratadas por el abonado; sea prepago, control o post pago. Para tal efecto, la velocidad mínima se calculará como una proporción de la velocidad máxima contratada de subida y bajada, correspondiendo el 40% para el servicio brindado a través de redes fijas y móviles.

Estos requerimientos son aplicables para los servicios de acceso a Internet fijo o móvil; exceptuando de esta obligación las tecnologías dial up y GPRS/EDGE.

Se aplica para este indicador el Procedimiento de Medición establecido en el Anexo N° 11.

6.1.2 Velocidad Promedio (VP): Es el promedio aritmético de las mediciones TTD realizadas.

Se aplica para este indicador el Procedimiento de Medición establecido en el Anexo N° 11.

6.1.3 Tasa de Ocupación de Enlaces (TOE): Corresponde al consumo del ancho de banda de los enlaces, diferenciando ambos sentidos de transmisión (bajada y subida), en un determinado periodo. Su implementación es alternativa a la implementación del parámetro TTD para usuarios corporativos.

Se aplica para este indicador el Procedimiento de Medición establecido en el Anexo N° 12.

Asimismo, se definen los siguientes parámetros del servicio de acceso a Internet - los cuales tienen finalidad informativa -, siendo aplicable lo establecido en el Anexo N° 11:

6.1.4 Tasa de Transferencia de datos (TTD): Definido como la velocidad media de transferencia de datos desde el usuario a un servidor de prueba (ISP, NAP, Tramo internacional), en un periodo determinado, medido en bits por segundo. Es el parámetro unitario de base para definir estadísticamente los indicadores cumplimiento de velocidad mínima y velocidad promedio.

6.1.5 Tasa de Pérdida de Paquetes (TPP): Es la proporción de paquetes enviados a un servidor de prueba, sin que se reciba su respectiva respuesta, durante un determinado tiempo.

6.1.6 Latencia (L): Es el tiempo promedio que tarda un paquete en recorrer el tramo usuario-servidor de prueba-usuario, medido en milisegundos.

6.1.7 Variación de la Latencia (VL o jitter): Es la variación del tiempo promedio que tarda un paquete en recorrer el tramo usuario-servidor de prueba-usuario, medido en milisegundos.

6.2 Para el tramo ISP-ISP, las empresas operadoras deberán implementar lo siguiente:

- i) Tasa de Ocupación en los Enlaces para cada ISP conectado.
- ii) Tasa de pérdida de paquetes en los enlaces, para cada ISP conectado.
- iii) Latencia en los enlaces, para cada ISP conectado.
- iv) Variación de la latencia en los enlaces, para cada ISP conectado.

Adicionalmente deberán contar con el listado de ISP conectados (clientes o proveedores) para el servicio de acceso a Internet.

Las mediciones se realizarán en intervalos no mayores a cinco (5) minutos y el formato de presentación será de manera gráfica con valores en línea de los últimos seis (6) meses.

6.3 El OSIPTEL publicará el resultado de las verificaciones relativas al cumplimiento de la velocidad mínima y las mediciones de la velocidad promedio, de conformidad con lo establecido en el presente Reglamento.

6.4 Las empresas operadoras, por lo menos en una hora durante el día, deberán cumplir con un mínimo del 80% de las velocidades máxima de bajada y subida contratadas, de acuerdo al "Procedimiento de Supervisión del Servicio de Acceso a Internet".

Artículo 7.- Libertad de uso de aplicaciones o protocolos para el servicio de acceso a Internet

Los operadores de telecomunicaciones y/o ISP que brinden el servicio de acceso a Internet deberán considerar lo que establece la normativa sectorial relativa a la Neutralidad de Red, lo cual aplica para todo tipo de acceso a Internet, e implementar los mecanismos que en ella se establecen.

Artículo 8.- Indicador Disponibilidad de Servicio

Se establece el indicador Disponibilidad de Servicio (DS), aplicable a los servicios públicos de telecomunicaciones señalados en el artículo 1 del presente Reglamento, al cual se le aplica las siguientes disposiciones:

8.1 El indicador DS es el porcentaje del tiempo de servicio respecto del periodo de evaluación, durante el cual un servicio brindado por una empresa operadora, se encuentra operativo. Su evaluación es semestral, por cada departamento y servicio.

Para la evaluación de este indicador se aplica el procedimiento establecido en el Anexo N° 13.

8.2 Evento crítico: el OSIPTEL calificará como evento crítico a toda interrupción masiva del servicio que cumpla la siguiente condición, según sea el caso:

(i) cuando el tiempo ponderado afectado sea mayor a noventa (90) minutos en el departamento de Lima incluyendo la Provincia Constitucional del Callao;

(ii) cuando el tiempo ponderado afectado sea mayor a ciento ochenta (180) minutos en cualquiera de los demás departamentos del país.

Artículo 9.- Reporte y acreditación de la interrupción del servicio

Cuando se produzca una interrupción de cualquiera de los servicios públicos de telecomunicaciones señalados en el artículo 1 del presente Reglamento, la empresa operadora debe reportar al OSIPTEL la interrupción, indistintamente de la causa que la haya generado y cuya duración sea igual o mayor a 10 minutos, en los plazos establecidos en el Texto Único Ordenado de las Condiciones de Uso de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones.

ANEXO N° 04

RECOMENDACIÓN ITU-T G.984.1

Recommendation ITU-T G.984.1

Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics

1 Scope

This Recommendation addresses the general characteristics of gigabit-capable passive optical network (GPON) systems in order to guide and motivate the physical layer and the transmission convergence layer specifications. The general characteristics include examples of services, user-network interfaces (UNIs) and service node interfaces (SNIs) that are requested by network operators. Also, this Recommendation shows the principle deployment configuration.

As much as possible, this Recommendation maintains characteristics from [ITU-T G.982] and ITU-T G.983.x-series Recommendations. This is to promote backward-compatibility with existing optical distribution networks (ODNs) that complies with those Recommendations.

GPON systems are characterized, in general, by an optical line termination (OLT) system and an optical network unit (ONU) or optical network termination (ONT) with a passive optical distribution network (ODN) interconnecting them. There is, in general, a one-to-many relationship between the OLT and the ONU/ONTs, respectively.

2 References

The following ITU-T Recommendations and other references contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this Recommendation. At the time of publication, the editions indicated were valid. All Recommendations and other references are subject to revision; users of this Recommendation are therefore encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the Recommendations and other references listed below. A list of the currently valid ITU-T Recommendations is regularly published. The reference to a document within this Recommendation does not give it, as a stand-alone document, the status of a Recommendation.

- [ITU-T G.652] Recommendation ITU-T G.652 (2003), *Characteristics of a single-mode optical fibre cable*.
- [ITU-T G.808.1] Recommendation ITU-T G.808.1 (2006), *Generic protection switching – Linear trail and subnetwork protection*.
- [ITU-T G.902] Recommendation ITU-T G.902 (1995), *Framework Recommendation on functional access networks (AN) – Architecture and functions, access types, management and service node aspects*.
- [ITU-T G.982] Recommendation ITU-T G.982 (1996), *Optical access networks to support services up to the ISDN primary rate or equivalent bit rates*.
- [ITU-T G.983.1] Recommendation ITU-T G.983.1 (1998), *Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON)*.
- [ITU-T G.983.2] Recommendation ITU-T G.983.2 (2002), *ONT management and control interface specification for B-PON*.
- [ITU-T G.983.3] Recommendation ITU-T G.983.3 (2001), *A broadband optical access system with increased service capability by wavelength allocation*.
- [ITU-T G.984.2] Recommendation ITU-T G.984.2 (2003), *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification*.
- [ITU-T G.984.3] Recommendation ITU-T G.984.3 (2008), *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Transmission convergence layer specification*.

- [ITU-T G.984.4] Recommendation ITU-T G.984.4 (2008), *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): ONT management and control interface specification*.
- [ITU-T G.984.5] Recommendation ITU-T G.984.5 (2007), *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Enhancement band*.
- [ITU-T I.112] Recommendation ITU-T I.112 (1993), *Vocabulary of terms for ISDNs*.

3 Definitions

This Recommendation makes frequent use of the terms defined in [ITU-T G.983.1] and [ITU-T G.983.3]; some terms have been added. For convenience, the main definitions related to the GPON service requirements are reported in this clause.

3.1 Terms defined elsewhere

This Recommendation uses the following terms defined elsewhere:

- 3.1.1 **service node interface (SNI)**: [ITU-T G.902]
- 3.1.2 **user-network interface (UNI)**: [ITU-T I.112]

3.2 Terms defined in this Recommendation

This Recommendation defines the following terms:

- 3.2.1 **adaptation function (AF)**: AF is additional equipment and/or function to change an ONT/ONU subscriber-side interface into the UNI. Functions of AF depend on the ONT/ONU subscriber-side interface and UNI interface. AF is also used to change an OLT network interface into the SNI interface that is required by an operator.
- 3.2.2 **differential fibre distance**: An OLT is connected to several ONU/ONTs. The differential fibre distance is the difference in the distance between the nearest and furthest ONU/ONT from the OLT.
- 3.2.3 **logical reach**: Logical reach is defined as the maximum distance that can be achieved for a particular transmission system, regardless of the optical budget.
- 3.2.4 **mean signal transfer delay**: The mean signal transfer delay is the average of the upstream and downstream delay values between reference points; this value is determined by measuring round-trip delay and then dividing by 2.
- 3.2.5 **optical access network (OAN)**: The OAN is the set of access links sharing the same network-side interfaces and supported by optical access transmission systems. The OAN may include a number of ODNs connected to the same OLT.
- 3.2.6 **optical distribution network (ODN)**: In the PON context, a tree of optical fibres in the access network, supplemented with power or wavelength splitters, filters or other passive optical devices.
- 3.2.7 **optical line termination (OLT)**: A device that terminates the common (root) endpoint of an ODN, implements a PON protocol, such as that defined by [ITU-T G.984], and adapts PON PDUs for uplink communications over the provider service interface. The OLT provides management and maintenance functions for the subtended ODN and ONUs.
- 3.2.8 **optical network termination (ONT)**: A single subscriber device that terminates any one of the distributed (leaf) endpoints of an ODN, implements a PON protocol, and adapts PON PDUs to subscriber service interfaces. An ONT is a special case of an ONU.

3.2.9 optical network unit (ONU): A generic term denoting a device that terminates any one of the distributed (leaf) endpoints of an ODN, implements a PON protocol, and adapts PON PDUs to subscriber service interfaces. In some contexts, an ONU implies a multiple-subscriber device.

3.2.10 physical reach: Physical reach is defined as the maximum physical distance that can be achieved for a particular transmission system.

3.2.11 service: Service is defined as a network service required by operators. Service is described by a name that is clearly recognized by everyone, regardless of whether it is a frame structure name or a general name.

4 Abbreviations and acronyms

This Recommendation uses the following abbreviations and acronyms:

AF	Adaptation Function
BRI	Basic Rate Interface
DSL	Digital Subscriber Line
FTTB	Fibre to the Building
FTTC	Fibre to the Curb
FTTCab	Fibre to the Cabinet
FTTH	Fibre to the Home
ISDN	Integrated Services Digital Network
LT	Line Terminal
MDU	Multi-Dwelling Unit
NT	Network Termination
OAM	Operation, Administration and Maintenance
OAN	Optical Access Network
ODN	Optical Distribution Network
OLT	Optical Line Termination
ONT	Optical Network Termination
ONU	Optical Network Unit
OpS	Operations System
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PON	Passive Optical Network
POTS	Plain Old Telephone Service
PRI	Primary Rate Interface
PSTN	Public Switched Telephone Network
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SN	Serial Number
SNI	Service Node Interface
TC	Transmission Convergence

UNI	User-Network Interface
VOD	Video On Demand
WDM	Wavelength Division Multiplexing

5 Architecture of the optical access network

5.1 Network architecture

The optical section of a local access network system can be either active or passive and its architecture can be either point-to-point or point-to-multipoint. Figure 1 shows the architectures considered, which range from fibre to the home (FTTH), through fibre to the building/curb (FTTB/C) to fibre to the cabinet (FTTCab). The optical access network (OAN) is common to all architectures shown in Figure 1, hence the commonality of this system has the potential to generate large worldwide volumes.

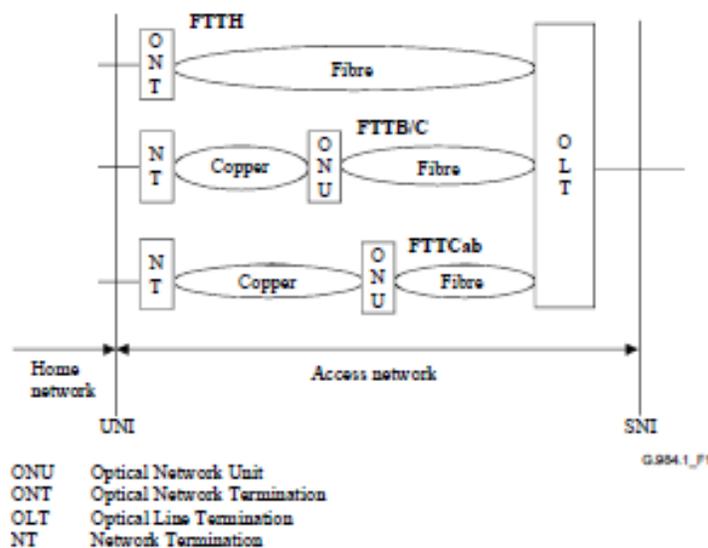


Figure 1 – Network architecture

The differences of the FTTH, FTTB, FTTC, FTTCab and FTTH network options are mainly due the different services supported, so they can be treated the same in this Recommendation.

5.1.1 FTTH scenario

The FTTH scenario is divided into two scenarios, one for multi-dwelling units (MDUs) and the other for businesses. Each scenario has the following service categories.

5.1.1.1 FTTH for MDU

- Asymmetric broadband services (e.g., digital broadcast services, VOD, file download, etc.).
- Symmetric broadband services (e.g., content broadcast, e-mail, file exchange, distance learning, telemedicine, online-gaming, etc.).
- POTS and ISDN. The access network must be able to provide, in a flexible way, narrow-band telephone services with appropriate timing for the introduction.

5.1.1.2 FTTB for business

- Symmetric broadband services (e.g., group software, content broadcast, e-mail, file exchange, etc.).
- POTS and ISDN. The access network must be able to provide, in a flexible way, narrow-band telephone services with the appropriate timing for the introduction.
- Private line services. The access network must be able to provide, in a flexible way, private line services at several rates.

5.1.2 FTTC and FTTCab scenario

Within this scenario, the following service categories have been considered:

- Asymmetric broadband services (e.g., digital broadcast services, VOD, file download, online-gaming, etc.).
- Symmetric broadband services (e.g., content broadcast, e-mail, file exchange, distance learning, telemedicine, etc.).
- POTS and ISDN. The access network must be able to provide, in a flexible way, narrow-band telephone services with the appropriate timing for the introduction.
- xDSL backhaul.

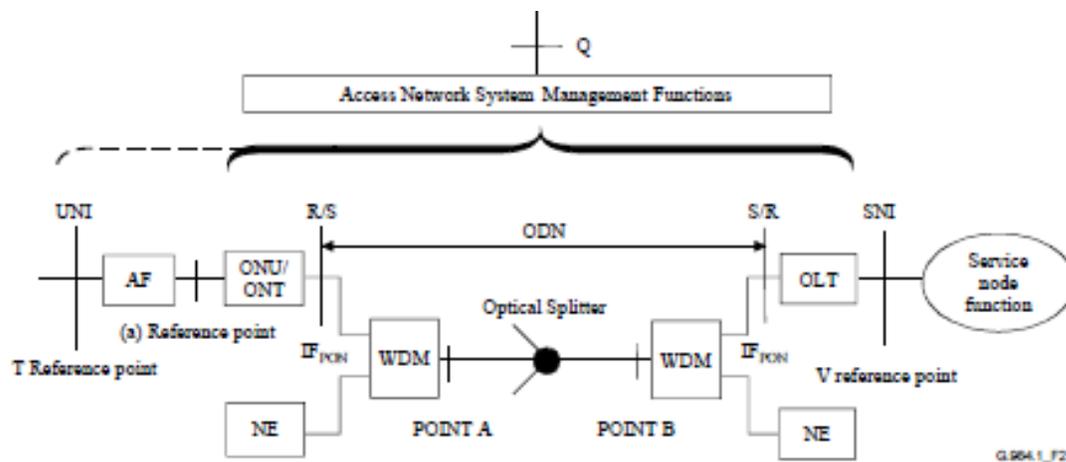
5.1.3 FTTH scenario

Within this scenario, the following service categories have been considered:

- Asymmetric broadband services (e.g., digital broadcast services, VOD, file download, etc.).
- Symmetric broadband services (e.g., content broadcast, e-mail, file exchange, distance learning, telemedicine, online-gaming, etc.).
- POTS and ISDN. The access network must be able to provide, in a flexible way, narrow-band telephone services with the appropriate timing for the introduction.

5.2 Reference configuration

The reference configuration is shown in Figure 2.



G.984.1_F2

- ONU Optical Network Unit
- ONT Optical Network Terminal
- ODN Optical Distribution Network
- OLT Optical Line Termination
- WDM Wavelength Division Multiplex Module (If WDM is not used, this function is not necessary.)
- NE Network Element which uses the different wavelength from the OLT and the ONU
- AF Adaptation Function (Sometimes, it may be included in the ONU.)
- SNI Service Node Interface
- UNI User Network Interface
- S Point on the optical fibre just after the OLT (Downstream)/ONU (Upstream) optical connection point (i.e., optical connector or optical splice)
- R Point on the optical fibre just before the ONU (Downstream)/OLT (Upstream) optical connection point (i.e., optical connector or optical splice)
- (a) Reference point If AF is included in the ONU, this point is not necessary.
- POINT A/B If WDM is not used, these points are not necessary.

NOTE – Whether or not the AF is an operating object of the Q interface depends on the service.

Figure 2 – Reference configuration for GPON

5.2.1 Service node interface

See [ITU-T G.902].

5.2.2 Interface at the reference points S/R and R/S

The interface at reference points S/R and R/S is defined as IF_{PON} . This is a PON-specific interface that supports all the protocol elements necessary to allow transmission between OLT and ONUs.

6 Services, user-network interface and service node interface

6.1 Services

GPON is required to support all currently known services and new services being discussed for residential subscribers and business customers, because of such a broadband capability.

What specific services should be provided is clearer to some operators than to others and depends heavily on the particular regulatory conditions of each operator's markets, as well as on the market's own potential. How these services are delivered in a cost-effective way is a function not only of legal conditions, but also of factors including existing telecommunication infrastructure, dwelling distribution, and residential and business customers mix.

Some examples of services are described in clause I.1.

6.2 User-network interface (UNI) and service node interface (SNI)

ONU/ONT has UNI, as well as OLT, has an SNI as described in Figure 2. UNI/SNI depends on which services are provided by the service operator.

Some examples of UNI are described in clause I.2 and examples of SNI are described in clause I.3.

7 Bit rate

Basically, GPON aims at transmission speeds greater than or equal to 1.2 Gbit/s. Accordingly, GPON identifies two transmission speed combinations as follows:

- 1.2 Gbit/s up, 2.4 Gbit/s down;
- 2.4 Gbit/s up, 2.4 Gbit/s down.

The most important bit rate is 1.2 Gbit/s up, 2.4 Gbit/s down, constituting nearly all of the deployed and planned deployment of the GPON systems.

8 Logical reach

Logical reach is the maximum distance between ONU/ONT and OLT except for the limitation of the physical layer. In GPON, the maximum logical reach is defined as 60 km.

9 Physical reach

Physical reach is the maximum physical distance between the ONU/ONT and the OLT. In GPON, two options are defined for the physical reach: 10 km and 20 km. It is assumed that 10 km is the maximum distance over which FP-LD can be used in the ONU for high bit rates such as 1.25 Gbit/s or above.

10 Differential fibre distance

In GPON, the maximum differential fibre distance is 20 km. This affects the size of the ranging window and provides compliance with [ITU-T G.983.1].

11 Maximum mean signal transfer delay

GPON must accommodate services that require a maximum mean signal transfer delay of 1.5 ms.

Specifically, GPON system must have a maximum mean signal transfer delay time of less than 1.5 ms between T-V (or (a)-V, depending on the operator's preference). See clause 12 of [ITU-T G.982]. Delays introduced by the adaptation functions such as circuit emulation are not included in this value.

Although a section of the delay measurement is T-V for FTTH system, or (a)-V for the other application in [ITU-T G.982], in a GPON system the reference points are not restricted by the system configuration.

12 Split ratio

Basically, the larger the split ratio is for GPON, the more attractive it is for operators. However, a larger split ratio implies greater optical splitting which creates the need for an increased power budget to support the physical reach.

Split ratios of up to 1:64 are realistic for the physical layer, given current technology. However, anticipating the continued evolution of optical modules, the TC layer must consider split ratios up to 1:128.

ANEXO N° 05



Protocolo de validación para la propuesta de implementación de una red óptica con tecnología GPON para el mejoramiento de acceso a la banda ancha fija en la urbanización los cedros de villa-Chorrillos-Lima sur, 2019

- Levantamiento catastral (verificación en campo de los predios) de la zona donde se tiene planificado realizar el diseño.....
- Toma de registro del plano con promedio de 400 a 450 hogares, de acuerdo al lugar geográfico.....
- Asignación de 2 puertos PON del OLT, los cuales tienen una capacidad 64 terminales por puerto, que en total sumarian 128 terminales.....
- Actualización del catastro con el personal de replanteo, para determinar la ubicación de los postes y la cantidad de hogares pasados por plano....
- Calculo de la atenuación teórica y análisis de pérdida de potencia.....
- Diseño del plano, área de influencia y distribución de mufas.....
- Diseño de plano con la distribución unifilar.....
- Determinación el tipo de cable y equipos correctos a utilizar para el tipo de zona a operar.....
- Determinación los tipos de conectores a utilizar para el proceso de conexión en la planta externa, planta interna y acometida.....
- Selección de equipos a utilizarse en la planta interna para su configuración, tales como Router, OLT, amplificador y ONU.....
- Designación de distribución y ubicación de los equipos networking en la oficina central (Nodo Chorrillos).....

INGENIERO SUPERVISOR

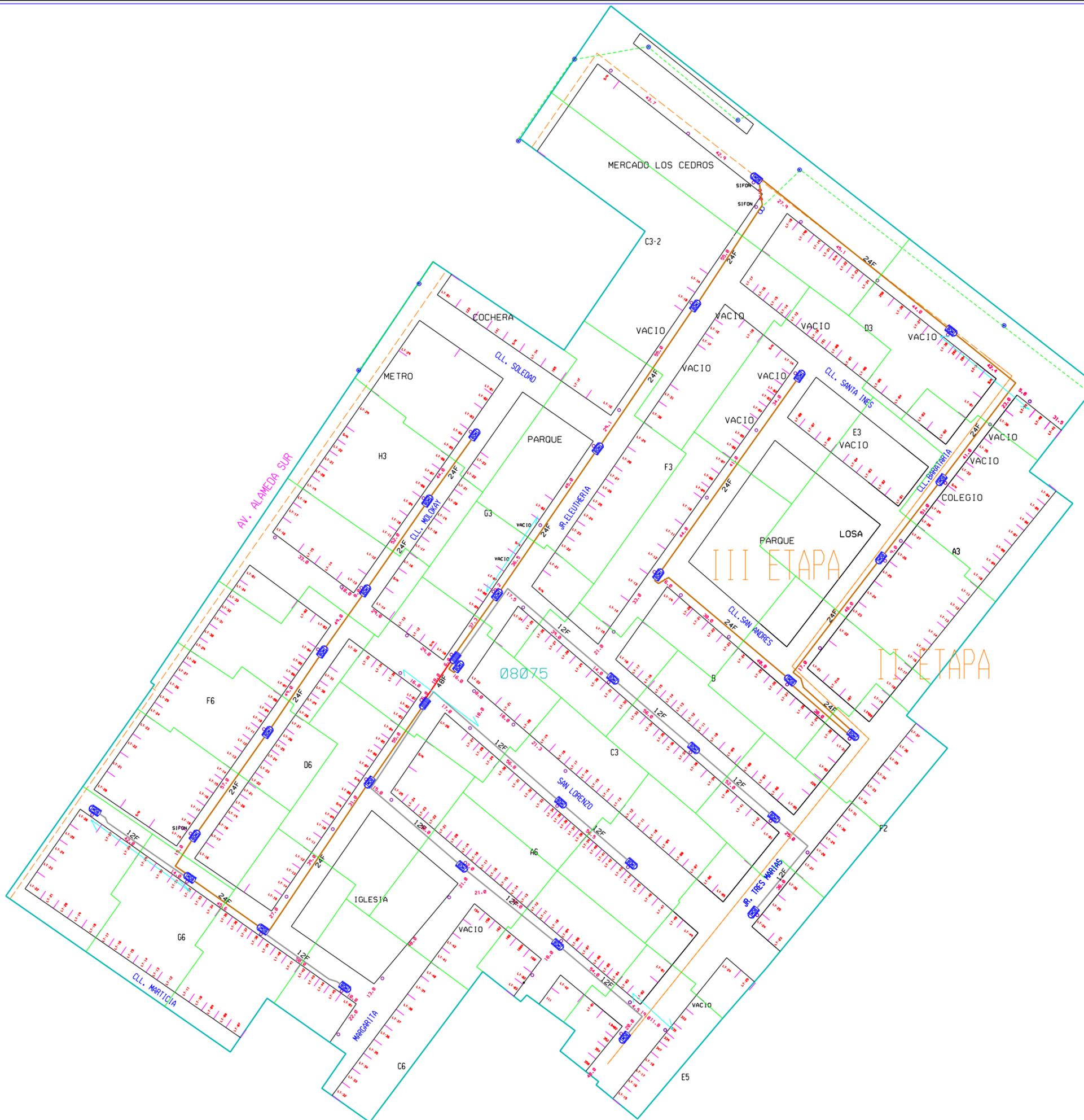
Firma:

Reg. Colegiatura N°:.....

DNI N°:


MIGUEL ANGEL CERPA LIZANA
INGENIERO ELECTRÓNICO
Reg. CIP N° 97435

ANEXO N° 06
PLANOS

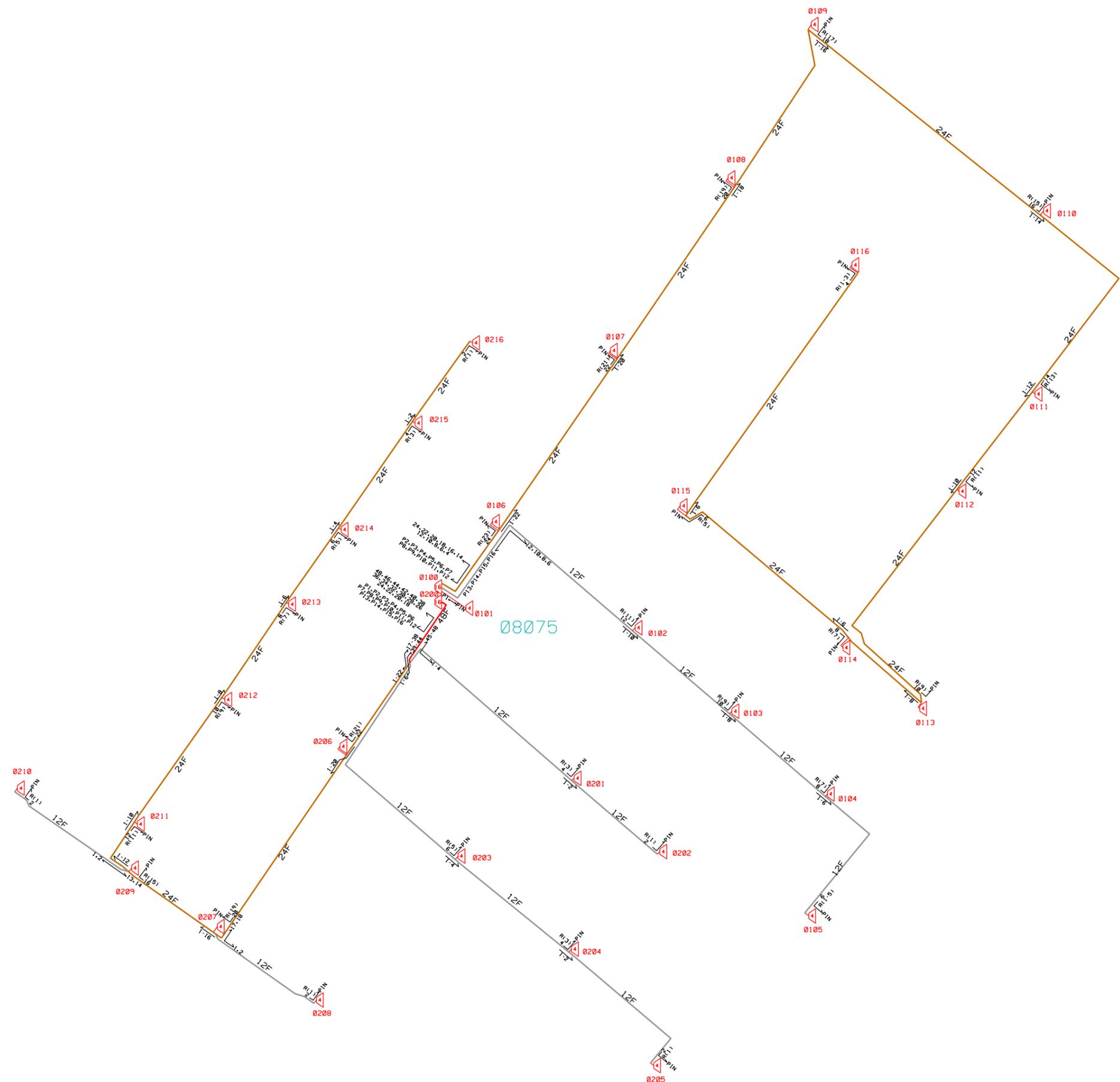


PLANO:	8075	
CABLES		
CABLE FBRA OPTCA 12HIOS	M.	825,8
CABLE FBRA OPTCA 24HIOS	M.	1469,1
CABLE FBRA OPTCA 48HIOS	M.	42
ELEMENTOS DE FO		
MUFAS DE EMPALME FO 12	UND.	0
MUFAS DE EMPALME FO 24	UND.	0
MUFAS DE EMPALME FO 48	UND.	2
MUFA DE DISTRIB. 8 PUERTOS	UND.	32
DISPOSITIVOS		
SPLITER DE 4	UND.	32
SPLITER DE 8	UND.	0
SPLITER DE 16	UND.	2
SPLITER DE 32	UND.	0
FERRETERIA		
ALAMBRE MENSAJERO 3/16	M.	208
ALAMBRE PARA DEVANAR	M.	187,68
CNTA ACERADA 1/2	M.	97,6
CRUCETA	UND.	1
HEBILLAS 1/2 BANDIT	UND.	120
PORTALNEA TPO C	UND.	54
PREFORMADO 1/2	UND.	101

LEYENDA

Caja de Empalme 48	
Mufa de Distribucion 16	
Mufa de Distribucion 8	
Mufa de Distribucion 4	
Area de Influencia	
Retenida Aerea	
Cable Fibra Optica 12	
Cable Fibra Optica 24	
Cable Fibra Optica 48	

ECONOCABLE MEDIA S.A.C.		
PLANO DE RED		
PROVINCIA+LIMA	FECHA: ENE-2019	PLANO: 80875
DEPARTAMENTO+LIMA	DISTRITO: CHORRILLOS	ESCALA: PLOTEO 1/71000



LEYENDA

SPLITER DE 16	-----	
SPLITER DE 8	-----	
SPLITER DE 4	-----	
FUSION DE FIBRAS	---X1-X2---	Y1-Y2
SANGRADO DE FUSIONES	---X3-X4---	Y1-Y2
RESERVA FIBRAS DE ORIGEN	---R(X1-X2)	
CABLE FIBRA OPTICA 12	---	
CABLE FIBRA OPTICA 24	---	
CABLE FIBRA OPTICA 48	---	

ECONOCABLE MEDIA S.A.C.		
PLANO DE RED		
PROVINCIA: LIMA	FECHA: ENE-2019	PLANO: 08075
DEPARTAMENTO: LIMA	DISTRITO: CHORRILLOS	ESCALA: PLOTEO: 1/1250