



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA
PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Desarrollo de aplicaciones prácticas de redes de acceso
GPON sobre la plataforma OptiSystem**

AUTOR:

Torres Pincay, Robert Jhonson

Componente práctico del examen complejo previo a la
obtención del grado de **INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES**

REVISOR:

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

17 de Septiembre del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente **componente práctico del examen complejo**, fue realizado en su totalidad por **Torres Pincay, Robert Jhonson** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

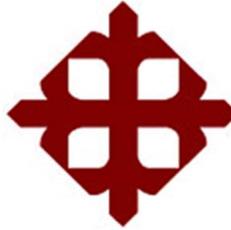
REVISOR

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 17 días del mes de Septiembre del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Torres Pincay, Robert Jhonson**

DECLARÓ QUE:

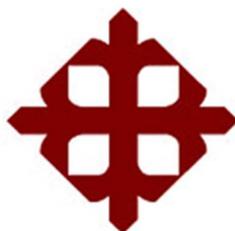
El **componente práctico del examen complejo, Desarrollo de aplicaciones prácticas de redes de acceso GPON sobre la plataforma OptiSystem** previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 17 días del mes de Septiembre del año 2018

EL AUTOR

TORRES PINCAY, ROBERT JHONSON



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Torres Pincay, Robert Jhonson**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del **componente práctico del examen complejo, Desarrollo de aplicaciones prácticas de redes de acceso GPON sobre la plataforma OptiSystem**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 17 días del mes de Septiembre del año 2018

EL AUTOR

TORRES PINCAY, ROBERT JHONSON

REPORTE DE URKUND

The screenshot displays the URKUND interface. On the left, a sidebar shows document metadata: 'Documento' (Torres_Final3-1.docx), 'Presentado' (2018-09-18 23:52), 'Presentado por' (fernandopm23@hotmail.com), 'Recibido' (edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com), and 'Mensaje' (Revisión Robert Torres). The main area shows a message: '1% de estas 8 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.' On the right, a 'Lista de fuentes' panel lists sources with columns for 'Categoria' and 'Enlace/nombre de archivo'. The bottom toolbar includes icons for search, navigation, and actions like 'Reiniciar', 'Exportar', and 'Compartir'.

Documento	Torres_Final3-1.docx (D41570092)
Presentado	2018-09-18 23:52 (-05:00)
Presentado por	fernandopm23@hotmail.com
Recibido	edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	Revisión Robert Torres: Mostrar el mensaje completo

Categoria	Enlace/nombre de archivo
	TESIS GPON FINAL TUTIVEN 12-0...
	https://documentop.com/uos-st...
Fuentes alternativas	
	copia par imprimir TESIS FINAL t...
	https://repositorio.espe.edu.ec/...

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA
PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA
EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: Desarrollo de aplicaciones prácticas de
redes de acceso GPON sobre la plataforma
OptiSystem

AUTOR: Torres Pincay, Robert Jhonson

Componente práctico del examen complejo
previo a la obtención del grado de INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES

REVISOR: M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin
Fernando

DEDICATORIA

Se la dedico primero a Dios y luego a mis padres quienes son el pilar fundamental para la construcción de mi vida profesional, en donde colocaron las bases de responsabilidad y deseos de superación, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes son infinitas

EL AUTOR

TORRES PINCAY, ROBERT JHONSON

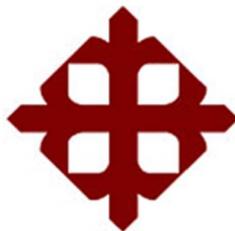
AGRADECIMIENTO

A mis padres Mercedes Rosario Pincay Pincay y Pedro Roberto Torres García que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un profesional.

A mi tío William Stalin Torres García por haberme apoyado con sus consejos y brindándome de su tiempo para la culminación de mi carrera universitaria

EL AUTOR

TORRES PINCAY, ROBERT JHONSON



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
MANUEL DE JESUS ROMERO PAZ
DECANO

f. _____
MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____
LUIS SILVIO CORDOVA RIVADENEIRA
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
Resumen	XIII
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE PRÁCTICO	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Objetivo General.	3
1.3. Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO 2: Fundamentación teórica.....	4
2.1. Antecedentes de las redes de acceso GPON.....	4
2.2. Conceptos generales para redes ópticas pasivas (PON).....	4
2.3. Componentes de una red óptica pasiva.....	6
2.4. Tipos de redes ópticas pasivas.....	6
2.4.1. Redes ópticas pasivas basadas en ATM (APON).....	7
2.4.2. Redes ópticas pasivas de banda ancha (BPON).....	7
2.4.3. Redes ópticas pasivas basadas en Ethernet (EPON).....	8
2.4.4. Redes ópticas pasivas de alta capacidad (GPON).....	9
Capítulo 3: Implementación de una red de sensores inalámbricos enlazados con Xbee utilizando la plataforma thinger.io.....	10
3.1. GPON FTTH y GPON FTTB Aplicaciones y análisis.....	10
3.2. Análisis del subsistema del hogar.....	11
3.3. Análisis del subsistema de edificio.....	14
3.4. Comparación del subsistema de casa y edificio.....	17
3.5. El efecto del amplificador en el sistema	19
3.6. Resultados	20
Conclusiones.....	22

Recomendaciones.....	23
Bibliografía.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2:

Figura 2. 1: Distribución de una red óptica pasiva (PON).	5
Figura 2. 2: Topología de una PON.	6
Figura 2. 3: Configuración de APON para FTTH.	7
Figura 2. 4: Configuración de BPON para FTTH.	7
Figura 2. 5: Configuración de EPON para FTTH.	9
Figura 2. 6: Configuración de GPON para FTTH.....	9

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Arquitectura de GPON-FTTB.....	10
Figura 3. 2: Sistema de referencia GPON FTTH y GPON FTTB (2 Gbps/15 km).....	10
Figura 3. 3: Estructura del subsistema de inicio.....	11
Figura 3. 4: La estructura interna de la ONU en el subsistema de origen....	12
Figura 3. 5: Resultados del diagrama de ojo obtenidos de GPON FTTH. ...	13
Figura 3. 6: Estructura del subsistema de construcción.....	14
Figura 3. 7: Análisis de dominio de tiempo para las primeras cuatro ONU..	15
Figura 3. 8: Resultados del diagrama de ojo obtenidos de GPON FTTB.....	16
Figura 3. 8: Valores de potencia transferidos a los subsistemas FTTH y FTTB.	17
Figura 3. 10: Comparación del subsistema FTTH y subsistema FTTB (2 Gbps/50 km).	18
Figura 3. 11: Adición de refuerzo a la estructura de referencia.	19
Figura 3. 12: Efecto del amplificador óptico en la estructura del sistema. ...	20

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2:

Tabla 3. 1: Resultados del factor Q para diferentes parámetros de GPON FTTH.....	12
Tabla 3. 2: Resultados del factor Q para diferentes parámetros de GPON FTTB.....	15

Resumen

En el presente trabajo práctico del examen complejo, se han investigado los principios de funcionamiento del cable de fibra óptica y los sistemas de comunicación óptica, así como las ventajas y desventajas de los cables de fibra óptica en el sector de la comunicación. Se proporcionó información sobre arquitecturas de las redes activas y pasivas en aplicaciones FTTX (Fibra a la X) y se examinó el software a utilizar para diseñar los escenarios de simulación con la variación de parámetros en longitud de la fibra y velocidad de datos. Hoy en día, la importancia de los métodos de acceso múltiple se examina en términos de aplicaciones FTTX. Se examinan las redes de acceso de nueva generación en los sistemas de comunicación óptica y las estructuras arquitectónicas del FTTX se muestran en el capítulo 3. Con el programa de simulación OptiSystem 7.0, se realizaron simulaciones de redes de acceso GPON FTTH y GPON FTTB para redes ópticas pasivas en aplicaciones FTTX.

Palabras claves: COMUNICACIONES, REDES, PASIVAS, APON, BPON, GPON.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE PRÁCTICO

1.1. Introducción.

La red óptica pasiva con capacidad Gigabit (*Gigabit Passive Optical Network, GPON*) es la PON más importante. La tecnología de multiplexación por división de tiempo (*Time Division Multiplexing, TDM*) fue la tecnología básica para GPON. Las redes ópticas pasivas de Gigabit (GPON) se han visto como una tecnología prometedora para los sistemas ópticos de fibra hasta el hogar (*Fiber To The Home, FTTH*) porque pueden ofrecer servicios múltiples (por ejemplo, TDM, Ethernet) con la calidad de servicio (*Quality of Service, QoS*) requerida. (Chuenchom et al., 2018)

Las redes de distribución óptica consisten en más del 60% de las inversiones totales en la implementación de PONs. Por lo tanto, es esencial para la evolución de PONs a la cooperación con las redes existentes. Para el artículo en discusión, analiza la aplicación híbrida compatible de GPON y la red óptica pasiva con capacidad para 10 Gigabits (*10 Gigabit-capable Pasive Optical Network, XGPON*) para una relación de división de 1:64. El rendimiento del sistema de red híbrido se analiza utilizando la herramienta de software OptiSystem. (Martelo, Triana, & Rodríguez, 2017)

En la última milla de la tecnología de redes de telecomunicaciones, la red de transmisión óptica se ha implementado utilizando la tecnología FTTH para proporcionar las demandas de los usuarios de banda ancha. La evolución de la red FTTH cambia muy rápidamente, lo que provoca una implementación de la tecnología existente y la nueva en coexistencia o llamada en modo híbrido. Las redes de distribución óptica consisten en más del 60% de las inversiones totales en la implementación de redes ópticas pasivas (*Passive Optical Network, PON*). (Syambas & Farizi, 2017)

La ventaja de GPON y su estructura de árbol PON (clase B+, 64 usuarios, 2.5 Gbps en sentido ascendente) es que el usuario puede recibir 37 Mbps si todos los usuarios en el árbol utilizan todo el ancho de banda disponible. El uso de todo el ancho de banda disponible no es una opción real,

por lo que cuando se planifican planes para el factor de ancho de banda necesario de 2x se utiliza, lo que significa que es posible obtener más de 70 Mbps por cada usuario en PON tres. (Selmanovic & Skaljo, 2010)

1.2. Objetivo General.

Diseñar aplicaciones prácticas de redes de acceso GPON sobre la plataforma de simulación OptiSystem con el propósito que los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones cuente con modelos de simulación para futuros trabajos.

1.3. Objetivos Específicos.

- a. Describir el estado del arte de las redes de comunicaciones por Fibra Óptica.
- b. Desarrollar diferentes escenarios de simulación de redes de acceso GPON.
- c. Evaluar los resultados obtenidos de la simulación.

CAPÍTULO 2: Fundamentación teórica.

2.1. Antecedentes de las redes de acceso GPON.

En redes convencionales de telecomunicaciones, la brecha entre la red de transmisión con el acceso está conformadas por centrales de conmutación local, pero actualmente dicha brecha se ha ampliado por todos los tipos de equipos de conmutación que existan, tales como routers IP, centrales ATM o cualquier concentrador que pretenda agregar tráfico para usuarios finales. El terminador en la red de acceso es un equipo que adapta la interfaz de transmisión y que puede estar ubicado incluso en el edificio del usuario final, como sucede en redes ADSL, donde el equipo terminador es un módem. Similar situación se presenta cuando usamos en el acceso a la fibra óptica con sus routers.

Por ello, la planta externa propiamente dicha: sería la disposición de cableado que salen del sitio del operador (central) y se va desplegando hasta los conocidos equipos terminales no necesariamente son de fibra pues entre los terminales o de usuario. Por ello, suele existir una parte de la red de planta externa, conocida como la acometida del cliente, que generalmente estuvo conformada por cables de cobre o coaxiales, y en otras ocasiones por una interfaz de radio o fibra según fuera la ubicación del cliente.

Por lo mencionado, se puede asegurar que no siempre una red de planta externa debe ser necesariamente de fibra óptica de lado a lado, pues de ello depende su nombre, tal como sigue: FFTC para redes de fibra hasta la acera, FTTB para redes de fibra hasta el edificio, fibra hasta el hogar (o también conocida como FTTH), así como FTTD para las redes que llegan hasta el escritorio del usuario, aunque también se usa el término FTTx para generalizar su denominación.

2.2. Conceptos generales para redes ópticas pasivas (PON).

En la figura 2.1, se observa como una red óptica pasiva (*Passive Optical Network, PON*) está conformada por un equipo terminal óptico conocido como OLT, que normalmente está situado en la central del operador o en el edificio

del cliente dependiendo del uso y aplicación en la instalación. También, forma parte de una PON uno o más ONTs y ONUs que sirven para el acoplamiento óptico y se encuentra del lado del usuario, que se interconectan con los splitters para generar la distribución multipunto del lado del usuario. Adicionalmente, existen PONs que utilizan ODNs para el direccionamiento entre la OLT y ONT. En esta estructura son los acopladores los que se denominan pasivos porque no requieren de energía eléctrica o fuente de poder.

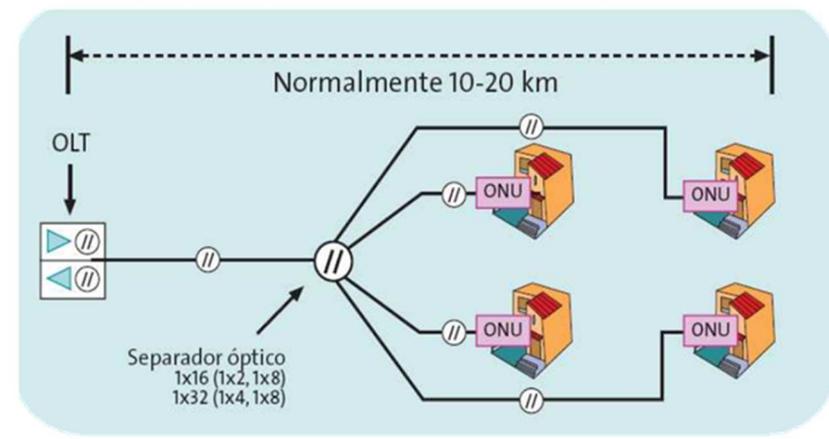


Figura 2. 1: Distribución de una red óptica pasiva (PON).
Fuente: (Marchukov, 2011)

Las redes pasivas ópticas manejan una distribución punto-multipunto, soportando distancias de hasta 20 Km como límite físico, utilizando fibra monomodo para el despliegue, pero como es una red multipunto en el extremo del cliente necesita dispositivos como los OLTs, tal como se observa en la figura 2.2 los cuales serán los encargados de controlar el ancho de banda que va a ser distribuido a los usuarios finales en intervalos periódicos.

En cambio, en el canal ascendente, hacia la central, las redes de telecomunicaciones utilizan distribución red punto-punto y es donde las ONUs retransmiten hacia un OLT definido o varios según la configuración de la red si fuere redundante. Por ello, al trabajar con fibra se busca optimizar las transmisiones de los sentidos descendentes (downstream) y ascendentes (upstream) sin generar mezclas, es decir, respetando las longitudes de onda diferentes para lo cual se utiliza la técnica de multiplexación por división de longitud de onda (*Wavelength Division Multiplexing, WDM*). En la mayor parte

de instalaciones se manejan al menos dos diferentes longitudes de onda, una para la transmisión en sentido hacia el usuario (que puede ser desde 1290 nm) y otra para la emisión hacia el operador (en rangos cercanos a 1310 nm).

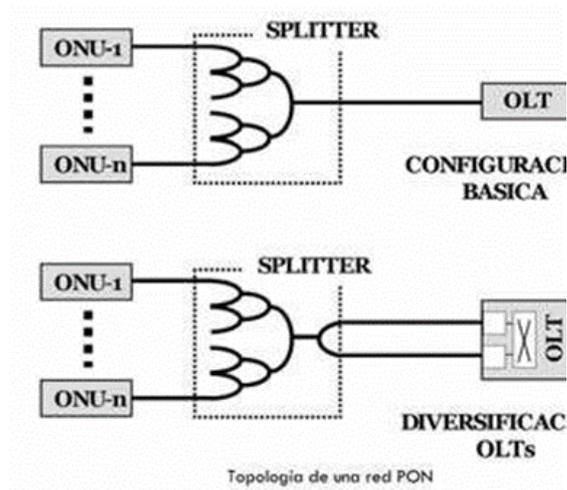


Figura 2. 2: Topología de una PON.
Fuente: (García Torres, 2009)

Con la evolución de los fabricantes de dispositivos ópticos se puede disponer de dispositivos cada vez más miniaturizados e incluso de estándares micro y hasta nano donde han mejorado el manejo de longitudes de onda hasta llegar a integrarlos en transceivers ópticos de los equipos de usuario, en los cuales se usa una segunda ventana de portadoras ópticas.

2.3. Componentes de una red óptica pasiva.

Los principales componentes de una PON son:

- Terminal de red óptico (ONT), que es el equipo de usuario, recibe y filtra los datos que van al usuario.
- Divisor óptico (splitter): elemento pasivo, que permite conexiones multipunto
- Unidad Óptica terminal de línea (OLT), que es el elemento interface entre la red activa y pasiva.

2.4. Tipos de redes ópticas pasivas.

A continuación, se describen cada uno de los tipos de redes ópticas pasivas.

2.4.1. Redes ópticas pasivas basadas en ATM (APON).

Una red ATP que se conoce también como ATM-PON o APON, y es la que utiliza el protocolo de señalización capa 2, adecuándose para distintas arquitecturas de red de fibra hacia el hogar y hacia el edificio al manejar este tipo de protocolo de señalización como portador. Una APON puede equiparse hasta con 64 equipos ONTs, aunque normalmente la recomendación sea de hasta 32 y 48 ONTs, estos usos llevaron al desarrollo de la red BPON.

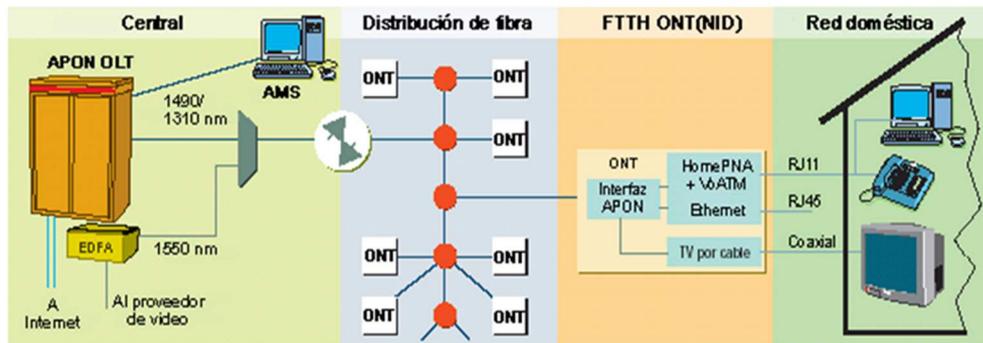


Figura 2. 3: Configuración de APON para FTTH.

Fuente: (Blanco Ortiz, 2013)

2.4.2. Redes ópticas pasivas de banda ancha (BPON).

Las redes BPON están conformadas por redes APON al límite incluso en este tipo de PON se puede conectar un puerto OLT con múltiples ONTs utilizando filtros ópticos, lo cual permite el manejo de mayores anchos de banda en una misma ruta. (Kaur & Mahajan, 2016)

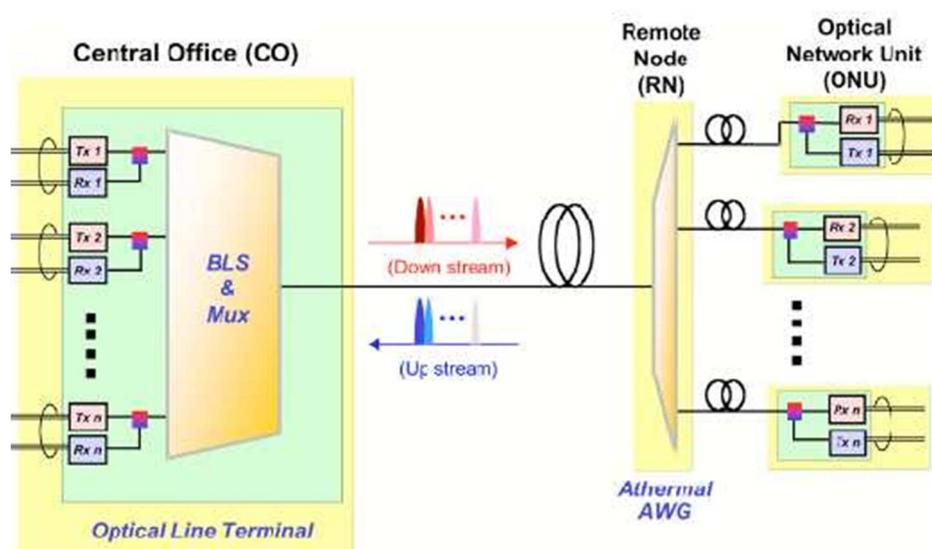


Figura 2. 4: Configuración de BPON para FTTH.

Fuente: (McCullough, 2007)

Para Las redes ópticas pasivas de banda ancha (*Broadband PON, BPON*), que es un tipo de PON, puede admitir servicios de voz, datos y video de alta velocidad para hogares residenciales y pequeñas empresas de suscriptores. En esta investigación, mediante el uso de amplificador de fibra dopada con erbio (EDFA), el rendimiento de BPON bidireccional se experimenta y se prueba para las direcciones de tráfico aguas arriba y aguas arriba. (Almalaq, 2014)

2.4.3. Redes ópticas pasivas basadas en Ethernet (EPON).

Para Sehgal, Soni, & Sharma, (2015) las redes ópticas pasivas de Ethernet (*Ethernet PON, EPON*) es una tecnología económica, simple y capaz de entregar servicios agrupados de voz, datos y video a un suscriptor del usuario final a través de una red única. Para Radzi, Din, Sadon, & Al-Mansoori, (2012) EPON consiste en un terminal de línea óptica (OLT) y múltiples unidades de red óptica (ONU) en una arquitectura punto a multipunto. En la transmisión ascendente, EPON funciona como arquitectura multipunto a punto, donde una sola fibra se comparte entre todas las ONUs para llegar al OLT.

Hoy en día, los servicios de triple play pueden considerarse servicios requeridos en el sector de las telecomunicaciones. En la red de acceso, la red óptica pasiva de Ethernet (EPON) se considera una de las mejores soluciones para proporcionar servicio triple play. En EPON, el algoritmo de asignación de ancho de banda dinámico (*Dynamic Bandwidth Allocation, DBA*) desempeña un papel clave para cumplir con los requisitos de calidad de servicio (*Quality of Service, QoS*). (Liem, Sandag, Hwang, & Nikoukar, 2017)

Utiliza el protocolo Ethernet nativo, no contempla SDH o ATM, por ello presenta las siguientes ventajas:

- a. Mayor ancho de banda que las conexiones Giga (HSDL).
- b. Mejor calidad por la eliminación de ruido electromagnético.
- c. Menor uso de fibras ópticas para proyectos.
- d. Minimizar el OPEX optimización de equipos
- e. Menor costos comparados con redes activas

d. Límite de hasta 20 Km.

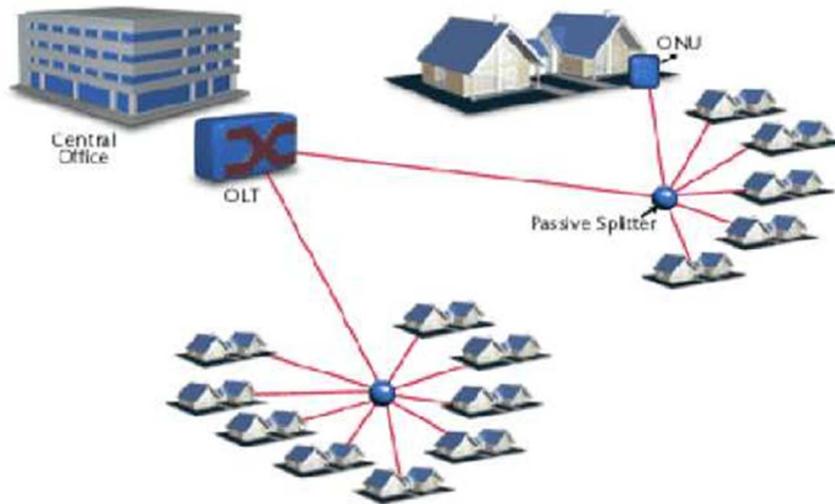


Figura 2. 5: Configuración de EPON para FTTH.
Fuente: (McCullough, 2007)

2.4.4. Redes ópticas pasivas de alta capacidad (GPON).

En el año 2002, se inician normativas referentes a red pasivas con velocidades de Gigabits. Resultando la recomendación G.984 cuyo objetivo es cubrir las necesidades futuras de incrementos en el ancho de banda, sin descuidar el desempeño de la transmisión para servicios IP. Los sistemas GPON se caracterizan en general por un sistema de terminación de línea óptica (*Optical Line Termination, OLT*) y una unidad de red óptica (*Optical Network Unit, ONU*)

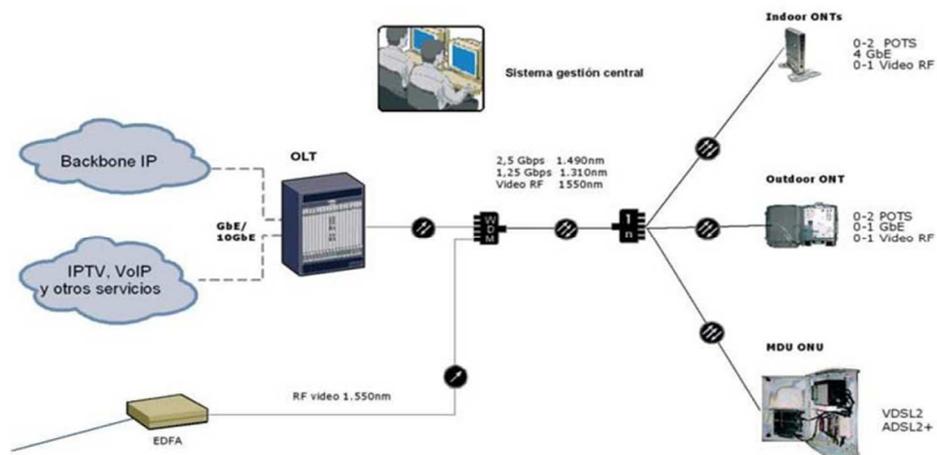


Figura 2. 6: Configuración de GPON para FTTH.
Fuente: (McCullough, 2007)

Capítulo 3: Implementación de una red de sensores inalámbricos enlazados con Xbee utilizando la plataforma thinger.io.

3.1. GPON FTTH y GPON FTTB Aplicaciones y análisis.

En esta sección, las estructuras de la figura 2.6 y figura 3.1 fueron analizadas por el programa de simulación OptiSystem 7.0 y se examinaron los efectos de cada elemento del circuito en el sistema. En el sistema de referencia de la figura 3.2, se ven el bloque transmisor, la línea de comunicación óptica y el bloque receptor.

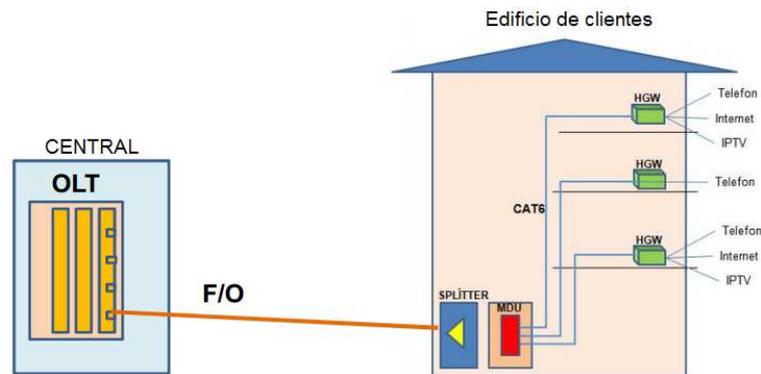


Figura 3. 1: Arquitectura de GPON-FTTB.

Elaborado por: Autor.

Se diseñó un sistema GPON FTTH y GPON FTTB con las características antes mencionadas y se seleccionó la longitud de onda de la estructura del transmisor óptico como 1490 nm como en los sistemas GPON. La velocidad de transmisión óptica, que se ingresa como velocidad de bits, es de 2 Gbps.

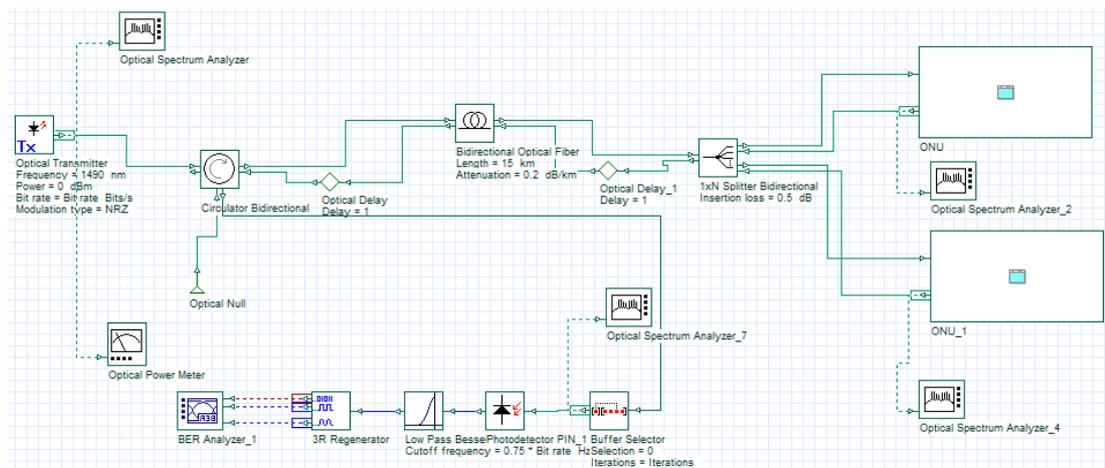


Figura 3. 2: Sistema de referencia GPON FTTH y GPON FTTB (2 Gbps/15 km).

Elaborado por: Autor.

La parte del transmisor es el diseño de la OLT ubicada en la planta. OLT se divide en diferentes líneas para permitir que llegue a diferentes usuarios finales con el divisor en el gabinete de campo después de la distancia de 15 km. El sistema de referencia OLT se divide en dos desde el casillero de campo hasta la casa y el edificio. El OLT está conectado a múltiples ONU proporcionando acceso a OLT y ONU al puerto PON en el armario de campo con cables de enlace óptico. Se han creado dos subsistemas, a saber, casa y edificio. Esta estructura de referencia se puede llamar una pequeña aplicación GPON FTTH.

3.2. Análisis del subsistema del hogar.

La fibra óptica a 2 km del casillero de campo se terminó en el punto de distribución doméstica de la casa. El divisor no se usó en el punto de distribución interno porque solo fue a una casa. La figura 3.3 muestra la estructura del subsistema. La estructura especificada como Casa 1 es una ONU. La estructura interna del bloque ONU se da en la figura 3.4.

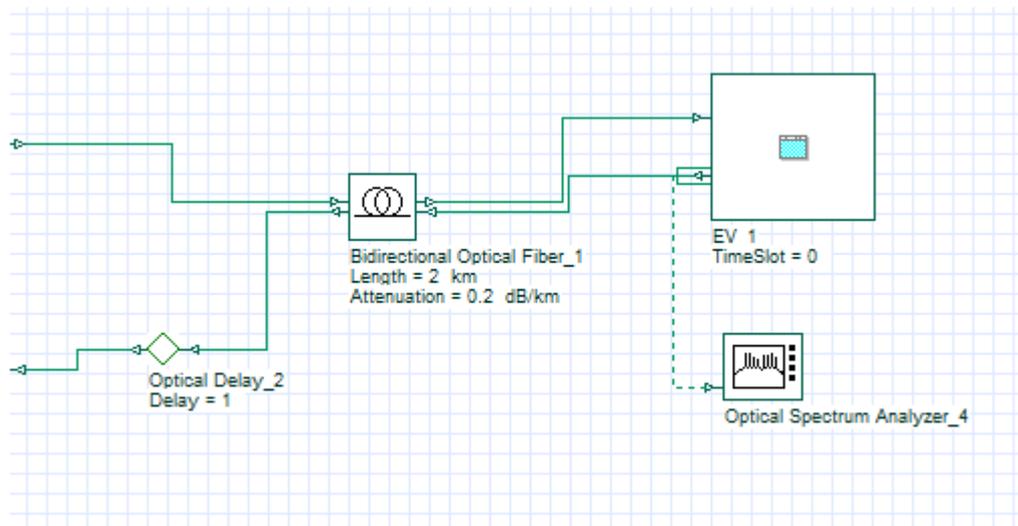


Figura 3. 3: Estructura del subsistema de inicio.

Elaborado por: Autor.

El selector Y dinámico (selección dinámica Y) en el bloque ONU permite crear intervalos de tiempo con el multiplexor de división de tiempo (*Time Division Multiplexing, TDM*). El selector dinámico Y (*Dynamic Y Select*) se usa para ingresar los valores de inicio y fin del intervalo de tiempo. Como la única ONU está aquí, se usa todo el intervalo de tiempo.

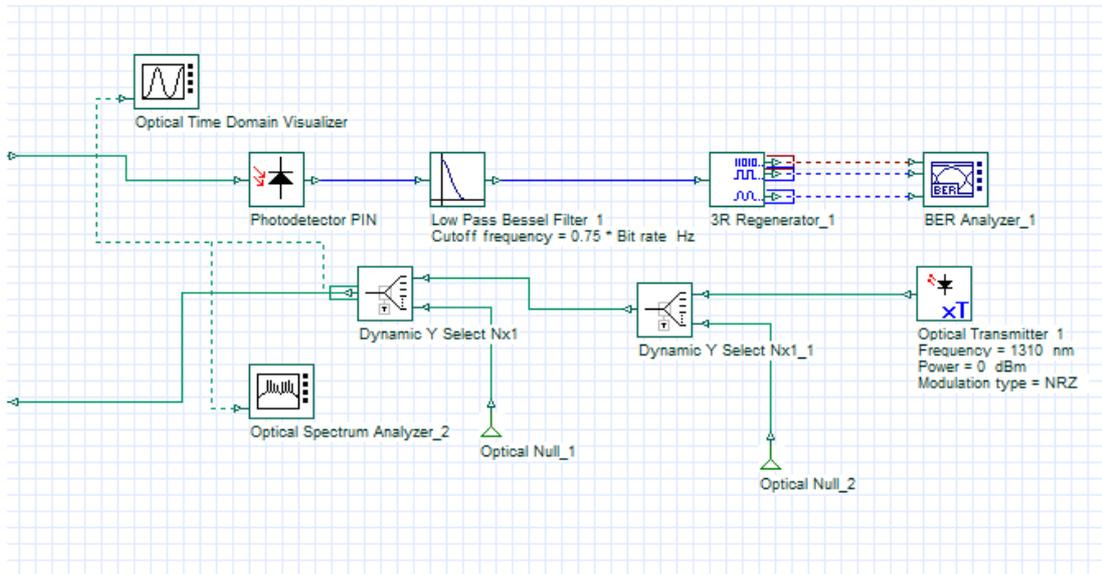


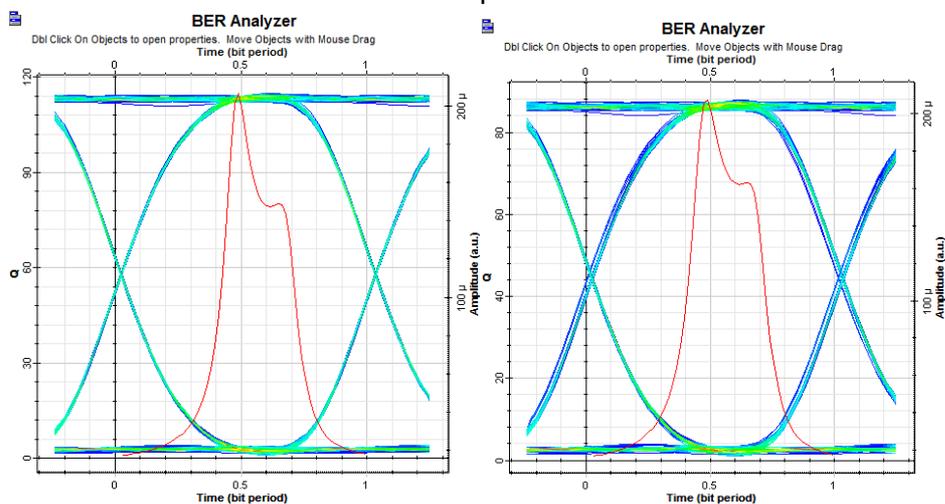
Figura 3. 4: La estructura interna de la ONU en el subsistema de origen.
Elaborado por: Autor.

Los diagramas de ojo se realizaron para el subsistema de origen de acuerdo con los valores dados en la tabla 3.1. Como se ve en la figura 3.5, el aumento en la longitud de la fibra óptica a cada velocidad de datos causó distorsiones en el diagrama del ojo. El valor máximo del factor Q que muestra la eficiencia del sistema ha disminuido gradualmente.

Tabla 3. 1: Resultados del factor Q para diferentes parámetros de GPON FTTH.

Valores para factor Q máximo en GPON FTTH		Longitud de Fibra (km)		
		15	30	50
Tasa de datos (Gbps)	1.2	114.886	58.443	23.6727
	2.0	87.8664	44.9409	18.245
	2.5	78.6491	40.2105	16.3986

Elaborado por: Autor.



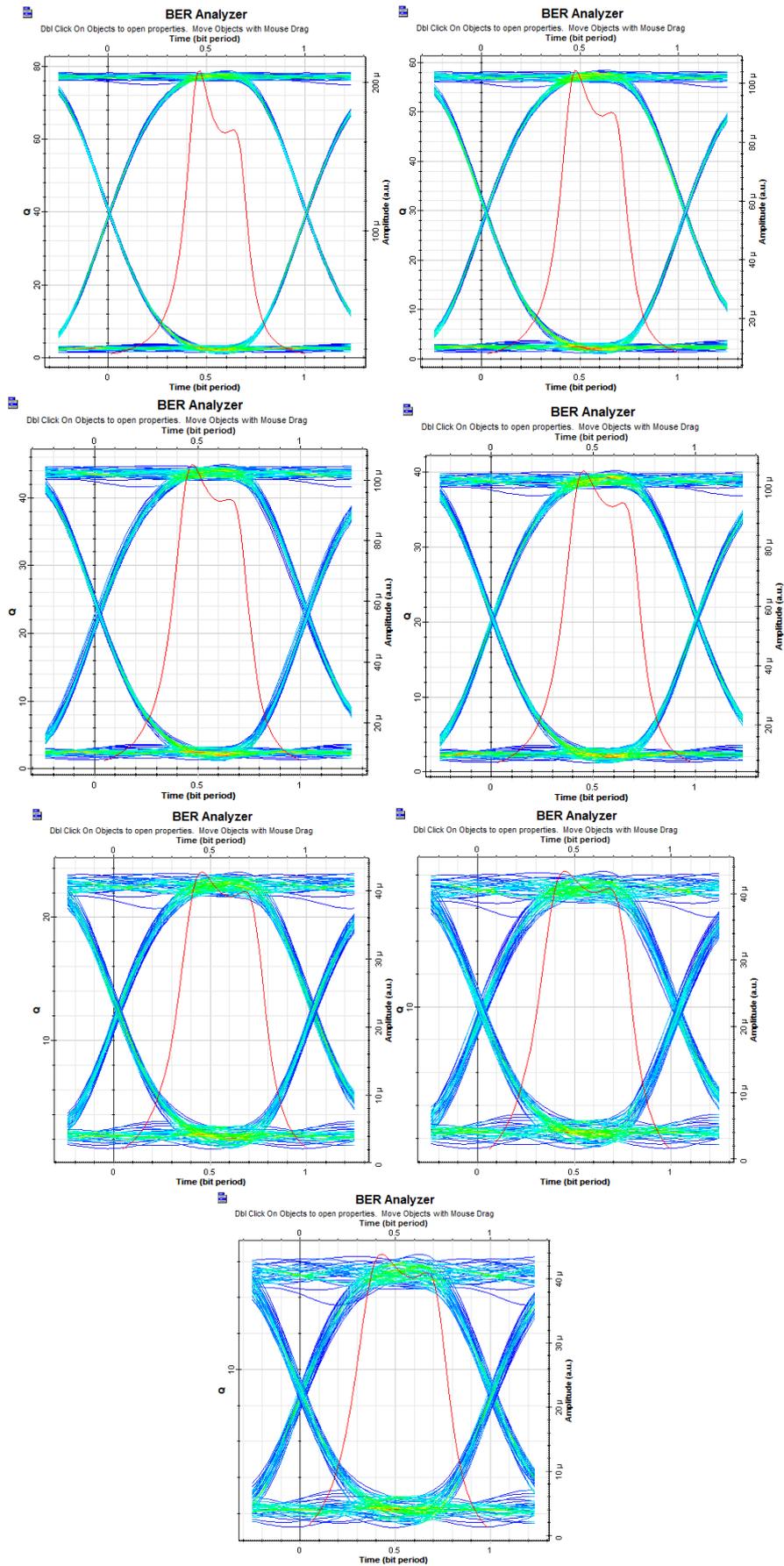


Figura 3. 5: Resultados del diagrama de ojo obtenidos de GPON FTTH.
Elaborado por: Autor.

3.3. Análisis del subsistema de edificio.

Después de una distancia de 1 km del casillero de campo, la fibra óptica se terminó en la MDU debajo del edificio. Con el divisor, el usuario se divide en casas con fibra óptica. Como hay 10 apartamentos en el edificio, se usan 10 divisores. La potencia total del edificio se divide en 10 apartamentos. La figura 3.6 tiene una estructura de subsistema del edificio.

La longitud de la fibra óptica para el circulador 1 en la figura 3.6 es de 0.1 km. Se dibujaron 0.1 km de fibra óptica en cada cambio de piso. Debido a que hay una sola estructura en el sistema de origen, los análisis aquí variarán. La línea superior en el bloque ONU forma la parte receptora. La línea inferior es la estructura del transmisor. La razón para usar la estructura del transmisor es que la transmisión de datos del GPON es bidireccional.

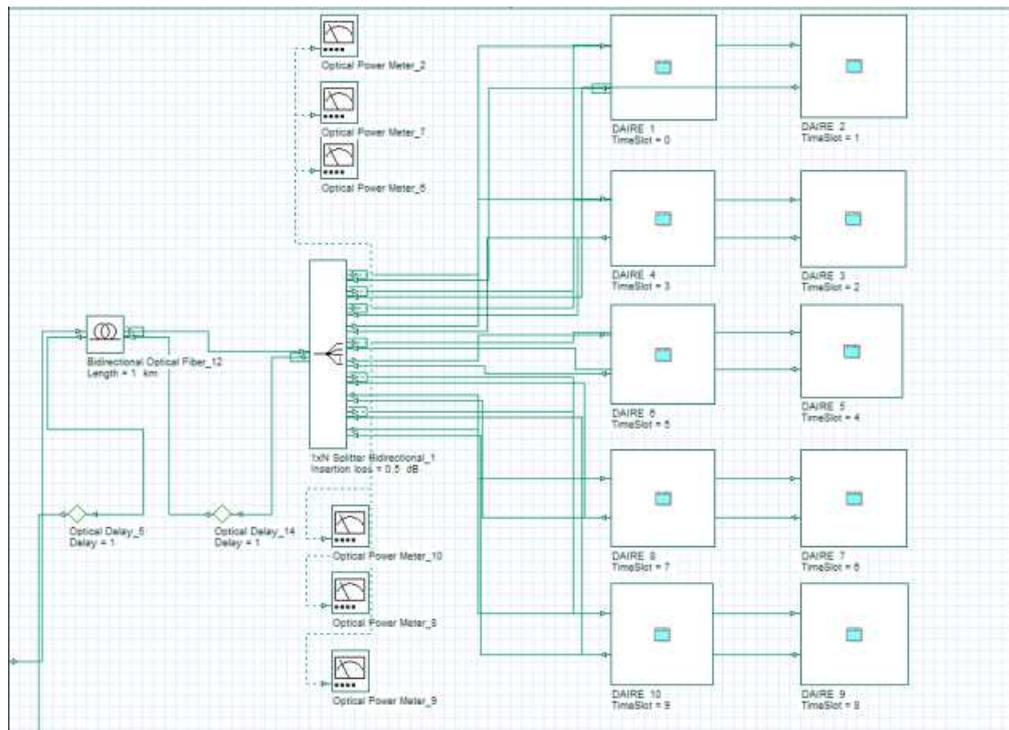


Figura 3. 6: Estructura del subsistema de construcción.

Elaborado por: Autor.

La estructura del transmisor utilizada como referencia se utiliza para la presentación del enlace descendente. El transmisor en la ONU es para transmisiones de enlace ascendente. La longitud de onda del enlace ascendente de la estructura GPON es 1310 nm. Como hay 10 apartamentos aquí, el intervalo de tiempo completo debe dividirse por 10 y deben crearse

los intervalos de tiempo con el TDM. La figura 3.7 muestra los intervalos de tiempo para las primeras cuatro estructuras ONU.

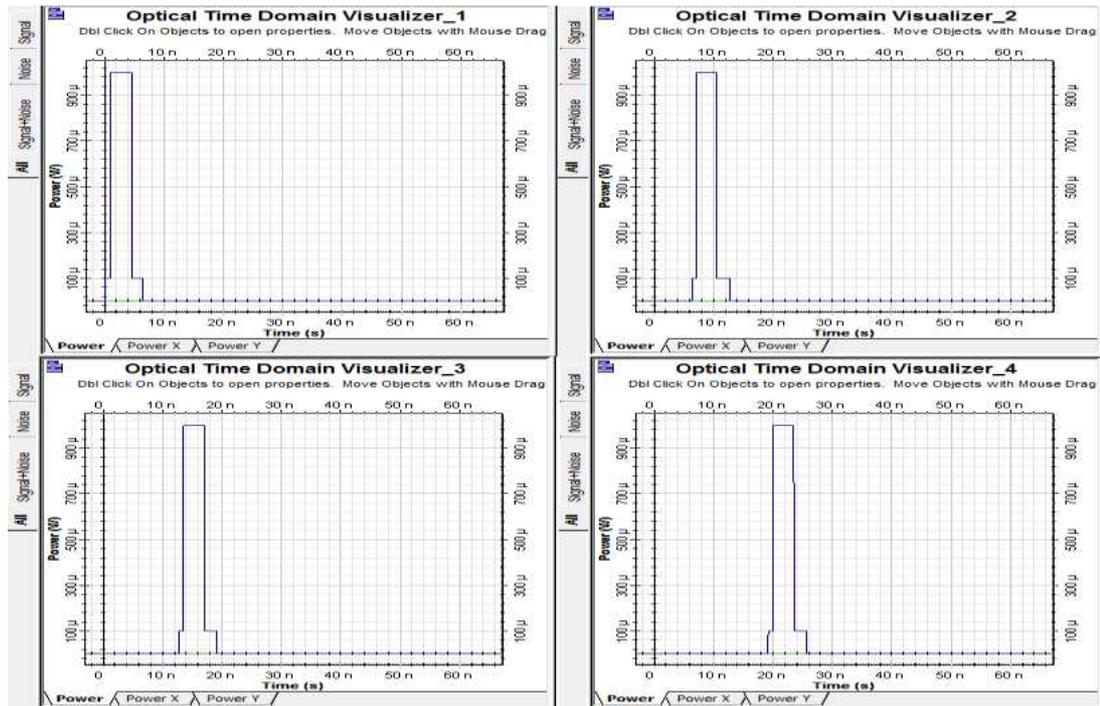


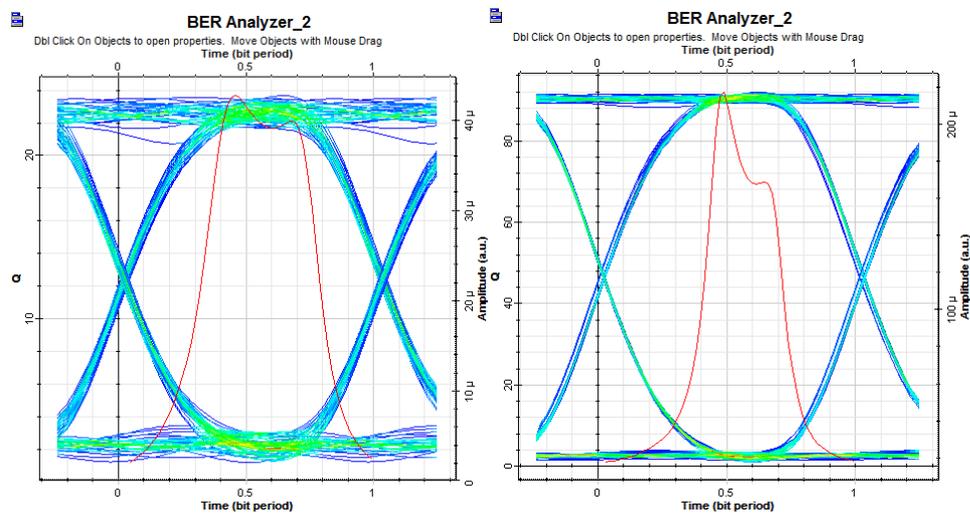
Figura 3. 7: Análisis de dominio de tiempo para las primeras cuatro ONU.

Elaborado por: Autor.

Tabla 3. 2: Resultados del factor Q para diferentes parámetros de GPON FTTH.

Valores para factor Q máximo en GPON FTTH		Longitud de Fibra (km)		
		15	30	50
Tasa de datos (Gbps)	1.2	23.6727	61.1082	24.7712
	2.0	91.9376	47.008	19.0881
	2.5	82.3296	42.0522	17.1412

Elaborado por: Autor.



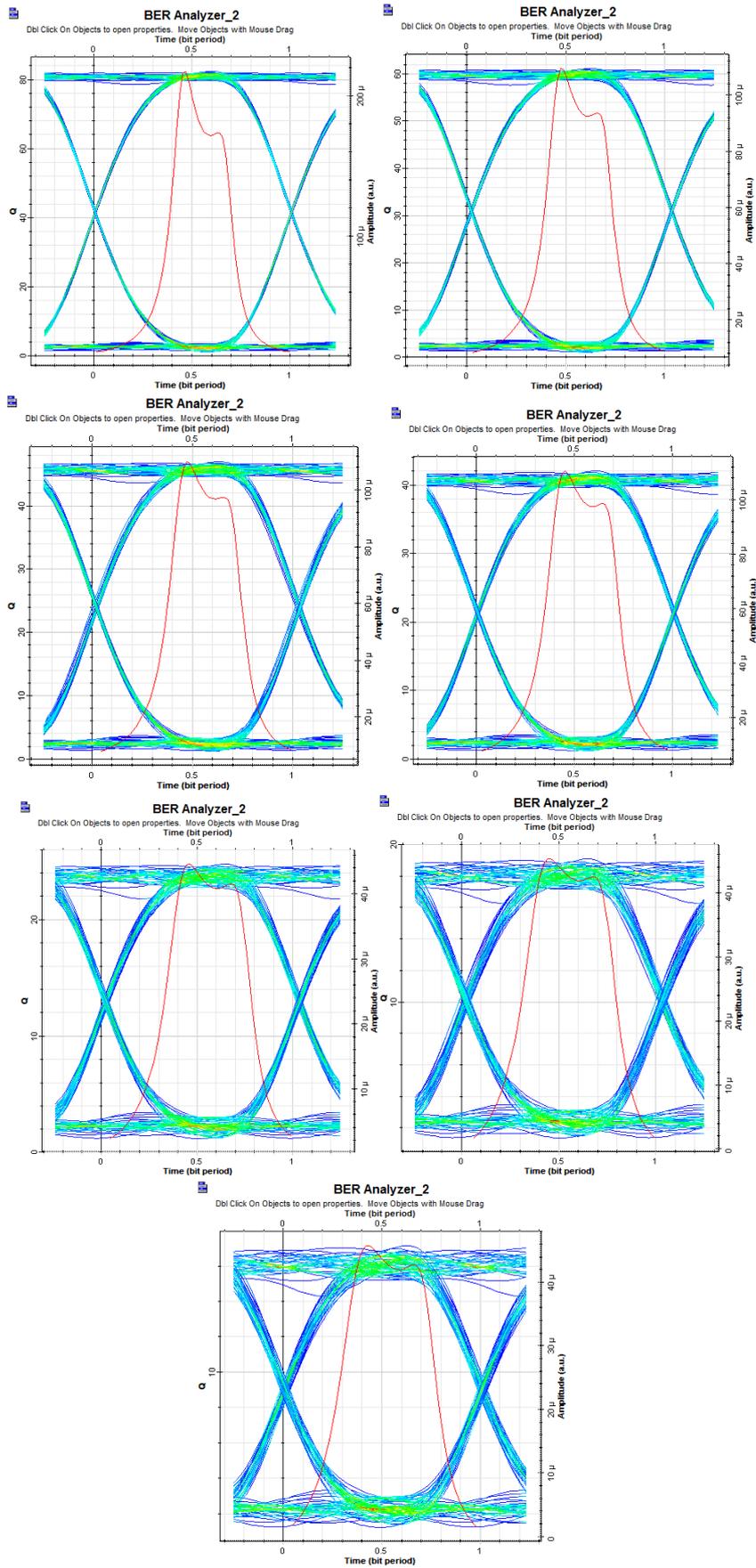


Figura 3. 8: Resultados del diagrama de ojo obtenidos de GPON FTTB.
Elaborado por: Autor.

A medida que la distancia aumentaba, el factor de calidad del sistema disminuía. Según estos datos, como se muestra claramente en la figura 3.8, la eficiencia del sistema disminuye a medida que aumenta la tasa de bits. El factor Q máximo fue 0 cuando la longitud de la fibra óptica se aumentó a 60 km con una velocidad de transmisión de bits de 2.5 Gbps. El hecho de que el factor Q sea cero significa que la tasa de error mínima es 1 y teóricamente significa que no se han alcanzado los datos. En este caso, está claro que la comunicación con estos parámetros no se puede llevar a cabo.

3.4. Comparación del subsistema de casa y edificio.

En el aparato analizado, la potencia se dividió por la mitad con el divisor en el armario de campo. La potencia dividida a la mitad se terminó en el punto de distribución interno de la casa sin utilizar el divisor una vez más y se logró la comunicación de la OLT y su ONU. Otro corte de energía a la mitad se terminó en la MDU en el edificio y se distribuyó a los usuarios en los apartamentos dentro del edificio con la ayuda de un divisor. La figura 3.9 muestra la potencia total y los datos de potencia transmitidos a los usuarios finales.

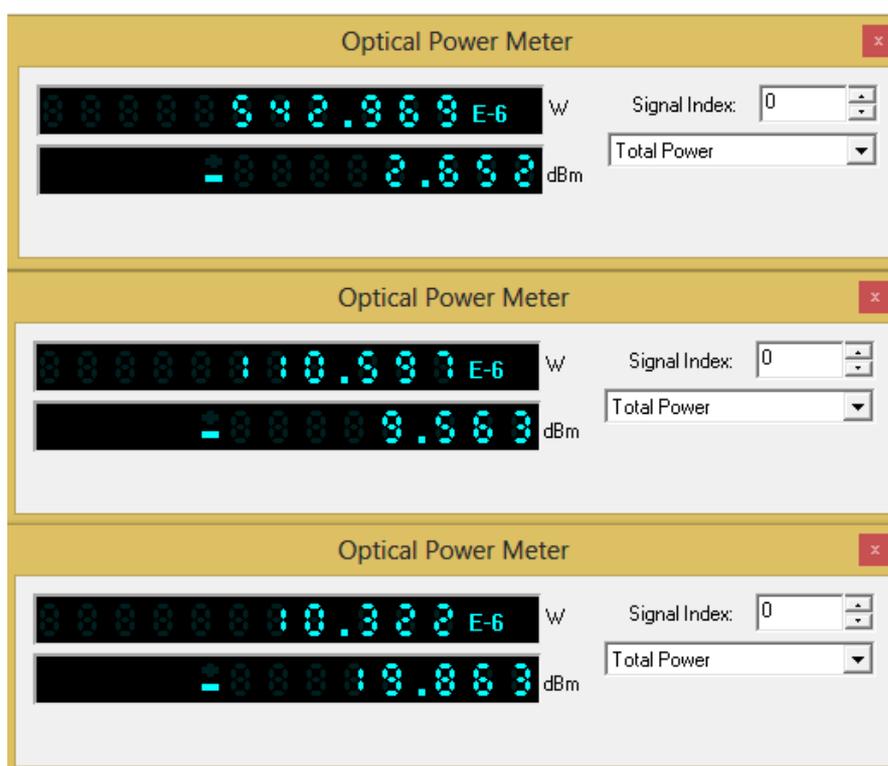


Figura 3. 9: Valores de potencia transferidos a los subsistemas FTTH y FTTB.
Elaborado por: Autor.

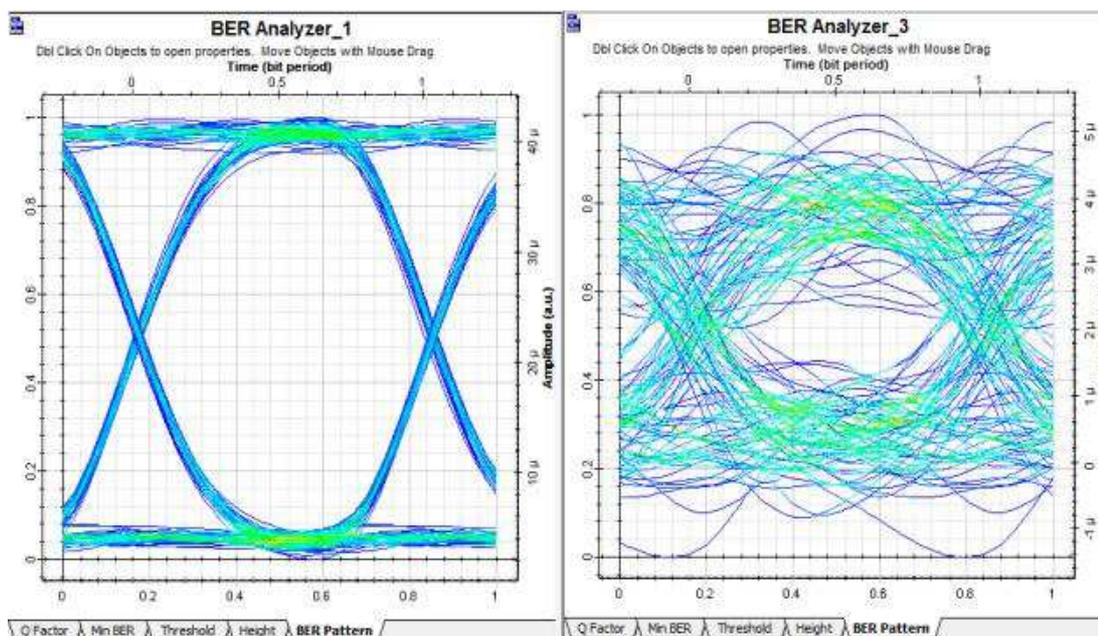


Figura 3. 10: Comparación del subsistema FTTH y subsistema FTTB (2 Gbps/50 km).

Elaborado por: Autor.

El diagrama de ojo ubicado en el lado izquierdo de la figura 3.9 pertenece al subsistema de inicio y el diagrama de ojo en el lado derecho pertenece al subsistema de apartamento. De acuerdo con el diagrama de dos ojos, existen diferencias significativas entre los factores de calidad. La razón principal de esto es la potencia transmitida al usuario.

La potencia total disminuyó en las primeras etapas debido a las pérdidas en las propiedades sistémicas. La potencia dividida por el divisor fue para el primer usuario en la línea superior y para las 10 personas en la línea inferior. Se reconoce la calidad de comunicación del subsistema de inicio de usuario único.

Es muy difícil proporcionar comunicación debido a pérdidas de energía y elementos incorrectas para el subsistema circular. En esta estructura, los cambios que deben hacerse para asegurar la comunicación deben ser examinados. La calidad de comunicación del subsistema de apartamentos se puede aumentar mediante el uso del amplificador.

3.5. El efecto del amplificador en el sistema

En esta sección, se examinó la estructura de referencia en la figura 3.2 para 2 Gbps/50 km. Para ver el efecto de refuerzo en la estructura de referencia, se realizó un cambio en la estructura del circuito como en la figura 3.11.

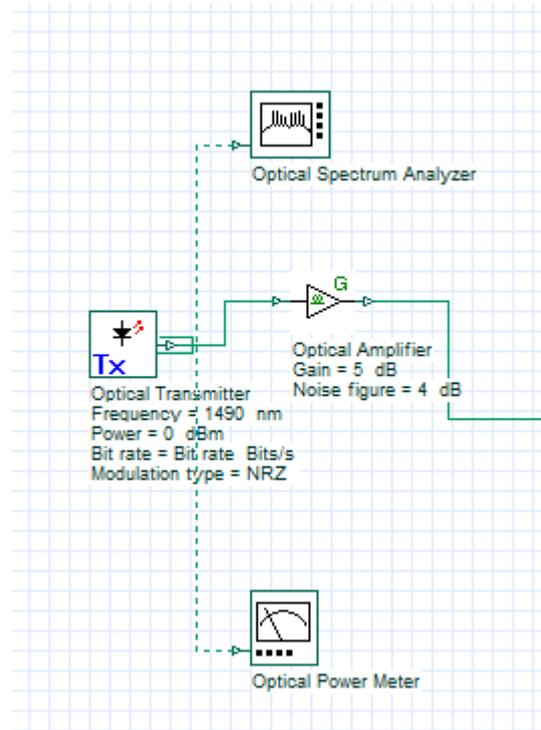


Figura 3. 11: Adición de refuerzo a la estructura de referencia.
Elaborado por: Autor.

El elemento amplificador óptico colocado inmediatamente después de la estructura del transmisor tiene una ganancia de 5 dB y un ruido de 4 dB. Se observó que la muestra de ojo en el diagrama BER estaba dañada para los valores de 2 Gbps y 50 km del subsistema de construcción que se muestra en la figura 3.10. Con el amplificador funcionando con la ganancia de la figura 3.11, se intentó recuperar la expresión del ojo en el diagrama. La figura 3.12 muestra el efecto del amplificador óptico en el sistema.

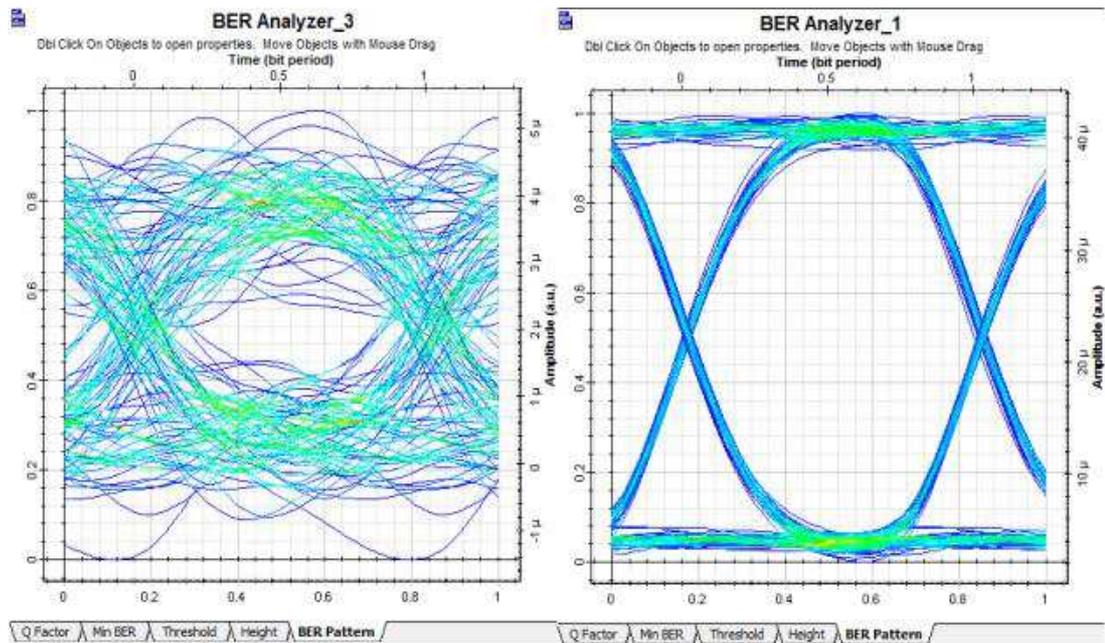


Figura 3. 12: Efecto del amplificador óptico en la estructura del sistema.
Elaborado por: Autor.

3.6. Resultados

En este estudio, se examinan las estructuras de red de los tipos de redes de acceso óptico. Se explican las arquitecturas de distribución óptica en aplicaciones FTTX, pasivas y activas, y los equipos técnicos utilizados en estas arquitecturas.

Se discute la relación de las técnicas generales de acceso múltiple con las aplicaciones FTTX. Se informó a las redes de nueva generación y los procesos de transición de estas redes y se examinaron los tipos de tecnología FTTX que es una de las redes de acceso de nueva generación.

En este estudio, debido a la importancia del uso de Internet y al aumento de las áreas de uso, se han cumplido los requisitos de la amplia gama de alto ancho de banda y alta eficiencia de la tecnología de comunicación óptica. El aparato preparado con el programa de simulación OptiSystem 7.0 se analizó de acuerdo con diversos parámetros.

Estructura de red óptica pasiva se realizaron las aplicaciones GPON FTTH y GPON FTTB y se vieron los efectos de la velocidad de transmisión de

bits y la longitud de la fibra óptica en el sistema. Las diferencias de usuario entre estas dos aplicaciones se interpretan.

Con el analizador de espectro óptico, se midieron los valores de potencia del usuario final y estos valores de potencia tuvieron un efecto positivo en la eficiencia del sistema. En los edificios donde la eficiencia del sistema es baja, la eficiencia se incrementa mediante el uso de un amplificador óptico y la comunicación de calidad se asigna a los usuarios.

Conclusiones.

- La fundamentación teórica de las redes de acceso de fibra óptica permitió establecer el modelo de red GPON FTTH y FTTB para su posterior diseño en el simulador OptiSystem 7.0.
- Los resultados obtenidos en las redes GPON FTTH y FTTB con la variación de parámetros de longitud de fibra y velocidad de transmisión de datos fueron óptimos para una distancia de 15 km, mientras que para 30 y 50 km los resultados no son pésimos pero la recomendación ITU indica que las redes FTTH y FTTH se distribuyen con un máximo de 20 km de alcance.

Recomendaciones.

Incentivar a los estudiantes de la carrera de Telecomunicaciones en el uso de herramientas de simulación como Omnet, NS-3, GNS-3 y OptiSystem.

Realizar modelos de simulación comparativos con diferentes modulaciones digitales en redes GPON FTTH y FTTB utilizando la plataforma OptiSystem.

Bibliografía.

- Almalaq, Y. (2014). *Study of Bidirectional Broadband Passive Optical Network (BPON) Using EDFA* (Electronic Theses and Dissertations). University of Denver. Recuperado de <https://digitalcommons.du.edu/etd/22>
- Blanco Ortiz, A. (2013). Tecnologías de acceso de banda ancha y su integración con ATM. Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- Chuenchom, R., Banach, A., Leiba, Y., Lech, M., Steffan, A., Honecker, J., & Stöhr, A. (2018). Wireless Extension for 2.5 Gbit/s GPON. En *Optical Fiber Communication Conference* (p. Th3G.2). San Diego, California: OSA. <https://doi.org/10.1364/OFC.2018.Th3G.2>
- García Torres, J. (2009). Análisis y Evaluación Comparada de redes de acceso GPON y EP2P. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/7094>
- Kaur, M., & Mahajan, A. (2016). Simulative Analysis of Bidirectional BPON System at Low Insertion Losses and Attenuation. *International Journal of Computer Applications*, 152(3), 13–16. <https://doi.org/10.5120/ijca2016911810>
- Liem, A. T., Sandag, G. A., Hwang, I.-S., & Nikoukar, A. (2017). Delay analysis of dynamic bandwidth allocation for triple-play-services in EPON. En *2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)* (pp. 1–6). Denpasar, Bali, Indonesia: IEEE. <https://doi.org/10.1109/CITSM.2017.8089260>
- Marchukov, Y. (2011). *Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH* (Trabajo Fin de Grado). Universidad Politécnica de Valencia, Gandia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/13413>
- Martelo, R. J., Triana, H., & Rodríguez, G. (2017). Methodological guide for teaching the implementation of a GPON network. *International Journal*

of Engineering and Technology, 9(6), 4271–4276.
<https://doi.org/10.21817/ijet/2017/v9i6/170906113>

McCullough, D. (2007). FTTH: B-PON, GPON, EPON. Ericsson. Recuperado de http://www.comsocscv.org/docs/Talk_050907_PON.pdf

Radzi, N. A. M., Din, N. M., Sadon, S. K., & Al-Mansoori, M. H. (2012). Implementing static bandwidth allocation in EPON testbed. En *2012 International Symposium on Telecommunication Technologies* (pp. 31–34). Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ISTT.2012.6481559>

Sehgal, P., Soni, G., & Sharma, N. (2015). Design and Optimization of EPON Link. *International Journal of Computer Applications*, 132(17), 18–19.
<https://doi.org/10.5120/ijca2015907703>

Syambas, N. R., & Farizi, R. (2017). Hybrid of GPON and XGPON for Splitting Ratio of 1:64. *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, 9(1), 58–70. <https://doi.org/10.15676/ijeei.2017.9.1.4>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **TORRES PINCAY, ROBERT JHONSON** con C.C: # 240024666-2 autor del Trabajo de Titulación: **DESARROLLO DE APLICACIONES PRÁCTICAS DE REDES DE ACCESO GPON SOBRE LA PLATAFORMA OPTISYSTEM**, previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 17 de Septiembre de 2018

f. _____

Nombre: TORRES PINCAY, ROBERT JHONSON

C.C: 240024666-2

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	DESARROLLO DE APLICACIONES PRÁCTICAS DE REDES DE ACCESO GPON SOBRE LA PLATAFORMA OPTISYSTEM		
AUTOR(ES)	TORRES PINCAY, ROBERT JHONSON		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. EDWIN F. PALACIOS MELÉNDEZ		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	17 de Septiembre de 2018	No. DE PÁGINAS:	37
ÁREAS TEMÁTICAS:	Fundamentos de comunicaciones, Comunicaciones Ópticas		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Comunicaciones, Redes, Pasivas, APON, BPON, GPON.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>En el presente trabajo práctico del examen complejo, se han investigado los principios de funcionamiento del cable de fibra óptica y los sistemas de comunicación óptica, así como las ventajas y desventajas de los cables de fibra óptica en el sector de la comunicación. Se proporcionó información sobre arquitecturas de las redes activas y pasivas en aplicaciones FTTX (Fibra a la X) y se examinó el software a utilizar para diseñar los escenarios de simulación con la variación de parámetros en longitud de la fibra y velocidad de datos. Hoy en día, la importancia de los métodos de acceso múltiple se examina en términos de aplicaciones FTTX. Se examinan las redes de acceso de nueva generación en los sistemas de comunicación óptica y las estructuras arquitectónicas del FTTX se muestran en el capítulo 3. Con el programa de simulación OptiSystem 7.0, se realizaron simulaciones de redes de acceso GPON FTTH y GPON FTTB para redes ópticas pasivas en aplicaciones FTTX.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-88994136	E-mail: robertikou_1993@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-68366762		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			