

ANEXOS

TABLA DE CONTENIDO

Anexo A.....	1
Topologías GPON	1
Contenedor de la transmisión (T-CONT).....	3
FEC.....	4
Solución de Voz.....	6
Anexo D	8
Reglamento técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones (RITEL)	8
a. Previsión de la demanda.....	8
b. Dimensionamiento mínimo de la red de distribución.....	9
c. Dimensionamiento mínimo de la red de dispersión.....	10
d. Cables de fibra óptica para la red de distribución y la red de dispersión.....	10
e. Cables de múltiples fibras.....	10
f. Cables de dos fibras.....	11
g. Elementos de conexión.....	11
Anexo E.....	12
Casos de uso del simulador OptSim® de Synopsis	12
Anexo F.....	14
Parámetros de monitoreo óptico OPM.....	14
Factor Q.....	14
OSNR.....	15
Diagrama de ojo.....	16
REFERENCIAS	24

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones de dispositivos OLT marca ZTE [17] [18].	20
Tabla 2. Especificaciones de dispositivos ONT marca ZTE [19] [20] [21].	21
Tabla 3. Especificaciones de dispositivos OLT marca HUAWEI [22] [23] [24].	21
Tabla 4. Especificaciones de dispositivos ONT marca HUAWEI [25] [26].	22
Tabla 5. Especificaciones de la fibra óptica monomodo [27].	22
Tabla 6. Especificaciones del láser [28].	23

LISTA DE FIGURAS

Figura A.1. Topologías punto a punto, anillo, bus, Estrella y doble anillo redundante en una sola red [2].	1
Figura B.1. Cabecera GEM [3].	2
Figura B.2. Estructura de la trama GEM basada en el trazado de los servicios Ethernet en GPON [3].	3
Figura B.3. T-CONT en los puertos GEM en el OLT y ONU [5].	4
Figura C.1. Solución Sistema GPON VoIP [5].	6
Figura C.2. Sistema GPON con soporte para servicios triple play [7].	7
Figura D.1. Conexión FTTB y FTTH [8].	8
Figura E.1. Diagrama de casos de uso del simulador. Por los autores.	12
Figura F.1. Distribución de probabilidad para señales recibidas correspondientes a "0" y "1" lógicos [10].	14
Figura F.2. (a) Definición del umbral de decisión óptimo y (b) relación entre el Factor Q y la BER [11].	15
Figura F.3. Definición de la OSNR. [12].	15
Figura F.4. Niveles de OSNR en términos de niveles de potencia de señal y ruido para transmisión WDM multietapa [14].	16
Figura F.5. Mediciones de la OSNR [12].	16
Figura F.6. Parámetros del Diagrama del Ojo [11].	17
Figura F.7. Regiones del Diagrama del Ojo.	17
Figura F.8. Superposición de unos y ceros que generan el diagrama del ojo.	18

Anexo A Topologías GPON

Al hablar de topología, muchas veces se hace referencia únicamente a la disposición del cableado, pero es necesario añadir también la configuración de los equipos. Aunque las distancias máximas entre nodos, las interconexiones físicas, las tasas de transmisión o error y los tipos de señal que se transmiten no son especificaciones de la topología, sí existe una relación causa efecto que puede alterarlos. En la figura A.1 se observan diferentes topologías configuradas en una sola red [1].

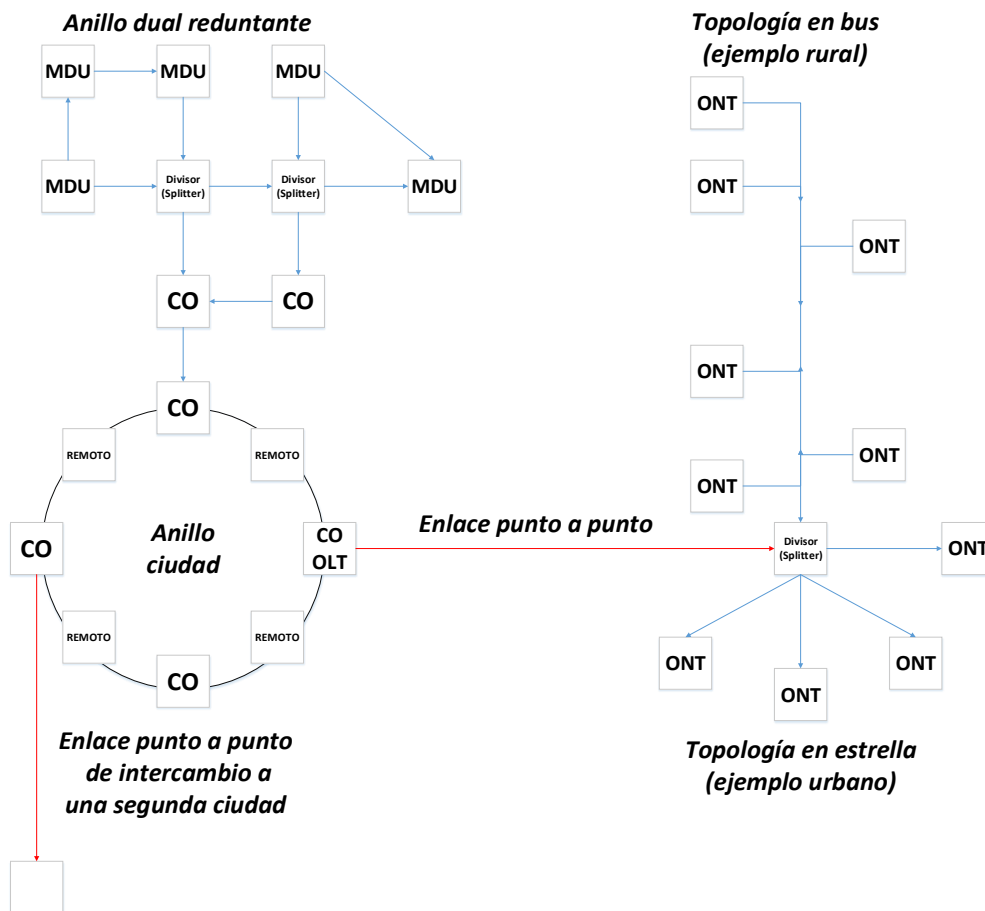


Figura A.1. Topologías punto a punto, anillo, bus, Estrella y doble anillo redundante en una sola red [2].

Anexo B

Estructura de la Cabecera GEM

Como se observa, la figura B.1 representa la estructura de una trama GEM.

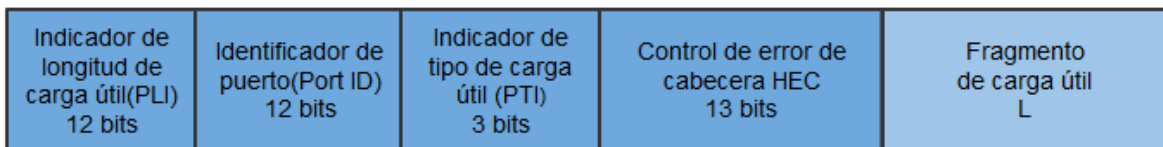


Figura B.1. Cabecera GEM [3].

Una cabecera GEM consta de: PLI, ID de puerto, PTI y el chequeo de errores (HEC). Se utiliza para diferenciar datos de diferentes puertos GEM.

1. Identificador de Longitud de Carga Útil (*PLI, Payload length identifier*).
2. Identificador de puerto (Port ID). Identifica de forma única un puerto GEM.
3. Identificador de Tipo de Carga Útil (*PTI, Payload type identifier*). Indica el tipo de carga útil. Se utiliza para identificar el estado y tipo de datos que se están transmitiendo, por ejemplo, si se está transmitiendo el mensaje de operación, administración y mantenimiento (OAM) o si se ha completado la transmisión de datos.
4. Control de Errores de Cabecera (*HEC, Header error control*). Asegura la función de Corrección de Errores Hacia Adelante (*FEC, Forward Error Correction*) y la calidad de la transmisión.
5. Fragmento de Carga Útil (Payload Fragment). Indica el fragmento de la trama.

En la estructura de la trama GEM la información del encabezado se encapsula automáticamente en marcos GEM, el formato de asignación tiene compatibilidad de alto nivel y el sistema GPON se encarga de analizar las tramas Ethernet y mapea los datos en las cargas útiles de GEM para su transmisión. Una comparación entre el paquete de Ethernet y la trama GEM puede observarse en la figura 3.

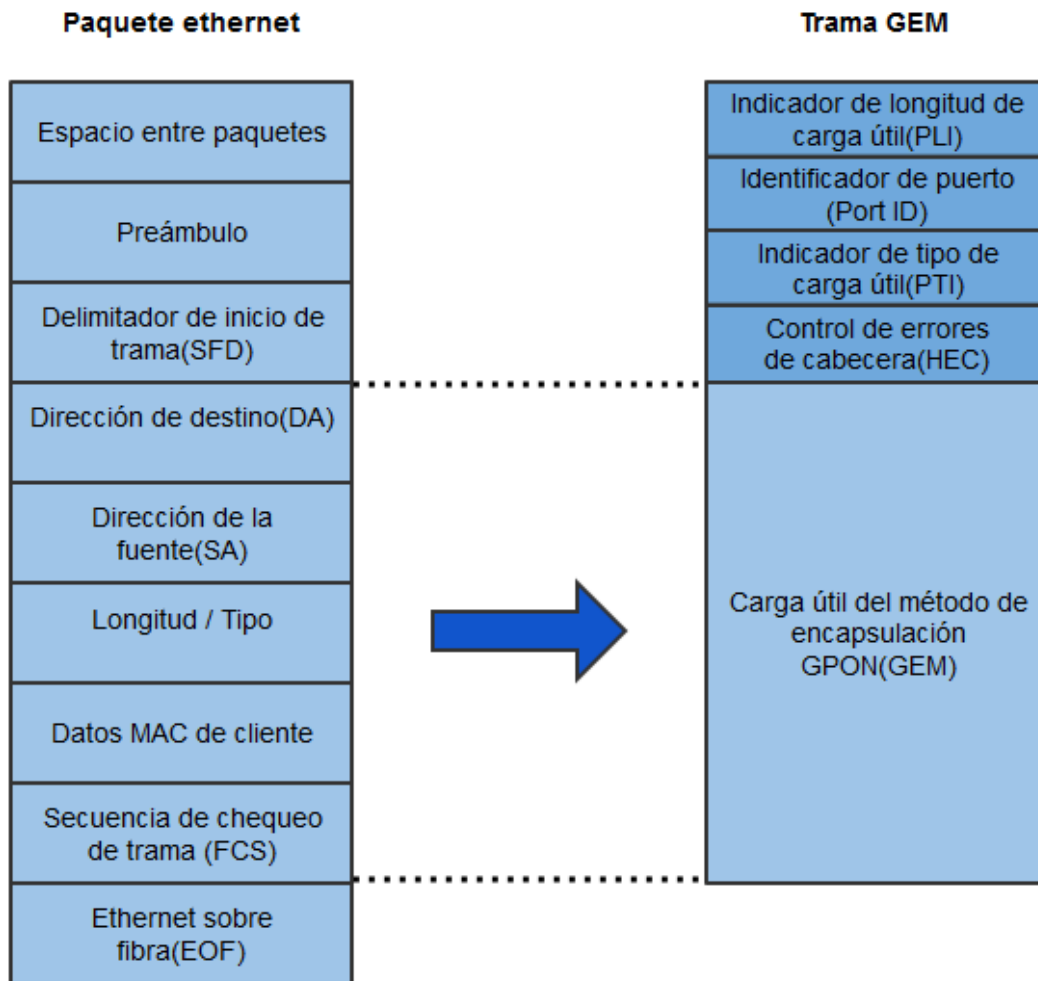


Figura B.2. Estructura de la trama GEM basada en el trazado de los servicios Ethernet en GPON [3].

Contenedor de la transmisión (T-CONT).

El Contenedor de la Transmisión (T-CONT, *Transmission Container*) (ver figura B.13), es un portador de servicio en la dirección ascendente en el sistema GPON. Todos los puertos GEM se asignan a T-CONTs. A continuación, las transmisiones de servicio se transmiten en el enlace ascendente por medio de la programación de Asignación Dinámica de Ancho de Banda (*DBA, Dinamic Bandwidth Allocation*) de la OLT. El T-CONT es la unidad de control básica del flujo de servicio ascendente en el sistema GPON. Cada T-CONT es identificado por un Identificador de Ubicación (*Alloc-ID, Allocation Identifier*). El Alloc-ID es asignado por el puerto GPON del OLT y los T-CONTs utilizados por ONUs conectados al mismo puerto GPON de OLT no pueden tener el mismo Alloc-IDs [3].

Hay cinco tipos de T-CONT y la selección de T-CONT varía durante la programación de diferentes tipos de transmisiones de servicio en el enlace ascendente. Cada tipo de ancho de banda T-CONT tiene su propia característica de Calidad de Servicio (*QoS, Quality of*

Service). La QoS está representada principalmente por la garantía de ancho de banda que puede clasificarse en modo fijo, seguro, no asegurado, de mejor esfuerzo e híbrido [3] [4].



Figura B.3. T-CONT en los puertos GEM en el OLT y ONU [5].

FEC.

La corrección de errores hacia delante (FEC), es una técnica matemática de procesamiento de señales que codifica los datos para que los errores puedan ser detectados y corregidos. Con FEC, la información redundante se transmite junto con la información original. La cantidad de información redundante es pequeña, por lo que FEC no introduce demasiados gastos generales. FEC genera como resultado un aumento en el presupuesto del enlace en aproximadamente 3-4 dB. Por lo tanto, se puede admitir una velocidad de bits más alta y una distancia más larga desde el OLT a la ONU [4].

Anexo C Soluciones Triple play en GPON

Solución de Voz.

En la solución del servicio de acceso de Voz Sobre Protocolo de Internet (*VoIP, Voice Over Internet Protocol*) mostrada en la figura C.1, la residencia del usuario adopta la ONT con la función incorporada de VoIP. El servicio de datos accede directamente a la red IP mediante un OLT [6]. Con el fin de garantizar la calidad del servicio de voz, el sistema GPON y la capa superior de la red IP deben soportar la QoS de IP, para realizar la programación con mayor prioridad en el mensaje de voz VoIP. El sistema GPON es capaz de satisfacer el requisito de QoS de diferentes servicios a través de medios tales como: clasificación de flujo de servicio, medición, marcado y mecanismo de múltiples colas, programación de colas, gestión de búfer, manejo de congestión, etc. La OLT de GPON realiza la identificación basada en el flujo de usuario y la gestión del ancho de banda en caso de que ocurra el manejo de entrada QoS, esto, para reconocer la gestión del usuario en la entrada de red y clasificar los diferentes servicios utilizando uno o múltiples métodos de programación de colas para cumplir con los requisitos de QoS. El equipo de la capa superior marca la prioridad del mensaje de enlace descendente de red. En el OLT GPON, el sistema puede realizar la programación de colas y la gestión del ancho de banda según las marcas [5].

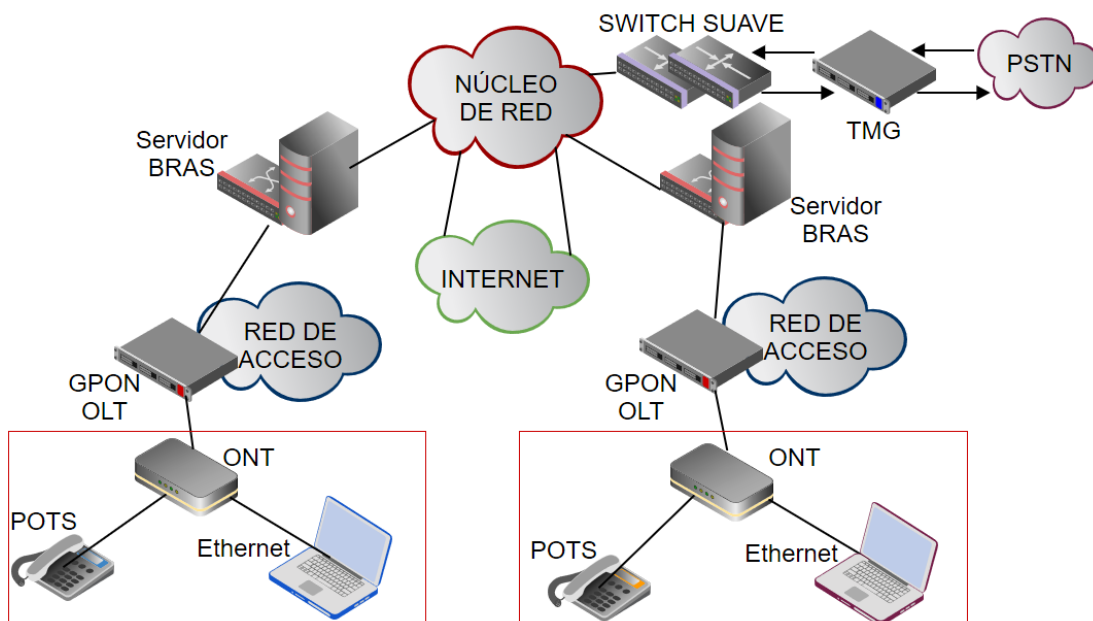


Figura C.1. Solución Sistema GPON VoIP [5].

La entrega de servicios de televisión a través de redes PON se lleva a cabo utilizando uno de dos enfoques: Superposición de Video (*Video Overlay*) o IPTV. En el modelo de superposición de video, se utiliza una longitud de onda óptica separada de 1550 nm en la fibra para transportar servicios de video entre el OLT en el CO o la cabecera y el ONT en la ubicación del suscriptor. En el modelo de IPTV, los servicios de video se transmiten como datos digitales en el mismo flujo digital con otros servicios de voz y datos en la fibra. El enfoque de superposición de video usa WDM para combinar video y otras señales de tráfico óptico en una sola fibra. La longitud de onda del video (a 1550 nm) contiene una señal de RF análoga de banda ancha que contiene todas las señales de televisión y es independiente de cualquier otra longitud de onda utilizada para el PON. Algunas operadoras inicialmente optaron por entregar video transmitido usando una red de superposición de RF. El segundo modelo para proporcionar servicios de televisión es a través de una red IPTV. El transporte de señal se inicia automáticamente cuando un visualizador selecciona un canal, lo que activa una solicitud de servicio al CO del sistema.

El modelo de IPTV funciona como un sistema de ancho de banda bajo demanda. Cuando más de un espectador en la red PON está viendo el mismo programa, solo será necesario enviar la señal una vez y las técnicas de multidifusión se conectan a la corriente de transporte único de suscriptores como la visualización de esta señal. Se requiere que el Protocolo de Gestión de Grupos de Internet (*IGMP, Internet Group Management Protocol*) *snooping* / proxy sea compatible con OLT y ONT para proporcionar eficiencia de ancho de banda en la red de acceso. Además, este enfoque es más rentable que el modelo de superposición, ya que no requiere una red de superposición óptica separada y todos los moduladores de RF y receptores de ONT asociados a ella [7]. En la figura C.2 se muestran diferentes servicios implementados en una red GPON.

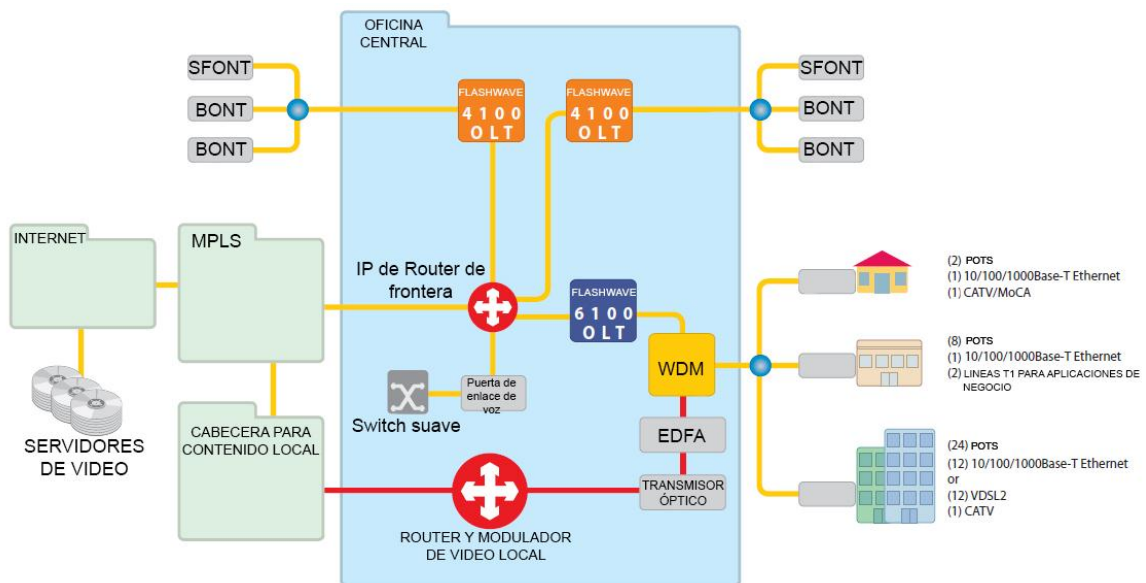


Figura C.2. Sistema GPON con soporte para servicios triple play [7].

Anexo D Reglamento técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones (RITEL)

Esta sección está orientada al dimensionamiento de la red interna de telecomunicaciones basada en fibra óptica. El cableado de edificaciones con fibra óptica se denomina "fibra hasta el edificio FTTB" y "fibra hasta el hogar/oficina FTTH" como se puede observar en la figura D.1.

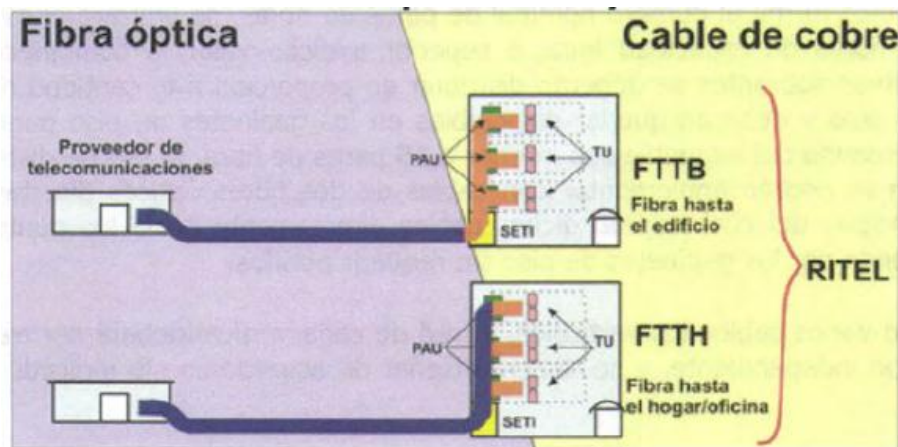


Figura D.1. Conexión FTTB y FTTH [8].

Los parámetros y características técnicas de los materiales empleados en la red interna de telecomunicaciones deben cumplir como mínimo lo establecido en este reglamento y pueden ser sustituidos por materiales con características técnicas superiores.

a. Previsión de la demanda.

El dimensionamiento mínimo de la red interna de telecomunicaciones de cables de fibra óptica debe basarse en la previsión de la demanda de líneas de fibra óptica por unidad privada (vivienda, local, oficina) o estancia común del inmueble, la cual se debe determinar con base en los criterios establecidos aquí. Cada línea estará constituida por un par de fibras ópticas, debiéndose aplicar los siguientes criterios para establecer la demanda de líneas de acceso necesarias, las cuales determinan la cantidad de elementos de red requeridos para conformar las redes de distribución y de dispersión, de manera que al punto de acceso al usuario del inmueble de cada usuario final le lleguen los cables necesarios con las señales procedentes del gabinete principal:

- Viviendas: Una línea óptica para cada vivienda.
- Locales u oficinas en inmuebles de viviendas:

Una línea óptica por local u oficina cuando está definida la planta de locales u oficinas. En caso contrario se deberá dejar una línea óptica en la caja de distribución del piso por cada 33 m² de área útiles del piso.

- Locales comerciales u oficinas en edificaciones destinadas fundamentalmente a este fin:

Cuando no esté definida la distribución y ocupación o actividad de la superficie, se debe utilizar como base de diseño la consideración de una línea óptica por cada 33m² o fracción de la estancia correspondiente.

- Estancias comunes: Dos líneas ópticas por estancia común del inmueble.

Los valores establecidos en este numeral son mínimos y de obligatorio cumplimiento. La cantidad final de líneas ópticas que llegarán a la unidad privada del usuario final deberá ser determinada a criterio del constructor del inmueble, atendiendo como mínimo los criterios establecidos en el presente artículo.

b. Dimensionamiento mínimo de la red de distribución.

La red de distribución se deberá dimensionar a partir de la demanda de acometidas ópticas estimada tanto para cada unidad privada (vivienda, local, oficina) y estancia común del inmueble, determinada según los criterios del numeral anterior. La red de distribución para inmuebles con un solo cableado vertical se dimensionará con base en los siguientes criterios: La cifra de la demanda prevista se multiplicará por el factor 1.4¹, lo que asegura ocupación máxima de la red del 70% y una reserva suficiente para prever posibles daños en alguna fibra o alguna desviación por exceso en la demanda. Obtenido de esta forma el número nominal de pares de fibras, se utilizará el cable normalizado de múltiples fibras de capacidad igual o superior a dicho valor, o combinaciones de varios cables. Las fibras sobrantes se deberán distribuir en proporción a la cantidad de líneas ópticas previstas por piso y deberán quedar disponibles en los gabinetes de piso para su uso futuro. Cuando la demanda del inmueble sea inferior a 15 pares de fibra, la red de distribución y la red de dispersión se podrán implementar con cables de dos fibras ópticas directamente desde el gabinete principal, del cual saldrán dichos cables directamente hacia los puntos de acceso al usuario, pasando por los gabinetes de piso sin requerir abrirlos. En inmuebles con varios

¹ Para el dimensionamiento de infraestructuras, es una práctica común en ingeniería incluir una capacidad adicional contingente a la requerida con el fin de prever necesidades originadas en exceso de la demanda y resolver eventuales fallas en los elementos de la infraestructura cuando no es técnica ni económicamente viable reparar el elemento en falla, como puede ser el caso de falla de un par de cobre o de un par de fibras en un cable de múltiples pares. La capacidad adicional se estima mediante un factor multiplicador de la demanda prevista. Para el caso en cuestión se aplica lo previsto en el numeral 4.3 de la norma NTC 5797.

cableados verticales, la red de cada vertical deberá ser tratada como una red de distribución independiente, y se deberá diseñar de acuerdo con lo indicado en los párrafos anteriores.

c. Dimensionamiento mínimo de la red de dispersión.

Se instalarán los cables de fibra óptica que sean necesarios para atender la demanda prevista en cada unidad privada del inmueble, y terminarán en el punto de acceso al usuario de cada vivienda en la caja terminal de fibra óptica. Los cables de fibra óptica de la red de dispersión se conectarán en un extremo a las correspondientes regletas del punto de distribución ubicado en el gabinete de piso y, en el otro extremo, terminarán en el conector correspondiente en el punto de acceso de usuario. Cuando la red interna emplee cables de dos fibras ópticas, la red de dispersión corresponde a una prolongación de la red de distribución, cuyas fibras se conectan en un extremo a las regletas de salida del gabinete principal y en el otro a los conectores correspondientes en el punto de acceso al usuario de cada unidad privada o estancia común del inmueble, pasando por los gabinetes de piso sin necesidad de que sean abiertos en este punto.

d. Cables de fibra óptica para la red de distribución y la red de dispersión.

Las fibras ópticas deberán ser del tipo monomodo con baja sensibilidad a curvaturas conforme a la Recomendación ITU-T G.657A *"Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión para la red de acceso"*, y deberán ser compatibles con las fibras del tipo G.652.D definidas en la Recomendación ITU-T G.652 (06/2005) *"Características de las fibras ópticas y los cables monomodo"*. Adicionalmente, las fibras ópticas deberán cumplir la especificación IEC 60793-2-50:2012 (*Optica/ fibres - Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single mode fibres*).

A continuación, se describen otras características mínimas y parámetros técnicos que deben cumplir los cables de fibra óptica.

e. Cables de múltiples fibras.

Los cables de múltiples fibras ópticas para distribución vertical deberán ser preferiblemente de hasta 48 fibras². Cada fibra o haz de fibras debe ser de fácil identificación mediante protección individual y el uso de código de colores conforme a la Norma Técnica Colombiana (NTC) 3613 (*Electrotecnia - cable de fibra óptica para distribución en edificios*) y NTC 4353 (*Telecomunicaciones. Cableado estructurado. Cableado para telecomunicaciones en edificios comerciales*).

² Podrán utilizarse cables de más de 48 fibras ópticas si está justificado en la memoria de diseño de la red interna de telecomunicaciones de la edificación

f. Cables de dos fibras.

Los cables de dos fibras para instalación interior y exterior deberán tener un par de fibras ópticas y para su identificación se aplicará el código de colores de la norma NTC 3613 (*Electrotecnia. cable de fibra óptica para distribución en edificios*).

g. Elementos de conexión.

Los elementos de conexión que emplea la red interna de telecomunicaciones de fibra óptica del inmueble se ubican en el gabinete principal, en los gabinetes de piso y en los puntos de acceso al usuario [8].

Anexo E

Casos de uso del simulador OptSim® de Synopsis

Algunos importantes beneficios de la herramienta es la creación de prototipos virtuales de sistemas de comunicación óptica para aumentar la productividad y reducir el tiempo de comercialización, optimización del diseño para un mejor rendimiento y costos reducidos, interfaces con herramientas de terceros como MATLAB y el analizador de vectores ópticos Luna y un modelado eléctrico avanzado con motor SPICE integrado. OptSim trabaja en la teoría de "bloques". Un sistema de comunicación óptica se representa como una interconexión de varios bloques, cada bloque en este conjunto representa un componente o subsistema en el sistema de comunicación.

A medida que pasan las señales físicas entre los componentes en un sistema de comunicación del mundo real, los datos de "señal" se transmiten entre los modelos de componentes en el Simulador OptSim. Cada bloque se simula de forma independiente utilizando los parámetros especificados por el usuario para ese bloque y la información de señal transmitida desde otros bloques. Esto se conoce como una metodología de simulación orientada a bloques. Estos bloques se representan gráficamente como iconos en OptSim. Internamente, están representados como estructuras de datos y sofisticados algoritmos numéricos. En la figura E.1 se observa el diagrama de casos del simulador [9].

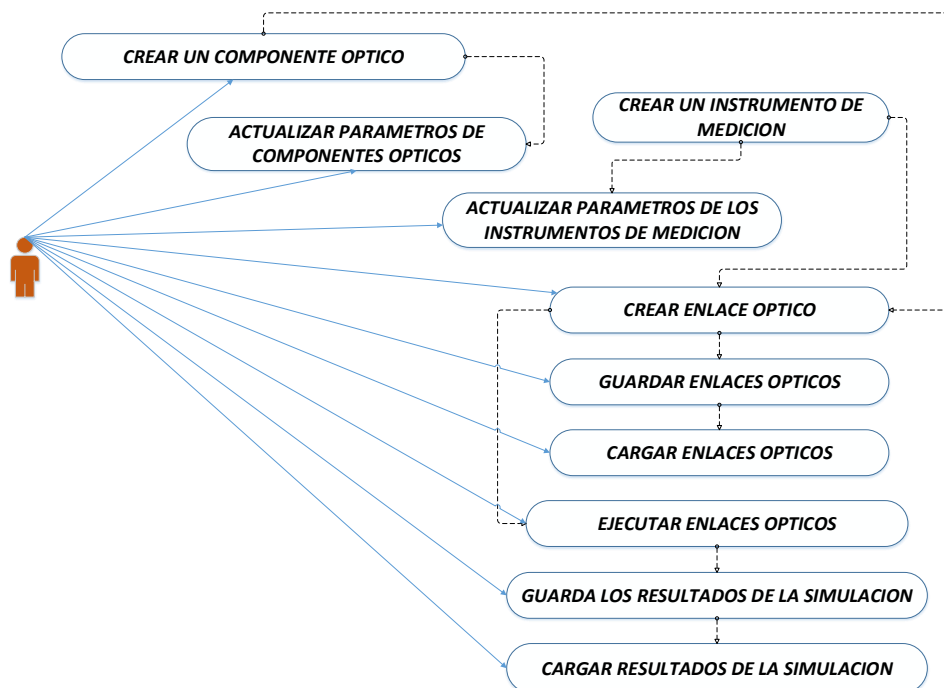


Figura E.1. Diagrama de casos de uso del simulador. Por los autores.

Anexo F

Parámetros de monitoreo óptico OPM

Factor Q.

Tal como se representa en la figura F.1, la distribución de probabilidad para los "1" y los "0" es distinta. Esta diferencia se debe a la distorsión de la señal por diversos efectos durante la transmisión (dispersión, efectos no lineales, ruido de amplificación), y a la interferencia entre símbolos (*ISI, Intersymbol Interference*) en el receptor. La integración del área en el que ambas distribuciones se superponen, proporciona la probabilidad de error del sistema en función del umbral de decisión [10].

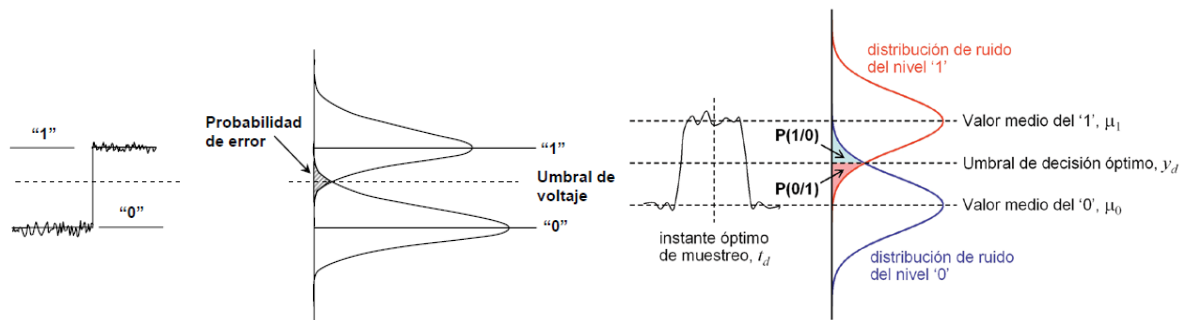


Figura F.1. Distribución de probabilidad para señales recibidas correspondientes a "0" y "1" lógicos [10].

El factor Q a menudo se define en unidades logarítmicas

$$Q(\text{dB}) = 20 \log_{10}(Q)$$

$$Q(\text{decibelios}) = 20 \log_{10} Q (\text{lineal}) \quad (2.2)$$

En la figura F.2 (a), se observa la definición del umbral de decisión óptimo para los niveles lógicos del diagrama de ojo y en la figura F.2 (b), se observa la relación entre el Factor y la BER.

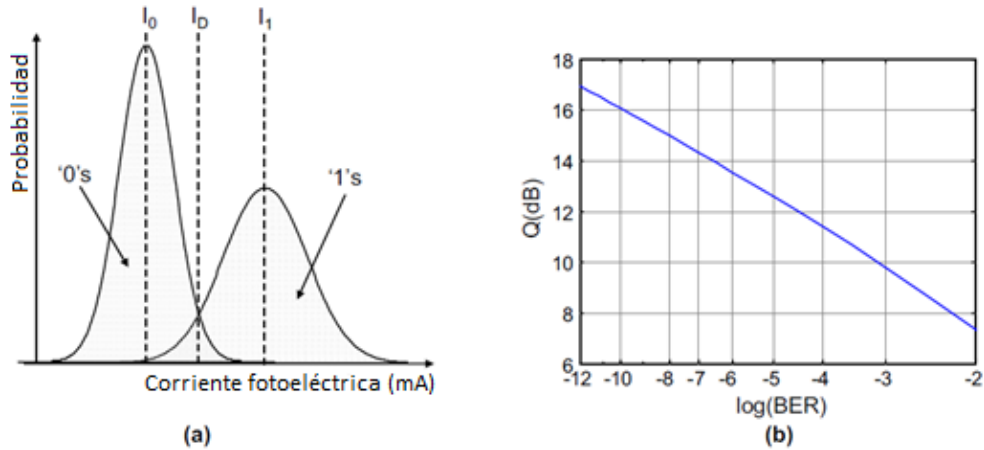


Figura F.2. (a) Definición del umbral de decisión óptimo y (b) relación entre el Factor Q y la BER [11].

De acuerdo a la recomendación ITU-T O.201, se define como la Relación Señal/Ruido Eléctrica (*ESNR, Electrical Signal to Noise Ratio*), en el circuito de decisión de un receptor de señal digital.

OSNR.

La figura F.3, muestra la degradación de la señal óptica que la ocasionan diversos factores como, por ejemplo: las características de la fibra (atenuación, PMD y CD), características de transmisión (formatos de modulación, separación entre canales, entre otros) y características de otros elementos de red como son amplificadores y filtros [12].

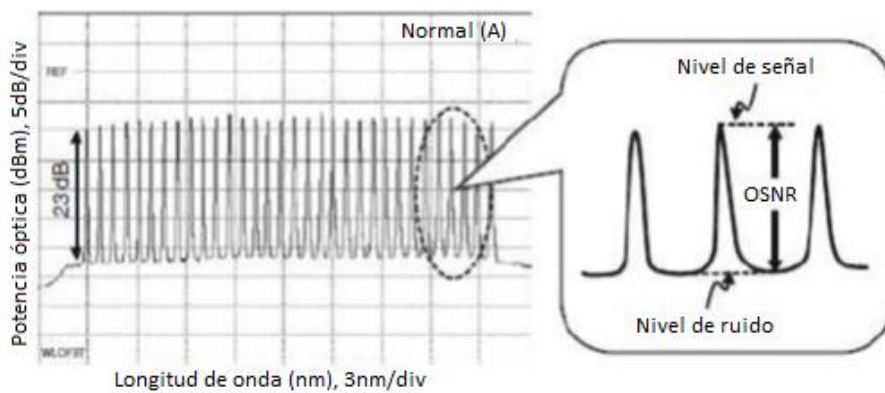


Figura F.3. Definición de la OSNR. [12].

La ITU-T recomienda una OSNR en el rango de 0dB a 42dB para potencias <25dBm [13]

La compensación de la OSNR es casi imposible para sistemas WDM multicanal, dado que cada etapa de amplificación involucra un incremento en los niveles de ruido con respecto a la potencia del canal (figura F.4) [14]. Los diseños basados en la OSNR, desean mantener

una relación BER específica al final de las etapas de los enlaces, es decir en el receptor. Las mediciones de la OSNR se representan en la figura F.5 [12].

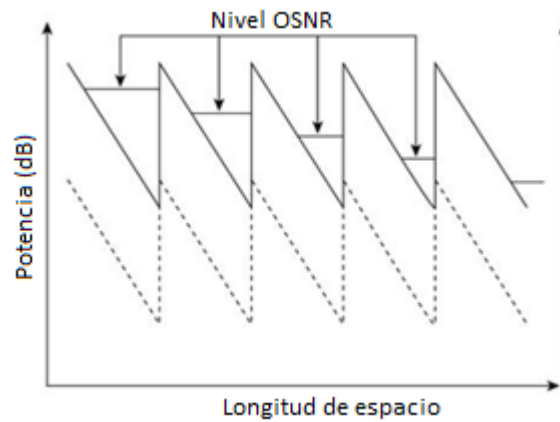


Figura F.4. Niveles de OSNR en términos de niveles de potencia de señal y ruido para transmisión WDM multietapa [14].

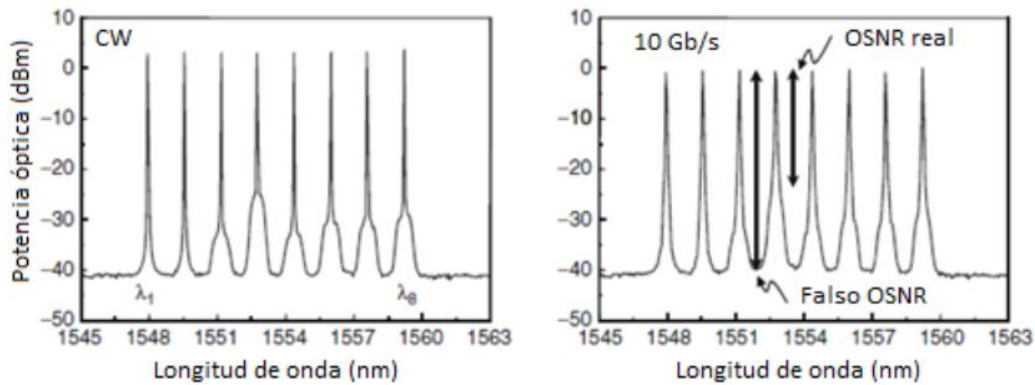


Figura F.5. Mediciones de la OSNR [12].

Diagrama de ojo.

Muy utilizado en el análisis de formas de ondas en comunicaciones digitales, corresponde a un diagrama donde se presentan las distintas superposiciones de unos y ceros en un rango o cantidad de bits determinados para obtener características de los pulsos propagados. El diagrama de ojo permite observar parámetros que determinan la calidad de la señal a través de dos tipos de cruces: cruce de tiempo, donde se produce la apertura y cierre del ojo, y cruce de amplitud, el cual consiste en el nivel de voltaje que produce la apertura y cierre del ojo definiéndose en el periodo de bit.

En las figuras F.6 y F.7, el eje Y muestra el nivel de amplitud de la señal que compromete el desempeño del sistema por los efectos tales como la atenuación, la ISI y el margen de ruido. Dependiendo de su apertura, en el eje X o eje de tiempo se tiene la incidencia del sincronismo, del Jitter y las distintas regiones específicas o máscaras del diagrama del ojo,

en donde cualquier señal que se propague hace referencia a problemas y errores en la transmisión [15] y [16].

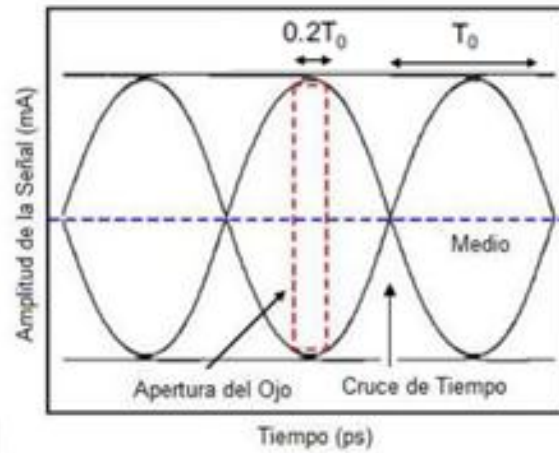


Figura F.6. Parámetros del Diagrama del Ojo [11].

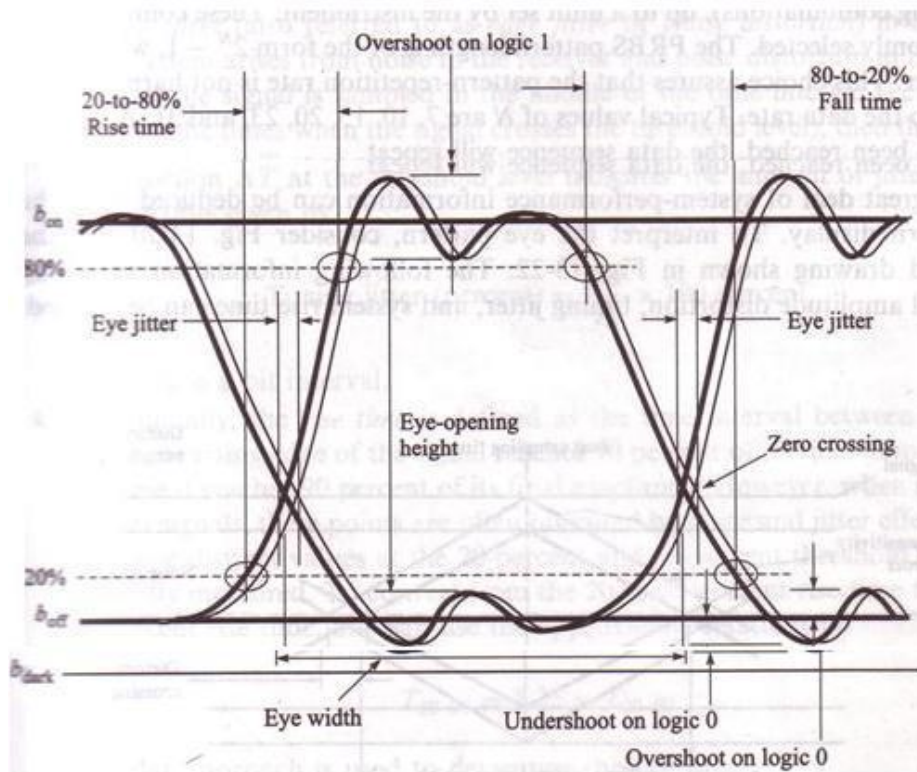


Figura F.7. Regiones del Diagrama del Ojo.

Para el diagrama de ojo se usa una técnica de patrón de ojo para analizar señales y verificar que las señales tengan suficiente calidad para apoyar el sistema de comunicación, como se observa en la figura F.8. Este método se ha usado durante mucho tiempo en sistemas de transmisión de cobre digital para evaluar el rendimiento. La misma técnica se usa ahora

en sistemas de fibra óptica para analizar los efectos de la forma de onda. Las mediciones del diagrama del ojo se realizan en un dominio de tiempo y se muestran en un osciloscopio (muestreo de osciloscopio). El patrón de ojo se construye al superponer varias secuencias de bits una encima de la otra. Se considera las ocho posibles combinaciones de secuencias de 3 bits: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 y 111 [14].

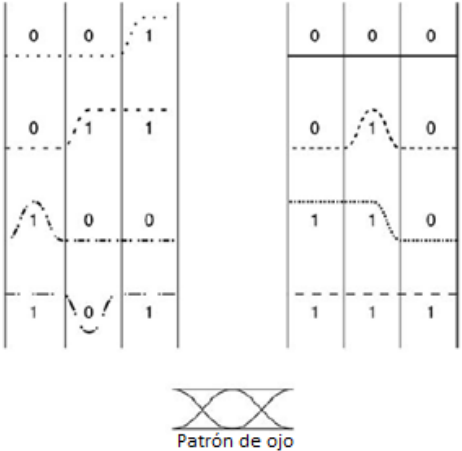


Figura F.8. Superposición de unos y ceros que generan el diagrama del ojo.

Anexo G

Características de los dispositivos de la red

En las tablas 1, 2, 3 y 4 se presenta la información más importante de algunos OLT prefabricados por las compañías ZTE y Huawei.

Tabla 1. Especificaciones de dispositivos OLT marca ZTE [17] [18].

OLT ZTE	ZXA10 C320 GPON Compatible con ITU-T G.984.x	ZXA10 C300 GPON Compatible con ITU-T G.984.x
Potencia de Tx	28 dB (Clase B+) o 32 dB (Clase C+).	28 dB (Clase B+) o 32 dB (Clase C+).
Velocidad de Tx	Tasa de transmisión: 2.488 Gbps downstream y 1.244 Gbps upstream.	Tasa de transmisión: 2.488 Gbps downstream y 1.244 Gbps upstream.
Modulación	QAM	QAM
Capacidad	8 puertos PON por tarjeta y 1024 ONU/ONT por rack con relación de división de 1:128, 4096 ONT / ONU.	16 puertos por tarjeta GPON, 1:128 puertos PON en un estante de 9U 16384 ONT / ONU.
Longitudes de onda	1550nm CaTV. 1490nm downstream. 1310 upstream.	1550nm CaTV. 1490nm downstream. 1310 upstream.

Tabla 2. Especificaciones de dispositivos ONT marca ZTE [19] [20] [21].

ONT ZTE	ZXA10 F625G ITU-T G984.x	ZXHN F668 ITU-T G984.x
Sensibilidad de Rx	-29dBm	-28dBm
Potencia de TX	1 ~ 5dBm	0.5 ~ 5dBm
Sobrecarga de potencia (potencia óptica de saturación)	-5dBm	-8dBm
Longitudes de onda	1490nm downstream 1310nm upstream 1550nm video(CATV)	1490nm downstream 1310nm upstream 1550nm video(CATV)
WiFi	-	300Mbps
Frecuencia usuarios	-	2.4Ghz
	-	32
Velocidad de Tx	2.488Gbps downstream 1.244 Gbps upstream	2.488Gbps downstream 1.244 Gbps upstream
Nivel de salida RF CATV	+17dBmV	+17dBmV
Filtro pasa banda de RF	47Mhz – 870Mhz	47Mhz – 870Mhz

Tabla 3. Especificaciones de dispositivos OLT marca HUAWEI [22] [23] [24].

OLT HUAWEI	SmartAX MA5608T	SmartAX MA5680T	SmartAX MA5683T
Potencia de Tx	+1.5 ~ +5dBm	+2 ~ +7dBm	+3 ~ +7dBm
Velocidad de Tx	Tasa de transmisión: 2.488 Gbps downstream y 1.244 Gbps upstream.	Tasa de transmisión: 2.488 Gbps downstream y 1.244 Gbps upstream.	Tasa de transmisión: 2.488 Gbps downstream y 1.244 Gbps upstream.
Modulación	QAM	QAM	QAM
Capacidad	8/16 puertos GPON Relación 1:128 4000 ONT	8 puertos GPON Relación 1:128 8000 ONT	8/16 puertos GPON Relación 1:128 12000 ONT
Longitudes de onda	1550nm CaTV 1490nm downstream 1310 upstream	1550nm CaTV 1490nm downstream 1310 upstream	1550nm CaTV 1490nm downstream 1310 upstream
Sensibilidad de Rx	-28dBm	-27dBm	-32dBm

Tabla 4. Especificaciones de dispositivos ONT marca HUAWEI [25] [26].

ONT HUAWEI	HG8012H ITU-T G984.3	HG8242H ITU-T G984.x	HG8247H ITU-T G984.x
Sensibilidad de Rx	-27dBm	-27dBm	-27dBm
Longitudes de onda	1490nm downstream 1310nm upstream 1550nm video(CATV)	1490nm downstream 1310nm upstream 1550nm video(CATV)	1490nm downstream 1310nm upstream 1550nm video(CATV)
Velocidad de Tx	2.488Gbps downstream 1.244 Gbps upstream	2.488Gbps downstream 1.244 Gbps upstream	2.488Gbps downstream 1.244 Gbps upstream
Filtro pasa banda de RF	54Mhz – 870Mhz	54Mhz – 870Mhz	54Mhz – 870Mhz

Las tablas 5 y 6 especifican las características y parámetros para la fibra óptica SSMF28 y para los láseres tipo B+ y C+.

Tabla 5. Especificaciones de la fibra óptica monomodo [27].

Fibra SSMF28	Corning
Pérdidas	1310nm 1490nm 1550nm
PMD	-PMD de fibra individual máxima: $0.04 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$. -Valor de diseño del enlace PMD: $0.1 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$.
Dispersión	1550nm: $18 \text{ ps}/\text{nm} \cdot \text{km}$
Atenuación	1310nm: 0.32 dB/km 1490nm: 0.21 dB/km 1550nm: 0.18 dB/km
Longitud de onda	1490nm downstream 1310nm upstream 1550nm video(CATV)

Tabla 6. Especificaciones del láser [28].

	Módulo B +	Módulo C +
Tipo	Módulo óptico bidireccional de una fibra, clase B +	Módulo óptico bidireccional de una fibra, clase C +
Longitud de onda de funcionamiento	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm	Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm
Tipo de encapsulamiento	SFP	SFP
Tasa de puerto	Tx: 2,49 Gbps Rx: 1,24 Gbps	Tx: 2,49 Gbps Rx: 1,24 Gbps
Potencia óptica de salida mínima	1.50 dBm	3.00 dBm
Potencia óptica de salida máxima	5.00 dBm	7.00 dBm
Sensibilidad máxima del receptor	-28.00 dBm	-32.00 dBm
Tipo de conector óptico	SC / PC	SC / PC
Tipo de fibra óptica	Modo singular	Modo singular
Alcanzar	20.00 km	20.00 km
Sobrecarga de potencia óptica	-8.0 dBm	-12.0 dBm
Relación de extinción	8.2 dB	8.2 dB

REFERENCIAS

- [1] J. Andreu, Redes locales de datos (Redes locales). Editex, 2011.
- [2] Todd M. Corcoran, RTPM, CFHP, «Understanding FTTH Architecture». [En línea]. Disponible en: https://www.sandisfieldma.gov/sites/sandisfieldma/files/uploads/understanding_ftth_architecture_v5.pdf. [Accedido: 02-nov-2017].
- [3] J. J. Jane, «supply Huawei optical network equipment: What's GEM Frame and T-CONT of GPON? », supply Huawei optical network equipment, 14-2016. [En línea]. Disponible en: <http://opticalnetworkequipmenthuawei.blogspot.com.co/2016/03/whats-gem-frame-and-t-cont-of-gpon.html>. [Accedido: 02-nov-2017].
- [4] I. Cale, A. Salihovic, y M. Ivekovic, «Gigabit passive optical network-GPON», Information Technology Interfaces, 2007. ITI 2007. 29th International Conference on, 2007, pp. 679–684.
- [5] D. M. S. Sultan y M. T. Arefin, «GPON, the ultimate pertinent of next generation triple-play bandwidth resolution», J. Telecommun. Inf. Technol., pp. 53–60, 2011.
- [6] TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU, «Recommendation ITU-T G.984.1 SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS Digital sections and digital line system – Optical line systems for local and access networks», 200
- [7] Fujitsu Network Communications Inc., «How GPON Deployment Drives the Evolution of the Packet-Based Network». 2007.
- [8] Comisión de Regulación de Comunicaciones CRC, «Resolución 4262 de 2013. Por la cual se expide el Reglamento Técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones RITEL , que establece las medidas relacionadas con el diseño, construcción y puesta en servicio de las redes internas de las telecomunicaciones en la República de Colombia y se dictan otras disposiciones.» 2013.
- [9] RSoft Design Group, Inc, «OptSim Guide», Ossining, NY, 2010.
- [10] E. J. G. Manzano, «Optimización de las prestaciones de enlaces ópticos submarinos de gran capacidad y larga distancia mediante el control de la dispersión», Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, España, 2005.

- [11] Van Den Borne, D., «Robust optical transmission systems: modulation and equalization. », Technische Universiteit Eindhoven - University of Technology, 2008.
- [12] Toledo. A, «Capítulo II evaluación del desempeño óptico». GNTT, 2012.
- [13] TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU, «Recommendation ITU-T O.201 SERIE O: ESPECIFICACIONES DE LOS APARATOS DE MEDIDA - Aparatos de medida para parámetros de canales ópticos», 2003.
- [14] A. G. Tony Antony, «Cisco Press DWDM Network Designs and Engineering Solutions». Cisco Press, 2012.
- [15] A. Toledo, G. López, y G. Agredo, «Análisis del Efecto del Ruido en Recepción de Redes WDM con Detección Coherente.», Entre Cienc. E Ing., vol. 7, n.º 14, 2013.
- [16] TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU, «Recommendation ITU-T G.959.1 SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS Digital sections and digital line system – Digital line systems», Recomm. ITU-T G9591, 2016.
- [17] ZTE Corporation, «ZXA10 C320 Optical Access Convergence Equipment», ZTE CORPORATION, ShenZhen, P.R.China, Version: V1.2.0, 2012.
- [18] ZTE Corporation, «ZXA10 C320, ZXA10 C300 OLT», 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.ztepon.com/index.php?page=c320>. [Accedido: 19-dic-2017].
- [19] «GPON ONT - ZTE Corporation», GPON ONT, 2015. [En línea]. Disponible en: http://www.zte.com.cn/en/products/access/xpon/201301/t20130131_385569.html. [Accedido: 19-dic-2017].
- [20] ZTE Corporation, «ZXHN_F668_Product_Introduction.pdf», ZTE Corporation, ShenZhen, P.R.China, 2015.
- [21] ZTE Corporation, «ZXA10 F625G Datasheet», ZTE CORPORATION, ShenZhen, P.R.China.
- [22] Huawei Technologies Co, «SmartAX MA5600T/MA5603T/MA5608T Multi-service Access Module V800R016C00 Product Description», Bantian, Longgang - China, 2015.
- [23] Huawei Technologies Co, «SmartAX MA5680T-MA5683T», Bantian, Longgang - China, 2010.
- [24] Thunder-link, «Huawei MA5680T MA5600T GPON OLT system», *Thunder-link.com*, 2017. [En línea]. Disponible en: http://www.thunder-link.com/HUAWEI-MA5680T_p575.html. [Accedido: 13-dic-2017].

[25] Huawei Technologies Co, «Huawei EchoLife HG Series ONTs — Huawei products», 2017. [En línea]. Disponible en: <http://e.huawei.com/en/products/fixed-network/access/ont/optical-terminal>. [Accedido: 19-dic-2017].

[26] Huawei Technologies Co, «A Smarter Way for Your Broadband Life - Huawei HG series, an intelligent bridging-type ONT», Shenzhen, People´s Republic of China, 2016.

[27] Corning Incorporated, «Corning® SMF-28® Ultra Optical Fiber», Corning® SMF-28® Ultra Optical Fiber, Corning, New York, Nov. 2014.

[28] Thunder-link, «Huawei MA5680T MA5600T GPON OLT system», *Thunder-link.com*, 2017. [En línea]. Disponible en: http://www.thunder-link.com/HUAWEI-MA5680T_p575.html. [Accedido: 13-dic-2017].