

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DE LAS REDES DE ACCESO
ÓPTICAS PASIVAS DE NUEVA GENERACIÓN**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA MIGRACIÓN DE REDES DE
ACCESO GPON A XGSPON EN LA CIUDAD DE QUITO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
TELECOMUNICACIONES**

JAZMÍN DEL ROCÍO TORRES GUERRERO

jazmin.torres@epn.edu.ec

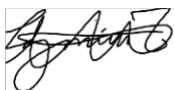
DIRECTORA: M.Sc. MARÍA SOLEDAD JIMÉNEZ JIMÉNEZ

maria.jiemenez@epn.edu.ec

DMQ, febrero 2022

CERTIFICACIONES

Yo, JAZMÍN DEL ROCÍO TORRES GUERRERO declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



JAZMIN TORRES

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por JAZMÍN DEL ROCÍO TORRES GUERRERO, bajo mi supervisión.

M.Sc. MARÍA SOLEDAD JIMÉNEZ JIMÉNEZ
DIRECTORA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

JAZMIN DEL ROCÍO TORRES GUERRERO

M.Sc. MARÍA SOLEDAD JIMÉNEZ JIMÉNEZ

DEDICATORIA

A Dios

A mis Padres

A mi Abuelita

A mi hermano y hermana

Gracias por todo su amor

Gracias por todo lo que han hecho por mí.

Jazmín Torres

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, dueño de mi vida y corazón, por su guía y bendición en este proyecto académico.

A mi familia por su constante amor, apoyo y aliento en todos los ámbitos de mi vida, ellos me ayudaron en todo mi camino para culminar mi carrera profesional.

Especialmente a mi tutora M.Sc. Soledad Jiménez por su constante preocupación, dirección técnica y académica que permitieron realizar en los mejores términos este Trabajo de Integración Curricular.

También a la Escuela Politécnica Nacional que me permitió formarme como profesional de alto nivel y forjo mi carácter y personalidad en el ámbito de la Ingeniería en Telecomunicaciones, para servir a mi País.

A las valientes mujeres pioneras de la ciencia, que han cambiado la historia del mundo.

A mis amigos que formaron parte de este proceso académico.

Jazmín Torres

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 ALCANCE	2
1.4 MARCO TEÓRICO.....	3
1.4.1 REDES DE ACCESO ÓPTICAS PASIVAS-PON.....	3
1.4.1.1 Arquitectura de una red PON.....	4
1.4.1.2 Tecnologías PON.....	4
1.4.2 RED ÓPTICA PASIVA CON CAPACIDAD DE GIGABIT (GPON).....	5
1.4.2.1 Arquitectura de GPON.....	7
1.4.2.1.1 Modelo de capas de GPON.....	7
1.4.2.1.2 Jerarquía de Multiplexación de GPON.....	10
1.4.2.2 Servicios GPON.....	10
1.4.3 RED ÓPTICA PASIVA SIMÉTRICA CON CAPACIDAD DE 10 GIGABIT (XGSPON).....	11
1.4.3.1 Arquitectura de XGSPON.....	12
1.4.3.2 Rango de longitud de onda de operación para XGSPON.....	12
1.4.3.3 Servicio de XGSPON.....	12

1.4.3.4	Modelo de capas XGSPON.....	13
1.4.3.5	Requerimientos de la capa de medio físico (PDM) de XGSPON.....	13
1.4.3.5.1	Arquitectura de la ODN de XGSPON.....	14
1.4.3.5.2	Clases de ODN de XGSPON	15
2.	METODOLOGÍA.....	16
2.1	FACTIBILIDAD DE MIGRACIÓN A LA TECNOLOGÍA XGSPON.....	16
2.1.1	FACTIBILIDAD TÉCNICA	17
2.1.1.1	Migración de GPON a XGSPON.....	18
2.1.1.2	Arquitecturas de referencia para la coexistencia entre GPON y XGSPON..	18
2.1.1.3	Equipos para la coexistencia de GPON y XGSPON.....	23
2.1.1.3.1	Distribuidores de materiales y equipos para soluciones PON en el Ecuador.....	23
2.1.2	FACTIBILIDAD LEGAL.....	29
2.1.2.1	Entidades reguladoras en el Ecuador.....	29
2.1.2.2	Normas jurídicas para el despliegue de redes de telecomunicaciones en el Ecuador.....	30
2.1.2.2.1	Leyes y Reglamentos.....	30
2.1.2.2.2	Políticas públicas.....	31
2.1.2.2.3	Normativas y acuerdos.....	31
2.1.3	FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	34
2.1.3.1	Análisis de costos referenciales.....	35
2.1.3.1.1	Costos referenciales para GPON.....	38
2.1.3.1.2	Costos referenciales para incorporar XGSPON.....	39
2.1.4	SONDEO DE INTERÉS DIRIGIDO A EMPRESAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.....	42
3.	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
3.1	ANÁLISIS COMPARATIVO DE GPON Y XGSPON.....	44

3.1.1	ESTRUCTURA.....	44
3.1.2	SERVICIOS SOPORTADOS.....	44
3.1.3	LONGITUDES DE ONDA Y VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	45
3.2	RESULTADOS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	45
3.3	RESULTADOS DE LA FACTIBILIDAD LEGAL.....	46
3.4	RESULTADOS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	46
3.5	RESULTADOS DEL SONDEO DE INTERÉS.....	46
3.6	CONCLUSIONES.....	54
3.7	RECOMENDACIONES.....	56
4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
5.	ANEXOS.....	62
	ANEXO I. Especificaciones de módulo WDM1r201	62
	ANEXO II. Multiplexores de coexistencia xWDM/xPON WDM1r.....	65
	ANEXO III. Encuesta para sondeo de interés.....	67

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular tiene como objetivo realizar un estudio de factibilidad técnica, legal y económica para la migración de redes de acceso GPON (*Gigabit Capable Passive Optical Network*) a XGSPON (*10 Gigabit Capable Symmetric Passive Optical Network*) tomando en cuenta un sector con concentración empresarial en la ciudad de Quito, en un contexto *brownfield*.

En base al método cualitativo, analítico, descriptivo y con la técnica de análisis documental el proceso consiste en comparar las tecnologías GPON y XGSPON, determinar sus características y la coexistencia como escenario para la migración.

En el primer capítulo se realiza la descripción de redes basadas en fibra óptica, también se analiza la arquitectura que conforma una red PON, que sirve como base para estudiar las tecnologías de interés (GPON y XGSPON) y describir sus características principales. Se estudian aspectos como requerimientos de la capa dependiente del medio físico (PMD), jerarquía de multiplexación, servicios, rangos de longitud de onda entre otros.

En el segundo capítulo se establece la factibilidad técnica, legal y económica de migración de redes de acceso con tecnología GPON a XGSPON, se estudia las arquitecturas de referencia para la coexistencia y los elementos necesarios que deben incorporarse a la red. En la factibilidad legal se describe brevemente las normas, reglamentos y políticas públicas que se consideran colaterales para gestionar el despliegue de tecnologías PON en el Ecuador; finalmente en base a un ejemplo que escoge un sector empresarial, se establece la factibilidad económica de la migración de una red GPON a XGSPON, tomando en cuenta los costos referenciales (CAPEX).

En el tercer capítulo se resaltan las principales diferencias entre GPON y XGSPON y se analizan los resultados de la encuesta aplicada a empresas de Quito. Con estos resultados se procede a establecer las conclusiones y recomendaciones obtenidas del estudio de factibilidad para la migración de redes de acceso GPON a XGSPON.

PALABRAS CLAVE: GPON, XGSPON, Migración a XGSPON, Factibilidad, UIT-TG.984.x, UIT-TG.9807.x

ABSTRACT

The objective of this curricular integration work is to carry out a technical, legal and economic feasibility study for the migration of GPON (Gigabit Capable Passive Optical Network) access networks to XGSPON (10 Gigabit Capable Symmetric Passive Optical Network) taking into account a sector with business concentration in the city of Quito, in a brownfield context.

Based on the qualitative, analytical, descriptive method and with the documentary analysis technique, the process consists of comparing the GPON and XGSPON technologies, determining their characteristics and coexistence as a scenario for migration.

In the first chapter, the description of networks based on fiber optics is made, the architecture that makes up a PON network is also analyzed, which serves as a basis to study the technologies of interest (GPON and XGSPON) and describe their main characteristics. Aspects such as requirements of the layer dependent on the physical medium (PMD), multiplexing hierarchy, services, wavelength ranges, among others, are analyzed.

In the second chapter, the technical, legal and economic feasibility of migrating access networks with GPON technology to XGSPON is established, the reference architectures for coexistence and the necessary elements that must be incorporated into the network are studied. The legal feasibility briefly describes the rules, regulations and public policies that are collateral to manage the deployment of PON technologies in Ecuador; Finally, based on an example chosen by a business sector, the economic feasibility of migrating from a GPON network to XGSPON is established, taking into account the reference costs (CAPEX).

The third chapter highlights the main differences between GPON and XGSPON and analyzes the results of the survey applied to companies in Quito. With these results, we proceed to establish the conclusions and recommendations obtained from the feasibility study for the migration of GPON access networks to XGSPON.

KEYWORDS: GPON, XGSPON, Migration to XGSPON, Feasibility, ITU-TG.984.x, ITU-TG.9807.x

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología tiene un rol muy importante en la sociedad, el crecimiento económico y el desarrollo empresarial, impacta la vida diaria de las personas, las instituciones, las organizaciones públicas y privadas, brindando un mejor acceso a los recursos disponibles como manejo de datos e información, mejoramiento de procesos, educación, entretenimiento, trabajo, interacción social, entre otros.

Las telecomunicaciones y sus soportes tecnológicos evolucionan a ritmos acelerados cambiando la vida de la sociedad y las formas de comunicación; el crecimiento y la renovación de las tecnologías es exponencial y acelerado, impulsado por la aparición de nuevos dispositivos que brindan mejores experiencias virtuales y exigen un mayor ancho de banda; por esta razón es necesario investigar, estudiar, construir, disponer y mejorar las redes de comunicaciones a costos aceptables y viables.

La fibra óptica presenta características mejoradas con respecto a robustez, ancho de banda y confiabilidad; la red óptica pasiva (*PON-Passive Optical Network*) podría abastecer las necesidades de los usuarios con relación a escalabilidad, accesibilidad, estabilidad y conectividad, lo que amerita el estudio de sus distintas generaciones [1].

Las redes PON, basadas en elementos pasivos, se desarrollan a nivel mundial brindando mejores velocidades de transmisión y mayor ancho de banda; posicionándose actualmente como las de mayor crecimiento, así la tecnología PON más desplegada en el mundo y en el Ecuador es GPON (*Gigabit Capable Passive Optical Network*) [2]. Por lo anteriormente descrito se ha incentivado la evolución constante de las redes PON hacia redes de nueva generación, lo que amerita su estudio y determinación de la factibilidad de aplicación y migración a XGSPON (*10 Gigabit Capable Symmetrical Passive Optical Network*), que constituye el propósito de este trabajo de integración curricular.

En este contexto, el presente estudio se dirige a establecer la factibilidad técnica, legal y económica de la migración de GPON a redes de acceso XGSPON, por parte de los sectores empresariales de la ciudad de Quito, quienes necesitan solventar sus necesidades de mayor ancho de banda y las demandas actuales de sus usuarios.

Con el análisis de las redes de acceso XGSPON, se busca determinar las ventajas y beneficios de desplegar una red óptica pasiva de nueva generación. De acuerdo con su desempeño, la tecnología XGSPON, puede ser utilizada para aplicaciones residenciales o comerciales, presenta mejores ventajas que las tecnologías PON vigentes en el

Ecuador, por lo tanto, este proyecto puede servir de guía para futuros estudios técnicos de desarrollo de la tecnología XGSPON.

Tomando en cuenta estos antecedentes, la presente investigación contemplará una descripción de las redes de acceso por fibra óptica GPON y XGSPON, comparando sus estándares, así como realizará la explicación sobre el funcionamiento y los alcances de la tecnología XGSPON. De igual manera el estudio determinará la factibilidad técnica para la migración de GPON a XGSPON.

También se aplicará un sondeo de interés a empresas por migrar a la tecnología XGSPON, y juntamente con esto se establecerá la factibilidad económica calculando costos estimados de migración de GPON a XGSPON, adicionalmente la investigación realiza una descripción de los marcos legales normativos que regulan en el Ecuador la implementación de redes de acceso xPON.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de factibilidad técnica, económica y legal para la migración de las redes de acceso GPON a XGSPON en un sector empresarial del Distrito Metropolitano de Quito.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir brevemente las redes de acceso por fibra óptica GPON y XGSPON.
2. Comparar los estándares GPON vs XGSPON, explicar sobre el funcionamiento y los alcances de la tecnología XGSPON.
3. Realizar el estudio de factibilidad técnica para la migración de GPON a XGSPON.
4. Efectuar un sondeo sobre el interés de empresas de Quito en migrar a XGSPON, así como establecer la factibilidad económica de la migración de GPON a XGSPON, por medio de una estimación de sus costos.
5. Determinar los marcos legales normativos de interés que regulan en el Ecuador la implementación de redes de acceso xPON.

1.3 ALCANCE

El estudio realizará una introducción teórico-conceptual de las “redes de acceso”¹ por fibra óptica, también abordará el estudio de los componentes de la red, además la investigación aportará con la descripción de los estándares de las redes ópticas pasivas centrándose en

¹ La red de acceso se define como “última milla” lo cual describe la conexión entre el abonado individual y el centro de enrutamiento del proveedor de servicios. Es una conexión final entre el cliente y la red central [2].

XGSPON. La parte medular del trabajo desarrollará un estudio de factibilidad técnica, económica y legal para una posible migración a las redes de acceso con tecnología XGSPON en un sector empresarial del Distrito Metropolitano de Quito.

Se trata de un estudio de factibilidad que no incluirá diseño de red XGSPON para un sector específico de la ciudad de Quito, ni tampoco generará un producto final demostrable.

Para poder conocer el interés que existe en la tecnología XGSPON en el sector empresarial del Distrito Metropolitano de Quito, se realizará un sondeo con la aplicación de encuestas dirigidas a 24 empresas, lo que permitirá estimar el interés que podría tener este sector en redes de acceso más veloces, y a su vez estimar qué porcentaje de ellas podría migrar a XGSPON cuando esta tecnología se encuentre disponible en el país.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 REDES DE ACCESO ÓPTICAS PASIVAS-PON

Actualmente la tendencia de las comunicaciones ha cambiado de manera significativa, el tráfico de datos se ha incrementado notablemente en los últimos años, debido a las diversas actividades y necesidades tecnológicas como servicios triple play, herramientas web y multimedia.

La necesidad de mayor ancho de banda por parte de los usuarios requiere la renovación de las redes de acceso. Las redes ópticas pasivas son una gran alternativa para solventar los requerimientos de ancho de banda y mejorar la velocidad de transmisión de las redes de acceso [1].

Las redes PON (*Passive Optical Networks*) han ganado popularidad con el transcurso de los años por su potencial para brindar conectividad con anchos de banda adecuados a las necesidades actuales [2]. Son redes que se encuentran compuestas por elementos ópticos pasivos, esto significa que no requieren de energía eléctrica para su funcionamiento, sin embargo, en la terminal del usuario y en la central se utilizan elementos activos. Las redes PON son punto-multipunto, lo cual permite que un solo hilo de fibra pueda ser utilizado y compartido entre múltiples usuarios.

Las redes PON tienen una gran variedad de tecnologías que siguen evolucionando, sin embargo, en el presente trabajo de integración curricular, se abordarán las tecnologías GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) y XGSPON (*10 Gigabit Passive Symmetrical Optical Network*) [2].

1.4.1.1 Arquitectura de una red PON

Una red PON se compone de tres partes importantes, como se observa en la figura 1.1:

- **OLT (*Optical Line Terminal*):** Es un dispositivo óptico activo que se encuentra en la parte de proveedor de servicios, cumple con la función de gestionar la información que se transmite a través de la ODN (*Optical Distribution Network*)², la cual es el medio de transmisión óptico para la conexión física de las ONU a la OLT [3].
- **Splitter óptico:** Su principal función es dividir la potencia óptica de entrada en los correspondientes puertos de salida, desempeñado un papel importante en las redes ópticas pasivas permitiendo que una sola interfaz PON sea compartida por múltiples abonados, en las redes PON se pueden tener usualmente hasta dos niveles de splitting [3].
- **ONT/ONU (*Optical Network Terminal/ Optical Network Units*):** Es un elemento óptico activo, se ubica en el domicilio del usuario, la ONU proporciona interfaces a los dispositivos como computadoras, celulares, tablets, entre otros, que permiten el uso del servicio [3].

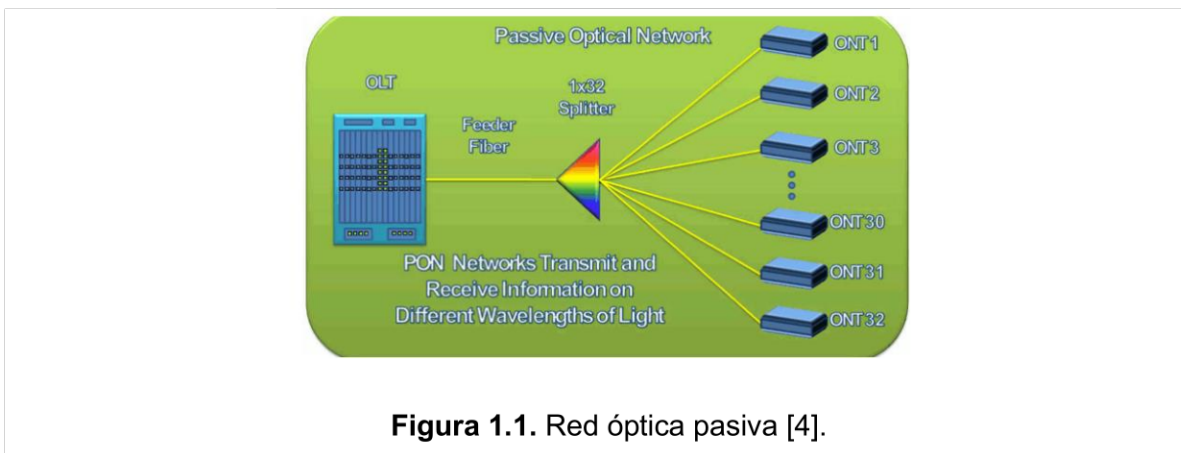


Figura 1.1. Red óptica pasiva [4].

1.4.1.2 Tecnologías PON

Las tecnologías PON constan de una amplia clasificación, estas han ido evolucionando conforme a las necesidades de ancho de banda, estas tecnologías permiten conectar una gran cantidad de usuarios con una sola fibra y superan las limitaciones actuales de distancia que tienen las redes de acceso por cobre.

² En el interior de la ODN, el cable de fibra óptica, los conectores, los divisores ópticos pasivos y los componentes complementarios interactúan entre sí, la ODN constituye la planta externa que parte de la central hacia los nodos primarios [3].

Para definir a las tecnologías PON se deben conocer los respectivos estándares asociados, estos son documentos que definen la estructura técnica y lógica para implementar una red PON. Es importante que se cumplan las recomendaciones indicadas para cada estándar con el objetivo de garantizar la interoperabilidad, generalmente se utiliza la expresión xPON, la cual embarca a las distintas generaciones de tecnologías PON. Entre los estándares más relevantes se destacan: APON (*Asynchronous Transfer Mode PON*), BPON (*Broadband PON*), GPON, 10G-EPON (*10 Gigabit Ethernet Passive Optical Network*), XGPON (*10 Gigabit Capable Passive Optical Network*) y XGSPON [4].

APON cuenta con velocidades máximas en el rango de 155 Mbps a 622 Mbps, distribuidas entre todas las ONU, lo que impide que los servicios de video sean adecuados; la transmisión en el canal descendente está compuesta por ráfagas de celdas ATM.

Por otro lado, BPON presenta canales simétricos de hasta 622 Mbps y canales asimétricos de hasta 155 Mbps para enlace ascendente y 622 Mbps para enlace descendente, sin embargo, el acelerado avance tecnológico impulsó la certificación de estándares que brinden mayores velocidades, en este contexto la UIT-T aprobó el estándar G.984.x conocido como GPON que cuenta con una velocidad de 1,2 Gbps en enlace de subida y 2,4 Gbps en enlace de bajada [4].

La evolución de las tecnologías PON es acelerada, actualmente tecnologías como 10G-EPON ofrecen un modo de transmisión simétrico con una velocidad de 10 Gbps y uno asimétrico de 10 Gbps en enlace de bajada y 1 Gbps en enlace de subida, también podemos encontrar XGPON1 con velocidad en enlace de bajada de 10 Gbps, y en enlace de subida de 2.5 Gbps, XGPON2 ofrece una transmisión simétrica de 10 Gbps y NGPON2 se caracteriza por tener velocidades de 40 Gbps [4].

La UIT-T se vio en la necesidad de crear estándares compatibles con las tecnologías GPON, XGPON y NGPON2 se aprueba la recomendación ITU-T G.9807.1, conocida como tecnología XGSPON. Con lo anteriormente mencionado es importante recalcar que en el Ecuador la tecnología PON más desplegada es GPON [4].

1.4.2 RED ÓPTICA PASIVA CON CAPACIDAD DE GIGABIT (GPON)

La red óptica pasiva gigabit se encuentra definida por la serie de recomendaciones G.984.x de la UIT-T [5], sus estándares técnicos fueron aprobados en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4, G.984.5 y G.984.6 las cuales son descritas a continuación:

- **G.984.1 (2003):** Describe los requisitos y la arquitectura básica de un sistema GPON.

- **G.984.2 (2003):** Define la capa dependiente del medio físico, PMD (*Physical Medium Dependent*).
- **G.984.3 (2004):** Describe la capa de Convergencia de Transmisión. (TC-*Transmisión Convergence*)
- **G.984.4 (2004):** Corresponde a la especificación de gestión y control de la ONU (*Optical Network Unit*).

G.984.5 (2007): Especifica los requisitos técnicos para la aplicación del filtro de longitud de onda en la ONU [5]. Adicionalmente define rangos de longitud de onda reservados para señales de servicio adicionales que se superpondrán mediante multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en el futuro.

señales de servicio adicionales que se superpondrán mediante multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en el futuro

- redes ópticas pasivas (PON) para maximizar el valor de las redes de distribución óptica (ODN).
- **G.984.6 (2008):** Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance. GPON brinda velocidades de transmisión de 2,4 Gbps en dirección descendente y 1,2 Gbps en dirección ascendente [6].

La recomendación GPON puede utilizar combinaciones de velocidades de transmisión como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 1.1. Combinaciones de velocidades en redes de acceso GPON [7].

Velocidades de transmisión	
Upstream	Downstream
155 Mbps	1,2 Gbps
622 Mbps	1,2 Gbps
1,2 Gbps	1,2 Gbps
155 Mbps	2,4 Gbps
622 Mbps	2,4 Gbps
1,2 Gbps	2,4 Gbps
2,4 Gbps	2,4 Gbps

GPON cuenta con un nuevo método de encapsulamiento denominado GEM (*GPON Encapsulación Method*), el cual permite diversas tecnologías de transmisión como Ethernet, TDM, ATM, en este caso GPON resulta ser más eficiente que tecnologías antecesoras permitiendo a los usuarios continuar con servicios tradicionales, por ejemplo,

el usuario puede tener servicios tradicionales de voz y líneas alquiladas sin reemplazar sus equipos [7].

1.4.2.1 Arquitectura de GPON

La arquitectura de GPON se puede apreciar en la figura 1.2, donde se observan los siguientes componentes:

- **AF (Adaptation Function):** Representa un dispositivo independiente, el AF cambia la interfaz de la ONU en una interfaz UNI (*User Network Interface*) o viceversa, este bloque puede incluirse en la ONU.
- **ONT (Optical Network Termination):** Representa al equipo final del usuario en un enlace de fibra óptica al hogar FTTH (*Fiber To The Home*).
- **OLT (Optical Line Terminal):** Se define en el apartado 1.4.2.1.
- **WDM (Wavelength Division Multiplexing):** Módulo de multiplexación por división de longitud de onda (si no se usa WDM, esta función no es necesaria), se utiliza cuando el modo de transmisión es bidireccional, separando las señales de enlace de subida y de bajada o en modo unidireccional utilizando dos fibras.
- **ODN (Optical Distribution Network):** Se define en el apartado 1.4.2.1.

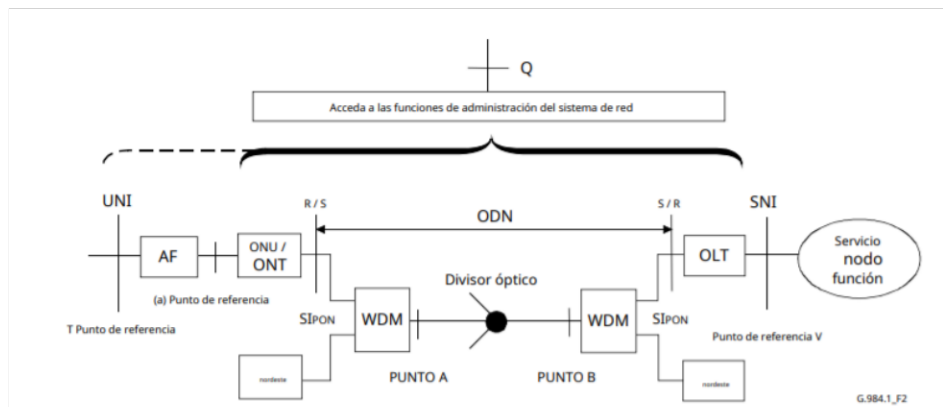


Figura 1.2. Arquitectura general para GPON [5].

Como se puede observar la figura 1.2 permite divisores de potencia los cuales pueden ser de 1:32 o 1:64, tomando en cuenta que este corresponde al valor máximo soportado, la arquitectura general de GPON se compone principalmente de la OLT, ODN y ONU.

1.4.2.1.1 Modelo de capas de GPON

A continuación, se muestra la estructura de capas de GPON. Está compuesta por la capa dependiente del medio físico, PMD (*Physical Media Dependent*) y la capa de convergencia

de transmisión, TC (*Transmisión Convergence*), esta se subdivide en: subcapa de entramado y subcapa de adaptación, como se puede observar en el esquema de la figura 1.3 [8].

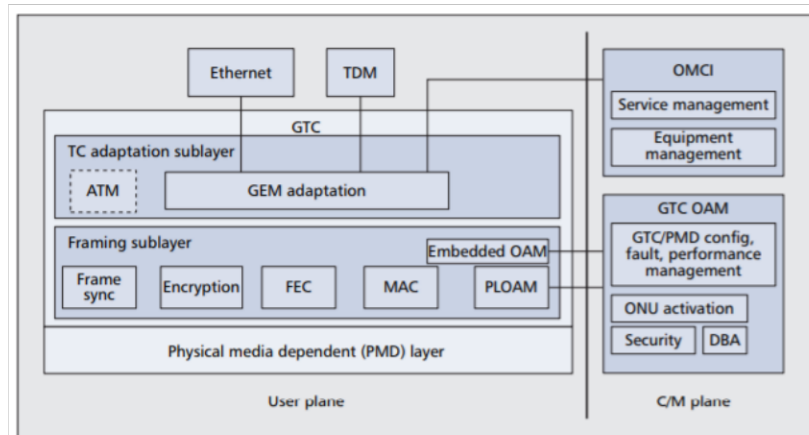


Figura 1.3. Modelo de capas GPON [8].

- *Requerimientos de la capa dependiente del medio físico (PMD):*

Esta capa cumple con los requerimientos mencionados en la siguiente tabla:

Tabla 1.2. Requisitos de la capa dependiente del medio físico para GPON [9].

Características	Especificación	Observación
Estándar	UIT-T G.984.x	Ver apartado 1.4.2 sobre red óptica pasiva con capacidad de Gigabit (GPON)
Sentidos de transmisión	Ascendente (<i>Upstream</i>)	De la ONU a la OLT
	Descendente (<i>Downstream</i>)	De la OLT a la ONU
Fibra óptica	Fibra óptica monomodo, UIT-T G.652.D	El modo de transmisión es: -Bidireccional, WDM (<i>Wavelength Division Multiplexing</i>), en una sola fibra. -Unidireccional en dos fibras.
Rango de atenuación	La UIT-T G.982 define tres clases de ODN: Clase A: 5 a 20 dB Clase B: 10 a 25 dB Clase C: 15 a 30 dB	Las atenuaciones consideran pérdidas en: empalmes, conectores, fibra y splitters.
Rango de longitudes de onda de trabajo	-Ascendente: 1260-1360 nm. -Descendente: 1480-1500 nm en sistemas de una fibra y 1260-1360nm en sistemas de dos fibras.	-

Velocidad de transmisión	Permite 7 combinaciones, (ver tabla 1.1.)	-
Alcance máximo de transmisión.	-Físico ³ : 10km o 20km -Lógico ⁴ : 60km	El alcance físico depende de la velocidad.
“Relación de división del Splitter” ⁵	1:64	Puede llegar a 1:128
Código de línea	NRZ-L	-

- *Requerimientos de la capa de convergencia de transmisión (GTC):*

Esta capa se encuentra definida en la recomendación UIT-T G.984.3, la cual está compuesta de un plano de control y administración, C/M-plane (*Control and Management Plane*) y un plano de usuario, U-plane (*User Plane*) el cual gestiona el tráfico de usuario [9].

La capa de convergencia de transmisión (*GTC-Gigabit Transmission Convergence*) está compuesta por dos subcapas que son la subcapa de entramado y la subcapa de adaptación, las cuales cumplen con funciones correspondientes a multiplexación y demultiplexación, controla el acceso al medio y realiza el *interleaving* en sentido ascendente de la información enviada de las ONU [9].

Por otro lado, la subcapa de adaptación proporciona dos adaptadores de convergencia de transmisión los cuales son el adaptador a la interfaz GPON (*GEM-GPON Encapsulation Method*) y el adaptador a la interfaz OMCI (*ONT Management and Control Interface*), el cual es un protocolo estándar GPON para controlar la ONU desde la OLT. OMCI establece y libera conexiones de la ONU además de gestionar puertos físicos de la misma [9].

Además, la adaptación con el protocolo OMCI es posible que múltiples ONU puedan ser monitoreadas y controladas por una misma OLT, de esta forma cuando inicia el arranque de la ONU, el protocolo OMCI establece conexión GEM entre la OLT y la ONU para realizar esa función.

³ El alcance físico es la distancia física máxima entre la ONU y la OLT, sin que exista una mayor degradación de la señal. En GPON el alcance físico es de 10 km o 20 km [10].

⁴ El alcance lógico es la distancia máxima que existe entre la ONU y la OLT a nivel de protocolo, es la distancia máxima que se puede alcanzar para un sistema de transmisión, independientemente del presupuesto óptico [6].

⁵ Una división óptica más grande necesita mayor potencia para poder cubrir el alcance físico, por esta razón las relaciones de división de hasta 1:64 son realistas para la capa física de GPON.

1.4.2.1.2 Jerarquía de Multiplexación de GPON

Para definir la jerarquía de multiplexación es importante reconocer dos conceptos claves:

- **T-CONT (*Transmission Container*):** Es un contenedor de tráfico dentro de una ONU, el cual simboliza un grupo de conexiones lógicas, corresponde a la unidad para asignación de ancho de banda en enlace ascendente, fijada por la OLT [9].
- **GEM Port (*GPON Encapsulation Method*):** Un puerto GEM puede llevar un tipo de servicio o varios tipos de servicios. Una vez que el puerto GEM soporta el servicio, debe asignarse a la unidad T-CONT para la programación del servicio de enlace ascendente. Cada ONU admite múltiples T-CONT y se puede configurar para diferentes tipos de servicios [10].

La jerarquía de multiplexación de GPON se muestra en la figura 1.4:

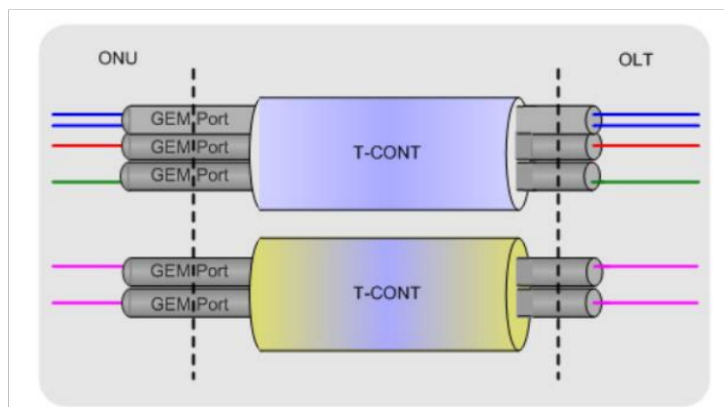


Figura 1.4. Jerarquía de multiplexación GPON [11].

1.4.2.2 Servicios GPON

La tecnología GPON admite todos los servicios existentes en la actualidad, debido a su capacidad de banda ancha. Algunos de los servicios que brinda GPON se describen a continuación en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Servicios ofrecidos por GPON [12]

Categoría de Servicio	Servicio	Observaciones
Servicio de Datos	Ethernet	IEEE 802.3, incluye VoIP y flujos de video codificados.
PSTN (<i>Public Swiched Telephone Network</i>)	POTS (<i>Plain Old Telephone Service</i>)	Servicio telefónico tradicional utilizando infraestructura PSTN.

	ISDN (BRI) (<i>Basic Rate ISDN</i>)	-Permite a las líneas telefónicas tradicionales transportar tráfico de voz, datos y video. -Utiliza 3 canales.
	ISDN (PRI) (<i>Primary Rate Interface</i>)	-Mismas funciones que ISDN (BRI) pero con múltiples canales. -Es superior a ISDN (BRI).
Línea Privada	T1, E1, T3, E3	
Video	Video Digital	Video sobre IP
Otros servicios GPON	TDM (<i>Time-Division Multiplexing</i>), SONET (<i>Synchronous Optical Network</i>)	

1.4.3 RED ÓPTICA PASIVA SIMÉTRICA CON CAPACIDAD DE 10 GIGABIT (XGSPON)

Con la demanda de mayor ancho de banda, GPON se queda rezagado, nuevos dispositivos de voz, video y el consumo de internet de forma masiva exigen migrar a nuevas tecnologías como XGSPON, la cual mejora la llegada de la fibra óptica a zonas residenciales, empresariales, oficinas, etc.

La red óptica pasiva simétrica con capacidad de 10 Gigabit (XGSPON) se define en la recomendación UIT-T G.9807.1 aprobada en el año 2016, esta recomendación se basa ampliamente en la recomendación UIT-T G.987.x que corresponde a XGPON (*10 Gigabit Capable Passive Optical Networks*), la misma que no será objeto de estudio en el presente trabajo de integración curricular sin embargo es importante mencionar que la tecnología XGSPON comparte características similares a esta recomendación [13].

Esta tecnología puede funcionar en las mismas longitudes de onda que un sistema GPON. Admite una velocidad de 10 Gbps simétricos [13].

A continuación, se describen los requisitos generales de XGSPON:

1.4.3.1 Arquitectura de XGSPON

XGSPON amplía la capacidad de distancia de las recomendaciones UIT-T G.984.x correspondiente a GPON. A continuación, se muestra la configuración de una red simple XGSPON, la que es similar a las configuraciones de XGPON y GPON.

En la figura 1.5 se puede observar la arquitectura de referencia de XGSPON, que está compuesta de los siguientes elementos: AF, ONU, ODN y OLT, los mismos que están definidos en la sección 1.4.2.1

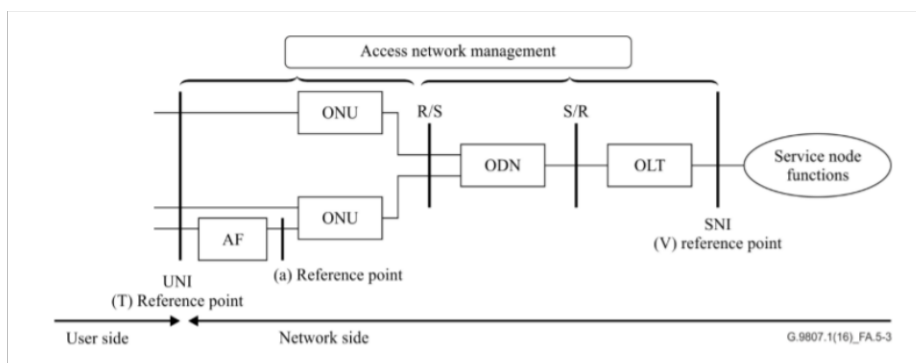


Figura 1.5. Configuración de referencia XGSPON [14].

1.4.3.2 Rango de longitud de onda de operación para XGSPON

XGSPON puede trabajar con un conjunto básico de longitud de onda, que va de 1260-1280 nm en enlace ascendente y 1575-1580 nm en enlace descendente, y con un conjunto opcional de longitud de onda que va de 1260-1360 nm para el enlace ascendente y 1480-1500 nm para el enlace descendente, quiere decir que esta elección reutiliza las longitudes de onda de GPON [14].

1.4.3.3 Servicios de XGSPON

En la siguiente tabla se describe un resumen de los servicios ofrecidos por XGSPON.

Tabla 1.4. Servicios ofrecidos por XGSPON [14].

Categoría de servicio	Servicio	Observaciones
Telefonía	VoIP, POTS	
TV en tiempo real	IPTV (<i>Internet Protocol Television</i>)	Para ser transportado mediante IP multicast/unicast.
	Transmisión de TV Digital	Transportado mediante la superposición de vídeo por radiofrecuencia.
Línea dedicada	T1, E1	-
Acceso a internet de alta velocidad	-	La UNI usualmente es Gigabit Ethernet.

Servicios L2 VPN (<i>Virtual Private Network</i>)	-	-
Servicios IP	L3, VPN, VoIP	-
Ethernet	EVC (<i>Ethernet Virtual Conexión</i>)	Punto a punto, multipunto a multipunto y punto a multipunto.

1.4.3.4 Modelo de capas XGSPON

En la tabla 1.5 se puede observar que la capa TC de XGSPON se divide en dos subcapas, las cuales corresponden a la subcapa de transmisión PON y subcapa de adaptación.

Tabla 1.5 Modelo de Capas XGSPON [14].

Capas		
XGSPON TC	capa Adaptación	Encapsulamiento XGEM (<i>XGPON encapsulation Method</i>)
	Transmisión PON	DBA (<i>Dynamic Bandwidth Allocation</i>)
Capa de medio físico		-Adaptación eléctrica-óptica -Multiplexación por división de longitud de onda -Conexión de fibra

Dentro de las capas correspondientes a XGSPON es importante definir los siguientes términos claves:

- **Encapsulamiento XGEM:** El método de encapsulamiento XGEM es un canal que transporta un flujo de servicios entre la OLT y la ONU, cada puerto GEM se identifica con un ID de puerto XGEM único, de esta manera GEM transporta uno o más servicios [6].
- **DBA:** Esta subcapa *DBA (Distribution Bandwidth Allocation)* cumple con la función de asignación de ancho de banda dinámica del puerto XGEN y control de calidad de servicio (QoS) [14].

1.4.3.5 Requerimientos de la capa de medio físico (PMD) de XGSPON

Los requerimientos de capa PMD de XGSPON se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1.6 Requerimientos de la capa medio físico XGSPON [14].

Parámetro	Especificación	Observación
Fibra óptica	Monomodo UIT-T G.652.	
Dirección y método de transmisión	Ascendente y descendente a través de una única fibra.	Se realiza una transmisión bidireccional mediante el uso de WDM.
Rango de atenuación en las diferentes clases de ODN	Ver la tabla 1.7	-
Longitud de onda de trabajo	Enlace descendente: 1575-1580 nm Enlace ascendente: 1260-1280 nm	-
Velocidad de transmisión	10 Gbps simétricos.	-
Alcance máximo de transmisión	100 km con extensores de alcance.	El alcance físico se define por la relación de división.
Relación de división de Splitter	1:128	Puede llegar a 1:256
Codificación de línea	NRZ	En los dos sentidos.

1.4.3.5.1 Arquitectura de la ODN de XGSPON

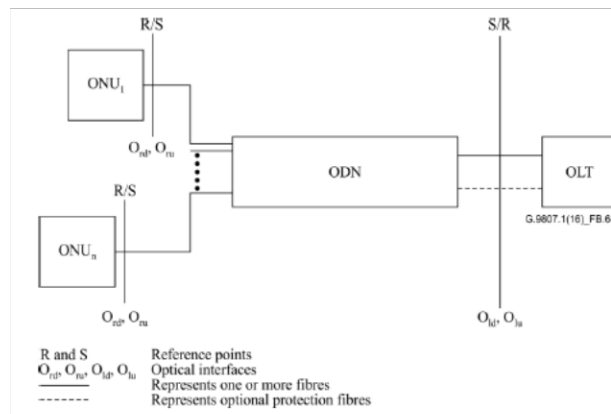


Figura 1.6. Configuración física genérica de la ODN [14].

En la figura 1.6 correspondiente a la configuración física genérica de la ODN se definen los siguientes puntos de referencia:

- **S:** Punto de la fibra óptica después del punto de conexión óptica OLT [Bajada]/ONU [Subida].
- **R:** Punto de la fibra óptica justo antes del punto de conexión óptica ONU [Bajada]/OLT [Subida].

- **S/R, R/S:** Combinación de puntos S y R existentes simultáneamente en una misma fibra, cuando se opera en modo bidireccional.
- **O_{ru}, O_{rd}:** Interfaz óptica en el punto de referencia R/S entre la ONU y la ODN para las direcciones ascendente y descendente respectivamente.
- **O_{lu}, O_{ld}:** Interfaces ópticas en el punto de referencia S/R entre la OLT y la ODN para las direcciones ascendente y descendente respectivamente [14].

1.4.3.5.2 Clases de ODN de XGSPON

Las clases de ODN recomendadas para XGSPON se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1.7. Clases de ODN para XGSPON [14].

Clase OPL (<i>Optical Path Loss</i>)	Conjunto opcional de longitudes de onda		Conjunto básico de longitudes de onda			
	Clase B+	Clase C+	Clase nominal 1 (Clase N1)	Clase nominal 2 (Clase N2)	Clase extendida 1 (Clase E1)	Clase extendida 2 (Clase E2)
Pérdida mínima	13 dB	17 dB	14 dB	16 dB	18 dB	20 dB
Pérdida máxima	28 dB	32 dB	29 dB	31 dB	33 dB	35 B

2. METODOLOGÍA

El presente trabajo de integración curricular está desarrollado en base al método analítico y descriptivo ya que realiza una comparación de las tecnologías GPON y XGSPON, estudia sus principales características y coexistencia con el objetivo de determinar la factibilidad técnica, económica y legal para migrar a XGSPON.

Se emplea la técnica de análisis documental ya que la recolección de información se obtuvo de libros técnicos, investigaciones, papers y páginas web además de los estándares UIT-T G984.x y UIT-T G9870.1, adicionalmente se aprovechó la herramienta de encuesta que permite sondear el interés de empresas del Distrito Metropolitano de Quito para contratar esta nueva tecnología.

El trabajo tiene un enfoque cualitativo, debido a que se basa en la descripción de las características sobre XGSPON, además como técnica de análisis de información se utilizaron tablas descriptivas de resumen que permitieron ordenar y sintetizar la información con respecto a esta tecnología y sus aspectos correspondientes a la factibilidad.

2.1 FACTIBILIDAD DE MIGRACIÓN A LA TECNOLOGÍA XGSPON

Las redes PON de largo alcance proponen distancias de hasta 100 km y capacidades en el orden de las decenas de los Gbps. La reciente investigación realizada por *Broadband Forum*⁶ en el año 2021 indicó el acelerado crecimiento de las tecnologías PON sobre todo en Estados Unidos, toda Europa y Asia, lo cual se debe a la necesidad de un mayor ancho de banda [15]. Sin embargo, en América Latina las estadísticas de penetración de la fibra óptica indican que no existe un crecimiento exponencial de implementación de fibra a diferencia de los países mencionados anteriormente [16].

La tecnología de redes de acceso que lidera el mercado de implementación de fibra óptica en todo el mundo es GPON [16], sin embargo, se está anticipando que XGSPON ganará importancia en los próximos años a medida que los requerimientos de capacidad de la red sigan creciendo.

La migración a la tecnología XGSPON comprende aspectos técnicos, económicos y legales, los cuales serán analizados en el presente capítulo con el objetivo de determinar qué tan posible es desplegar esta tecnología, para el efecto se estudiará la infraestructura, marco regulatorio, disponibilidad de equipos y su costo que permitirán migrar a XGSPON.

⁶ Organización sin fines de lucro que lidera la industria de las comunicaciones, se enfoca en innovar y desarrollar estándares para aumentar la capacidad de banda ancha.

Es de gran importancia mencionar que para implementar una nueva tecnología es necesario estudiar y evaluar las condiciones y recursos disponibles, con el objetivo de mejorar la situación actual y obtener mayores beneficios.

2.1.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

En base a los aspectos técnicos mencionados en el capítulo anterior, se analizará en qué medida es posible satisfacer los requerimientos tecnológicos asociados a una arquitectura de red que ofrezca los beneficios de una tecnología de largo alcance sobre la red PON.

A continuación, se presenta la justificación técnica para la migración a XGSPON, tomando en cuenta los requerimientos físicos necesarios, y el interés de varias empresas de Quito.

Según el boletín estadístico de la ARCOTEL (*Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*) correspondiente a septiembre del 2020, el crecimiento de cuentas de acceso a internet a través de fibra óptica aumentó significativamente en el Ecuador [16]. Según datos de esta misma entidad, en junio del año 2016 se registró alrededor de 70.700 km de fibra óptica desplegada, mientras que, en junio del 2020 se llegó a aproximadamente los 171.300 km de fibra, lo cual indica un potencial crecimiento de 100.600 km en solo 4 años [17]. En la figura 2.1 se muestra el número de cuentas de internet fijo por medio de fibra óptica en algunas provincias del Ecuador.

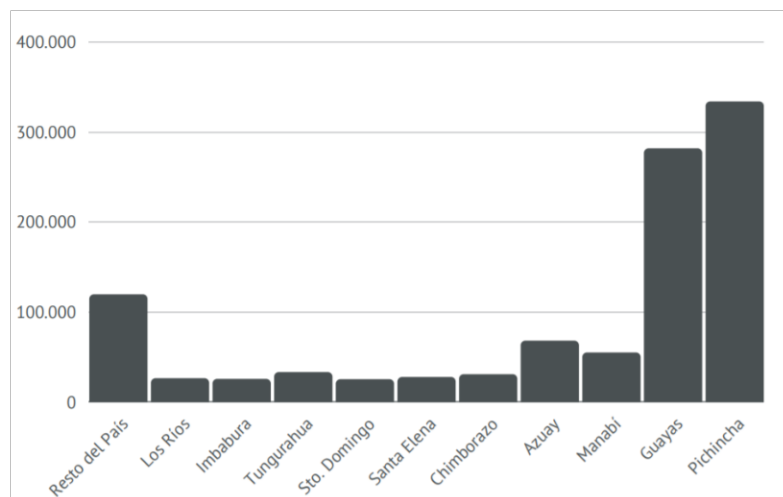


Figura 2.1. Estadísticas de cuentas de fibra óptica en el Ecuador al año 2020 [16].

Las cuentas de internet fijo en el año 2021 superaron las 2.312.000 conexiones, de las cuales alrededor del 45% son a través de fibra óptica. El boletín emitido por ARCOTEL concluyó que 5 de cada 10 hogares ecuatorianos cuentan con servicios de internet fijo utilizando fibra óptica como red de acceso [16]. Aunque los servicios en la actualidad no solo son de internet fijo sino también triple play, este dato es un gran indicativo del crecimiento de penetración de fibra óptica.

XGSPON es una gran alternativa para satisfacer los requerimientos de mayor ancho de banda de los usuarios, sin embargo, la implementación completa de estos tipos de redes puede resultar problemática debido a los elevados costos de las tecnologías PON en el Ecuador, por esta razón una solución viable sería plantear la migración de las redes GPON a XGSPON en coexistencia, reutilizando la infraestructura preexistente GPON.

2.1.1.1 Migración de GPON a XGSPON

La migración a una nueva tecnología PON implica en que los operadores consideren aprovechar la infraestructura existente en coexistencia con la tecnología heredada. En el Ecuador los servicios de banda ancha se ofrecen esencialmente a través de GPON, la cual se encuentra mayoritariamente desplegada en las principales ciudades del país, por esta razón se analizará la factibilidad de migrar de GPON a XGSPON [16].

La migración de la infraestructura GPON y su ODN existente, implica identificar las necesidades de la infraestructura tecnológica actual para cuando se realice la migración a una nueva tecnología PON, en este caso XGSPON, con el objetivo de mejorar la calidad de servicio con buena cobertura a costos accesibles. La coexistencia de tecnologías permite proteger las inversiones de la red heredada, sin embargo, al realizar el proceso de implementación de XGSPON se debe prever que los servicios no presenten interrupciones.

2.1.1.2 Arquitecturas de referencia para la coexistencia entre GPON y XGSPON

XGSPON resulta ser compatible con GPON, lo que permite la reutilización de la infraestructura pasiva existente, además posee altas velocidades de datos y eficiencia CAPEX⁷ (*Capital Expenditures*) y OPEX⁸ (*Operating Expenses*).

Es importante mencionar que en la actualidad la tecnología más llamativa de la familia PON es XGPON1 (*Asymmetric 10G-PON*), sin embargo, dado el estado actual y los altos costos, migrar directamente a XGSPON tiene más sentido, ya que ofrece cuatro veces más capacidad en enlace de subida a un costo similar [18].

⁷ Se define como CAPEX a los gastos de capital como equipos, mantenimiento, y todo lo relacionado a expansión de la red [17].

⁸ Se define como OPEX a los gastos operativos y diarios como costos de los servicios, infraestructura, salarios, instalaciones, entre otros. (Este concepto no será tomado en cuenta en el análisis de costos, sin embargo, se lo menciona porque integra un aspecto de interés acerca de XGSPON) [16].

Existen elementos de coexistencia que permitirán la convivencia entre tecnologías sin problemas, los fabricantes y desarrolladores han ido trabajando para acoplar las diferentes longitudes de onda, anticipándose a una futura evolución de tecnologías PON.

La recomendación de la UIT-T G.9807.1 señala dos escenarios de migración los cuales se definen como *greenfield* y *brownfield*, el primer caso define áreas nuevas o que tienen infraestructura de cobre que podrían ser reemplazadas, mientras que *brownfield* corresponde a espacios donde ya existe desplegada una red PON, y el operador podría optar por migrar a una nueva tecnología PON [14].

El escenario en el que se enfocará el presente trabajo es *brownfield*, el mismo que debe cumplir con algunos requisitos para poder migrar de GPON a XGSPON, los cuales se describen a continuación:

- La coexistencia entre GPON y XGSPON debe ser compatible sobre la misma red óptica.
- La interrupción del servicio debe minimizarse o ser nula para los usuarios que no migren a la nueva tecnología.
- XGSPON debe admitir o emular todos los servicios de GPON en el caso de una migración completa [14].

Como muestra la figura 2.2 para garantizar la coexistencia de diferentes sistemas, se debe tener en cuenta la disponibilidad de bandas de longitud de onda, así como el uso de un dispositivo de aislamiento adecuando en el lado de la OLT y en la ONU. Los filtros de bloqueo apropiados en la ONU y los elementos de coexistencia son indispensables para aislar adecuadamente todos los sistemas que operan en la misma ODN.

La recomendación UIT-T G.9807.1 muestra un diagrama de la arquitectura para la coexistencia de GPON con XGSPON y servicios de distribución de video, en la ODN se puede observar el dispositivo WDM1r que se define como un filtro que cumple con la función de preparar y adecuar la red de acceso para la coexistencia, se encarga de combinar y aislar las longitudes de onda de GPON y XGSPON.

La configuración de la ONU en la figura 2.2 muestra el uso de un transceptor óptico tipo triplexor que contiene un transmisor óptico y dos receptores, de los cuales uno es óptico en modo continuo y otro que contribuye a que otros sistemas coexistan, como CATV analógico (*Community Antenna Television*).

Además, se utilizan filtros WBF, WBF-V para bloquear señales de interferencia al receptor óptico (Rx) y al receptor de video (V-Rx), por otro lado, los filtros WDM-X, WDM-X', WDM-

G y WDM-G' en la ONU GPON sirven para combinar o aislar las longitudes de onda de GPON en enlace de subida y de bajada y gestionar las señales de video.

En el lado de la OLT se encuentran filtros WDM-X-L y WDM-G-L que cumplen con la misma función de combinar o aislar las longitudes de onda de GPON en enlace de subida y bajada en uno o más canales.

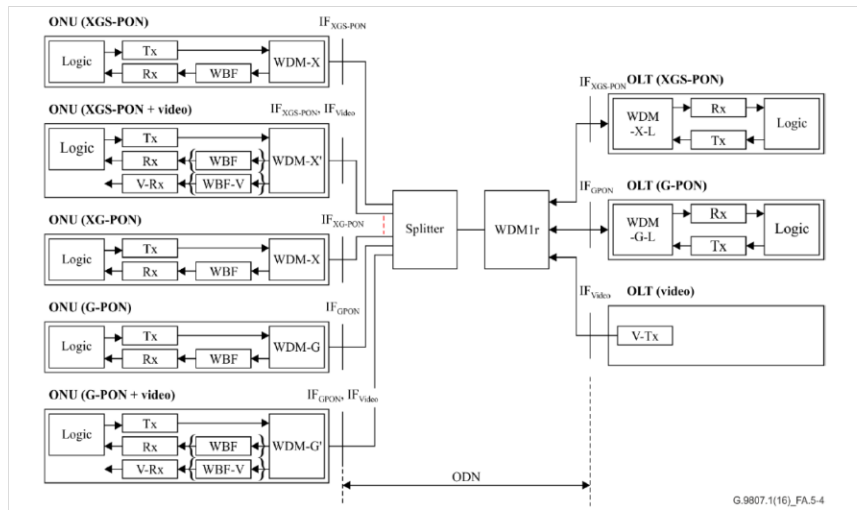


Figura 2.2. Coexistencia entre GPON y XGSPON mediante WDM1r [14].

En esta recomendación se detallan dos escenarios de coexistencia de GPON con XGSPON los cuales son explicados a continuación.

En la figura 2.3 la coexistencia de GPON y XGSPON ocurre a través del elemento WDM1r con un conjunto de longitudes de onda básicas para XGSPON. A través de esta tecnología se logra la asignación de longitudes de onda.

Además, en este esquema se pueden diferenciar las longitudes de onda de GPON y XGSPON, por lo que se utiliza una OLT por cada tecnología, así pueden coexistir varios tipos de ONU de distintos estándares en la misma ODN.

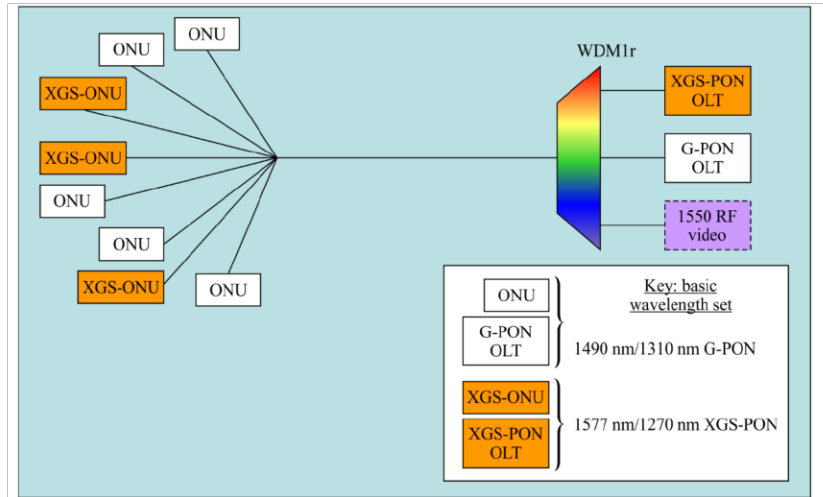


Figura 2.3. Modelo para coexistencia de GPON y XGSPON a través de WDM1r [14].

Adicionalmente se define el segundo escenario, el cual incluye dos arquitecturas que involucran un extensor de alcance *RE (Reach Extender)*, la primera arquitectura muestra la necesidad de implementar dispositivos RE durante la migración de GPON a XGSPON, mientras que en la segunda ya existían RE desplegados de manera anticipada para los sistemas GPON. Estos esquemas se pueden observar en la figura 2.4, donde el elemento RE se define como *Mid-span extender*.

Este es un elemento activo que permite extender la línea óptica, y proporciona un presupuesto óptico adicional, puede incrementar la relación de división de potencia, pero impacta en el costo energético del enlace.

En la segunda arquitectura el RE heredado podría cubrir los requisitos de GPON y XGSPON de manera simultánea, sin embargo, si sus prestaciones son insuficientes el dispositivo RE deberá ser reemplazado por uno de mayor capacidad. Los RE son equipos activos de planta externa, por esta razón los despliegues no anticipan incluir estos elementos [14].

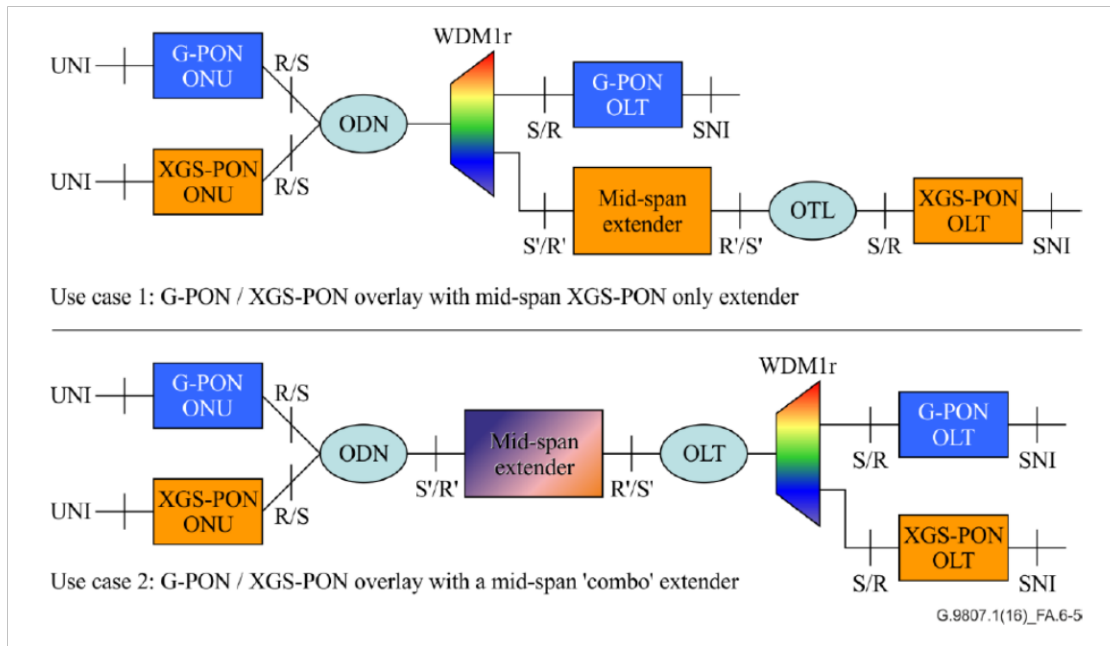


Figura 2.4. Arquitecturas para la coexistencia de GPON y XGSPON con extensores de alcance (RE) [14].

En el caso de la coexistencia de GPON con XGSPON se manejan longitudes de onda muy diferentes tanto en enlace de subida como en enlace de bajada, por esta razón la separación de ondas se puede lograr en el dominio óptico utilizando láseres y fotodetectores que se encuentren adaptados apropiadamente, este método descrito se conoce como WDMA (*Wavelength Division Multiple Access*). En la figura 2.5 se muestra que las longitudes de onda de las dos tecnologías no se mezclan entre sí.

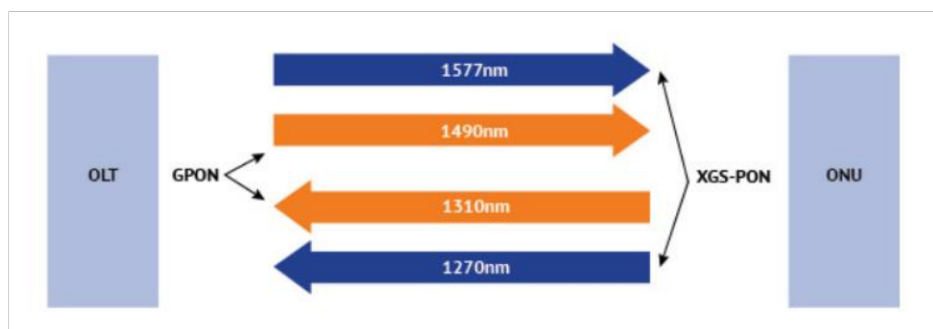


Figura 2.5. Longitudes de onda de GPON y XGSPON [18].

Como se mencionó anteriormente la mejor opción para la migración es mantener la ODN heredada basada en divisores de potencia, y añadir elementos adicionales para poder gestionar los estándares a las distintas OLT. Para la coexistencia de un sistema PON, en este caso GPON y XGSPON se debe agregar un WDM1r el cual presenta un mejor rendimiento frente a las longitudes de onda de las tecnologías implicadas. La OLT con

tecnología XGSPON puede implementar el WDM1r como equipo independiente o de preferencia insertarse en las OLT existentes, lo cual, resulta más rentable.

2.1.1.3. Equipos para la coexistencia de GPON y XGSPON

Empresas y fabricantes como Orange, Huawei y Telefónica España impulsan el desarrollo de productos para la lograr coexistencia con la nueva tecnología XGSPON, actualmente telefónica ha logrado desplegar redes FTTH basadas en la tecnología GPON, brindando servicios alrededor de 2,5 millones de usuarios, el siguiente paso es realizar la migración a XGSPON ya que esta permite la convivencia con la red hereda GPON admitiendo una posible evolución a mediano o largo plazo [20].

2.1.1.3.1. Distribuidores de materiales y equipos para soluciones PON en el Ecuador.

Existen varios fabricantes de equipos y materiales de redes PON, que podrían considerarse para implementaciones en el Ecuador, a continuación, se listan algunos de ellos:

- Aire
- Prosiscom
- Claupet Telecommunication
- Global Electric
- Hentel
- Totalken
- Ecufiber
- Enfiop

Estas empresas se caracterizan por ofrecer materiales a precios variados, lo que permite ajustarse al presupuesto disponible de cada cliente. Por otro lado, los equipos más complejos e importantes como las OLT, amplificadores ópticos, ONU, splitters, filtros, swiches ópticos, entre otros, que se distribuyen a nivel nacional por los siguientes fabricantes:

- Huawei
- ZTE
- Cisco
- Alcatel-Lucent
- ZC-Mayoristas

- Claupet
- Furukawa

Como se observa existen varios proveedores que ofrecen soluciones PON, al ver la variedad de fabricantes y empresas que trabajan conjuntamente por la innovación de tecnologías PON se concluye que estos elementos, equipos y materiales se pueden conseguir en el mercado nacional o internacional, sin embargo, los elevados precios podrían convertirse en un obstáculo para llevar a cabo un proyecto de migración a una nueva tecnología PON, al final todo dependerá del presupuesto disponible para el proyecto que se desee realizar.

Para el análisis de equipos que servirán para implementar GPON y XGSPON se ha decidido escoger dos empresas de fabricantes que son marcas importantes a nivel nacional, que tienen una variedad de productos a precios accesibles.

- Equipos marca Huawei

En la siguiente tabla se muestran algunos tipos de OLT (GPON y XGSPON) ofrecidos por la marca Huawei con sus respectivas características.

Tabla 2.1. OLT de marca Huawei y sus características técnicas [21]

Tipos de OLT	Características
OLT OptiXaccess MA5801T	-Compacto y proporciona soluciones FTTH. -Permite construcción de red económica y eficiente. -Puertos GPON: 8 -Puertos XGSPON y GPON: 4
OLT Smart NG MA5800T	-Compatible con PON, GPON, GE, 10GE. -Proporciona servicio de video 4K y 8K. -Admite una evolución de tecnologías PON como XGSPON. -Para redes FTTx. -Mayor cobertura y capacidad.
OLT OptiXaccess MA5801S	-Puertos GPON: 16 -Fácil de implementar en sitios móviles. -Convergencia fijo-móvil (FMC). -Coexistencia con XGSPON
OLT Huawei SmartAX EA5800	-OLT para NGA -Brinda múltiples servicios. -Compatible con GPON, XGPON, XGSPON, P2P GE y 10GE, -Aplicables a redes POL, FTTH, FTTB y FTTC. -Simplifica la arquitectura de la red y reduce el OPEX.

OLT Huawei MA5600T ETSI	<ul style="list-style-type: none"> -Puertos: 23 slots -8 puertos GPON, 4 puertos XGPON1, XGSPON, 16 GbE, entre otros. -Soporta 8800 usuarios. -Capacidad de conmutación de 3,2 Tbps. -Admite IPv4 e IPv6. -Admite coexistencia de tecnologías PON. -Posibilita migración a XGSPON. -Simplifica la arquitectura de la red.
-------------------------	---

En la figura 2.6. se puede observar algunas OLT Huawei de distintas capacidades, donde se observa la diferencia de tamaños y slots de servicio de cada modelo.



Figura 2.6. Modelos de OLT marca Huawei [22].

A continuación, se muestran algunos modelos de ONU (GPON y XGSPON) de la marca Huawei.

Tabla 2.2. ONU de la marca Huawei con su característica [23].

Tipos de la ONU	Características
Echolife EG8084P	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollada para empresas. -Compatible GPON, XGPON, XGSPON -Alto rendimiento en servicios de Internet y backhaul de vídeo. -Facil instalación.
Serie SmartAX EA5821	<ul style="list-style-type: none"> -Para aplicaciones FTTB o FTTC -Servicios de datos, multidifusión y aplicaciones de videovigilancia. -Compatible con 10GPON y GPON. -No compatible con XGSPON
Huawei OptiXstar T863E	<ul style="list-style-type: none"> -Tiene dos puertos ascendentes en el lado de la red, GPON o XGSPON con ocho puertos GE en el lado del usuario. -Solución industrial para una amplia gama de escenarios.
	<ul style="list-style-type: none"> -Desarrollada para empresas. Compatible con GPON

Huawei OptiXstar P802E	Compatible con XGSPON y tiene cuatro puertos GE. -Alta velocidad, línea privada empresarial y servicios de videovigilancia.
------------------------	--

A continuación, en la figura 2.7. se puede apreciar el modelo de la ONU Echolife EG8084P de Huawei, el cual es muy utilizado dentro de despliegue de red PON.



Figura 2.7. ONU Echolife EG8084P [23].

- Equipos marca ZTE

ZTE es otra empresa de fabricantes que ofrece diversas soluciones PON de alta capacidad como tarjetas para XGSPON, OLT y ONT cuenta con múltiples modelos que se adaptan al diseño y necesidades de cada red PON.

Entre los modelos de más capacidad se encuentra la OLT ZXA10 C680, sin embargo, esta marca ofrece otras generaciones de OLT las cuales se describen en la siguiente tabla:

Tabla 2.3. OLT de la marca ZTE con sus características técnicas [24].

Tipos de OLT	Características
ZXA10 C680	-Equipo de acceso óptico de ultracapacidad. -Compatible con múltiples generaciones de PON, combo PON. -El WDM1r no afecta los servicios GPON existentes. -Número de tarjetas de servicios: 36

ZXA10 C600	<ul style="list-style-type: none"> -Equipo de acceso óptico de gran capacidad -Admite GPON, XGPON, XGSPON, combo PON, 10GE PON y GE P2P, -Permite migración sin problemas a 50G PON. -Número de tarjetas de servicios: 17
ZXA10 C650	<ul style="list-style-type: none"> -Equipo de acceso óptico de mediana capacidad -Número de tarjetas de servicios: 7 -Compatible con GPON y 10GPON
ZXA10 C620	<ul style="list-style-type: none"> -Admite GPON, XGPON, XGSPON, combo PON y 10GE PON. -Número de tarjetas de servicios: 2
ZXA10 C610	<ul style="list-style-type: none"> -Acceso flexible, rápido y rentable de FTTx, adaptándose a escenarios como áreas remotas. -Admite GPON

En la figura 2.8. se presentan OLT marca ZTE de distintas capacidades, donde se observa la diferencia de tamaños y slots de servicio de cada modelo.



Figura 2.8. Modelos de OLT marca ZTE [24].

Como se observó anteriormente existen varias empresas de fabricantes líderes a nivel mundial, entre una de las más populares esta Huawei, la cual ofrece sus productos con alternativas de OLT que permiten tarjetas híbridas GPON y XGSPON, además de equipos para la red de acceso y para los usuarios finales, anticipándose a las necesidades de un alto ancho de banda. Algunos ejemplos de OLT GPON que aceptan módulos XGSPON se encuentran ilustrados en la figura 2.9.



Figura 2.9. Chasis Huawei que posibilita XGSPON modelo (*SmartAX MA5800-X2, MA5800-X7, MA5800-X17*) [24].

Para la coexistencia de tecnologías, Huawei lanzó el elemento WDM1r, el cual posee un WDM1r subrack que está diseñado para suministrar hasta 16 ranuras, con capacidad de un módulo WDM1r en cada una de ellas. Estos módulos permiten dos entradas GPON y dos XGSPON, en la salida del equipo se tiene dos puertos con las señales multiplexadas. El WDM1r se puede colocar en el mismo rack de la OLT o en un rack separado. A continuación, se observa el WDM1r en la figura 2.10 [25].

Se recomienda ver el ANEXO I. Especificaciones de módulo WDM1r201

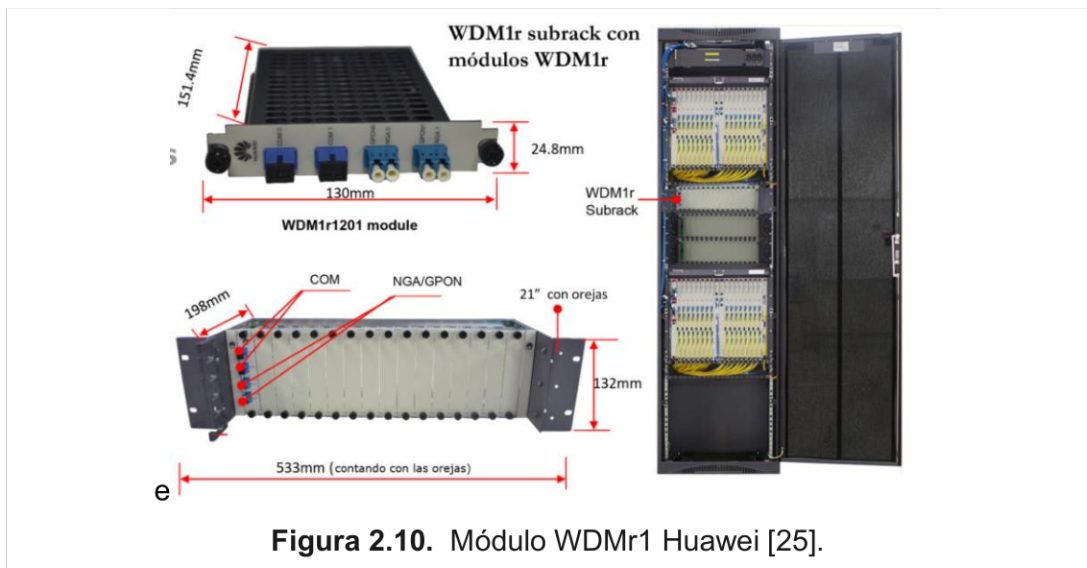


Figura 2.10. Módulo WDMr1 Huawei [25].

Para realizar una migración a XGSPON solo se debe agregar los equipos necesarios lo cual resulta rentable y flexible. Sin embargo, existen inconvenientes debido al uso de los WDM1r que se detallan a continuación:

- Los procesos de actualización a una nueva tecnología resultan complejos.
- Se necesita filtros en las ONU para el funcionamiento de XGSPON, las ONU más antiguas pueden no poseer este filtro.

- Existe atenuación en las señales ópticas debido al uso de los multiplexores WDM1r [25].

Como solución Huawei ofrece un dispositivo denominado TDM PON COMBO, que permite una evolución a tecnologías de nueva generación como XGSPON, admite convergencia y reduce la atenuación de potencia producida por el WDM1r, además simplifica las actualizaciones de red, sin embargo, este dispositivo es muy nuevo y costoso, por estas razones los países donde se ha iniciado una migración hacia XGSPON optan por utilizar el WDM1r como elemento de coexistencia [26], por lo anteriormente mencionado el presente trabajo de integración curricular se enfoca en este dispositivo.

2.1.2 FACTIBILIDAD LEGAL

Las telecomunicaciones en el Ecuador como en otros países constituyen un sector estratégico, el cual se encuentra dentro de un marco legal regido, regulado y gestionado por el Estado ecuatoriano, que permite el correcto desenvolvimiento, fortalecimiento y desarrollo de las telecomunicaciones y de sus servicios en el país. Este conjunto de normas debe estar acorde con la actual complejidad e importancia de las telecomunicaciones en el país.

Esta sección tiene como objetivo describir brevemente las normas y reglamentos más importantes que tengan que ver con las redes de acceso por fibra óptica, para determinar la factibilidad legal que posibilite migrar de GPON a XGSPON.

2.1.2.1 Entidades reguladoras en el Ecuador

Existen algunos organismos nacionales de control de las telecomunicaciones, sin embargo, se tomaron en cuenta dos entidades importantes que facilitarán describir las normas, leyes y reglamentos correspondientes a los servicios de telecomunicaciones que son de utilidad para el presente trabajo de integración curricular: MINTEL (*Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información*) y ARCOTEL (*Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*).

El MINTEL se encarga de apoyar y coordinar el progreso de las tecnologías de información y comunicación que incluyen las telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico, además supervisa que se cumplan los parámetros de calidad dentro de las instituciones que brindan estos servicios; esta entidad emite políticas de control, busca masificar las tecnologías de la información y comunicación en el país [27].

Adicionalmente la ARCOTEL, entidad que se encuentra vinculada al MINTEL, se encarga de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro

radioeléctrico, además se enfoca en vigilar el cumplimiento de las normas establecidas [27]. Cabe mencionar que estas entidades no emiten normas puntuales para gestionar el despliegue de tecnologías PON en el Ecuador, más bien regulan los servicios que se pueden operar sobre la red de acceso, por esta razón se mencionarán los títulos habilitantes necesarios y normas colaterales que sean de utilidad para determinar la factibilidad legal.

Cabe aclarar que el objetivo del presente trabajo es estudiar la factibilidad de migrar de GPON a XGSPON aprovechando la infraestructura heredada y así lograr la coexistencia de tecnologías, quiere decir que el escenario que se maneja en este trabajo de integración curricular es *brownfield*, dicho esto para la factibilidad legal se afirma que los proveedores ya obtuvieron los permisos pertinentes y cumplieron con las especificaciones de la normativa que está vigente en el país para desplegar la red de acceso con tecnología GPON, por esta razón cuando ocurra una actualización de tecnología a XGSPON se hará uso de los mismos permisos obtenidos para la red GPON.

2.1.2.2 Normas jurídicas para el despliegue de redes de telecomunicaciones en el Ecuador

Las normas establecidas por las entidades anteriormente descritas tienen como objetivo regular el despliegue, tendido, identificación, títulos habilitantes y reubicación de las redes físicas de los proveedores de servicios de telecomunicaciones. Para poder establecer las normativas de interés es necesario conocer los siguientes elementos que son parte de la estructura general del MINTEL:

2.1.2.2.1. Leyes y reglamentos

Dentro de las leyes y reglamentos se describen dos apartados que son de interés, los cuales son la “*Ley Orgánica de Telecomunicaciones*” y el “*Reglamento a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones*”, la primera tiene como objetivo plantear el marco legal para el sector de las telecomunicaciones, además de promover el despliegue de redes bajo el cumplimiento de las normas técnicas y legales, por otro lado el “*Reglamento a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones*” se enfoca en el desarrollo y la aplicación de la “*Ley Orgánica de Telecomunicaciones*”

El artículo 11 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones que trata sobre el “*Establecimiento y explotación de redes públicas de telecomunicaciones*” menciona que para realizar una instalación o explotación de una red pública de telecomunicaciones es necesario obtener un título habilitante otorgado por la ARCOTEL. Los proveedores que

operen redes públicas de telecomunicaciones deben cumplir con todas las normas técnicas y reglamentos propuestos por esta entidad [28].

Dentro de la página oficial de la ARCOTEL se puede encontrar el apartado de “*Otorgamiento o Renovación de Títulos Habilitantes*”, donde se describen los requisitos y parámetros que se deben cumplir para poder obtener estos permisos, esta página web es gratuita y permite aplicar para obtener la autorización y registro de servicios de telecomunicaciones por parte de los proveedores [28].

En el caso de migración a redes XGSPON, se hará uso de los títulos habilitantes de la red heredada y se registrarán los servicios que van a operar sobre esta red, los cuales pueden ser acceso a internet, telefonía y televisión, ya que estos permisos pueden caducar y necesitan renovación cada cierto tiempo.

Por lo general el otorgamiento se aprueba a quienes cumplen con los requerimientos legales, técnicos y económicos. Al final del proceso se debe realizar un pago por derechos de concesión, y la suscripción del acta donde se aceptan todas las condiciones del título habilitante junto a su correcta aplicación jurídica.

2.1.2.2.2. Políticas públicas

En este apartado se encuentra descritas las “*Políticas Públicas del sector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información*” las cuales tienen como objetivo impulsar y fortalecer los estándares que miden la calidad, accesibilidad, cobertura e innovación tecnológica, para poner en práctica estas políticas se toma en cuenta al sector de las telecomunicaciones y al sector de la sociedad de la información

Las políticas públicas tienen como objetivo dar cumplimiento a los artículos de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, por lo tanto, establece reglamentos que deben cumplir los proveedores. Por ejemplo, para garantizar el cumplimiento del artículo 11 anteriormente mencionado se establecen lineamientos como controles de calidad de cobertura, pruebas de conectividad, plan de costos de servicios de voz, entre otros.

2.1.2.2.3. Normativas y acuerdos

A continuación, se muestran las normativas y acuerdos más importantes para el propósito del presente trabajo de integración curricular que afectan colateralmente las redes de acceso por fibra óptica y por ende las tecnologías PON involucradas:

"Norma técnica para el despliegue y tendido de redes físicas aéreas de servicios de telecomunicaciones, servicios por suscripción (audio y video modalidad cable físico) y redes privadas [28]"

- Esta norma técnica tiene como principal objetivo, regular el despliegue, tendido, identificación y ordenamiento de las redes físicas aéreas de servicios de telecomunicaciones. Además, establece los parámetros técnicos para la correcta ubicación de elementos activos y pasivos, especificando el correcto uso de estos, y el tipo de etiquetado que se debe colocar, la instalación de acometidas, puesta a tierra entre otros.
- En esta norma se aclaran ciertas leyes y la importancia de la obtención de títulos habilitantes. Claramente está dirigida a un escenario *greenfield*, sin embargo, su contenido es importante porque proporciona información sobre algunos parámetros que fueron aplicados en la construcción de la red de acceso, en este caso la presente norma no sería aplicada, ya que para la migración a XGSPON no es necesario desplegar una red completamente nueva, esta es una norma colateral que afecta indirectamente a la nueva tecnología en la red de acceso.
- Sin embargo, al migrar a XGSPON con la finalidad de cubrir a más usuarios, es posible que exista la necesidad de implementar cambios en la red de acceso como extensiones de fibra óptica, instalación de splitters, tarjetas, etc; en este caso la norma descrita debe ser tomada en cuenta ya que es necesario establecer los nuevos parámetros con respecto al tendido, identificación, ordenamientos, ubicación de elementos activos y pasivos, etiquetado e instalación, entre otros.

"Norma técnica para el despliegue de infraestructura de soterramiento y de redes físicas soterradas para la prestación de servicios del régimen general de telecomunicaciones y redes privadas [28] "

- Esta norma tiene como objeto, regular el despliegue de infraestructura de soterramiento, y de redes físicas soterradas como fibra óptica, cables de cobre y cables coaxiales. Esta norma también se considera como colateral ya que no afecta la migración de GPON a XGSPON, sin embargo, se considera importante ya que en la actualidad hay interés por eliminar el impacto visual de los cables colgantes, y de proteger el sistema de red de factores climáticos como viento, lluvia y nieve. Sin embargo, como en el caso anterior, esta norma será tomada en cuenta si se decide realizar una ampliación de la red.

- El sistema soterrado resulta ser más confiable, flexible y estético, además permite asegurar continuidad en el funcionamiento de la red de acceso con calidad del servicio, beneficios que podrían ser de interés para redes PON.

“Reglamento para la prestación de servicios de telecomunicaciones y radiodifusión por suscripción [28]”

- El objetivo de este reglamento es regular la prestación de los servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión por suscripción definidos en la *Ley Orgánica de Telecomunicaciones*, en el artículo 33 se definen los servicios de telecomunicaciones que operan sobre las redes de telecomunicaciones como vídeo, imágenes o información de cualquier naturaleza, por otro lado los servicios de radiodifusión se definen como aquellos que pueden transmitir, emitir y recibir señales de imagen, sonido, multimedia y datos. Este reglamento es necesario para poder regular los servicios dentro de una red GPON, los cuales serán aplicados en la red con tecnología XGSPON.

“Reglamento para otorgar títulos habilitantes para servicios del régimen general de telecomunicaciones y frecuencias del espectro radioeléctrico [29]”

- Este reglamento tiene como objetivo establecer los requisitos, procedimientos, plazos y criterios para el otorgamiento, modificación, renovación y terminación de títulos habilitantes para la prestación de servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión. Los títulos habilitantes, previamente obtenidos, son importantes para la migración a XGSPON ya que permiten continuar con la operación de los servicios de telecomunicaciones; los proveedores deben estar conscientes de su caducidad ya que aproximadamente tienen una duración de 15 a 20 años, luego de lo cual deben ser renovados.

“Reglamento de interconexión [30]”

- Este reglamento menciona los conceptos básicos y obligaciones para realizar la interconexión entre redes públicas de telecomunicaciones, con independencia de tecnologías, siendo su objetivo garantizar la interoperabilidad de los servicios. Estos acuerdos se realizan entre operadores de redes de telecomunicaciones.
- El reglamento menciona que las interconexiones deben ser eficientes y sostenibles, preservando la calidad, así como estableciendo costos accesibles.

Después de analizar las normas y reglamentos que emiten las entidades reguladoras, se concluye que en Ecuador no existen normas concretas para el despliegue de una red PON o en este caso un reglamento legal específico para la migración a nuevas tecnologías PON.

Por lo mencionado anteriormente, se toma como ejemplo nacional a la CNT E.P (*Corporación Nacional de Telecomunicaciones - Empresa Pública*) la cual es la empresa proveedora de telecomunicaciones del Estado, por lo que marca la pauta para las otras empresas privadas de telecomunicaciones que ingresan al país, las mismas que deben regirse a la normativa, regulación y control nacional; en este sentido CNT permite visualizar los escenarios técnicos nacionales para desplegar redes de telecomunicaciones.

Al respecto, existe un documento emitido por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) denominado "*Normas Técnicas de Diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica [31]*", el cual detalla ciertos lineamientos técnicos y normativas legales para desplegar redes PON, los cuales no pueden ser tomados de forma general ya que son propios de este proveedor, quiere decir que cada empresa que quiera desplegar una red y brindar servicios de telecomunicaciones tomará en cuenta los lineamientos y normas generales de las entidades reguladoras y realizará su propio despliegue de redes PON.

Para la migración de GPON a XGSPON se debe procurar que los servicios mejoren y que se cumpla con los objetivos que conlleva migrar a una nueva tecnología en la red de acceso, tomando en cuenta las normas generales de las entidades reguladoras.

2.1.3 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

El análisis de los recursos económicos es uno de los principales aspectos a considerar al momento de migrar a nuevas tecnologías PON, ya que en función de estos parámetros es posible tomar decisiones con respecto a infraestructura, equipos y materiales.

Las redes de acceso óptico de largo alcance disminuyen los costos al extender el alcance físico de la red. Los beneficios de la tecnología GPON permiten reutilizar la infraestructura disponible logrando ahorrar grandes cantidades de dinero en inversiones hacia una nueva tecnología PON.

Como se mencionó anteriormente el uso de un WDM1r reduce significativamente los costos de migración; por lo tanto, las redes de acceso óptico de largo alcance son una solución rentable para las empresas que necesitan mayor capacidad.

institución, resultando un valor actual aproximado de 43.000 habitantes, dato que es considerado para el cálculo de la muestra de abonados.

Para obtener el número de abonados empresariales se ha tomado en cuenta el trabajo de titulación denominado “Análisis técnico comparativo entre LR-PON y XPON” realizado en el año 2018, en el que se escoge un escenario de 319 empresas [34], número que se eleva a 347 según el crecimiento empresarial del 9% que consta en un informe de la *Dirección Nacional de Investigación y Estudios de la Superintendencia de Compañías* [35]. Para conocer el número de hogares en Ñaquito se toma en cuenta el número promedio de integrantes de una familia en Ecuador (3,78) según el INEC, y se aplica la siguiente fórmula, ya que cada hogar va a constituir un abonado residencial.

$$\frac{43.000 \text{ habitantes}}{3.78} = 11.375,66 \text{ hogares} \approx 11.376 \text{ hogares} \quad (2.1)$$

Se calcula que en Ñaquito hay aproximadamente 11.376 hogares. Según el *Boletín Estadístico* de cierre del 2018 emitido por ARCOTEL, el 27,62% de la población en Ecuador cuenta con conexión a través de fibra óptica [35], dato que será útil para estimar el total de abonados que serán tomados en cuenta en este ejemplo.

$$11.376 \text{ hogares} * 0.2762 = 3.142,05 \text{ abonados residenciales} \quad (2.2)$$

Con respecto a la fórmula 2.2 se aprecia que en Ñaquito hay un total de 3.142 abonados residenciales, valor que se redondea a 3.000 para facilitar los cálculos en el ejemplo. En la tabla 2.4 se muestra el número de abonados totales a considerar:

Tabla 2.4. Abonados residenciales y corporativos de la parroquia Ñaquito

Abonados residenciales y corporativos del sector Ñaquito	
Abonados residenciales GPON	3000
Abonados corporativos GPON	347
Abonados totales para estimar costos	3.347

Para el cálculo de costos se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los costos son referenciales, debido a que en el presente trabajo no se realiza un diseño de red lo que impide conocer la cantidad exacta de equipos, materiales y usuarios relacionados a la implementación.
- Los costos se estiman en base a información obtenida de proyectos de implementación de redes GPON, artículos técnicos, portales web de los fabricantes y trabajos de titulación; también es importante tomar en cuenta que los costos

presentados pueden variar según el proveedor en función del presupuesto del proyecto de acceso a esta nueva tecnología.

Para este ejemplo se tomará en consideración los equipos de la marca Huawei, porque ofrece una variedad de opciones que cubren las necesidades de los proyectos de despliegue de redes de acceso con tecnología PON, a precios más económicos frente a otros fabricantes, y se destaca como una de las marcas más populares.

De acuerdo con páginas web, proveedores y proyectos realizados, que se han consultado, en el Ecuador se utiliza en su mayoría la OLT de la marca Huawei correspondiente al modelo MA5600T ETSI para soluciones GPON [36]. Para las ONU se toma en cuenta dos modelos, Smartax Ma5620 para usuarios empresariales, y para usuarios residenciales el modelo HG8245H [36]. A continuación, se muestra la tabla 2.5 que describe las características principales de estos equipos.

Tabla 2.5 Características generales de equipos OLT y ONU Huawei

Equipos Huawei	Características generales
OLT MA5600T ETSI	<ul style="list-style-type: none"> -Proporciona acceso óptico GPON, 10GPON y Ethernet P2P, servicio triple play, entre otros. -Simplifica la arquitectura de la red. -Posee 23 slots con una bandeja de ventilador en la parte superior con 16 tarjetas de servicio, donde cada una posee 8 puertos GPON, 4 puertos XGPON1, 16 GbE, entre otros. -Tiene 128 puertos GPON -Soporta alrededor de 8800 usuarios. -Capacidad de conmutación de 3,2 Tbps. -Admite IPv4 e IPv6 -Admite coexistencia de tecnologías PON -Posibilita migración a XGSPON -Alcanza una distancia máxima de GPON: 60 km y XGSPON: 100km.
ONU Smartax Ma5620	<ul style="list-style-type: none"> -ONU para soluciones FTTB para medianas y grandes empresas. -Admite unos 8, 16 o 24 puertos descendentes, para ofrecer servicios de banda ancha, VoIP, POTS y acceso a Internet. -Fuente de alimentación PoE.

	-Hereda los servicios de voz tradicionales y admiten la migración de usuarios de banda estrecha.
ONU HG8245H	-Posee interfaz GPON, entre otras. -Velocidad descendente de 2,5 Gbps. -Velocidad ascendente 1,25 Gbps. -Capacidad para VoIP, Internet y video. -Puertos 4GE, puerto de teléfono y wifi con función inalámbrica. -Posee 2 antenas.

2.1.3.1.1. Costos referenciales para GPON

A continuación, se procede a calcular el número de puertos GPON requeridos en la OLT, para lo cual se toma en cuenta que GPON soporta un número de 64 ONU por puerto. En la fórmula 2.3 se realiza el cálculo dividiendo el número de abonados para la relación máxima permitida por la tecnología GPON.

Relación de división GPON 1:64 y 3347 abonados totales

$$\frac{3347 \text{ abonados}}{64 \text{ puertos}} \approx 53 \text{ puertos} \quad (2.3)$$

Con el total de 53 puertos, se estiman 7 tarjetas de servicio, debido a que cada tarjeta posee 8 puertos, también se aumenta 1 tarjeta de *backup* para reemplazo o crecimiento de la red.

Como se observó la OLT Huawei MA5600T ETSI tiene capacidad de 16 tarjetas de servicio GPON, lo que significa que en este ejemplo la OLT tendrá capacidad de crecimiento.

Por otro lado, se toman en cuenta dos tarjetas de control: la tarjeta principal que cumple con la función de controlar y administrar el sistema para todas las tarjetas de servicio, y la otra tarjeta que sirve de *backup*, la misma que no se puede omitir debido a que desempeña la función de copiar la información de la tarjeta principal por si existen fallos, asegurando el correcto y constante funcionamiento de la OLT [36].

En la tabla 2.6 se muestra el número de tarjetas necesarias para el ejemplo considerado:

Tabla 2.6. Número estimado de puertos y tarjetas de servicio para GPON

Ítem	Cantidad(u)
Usuarios	3347
Número de ONU por puerto GPON	64
Total puertos OLT	53
Total tarjetas	8

En vista de que el presente trabajo no realiza un diseño de red, el valor de la red pasiva se considera en base a investigaciones de diseños de redes de acceso GPON, que estiman en \$80.000,00 la red óptica pasiva [37], y que consideran una superficie aproximada a la de la parroquia Ñaquito (1,8 km²). Dentro de la red óptica pasiva se incluyen los valores de elementos como fibra óptica, splitters, patch cords, pigtails, conectores, herrajes, gabinetes, adaptadores, panels, hubs, entre otros [34].

A continuación, se presenta la tabla 2.7 en la que se detallan los costos referenciales de la red de acceso con tecnología GPON, tomando en cuenta el número de usuarios previamente establecido.

Tabla 2.7. Costos CAPEX para tecnología GPON en el sector de Ñaquito

Ítem	Cantidad (u)	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Chassis OLT	1	2.900,00 [38]	2.900,00
Tarjetas de servicio	8	1.699,00 [39]	13.592,00
Tarjetas de control	2	1.200,00 [40]	2.400,00
Equipamiento pasivo	1	80.000,00	80.000,00
ONU residencial	3000	70,00 [41]	210.000,00
ONU empresarial	347	250,00 [41]	86.750,00
Total inversión inicial	-	-	395.642,00

Como se puede observar en la tabla 2.7 el costo referencial de la red GPON desplegada para el ejemplo en la parroquia Ñaquito es de 395.642,00 dólares, según la muestra de abonados tomada como referencia. El presente trabajo no toma en cuenta costos operativos, de mantenimiento, instalación, administrativos, ya que no corresponden al ámbito de esta investigación que se concentra en estimar costos referenciales de migración a la tecnología XGSPON y no a los costos de operación, administración y gestión de la red.

2.1.3.1.2. Costos referenciales para incorporar XGSPON

A continuación, se presentan los valores de costos estimados para la migración parcial de la red GPON en base al ejemplo planteado, considerando la reutilización de infraestructura GPON desplegada, en donde se agregarán los elementos necesarios para el funcionamiento de XGSPON.

Para los cálculos se estima que el 75% de usuarios empresariales estarían interesados en migrar a esta nueva tecnología, este dato fue obtenido del sondeo de interés realizado en este trabajo de integración curricular, en el que las empresas manifiestan su interés por

migrar a XGSPON (figura 3.7). Por lo que los abonados empresariales que migrarían serían 261.

En esta sección no se toma en cuenta la migración de abonados residenciales a XGSPON, ya que con la tecnología GPON solventan sus necesidades y exigencias de ancho de banda.

Para calcular el número de tarjetas de servicio XGSPON, se considera que XGSPON permite 128 ONU por puerto y se realiza el procedimiento descrito para la red GPON, para migrar se requieren 3⁹ puertos y se estima 1¹⁰ tarjeta de servicio con 1 tarjeta *backup*. A continuación, se muestra la tabla 2.8 con los datos anteriormente descritos:

Tabla 2.8 Numero de puertos y tarjetas para implementar XGSPON

ítem	Cantidad (u)
Abonados empresariales que migran a XGSPON	261
Número de ONU por puerto XGSPON	128
Total puertos OLT	3
Total tarjetas	1

Para realizar la migración y lograr la coexistencia de estándares se necesita agregar el elemento WDM1r externo (subrack) el cual posee 16 ranuras, en cada una de las cuales es posible insertar un módulo WDM1r (Figura 2.10), este elemento de coexistencia admite dos entradas GPON y dos entradas XGSPON, con sus respectivos puertos de salida que llevarán las señales multiplexadas.

Existen diferentes modelos de WDM1r que cuentan con más puertos de entrada y salida, sin embargo, para este ejemplo se toma en cuenta el WDM1r descrito anteriormente ya que sus entradas son compatibles y suficientes para los estándares de interés, logrando que convivan los usuarios GPON y XGSPON. Para conocer sobre modelos de WDM1r se recomienda ver ANEXO II. Multiplexores de coexistencia xWDM/xPON WDM1r

Para encontrar el número necesario de WDM1r se toma en cuenta la cantidad de abonados que van a migrar (261), considerando que XGSPON admite 128 ONU por puerto; seguidamente se dividen los dos datos, lo que implica la necesidad de 3 puertos COM multiplexados los cuales van a estar distribuidos en tres elementos WDM1r.

A continuación, se señala la cantidad de WDM1r necesarios:

⁹ Número de abonados divididos para 128.

¹⁰ Se estima 1 tarjeta de servicio, ya que cada una posee 8 puertos.

Tabla 2.9. Estimación de WDM1r externo y módulos WDM1r

Ítem	Cantidad (u)
Usuarios	261
Salidas splitter	128
Total de módulos WDM1r	3
Total subracks WDM1r	1

Con esta información se procede al siguiente cálculo de costos:

Tabla 2.10. Gastos CAPEX para tecnología XGSPON

Ítem	Cantidad (u)	Costo por unidad (\$)	Costo Total (\$)
Subrack WDM1r	1	200,00 [42]	200,00
Módulo WDM1r	3	800,00 [43]	2.400,00
Tarjetas XGSPON	1	2.000,00 [44]	2.000,00
ONU XGSPON	261	570,00 [42]	148.770,00
Total de inversión	-	-	153.370,00

Como se puede observar en la tabla 2.9 el costo referencial para migrar a XGSPON con el número de abonados empresariales considerado es de 153.370,00 dólares.

A continuación, en la tabla 2.11 se presentan los resultados:

Tabla 2.11. Costos totales de cada tecnología

ítem	Costos CAPEX (\$)
Costos red GPON para 3347 usuarios	395.642,00
Costos adicionales para migrar a XGSPON para 261 usuarios	153.370,00

Como se puede observar, el costo estimado de inversión para migrar a XGSPON en coexistencia con GPON es de 153.370,00 dólares. Si no se toma en cuenta la red preexistente y se incursiona en una red de acceso a XGSPON desde sus inicios, la inversión CAPEX sería mucho más costosa, por lo menos en un 25%, como se puede constatar en el estudio realizado por la empresa consultora de tecnología *Analysys Mason*¹¹ en noviembre del 2018 con el título “*La mejor relación calidad-precio de la tecnología XGSPON*”, cuyos objetivos fueron estimar:

¹¹ Es la consultora de gestión líder en el mundo centrada en telecomunicaciones, medios y tecnología [45].

- Los costos de inversión CAPEX GPON y XGSPON, tomando en cuenta la implementación de red desde sus inicios (*greenfield*) [45].
- Los costos estimados de implementar XGSPON en coexistencia con la red GPON, reutilizando los elementos de la red preexistente [45].

El estudio llega a la siguiente conclusión:

- El costo CAPEX para implementar XGSPON en un escenario *greenfield* es 25% más costoso que desplegar una red de acceso GPON en las mismas circunstancias.

La investigación de *Analysys Mason* también afirma que en los próximos años XGSPON cobrará un impulso significativo en todo el mundo, por lo que se espera que los valores de los equipos para migrar a XGSPON sean más baratos y accesibles en los mercados, en la medida que crezca la demanda y la popularidad de esta tecnología [45].

Tomando en cuenta estos antecedentes el presente trabajo concluye que migrar a XGSPON en un escenario de coexistencia GPON representa ahorro, porque se reutiliza gran parte de la red GPON implementada, además cabe mencionar que para el ejemplo realizado se utilizan solo tres puertos de la OLT con tecnología XGSPON lo que indica que existe posibilidades de crecimiento de abonados a mediano plazo.

Adicionalmente, los valores que se expone la Tabla 2.11 resultan razonables, tomando en cuenta los beneficios, calidad de servicio y nuevo ancho de banda que cubrirán las necesidades y exigencias tecnológicas de los abonados empresariales, permitiéndoles acceder al uso de nuevos servicios.

2.1.4. SONDEO DE INTERÉS DIRIGIDO A EMPRESAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

El sondeo de interés fue direccionado a empresas del Distrito Metropolitano de Quito con el objetivo de evaluar la situación actual en lo que respecta a tecnologías PON y su interés por migrar a XGSPON. La encuesta se realizó a 24 empresas que actualmente o en un futuro próximo podrían necesitar un mayor ancho de banda para suplir las necesidades de sus usuarios.

La encuesta se aplicó a los departamentos de tecnología, para que sea respondida por el personal técnico responsable de estas áreas, logrando confiabilidad y soporte en los datos obtenidos.

La encuesta fue aplicada a través de la herramienta de Google Forms, obteniendo un registro digital actualizado que permite generar resultados a través de gráficos e

indicadores los cuales serán analizados en el capítulo 3. Varias empresas integraron la muestra para la encuesta, entre otras se destacan: ACIMCO Ecuador, James Brown Pharma CA, SAITEL, Grupo Atlas.

La encuesta incluyó 13 preguntas que permitieron indagar: velocidad de acceso a internet, calidad de los servicios, anchos de banda, nudos críticos en los servicios de internet, conocimiento sobre XGSPON e interés por migrar a esta nueva tecnología.

Ver ANEXO III. Encuesta para sondeo de interés.

3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo ratifica que las redes ópticas pasivas son una alternativa para resolver los requerimientos de ancho de banda y mejorar la velocidad de transmisión de las redes de acceso.

En el Ecuador como en otros países la tecnología GPON es la más desplegada, sin embargo, se queda rezagada frente a la demanda de mayor ancho de banda y el consumo masivo de nuevos dispositivos de voz y video, que promueven migrar a nuevas tecnologías como XGSPON, la cual funciona en las mismas longitudes de onda que un sistema GPON y admite una velocidad de 10 Gbps simétricos.

3.1 ANALISIS COMPARATIVO DE GPON Y XGSPON

3.1.1 ESTRUCTURA

Las tecnologías GPON y XGSPON presentan una arquitectura de red similar, están compuestas de elementos de red importantes como son OLT, ONU y ODN. Cada una de estas arquitecturas de red se encuentran descritas en las recomendaciones que constan en el capítulo 1, y se pueden observar en la figura 1.2 y figura 1.5 respectivamente, se observa que pueden coexistir y que hay flexibilidad para nuevos elementos en la red de acceso con tecnología GPON y XGSPON.

GPON tiene la capacidad de mejorar y aumentar los servicios que ofrece, ya que puede migrar a XGSPON, esto es posible gracias a la flexibilidad de la red que permite incorporar elementos para trabajar en diversas longitudes de onda.

La tecnología XGSPON puede incluir WDM1r, mostrando la compatibilidad y capacidad de convivencia de estos dos estándares. La flexibilidad de la red GPON apoya la actualización de tecnologías sin la necesidad de desplegar una ODN completamente nueva.

3.1.2 SERVICIOS SOPORTADOS

Las tecnologías GPON y XGSPON ofrecen servicios simétricos y asimétricos de banda ancha, líneas dedicadas E1 y T1, VoIP, POTS, entre otros. Cabe mencionar que los servicios que oferta y soporta cada tecnología dependen de las características y capacidades de ancho de banda.

La tecnología XGSPON ofrece nuevos servicios como: backhaul móvil, conexiones virtuales Ethernet.

3.1.1 LONGITUDES DE ONDA Y VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

GPON posee velocidades simétricas de 2,4 Gbps y una velocidad ascendente de 1,2 y descendente de 2,4 Gbps, además proporciona una cobertura que alcanza entre 20 km y 40 km, y emplean las siguientes longitudes de onda: ascendente en el rango de 1260-1360 nm; y descendente en el rango de 1480-1500 nm, en sistemas de una fibra y 1260-1360 nm en sistemas de dos fibras.

Por otro lado, XGSPON posee una longitud de onda de trabajo de enlace descendente en el rango de 1575-1580 nm y en enlace ascendente en el rango de 1260-1280 nm, adicionalmente proporciona 10 Gbps simétricos y un alcance de hasta 100 km.

La reutilización de las longitudes de onda permite la coexistencia de tecnologías en la misma ODN, impulsando la actualización o migración a tecnologías de nueva generación, las longitudes de onda de XGSPON son diferentes que los rangos definidos por las tecnologías heredadas antecesores.

3.2 RESULTADOS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA

La migración a una nueva tecnología PON consiste en que los operadores consideren aprovechar la infraestructura existente en coexistencia con la tecnología heredada. La recomendación de la UIT-T G.9807.1 expone dos alternativas para llevar a cabo la coexistencia de tecnologías (GPON y XGSPON). La una es por medio de un elemento denominado WDM1r con un conjunto de longitudes de onda básicas para XGSPON donde es posible que coexistan varias ONU de los distintos estándares en la misma ODN.

Adicionalmente se define el segundo escenario, el cual incluye dos arquitecturas que involucran extensores de alcance *RE*, que es un elemento activo que permite extender la línea óptica, y proporciona un presupuesto óptico adicional, puede incrementar la relación de división de potencia, pero impacta en el costo energético del enlace.

Según los resultados del estudio de factibilidad técnica la mejor opción para migrar a XGSPON es conservar la ODN heredada, añadiendo elementos de coexistencia adicionales para gestionar los estándares a las distintas OLT. Como resultado se toma en cuenta el WDM1r que presenta un buen rendimiento frente a las longitudes de onda de las tecnologías implicadas.

3.3 RESULTADOS DE LA FACTIBILIDAD LEGAL

Los resultados del estudio de la factibilidad legal indican que en Ecuador no existen normas concretas para el despliegue de una red PON, tampoco se cuenta con un reglamento específico para la migración a nuevas tecnologías PON.

Sin embargo, instituciones como el MINTEL y ARCOTEL se encargan de coordinar, controlar y supervisar la aplicación de las tecnologías de información y comunicación, así como el espectro radioeléctrico.

Cabe mencionar que estas entidades no emiten normas puntuales para gestionar el despliegue de tecnologías PON en el Ecuador, más bien regulan los servicios que se pueden operar sobre la red de acceso, por esta razón los documentos necesarios para desplegar una red PON actualmente consisten en la obtención de títulos habilitantes, teniendo en cuenta las normas colaterales que sean de utilidad.

3.4 RESULTADOS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Para migrar a XGSPON es necesario tomar en cuenta la red preexistente, ya que incursionar en una red de acceso XGSPON desde sus inicios sería mucho más costoso, es importante no desconocer la coexistencia con GPON, lo que crea factibilidad y viabilidad a un proyecto tecnológico de esta naturaleza, en el que también hay que considerar una buena relación calidad-precio, tomando en cuenta que en los próximos años XGSPON tendrá un impulso significativo y se abaratarán los elementos necesarios para migrar a esta tecnología.

3.5 RESULTADOS DEL SONDEO DE INTERÉS

El sondeo de interés se realizó con el objetivo de obtener más información sobre algunas empresas del Distrito Metropolitano de Quito y la posibilidad de que migren a la tecnología XGSPON, cabe recalcar que no se realizó la extracción de una muestra con respecto al universo de empresas existentes, se aplicó un muestreo por conveniencia.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

La primera pregunta tiene como objetivo indagar la tecnología de acceso que tiene contratada cada empresa, los resultados de la encuesta determinan que alrededor del 95.8% trabaja con fibra óptica con tecnología GPON, lo cual resulta ser un buen indicativo porque la mayoría de las empresas tendrían un escenario *brownfield* favorable para la

actualización de la red a tecnologías de nueva generación como XGSPON, hay que destacar que el cambio de tecnología sería reutilizando la infraestructura preexistente.

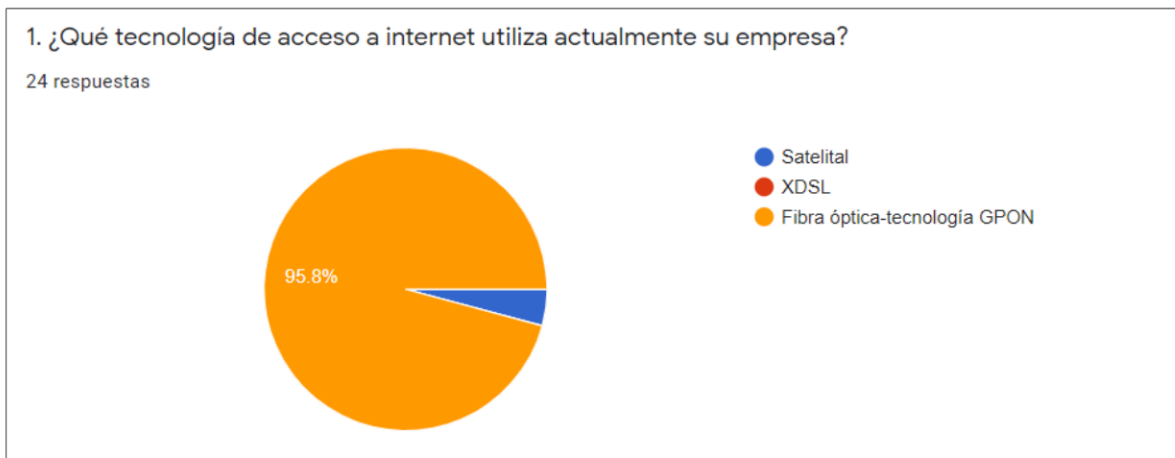


Figura 3.1. Tecnología de acceso a internet en las empresas.

Como se observa en la figura 3.2. el 41.7% de las empresas encuestadas tiene contratada una velocidad de acceso de 60 a 100 Mbps, el 16.7% cuenta con una velocidad de acceso de 1 a 2 Gbps; estos resultados indican que la mayoría de empresas no acceden a altas velocidades, el crecimiento de usuarios demandará de la empresa su migración a nuevas tecnologías; esta es una oportunidad para recomendar y dar a conocer las tecnologías de nueva generación como XGSPON la cual ofrece mayores velocidades de acceso.



Figura 3.2. Velocidad de acceso contratada en las empresas.

Los datos de la figura 3.3 reflejan los inconvenientes más comunes al utilizar internet, la encuesta indica que el 50% de empresas experimenta desconexión sin motivo aparente, el 41.7% presenta problemas por descargas lentas y dificultad para abrir aplicaciones, así como el 37% presenta lentitud al abrir páginas web, esta pregunta evidencia la necesidad

de mejorar las velocidades y la gestión de acceso a internet evitando colapsos, cuellos de botella e intermitencias.

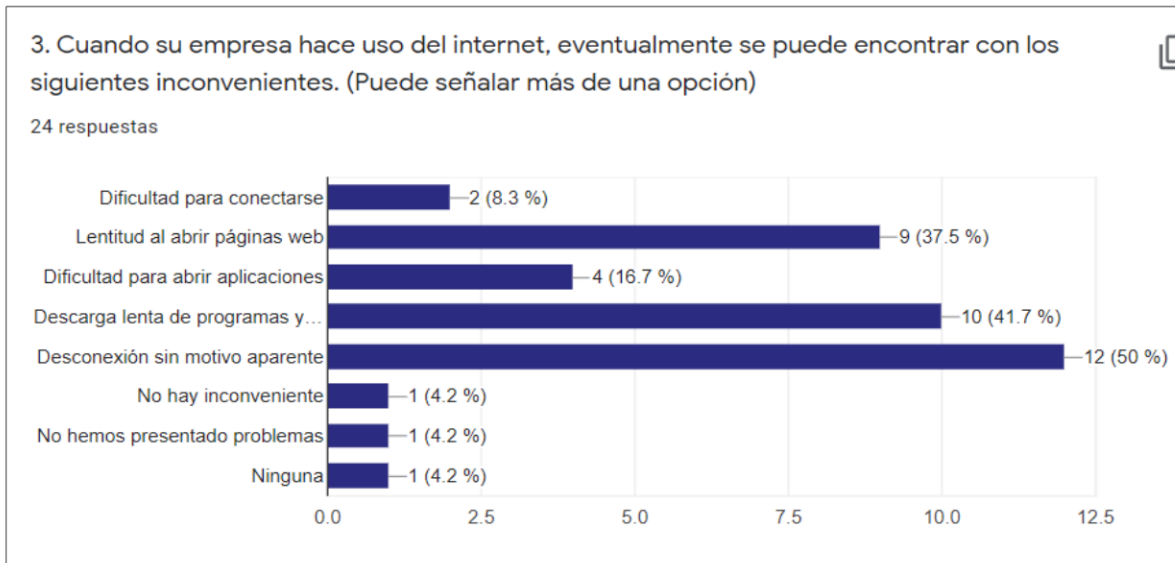


Figura 3.3. Inconvenientes al conectarse al internet.

Según la Figura 3.4, para la mayoría de las empresas (62.5%) la tecnología de acceso cubre medianamente sus exigencias y necesidades de velocidad de transmisión, mientras el 33.3% respondió que la velocidad de transmisión actual satisface totalmente sus necesidades; lo que demuestra que la velocidad de transmisión es uno de los factores claves para mejorar la calidad de servicio a los usuarios, así como incrementar la dinámica organizacional y la productividad de la empresa.

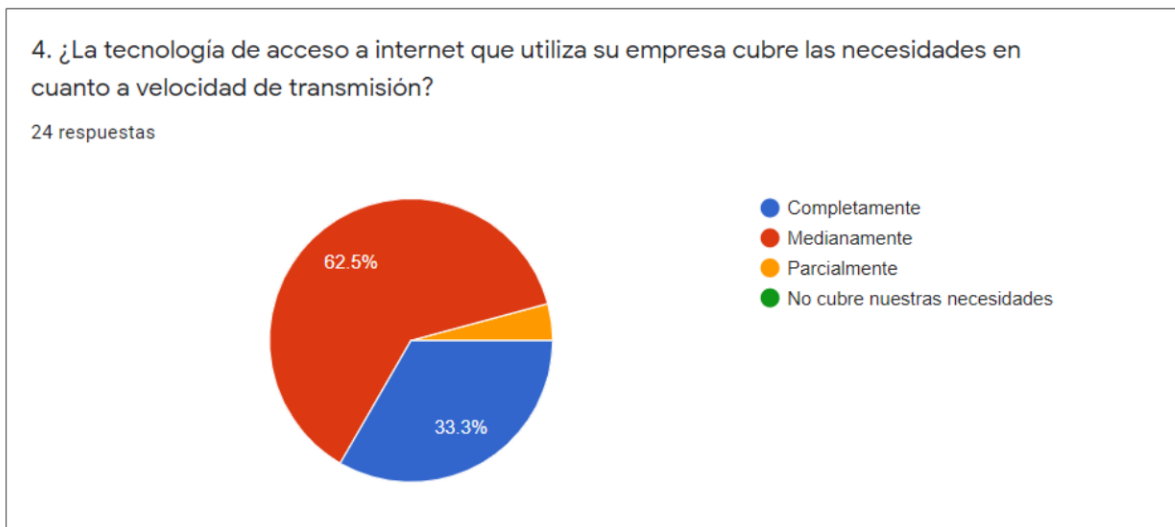


Figura 3.4. Necesidad con respecto a velocidad de transmisión.

Los resultados obtenidos según la figura 3.5 configuran escenarios con problemas de calidad del servicio para las empresas, la investigación demuestra que para el 58.3% de

las empresas no se solventan sus necesidades en cuanto a velocidad de transmisión, ancho de banda, entre otros aspectos; generando el servicio problemas comunes como jitter, latencia, etc. A su vez el 41.7% respondieron que se encuentran satisfechos con la calidad de servicio.

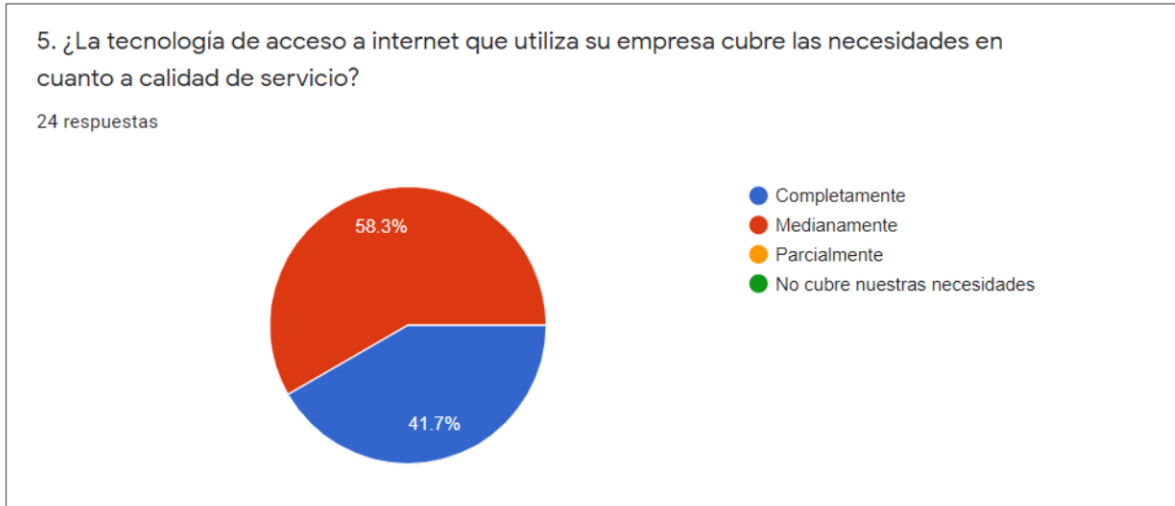


Figura 3.5. Calidad de servicio.

En la figura 3.6 se puede constatar que el 70.8% de los encuestados no conoce la tecnología XGSPON, sin embargo, aproximadamente una tercera parte de los encuestados tiene conocimiento y entiende esta tecnología. Estos resultados corroboran la necesidad de informar, socializar, promover y capacitar al sector empresarial para fomentar la innovación tecnología y dar a conocer los beneficios y alcances de las tecnologías de nueva generación PON, que sin duda darán mayor dinámica, crecimiento, calidad, competitividad y productividad empresarial en la nueva economía digital. Por esta razón es prioritario impulsar XGSPON en el Ecuador.

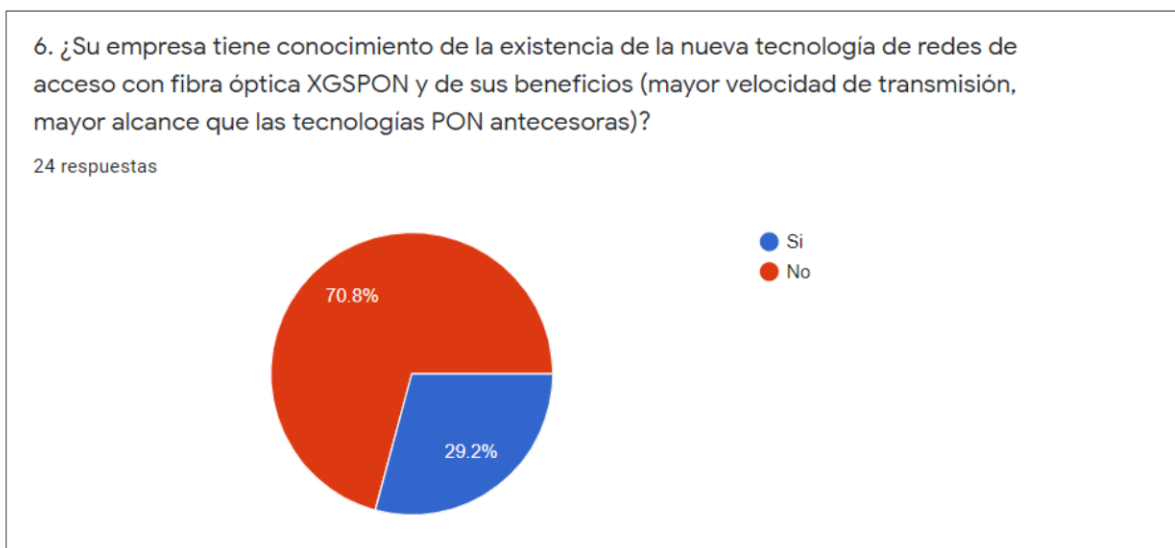


Figura 3.6. Conocimiento sobre la tecnología XGSPON.

En la figura 3.7 se constata que crece el interés de las empresas por conocer y migrar a nuevas tecnologías (XGSPON), las empresas encuestadas manifiestan estar medianamente y muy interesadas (75%) en conocer y planificar una posible migración a XGSPON. Lo que demuestra la necesidad de políticas de fomento de las nuevas tecnologías desde el sector público, las cámaras de empresariales, los ministerios del ramo, los gremios de empresariales, las entidades que regulan las telecomunicaciones (MINTEL, ARCOTEL). Por otro lado, sólo la quinta parte de las empresas encuestadas respondieron que se encuentran poco o nada interesados en migrar a XGSPON.

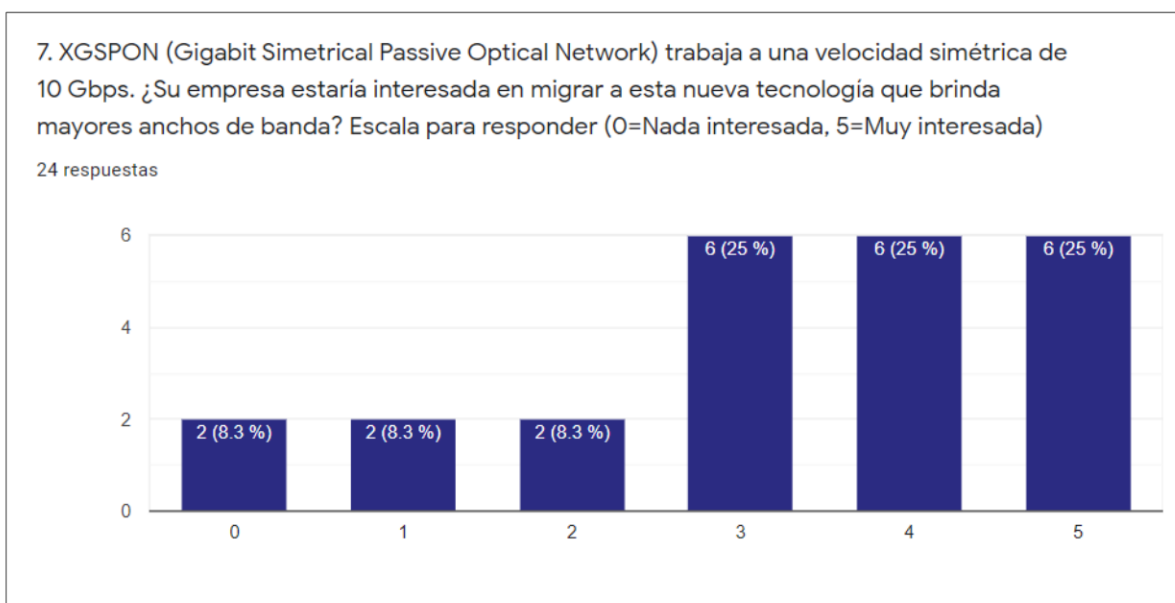


Figura 3.7. Interés por migrar a XGSPON.

La figura 3.8 muestra los resultados relacionados a los beneficios más significativos que brinda XGSPON, se puede observar que el 87.5% de los encuestados considera que uno de los principales beneficios será tener una mayor velocidad de acceso, el 66.7% considera que un cambio importante está ligado a mejorar la calidad de servicio, y por otro lado el 50% de los encuestados responde que la seguridad dentro de la red es uno de los beneficios más importantes; los resultados señalan un interés creciente de las empresas por los beneficios de XGSPON y por la actualización tecnológica. Se destaca que, junto a la velocidad y calidad, la fiabilidad es un factor importante, es decir que el sistema esté operativo y disponible sin interrupciones, que funcione bajo condiciones preestablecidas y en los períodos acordados.

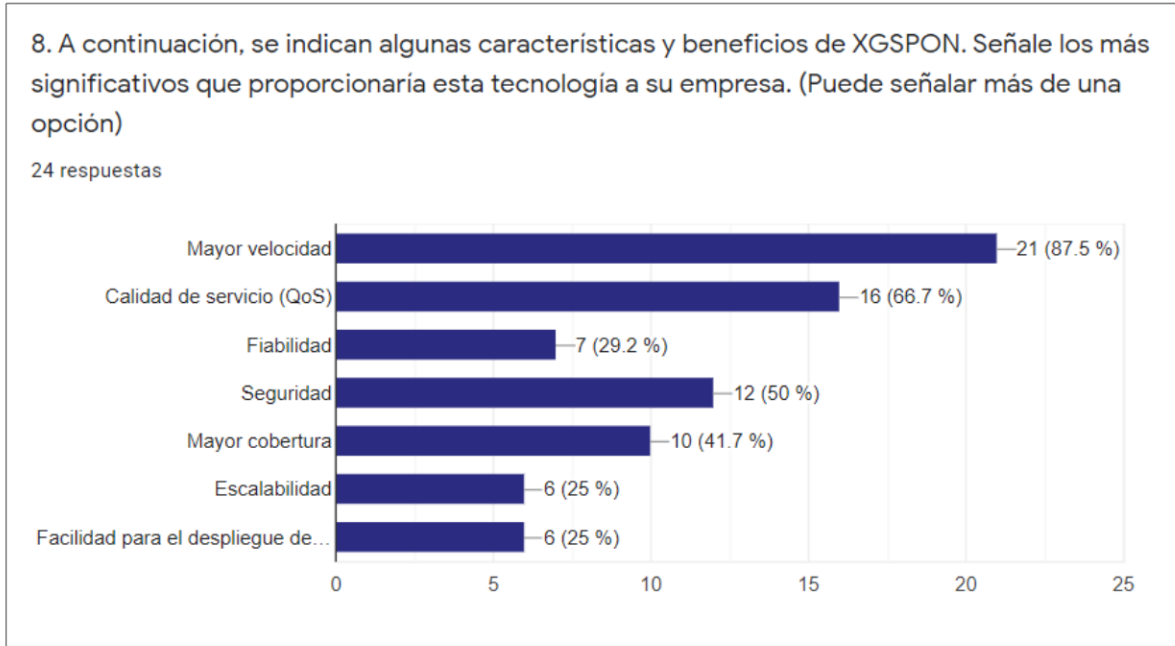


Figura 3.8. Tecnología de acceso a internet en las empresas.

Como se observa en la figura 3.9, las empresas encuestadas señalan que los servicios más utilizados serían: WIFI, video conferencia y vigilancia, uso de servidores, así como programas de gestión, entre otros; se observa que las empresas utilizarán múltiples servicios simultáneos para desarrollar sus actividades.

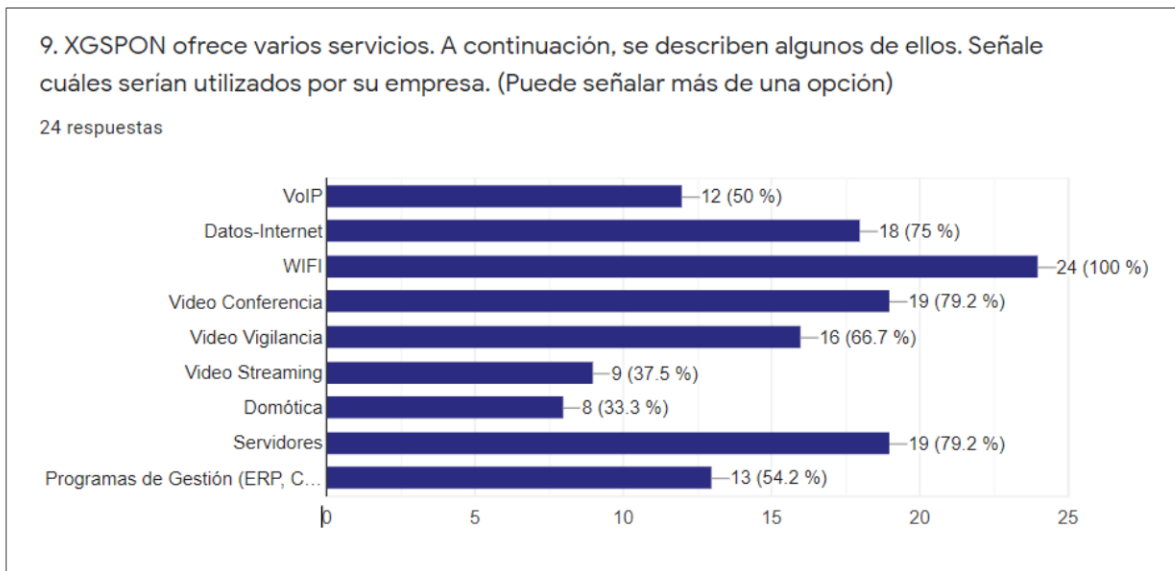


Figura 3.9. Servicios ofrecidos por XGSPON.

Se observa en la Figura 3.10, que la innovación tecnológica es una prioridad muy importante para la mayoría de las empresas, alrededor del 50% optará por realizar cambios y procesos

de actualización; sin duda sin cambios tecnológicos se estanca la competitividad, también se requiere un cambio cultural para visualizar la aplicación de nuevas tecnologías como una inversión rentable y productiva.

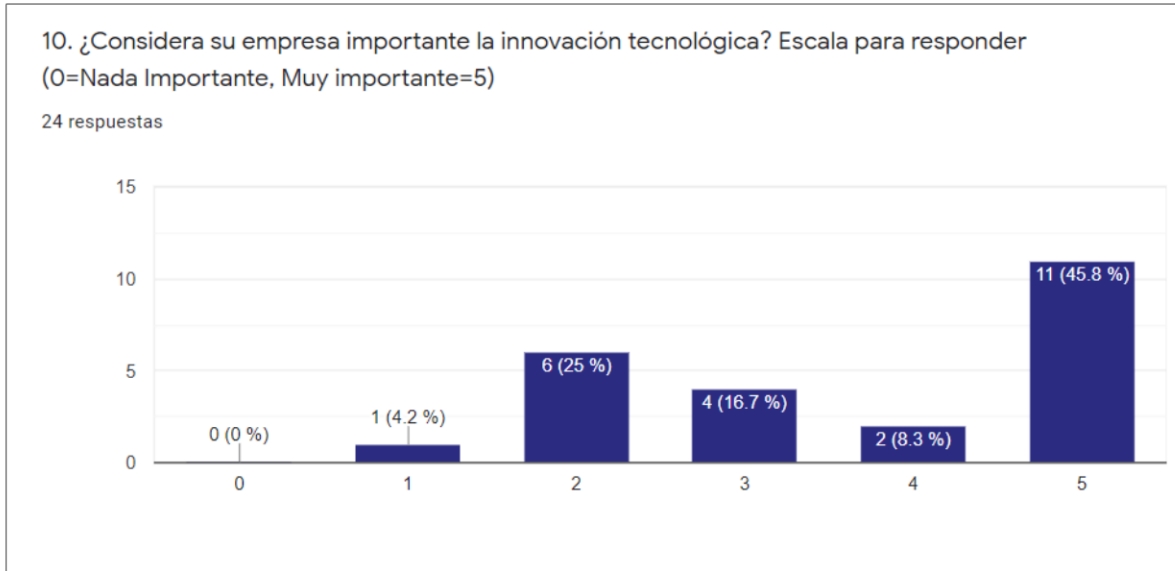


Figura 3.10. Innovación tecnología en las empresas.

Se evidencia en la figura 3.11 que los costos y la falta de presupuesto serían uno de los factores para no migrar a XGSPON, el 54.2% de los encuestados coincide en que los costos para actualizar una tecnología son elevados y ese sería la principal limitante, sin embargo un buen estudio de factibilidad, un plan de innovación, junto a la estructuración de un flujo de caja favorable, así como la posibilidad de acceder a nuevos mercados y satisfacer las demandas de los clientes, serían determinantes para que las empresas diseñen y apliquen procesos de migración a XGSPON.

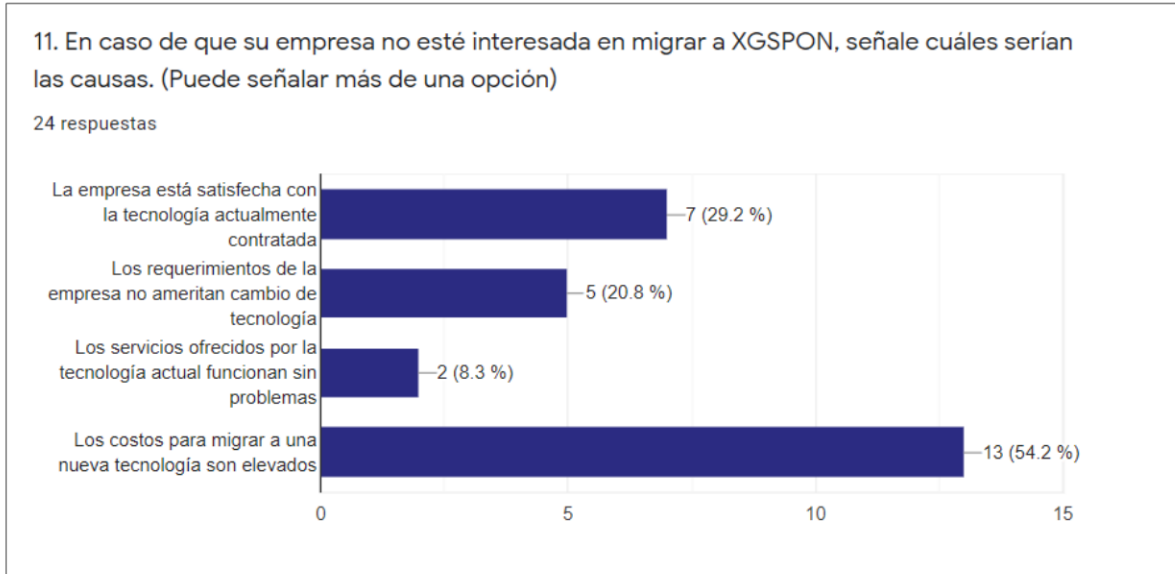


Figura 3.11. Razones para no migrar a XGSPON.

Los datos que se exponen en la figura 3.12, ratifican que para las empresas es una inversión migrar a la tecnología XGSPON (62,5%), y la tercera parte de las empresas consideran que es una tecnología necesaria (33,3%).

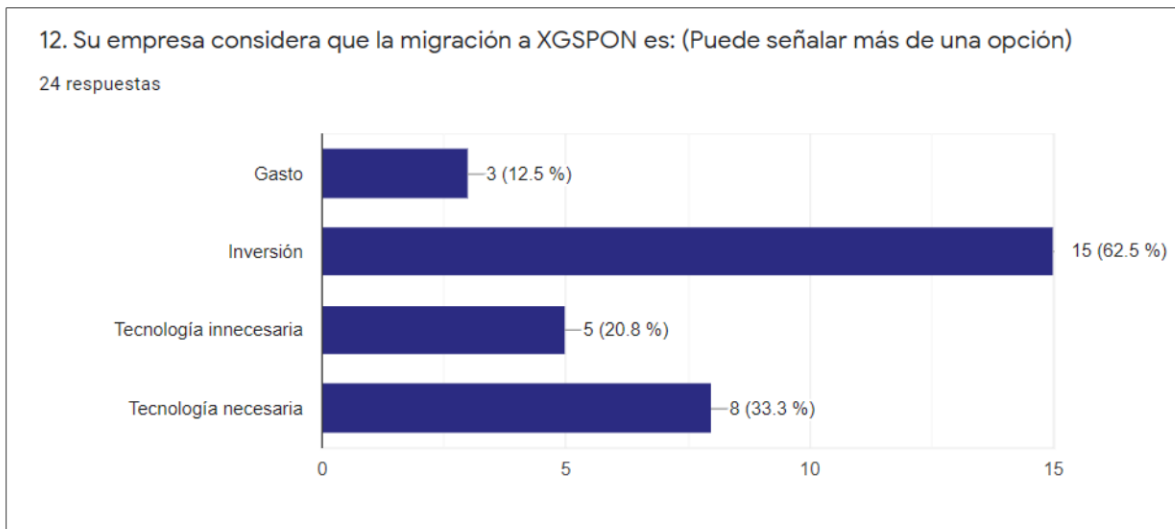


Figura 3.12. Consideraciones acerca de XGSPON.

Según la información de la Figura 3.13, se aprecia una interesante expectativa a corto plazo de las empresas por los cambios y la innovación tecnológica, una mirada de los escenarios económicos y productivos de 1 a 5 años demuestra que la gerencia y los departamentos de tecnología en las empresas tienen colocada en sus agendas administrativas proyectos para acceder a tecnología de nueva generación, así el 75% considera que puede anticipar una actualización tecnológica en los próximos años.

13. En caso de que el proveedor ofrezca la tecnología XGSPON y con respecto al crecimiento de su empresa ¿En qué tiempo considera posible migrar a esta nueva tecnología, de acuerdo con la demanda de ancho de banda y el crecimiento de los usuarios?

24 respuestas

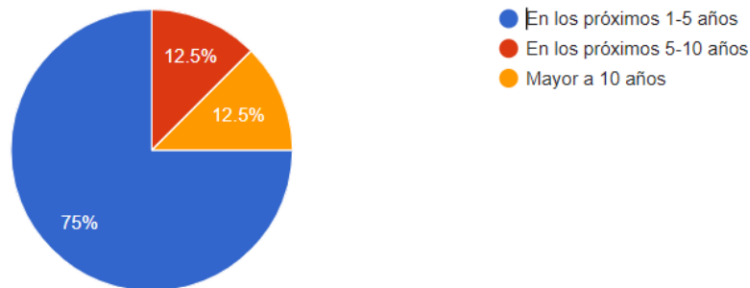


Figura 3.13. Tiempo estimado para migrar a una nueva tecnología de acceso como XGSPON.

3.6 CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones obtenidas del presente trabajo de integración curricular referido al estudio de factibilidad técnica, legal y económica para la migración de redes de acceso GPON a XGSPON:

- Las tecnologías PON siguen en constante desarrollo ofreciendo nuevas alternativas, las mismas que proveen mayor ancho de banda y mejoran la calidad del servicio a los usuarios, optimizan las conexiones triple play gracias a sus altas velocidades y se caracterizan por la reducción de elementos activos en la red.
- La tecnología más desplegada en el Ecuador es GPON, lo cual representa un escenario (*brownfield*) favorable y una oportunidad para los proveedores que decidan realizar la migración a la tecnología XGSPON aprovechando la capacidad de coexistencia con GPON, reutilizando los elementos de la red heredada, lo que significa que no es necesario desplegar una nueva ODN.
- XGSPON, en una infraestructura similar a la de GPON, posee un mejor ancho de banda y ofrece un mayor rendimiento con relación a los servicios ofrecidos a los usuarios finales.
- XGSPON satisface requerimientos de mayor ancho de banda, hay que tomar en cuenta que la implementación completa de este tipo de redes podría significar elevados costos de implementación, por esta razón una solución viable sería plantear la migración de las redes GPON ya desplegada a XGSPON en escenario

de coexistencia, lo que determina la factibilidad económica y ahorro de costos, protegiendo las inversiones de la red heredada.

- La aplicación del WDM1r reduce significativamente los costos de migración, por lo tanto, las redes de acceso óptico de largo alcance son una solución rentable para las empresas que necesitan mayor capacidad.
 - El estudio demuestra que la tecnología XGSPON es una inversión beneficiosa a largo plazo por su capacidad de coexistencia y el ciclo de vida de gran alcance de la fibra, permitiendo a los proveedores expandir su red e incrementar la cantidad de suscriptores.
- Migrar de la red de acceso con tecnología GPON a XGSPON es posible gracias a los elementos de coexistencia como el WDM1r, dispositivo que se encarga de multiplexar las longitudes de onda de los distintos estándares que se encuentran en la OLT.
 - WDM1r se trata de un elemento que está disponible en el mercado a costos cada vez más accesibles, existen algunos modelos de WDM1r que aceptan varios estándares con dos o más salidas multiplexadas, lo que brinda una variedad de elecciones que se ajustan a los requerimientos de los proyectos de migración.
 - En el Ecuador el marco legal de las telecomunicaciones es regulado y direccionado por el Estado, permitiendo su desarrollo y una oferta de servicios en el país. Sin embargo, en el país no existen normas concretas para el despliegue de redes PON o un reglamento legal específico para la migración a nuevas tecnologías PON, lo que si existe es el otorgamiento de títulos habilitantes para gestionar los servicios de telecomunicaciones, los mismos que deben ajustarse a normas colaterales que influyen indirectamente el despliegue de redes de acceso.
- Según los resultados de la encuesta la mayoría de las empresas poseen tecnología de acceso a internet a través de fibra óptica con tecnología GPON, lo que configura un escenario favorable *brownfield* para la actualización de la red a tecnologías de nueva generación como XGSPON.
 - Las empresas encuestadas manifiestan tener diversas dificultades con su red de acceso actual, por lo que el sondeo reflejó el interés empresarial para cambiar de tecnología en los próximos cinco años, ante la posible oferta de los proveedores de XGSPON.

3.7 RECOMENDACIONES

- Para posteriores trabajos de integración curricular que estudien la migración de redes de acceso con tecnología GPON a XGSPON, se recomienda incorporar diseños de red que permitan establecer un escenario más detallado de la coexistencia de estas dos tecnologías, y a su vez determinar la solución menos costosa para proyectos futuros.
- Se recomienda profundizar el estudio sobre el elemento WDM1r que cumple un papel fundamental al momento de migrar de redes de acceso GPON a XGSPON.
- Tomando en cuenta la situación actual del país, se recomienda generar proyectos de coexistencia en las redes de acceso ópticas a nivel nacional, que permitan a los operadores y a las administraciones de gobierno impulsar de manera progresiva la tecnología GPON y XGSPON, en el marco de un país más digital.
- Se recomienda realizar simulaciones de diseños de redes de acceso que tengan GPON y XGSPON en coexistencia, para evaluar las posibles problemáticas y errores relacionados, con el objetivo de mejorar la calidad de las redes desplegadas.
- Actualmente, los proveedores se encuentran frente a la necesidad de innovar e impulsar la migración a nuevas tecnologías como XGSPON, por lo que se recomienda ampliar los sondeos de interés a nivel nacional y en los diferentes sectores empresariales, así como a los posibles abonados para que conozcan y consideren migrar a esta tecnología.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M.De. (2020, noviembre). Webinar ViaVi Getting to Next Generation PON-PON Basic.[Online].Available: <https://www.viavisolutions.com/en-us/xgs-pon>. [Accedido: Nov 20,2021]
- [2] T.Horvath, P.Munster, V.Oujezsky, N. Bao, “Passive Optical Networks Progress: A Tutorial”, *Electronics*, vol. 9, pp 2-31, Julio 2020. [Online]. [Accedido: Nov 17,2021]
- [3] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas. ITU-T G.983.1, 2005. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.1-200501-I/en>. [Accedido: Nov 23,2021]
- [4] "PON (Red óptica pasiva)," Óptico, Shenzhen Óptico Communication CO., LTD, Parque Industrial de Changfeng, Junio, 2019 [Online]. Available: <http://www.opticomfiber.com/info/pon-passive-optical-network-31833843.html>. [Accedido: Dic 20,2021]
- [5] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General Characteristics. ITU-T G.984.1, 2008. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/en>. [Accedido: Dic 20,2021]
- [6] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabit (GPON): Extensión del alcance. ITU-T G.984.6, 2008. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.6/es>. [Accedido: Dic 27,2021]
- [7] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (GPON): Especificación capa de medios físicos. ITU-T G.984.2, 2019. [Online].Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2-201908-I>. [Accedido: Dic 27,2021]
- [8] F.Effenberger, H. T. US, D. Cleary, I. Calix, O. Haran, P. Sierra, G. Kramer, I. Teknovus, R. Ding Li, I. Motorola, M Oron, I. Tellabs, T.Pfeiffer y A. Germany, “An introduction to PON-Technologies”, *IEEE Communications Magazine*, vol 45, n 3, pp 15-25, 2007. [Accedido: Dic 27,2021]
- [9] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabit (GPON): Especificación de la capa dependiente de medios físicos, ITU-T

- G.984.2, 2003. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2-201908-I>. [Accedido: Ene 27,2021]
- [10] G. Cadena, “Biblioteca digital EPN”, M.S, Escuela Politecnica Nacional, noviembre 2014.[Online].Avaliable:<https://bibdigital.epn.edu.ec/simple-search?query=G.+Cadena+y+J.Pozo%2C>. [Accedido: Ene ,2022]
- [11] Huawei, “Principles of Services Reuse-GEM Port and T-CONT [OLT Technology]”, <https://forum.huawei.com/enterprise/en/principles-of-services-reuse-gem-port-and-t-cont-olt-technology/thread/671545-100181> Created: Nov 22, 2020 portal web. [Accedido: Ene ,2022]
- [12] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Gigabit-capable passive optical networks (GPON) Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabit: “Transmission convergence layer specification”, 2014. [Accedido: Ene ,2022]
- [13] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Redes ópticas pasivas simétricas de capacidad de 10 gigabits (XGS-PON): Extensión de Enlace. ITU-T G.9807.2, 2017. [Accedido: Ene ,2022]
- [14] Unión Internacional de Telecomunicaciones, 10-Gigabit-capable symmetric passive optical network (XGS-PON)): Access networks – “Optical line systems for local and access networks”, ITU-T G.9807.1, 2016. [Accedido: Ene ,2021]
- [15] J. Brooks, “Broadband Forum adds XGS-PON to certification program”, in XGSPON program, 2019, pp 1-9. [Online]. Available: <https://www.broadband-forum.org/2020-06-08-broadband-forum-adds-xgs-pon-to-certification-program>. [Accedido: Ene 27,2022]
- [16] ARCOTEL, “Servicio de Acceso a Internet. Boletín Estadístico”, noviembre 2020. [Online]. Available:<https://www.arcotel.gob.ec/wpcontent/uploads/2020/12/BOLETIN-NOVIEMBRE-2020-25-11-2020.pdf>.[Accedido: Ene ,2021]
- [17] Ministerio de Telecomunicaciones y de la sociedad de la información, “Ecuador sigue creciendo con fibra óptica”, Ecuador,2019. [Online]. Available: [https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-continua-creciendo-en-fibra-optica/#:~:text=La%20mayor%20cantidad%20de%20kil%C3%B3metros,km%20en%20carreteras%20\(7%25\)](https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-continua-creciendo-en-fibra-optica/#:~:text=La%20mayor%20cantidad%20de%20kil%C3%B3metros,km%20en%20carreteras%20(7%25)). [Accedido: Ene 27,2021]

- [18] D. Tarsono, A. Ahmad, K. Khairi, K. A. Sharif, M. H. Othman, N. A. Ngah, Z. A. Manaf, "Optical and Network Performance Analysis of XGS-PON System over Active Co-Existence PON Systems", *Optics and Photonics Journal*, vol. 45, 2017, 7, 40-48 ISSN Online: 2160-889X ISSN Print: 2160-888 pp. 40-48, Junio 2017. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/319012114_Optical_and_Network_Performance_Analysis_of_XGS-PON_System_over_Active_Co-Existence_PON_Systems. [Accedido: Ene ,2021]
- [19] Gpon, Investigation Gpon, 2019. [Online]. Available: https://www.telnet-ri.es/wp-content/uploads/2018/04/DS_EQ_GPON_WaveCEX_EN.pdf. [Accedido: Feb ,2022]
- [20] Huawei, "XGS-PON para dentro de 5 años", 2020. [Online]. Available: <https://forum.huawei.com/enterprise/es/xGPON-para-este-a%C3%B1o-o-para-dentro-de-5-a%C3%B1os-an%C3%A1lisis-de-factibilidad-y-viabilidad-para-disear-una-red-pasiva-moderna/thread/759277-100275>. [Accedido: Feb ,2022]
- [21] Huawei Technologies Co. Ltd., 2019. [Online] <https://e.huawei.com/en/products/enterprise-transmission-access/access/olt/ea5800>. [Accedido: Feb ,2022]
- [22] Opticmes, "Original HUAWEI 128 puertos MA5680T GPON OLT,". [Online]. Available <http://www.rzfibra.com/gepon/original-huawei-128-ports-ma5680t-gpon-olt.html>. [Accedido: Feb ,2022]
- [23] Huawei. FOC-Fiber Optic Cabling, "What are relations between OLT, ODN, ONU and OLT?,"2019. [Online]. Available: <http://www.fiber-optic-cabling.com/fiber-optic/what-are-relations-between-olt-odn-onu-and-ont/>. Accedido: Feb ,2022]
- [24] ZET corporation. [Online]. Available: <https://www.zte.com.cn/global/> https://www.zte.com.cn/global/solutions_latest/Optical_Network_EN. [Accedido: Feb ,2022]
- [25] Telefónica, "Huawei y Telefónica España cooperarán en el desarrollo de productos XGS-PON y aplicaciones para redes del hogar," 2016. [Online]. Available: <https://www.telefonica.com/es/web/sala-de-prensa/-/huawei-y-telefonica-espana-cooperaran-en-el-desarrollo-de-productos-xgs-pon-y-aplicaciones-para-redes-del-hogar>. [Accedido: Feb ,2022]

- [26] Aleasoluciones, "TDM PON combo," 2018. [Online]. Available: <https://www.aleashop.es/blog/2018/08/20/tdm-pon-combo/>. [Accedido: Feb ,2022]
- [27] Ministerio de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, "Valores", 2019. [Online]. Available: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/valores-mision-vision/>. [Accedido: Feb ,2022]
- [28] "Ley Orgánica de Telecomunicaciones," Normas jurídicas para el despliegue de redes de telecomunicaciones en el Ecuador, febrero 2015, pp.1-40. [Online] Available: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Org%C3%A1nica-de-Telecomunicaciones.pdf>. [Accedido: Feb ,2022]
- [28] "NORMA TECNICA PARA DESPLIEGUE Y TENDIDO DE REDES FISICAS, ", Resolución 568, Ecuador, 2015. [Online] Available: https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/029_norma-tecnica-despliegue-redes-fisicas-servicios-telecomunicaciones.pdf. [Accedido: Feb ,2022]
- [30] "REGLAMENTO DE INTERCONEXION", Resolución del CONATEL 602, Ecuador, 2015. [Online]. Available: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Reglamento-de-Interconexion.pdf>. [Accedido: Feb ,2022]
- [31] M. Aguas, "Plan de Negocio para la Creación de una Empresa Prestadora de Servicios de Limpieza Integral de Hogares en la Parroquia de Iñaquito del Distrito Metropolitano de Quito," tesis, Facultad de ciencias Administrativas y económicas, Escuela de Ingeniería Comercial, Quito ,2019. [Online]. Available: <ps://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3051/1/T-UIDE-1317.pdf>. [Accedido: Feb ,2022]
- [32] A. Saquina, K. Hidalgo, M. Núñez, Análisis Urbano, Sector Iñaquito. [Online]. Available: [A. Andradehttps://issuu.com/alejoandrade1/docs/ilovepdf_merged_19_](https://issuu.com/alejoandrade1/docs/ilovepdf_merged_19_). [Accedido: Feb ,2022]
- [33] Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2021. [Online] Available: ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/. [Accedido: Feb ,2022]

- [34] L.Toapanta, “Análisis Técnico comparativo entre LR-PON y XPON,” TESIS, Facultad de Ingeniería eléctrica y electrónica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2018. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19889/1/CD-9308.pdf>
- [35] Dirección nacional de investigación y estudios de la superintendencia de compañías, 2019. [Online]. Available: <https://www.supercias.gob.ec/portalscvcs/>. [Accedido: Feb ,2022]
- [36] HUAWEI-solutions,2022. [Online]. Available: <https://www.foclink.com/fiber-optic-products/hg8546m-gpon>
onu?gclid=EAlaIQobChMIkaSA6YmP9gIVlcSGCh1UZgMhEAAYAiAAEglSBPD_BwE. [Accedido: Feb ,2022]
- [37] G. Arevalo, “Dimensionamiento óptimo de redes PON con oficinas centrales redundantes para el sector de Iñaquito del Distrito Metropolitano de Quito,”Tesis, Ingeniería Electrónica, Universidad Politécnica sale, Quito, 2017. [Accedido: Feb ,2022]
- [38] Hongtelecom,2022[Online].Available:<https://www.hongtelecom.com/products/huawei-ma5600t-etsi-service-subrack/>. [Accedido: Feb ,2022]
- [39] Aire, 2022. [Online]. Available: <https://aire.ec/producto/huawei-gpon-olt-gpbdc8ports/>. [Accedido: Feb ,2022]
- [40] Ycict, 2022. [Online]. Available: <https://www.ycict.net/products/huawei-mcud-ge-control-card/>. [Accedido: Feb ,2022]
- [41] Alibaba, 2022. [Online]. Available: <https://www.alibaba.com/showroom/huawei-echolife-hg8245h.html>. [Accedido: Feb ,2022]
- [42] Itprice, 2022. [Online]. Available: <https://itprice.com/huawei-price-list/wdm1r.html>. [Accedido: Feb ,2022]
- [43] Kikate, 2022. [Online]. Available:] <https://www.kikatek.com/Product/968708-45020380-HUAWEI-WDM1r-module-for-GPON-and-10GPON2-outputsIndoor2-SCUPC>. [Accedido: Feb ,2022]
- [44] Alibaba*, 2022. [Online]. Available: <https://www.router-switch.com/h902xshd.html>. [Accedido: Feb ,2022]
- [45] Analysys Mason, “Análisis económico sobre XGSPON”, 2018. [Online]. Available: <https://www.analysismason.com/>. [Accedido: Feb ,2022]

5. ANEXOS

ANEXO I. Especificaciones de módulo WDM1r201

- Definición e ilustración del módulo WDM1r y WDM1r Subrack

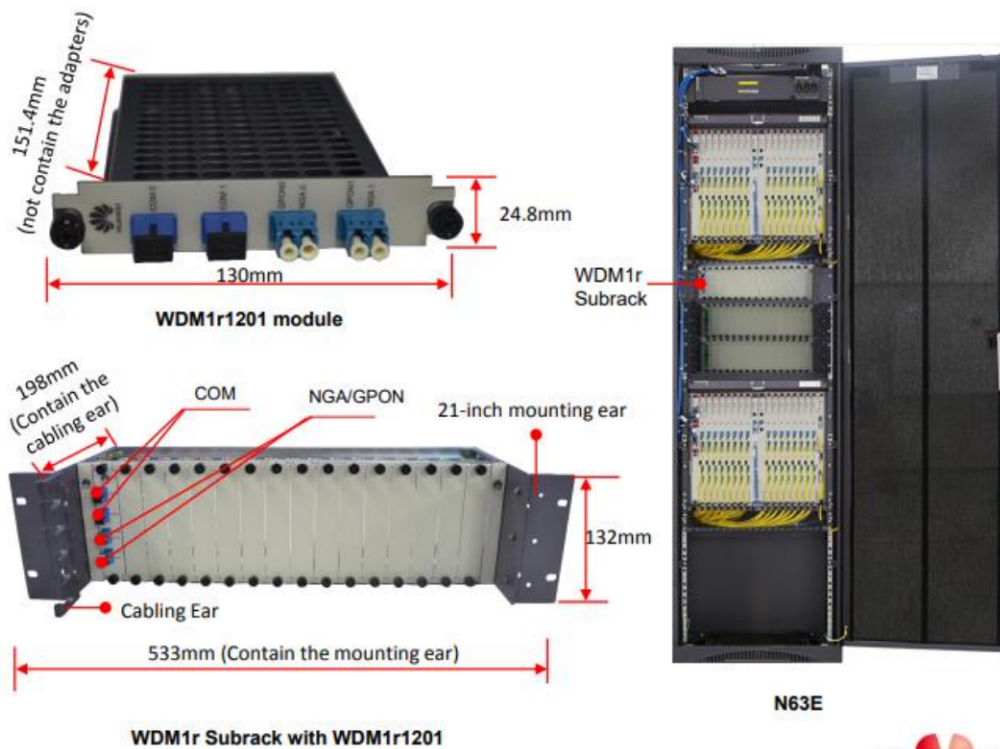
WDM1r201 Module iODNCP V100R001C16 Datasheet 01

The compatibility and smoothness between a new optical access system and the existing GPON is the most crucial factor in system evolution.

The WDM1r201 module is designed for Next Generation Access (NGA) system that co-exists with GPON on the same ODN.

The WDM1r201 module can be used only indoors under temperature/humidity-controlled environments.

Product Structure



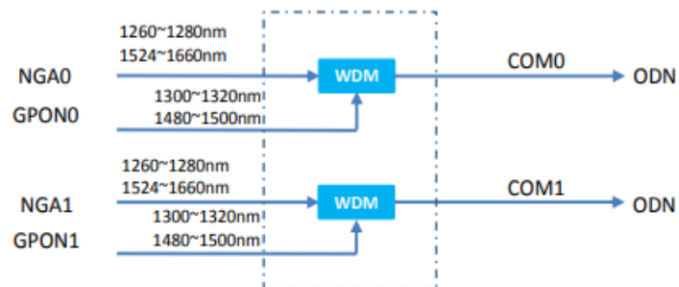
Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2015. All rights reserved.

- Características del módulo WDM1r y WDM1r Subrack

Features

- **Physical Characteristics:**
 - WDM1r1201 module can be installed in subrack easily.
 - WDM1r Subrack has a height of 3U and can accommodate up to 16 modules.
 - WDM1r Subrack can be installed on a 19" or 21" cabinets such as ODF2101, iODF3101 and N63E cabinets.
- **Product Configurations:**
 - WDM1r1201 support 2 channels NGA signal and 2 channels GPON signal access towards to clients.
- **High Quality:**
 - Low insertion loss and high isolation
 - Thin film filter technology
 - Robust, ultra stable and highly reliable
 - GR1209 & GR 1221 compliant

Application



- Especificaciones técnicas del módulo WDM1r y WDM1r Subrack

Specifications				
Items		Description	Note	Units
Wavelength range	NGA	1260~1280 & 1524~1660	Pass Band	nm
	GPON	1300~1320 & 1480~1500	Reflector Band	nm
Insertion loss	NGA to Com	≤ 1.2	1260~1280nm & 1524~1625nm (Including 1625nm)	dB
		≤ 1.4	1625~1660nm (Exclude 1625nm)	dB
	GPON to Com	≤ 1.0	1300~1320nm & 1480~1500nm	dB
Isolation	NGA to COM @GPON	≥ 30		dB
	GPON to COM @NGA	≥ 25		dB
Pass band ripple		≤ 0.5		dB
Directivity		≥ 50		dB
PDL		≤ 0.2		dB
PMD		≤ 0.1		ps
Return loss		≥ 45		dB
Operating power		≤ 500		mW
Weight(WDM1r Subrack)		3.0		Kg
Size (H×W×D)		Module: 130×24.8×151.4		mm
		Subrack: 132×533×198		
Connector		COM : SC/UPC		
		NGA/GPON: LC/UPC		
Work temp		-5 to 65		°C
Storage temp		-40 to 85		°C
Work humidity		5 to 95		%RH
Storage humidity		5 to 95		%RH

Remark: the values of insertion loss including PDL, WDL, TDL and adapter's loss.

ANEXO II. Multiplexores de coexistencia xWDM/xPON WDM1r

- Descripción de multiplexores de coexistencia xWDM/xPON WDM1r



Type:	xWDM multiplexer family	13.10.2020
		REV: 1.1
		MP
Reference:	PZXW-, see system ref.	

Passive Optical Networks

xWDM/xPON WDM1r series multiplexers



INTRODUCTION:

xWDM/xPON multiplexers can be applied in expanding an existing PON network to new services or protocols. xWDM/xPON solutions family consists of devices compliant with the ITU-T G.984.5 recommendation as well as dedicated solutions adapted to the Customer's needs. High quality components ensure very high operation stability of xWDM/xPON multiplexers in the whole spectral range and perfect thermal stability. xWDM/xPON multiplexers are available both in a version without connectors (intended for splicing) and with any connector type.

APPLICATIONS:

WDM systems
 FTTH access networks
 Cable networks and HFC
 Other optical telecommunication networks

FEATURES AND ADVANTAGES:

High thermal stability of parameters
 Low insertion and polarization losses
 High interchannel isolation
 Available with any type of fiber optic connectors
 Available non-standard solutions with specialized functionalities

- Especificaciones técnicas de multiplexores de coexistencia xWDM/xPON WDM1r



Type:	xWDM multiplexer family	13.10.2020
		REV: 1.1
		MP
Reference:	PZXW-, see system ref.	

Passive Optical Networks

TECHNICAL SPECIFICATIONS:

Insertion loss and isolation:

Multiplexer ¹	Protocol/service	Spectral range	Max. insertion loss ²	Isolation
WDM1r.1	GPON	1290-1330 nm 1480-1500 nm	0.7 dB	≥ 25 dB
	NGA	1260-1280 nm 1575-1581 nm	0.7 dB	≥ 16 dB
WDM1r.3	GPON	1290-1330 nm 1480-1500 nm	0.7 dB	≥ 25 dB
	NGA	1260-1280 nm 1524-1625 nm	1.0 dB	≥ 16 dB
	OTDR	1625-1650 nm	1.0 dB	≥ 25 dB
WDM1r.4	GPON	1290-1330 nm 1480-1500 nm	0.7 dB	≥ 25 dB
	NGA	1260-1280 nm 1575-1581 nm	1.7 dB	≥ 25 dB
	VIDEO	1550-1560 nm	2.2 dB	≥ 16 dB
	OTDR	1625-1650 nm	2.1 dB	≥ 25 dB

¹Nomenclature according to ITU-T G.984.5 recommendation

²Additional insertion losses in the case of multiplexers with connectors: +0.4 dB

Other parameters:

Parameter	Unit	Value
PDL	dB	≤0.1
Directivity	dB	≥55
RL	dB	≥50
Max. input power	dBm	23
Temp. operating range	°C	-10/+70
Temp. storage range	°C	-40/+85
Fiber type	-	G.652.D

ORDERING INFORMATION:

Series	Series	Fiber type	Monitoring port	Multiplexer type	Number of multiplexers	Housing type	Connector in	Connectors out
PZXW	G0	1 - G.652D	0 - no port	WDM1r.1	01-1	1 - 19", 1U	ST	ST
		2 - G657A1	1 - monitor 1% standard uni-di	WDM1r.3	02-2	2 - 19", 2U	SC	SC
		3 - G657A2	2 - monitor 1% standard bi-di	WDM1r.4		3 - LGX1	SCA	SCA
		4 - G655	3 - monitor 5% standard uni-di			4 - LGX2	FC	FC
			4 - monitor 5% standard bi-di			5 - LGX3	FCA	FCA
			5 - monitor 5% flat uni-di				LC	LC
			6 - monitor 5% flat bi-di				LCA	LCA
							E20	E20
							E2A	E2A

Example reference: PZXW-G0-1-0-WDM1r.4-01-1-SCA-SCA – One WDM1r.4 multiplexer in PZXW patch panel of height 1U, PREMIUM quality, G.652.D fiber, without power monitoring channel, SCA connectors

Important notice

Buyer and/or user of this product has to make sure before using this product that it is suitable for the intended use. All questions of liability relating to this product are subject – in accordance with the prevailing – to the Terms of Sales of the selling Fibrain subsidiary.

Fibrain Sp. z o.o., Zaczernie 190F, 36-062 Zaczernie, Poland tel:+48 17 866 08 00; email:info@fibrain.com; web: www.fibrain.com

2

ANEXO III. Encuesta para sondeo de interés

- Encuesta realizada a empresas de Quito para evaluar el interés de migrar a XGSPON.

Tecnología XGSPON

Dirigida a empresas de la ciudad de Quito, con el objetivo de determinar el interés por migrar a la nueva tecnología de redes de acceso XGSPON.

Se solicita direccionar la encuesta al departamento de tecnología.

La información proporcionada en esta encuesta será utilizada con fines exclusivamente académicos.

***Obligatorio**

Razón Social o nombre de la empresa *

Tu respuesta

Nombre del encuestado *

Tu respuesta

Cargo *

Tu respuesta

1. ¿Qué tecnología de acceso a internet utiliza actualmente su empresa? *

Satelital

XDSL

Fibra óptica-tecnología GPON

Otros:

2. ¿La velocidad de acceso tiene contratada su empresa está en el rango de? *

60-100 Mbps

100-250 Mbps

250-500 Mbps

500- 1000 Mbps

1-2 Gbps

Otros:

1. ¿Qué tecnología de acceso a internet utiliza actualmente su empresa? *

- Satelital
- XDSL
- Fibra óptica-tecnología GPON
- Otros:

2. ¿La velocidad de acceso tiene contratada su empresa está en el rango de? *

- 60-100 Mbps
- 100-250 Mbps
- 250-500 Mbps
- 500- 1000 Mbps
- 1-2 Gbps
- Otros:

3. Cuando su empresa hace uso del internet, eventualmente se puede encontrar con los siguientes inconvenientes. (Puede señalar más de una opción) *

- Dificultad para conectarse
- Lentitud al abrir páginas web
- Dificultad para abrir aplicaciones
- Descarga lenta de programas y archivos
- Desconexión sin motivo aparente
- Otros:

4. ¿La tecnología de acceso a internet que utiliza su empresa cubre las necesidades en cuanto a velocidad de transmisión? *

- Completamente
- Medianamente
- Parcialmente
- No cubre nuestras necesidades

5. ¿La tecnología de acceso a internet que utiliza su empresa cubre las necesidades en cuanto a calidad de servicio? *

- Completamente
- Medianamente
- Parcialmente
- No cubre nuestras necesidades

6. ¿Su empresa tiene conocimiento de la existencia de la nueva tecnología de redes de acceso con fibra óptica XGSPON y de sus beneficios (mayor velocidad de transmisión, mayor alcance que las tecnologías PON antecesoras)? *

- Si
- No

7. XGSPON (Gigabit Simetrical Passive Optical Network) trabaja a una velocidad simétrica de 10 Gbps. ¿Su empresa estaría interesada en migrar a esta nueva tecnología que brinda mayores anchos de banda? Escala para responder (0=Nada interesada, 5=Muy interesada) *

0 1 2 3 4 5
Nada interesada ○ ○ ○ ○ ○ ○ Muy interesada

8. A continuación, se indican algunas características y beneficios de XGSPON. Señale los más significativos que proporcionaría esta tecnología a su empresa. (Puede señalar más de una opción) *

- Mayor velocidad
- Calidad de servicio (QoS)
- Fiabilidad
- Seguridad
- Mayor cobertura
- Escalabilidad
- Facilidad para el despliegue de tecnologías PON futuras

9. XGSPON ofrece varios servicios. A continuación, se describen algunos de ellos. Señale cuáles serían utilizados por su empresa. (Puede señalar más de una opción) *

- VoIP
- Datos-Internet
- WIFI
- Video Conferencia
- Video Vigilancia
- Video Streaming
- Domótica
- Servidores
- Programas de Gestión (ERP, CRM, PMS, etc.)
- Otros:

10. ¿Considera su empresa importante la innovación tecnológica? Escala para responder (0=Nada Importante, Muy importante=5) *

0 1 2 3 4 5
Nada Importante ○ ○ ○ ○ ○ ○ Muy importante

11. En caso de que su empresa no esté interesada en migrar a XGSPON, señale cuáles serían las causas. (Puede señalar más de una opción)

- La empresa está satisfecha con la tecnología actualmente contratada
- Los requerimientos de la empresa no ameritan cambio de tecnología
- Los servicios ofrecidos por la tecnología actual funcionan sin problemas
- Los costos para migrar a una nueva tecnología son elevados
- Otra...

12. Su empresa considera que la migración a XGSPON es: (Puede señalar más de una opción) *

- Gasto
- Inversión
- Tecnología innecesaria
- Tecnología necesaria

13. En caso de que el proveedor ofrezca la tecnología XGSPON y con respecto al crecimiento de su empresa ¿En qué tiempo considera posible migrar a esta nueva tecnología, de acuerdo con la demanda de ancho de banda y el crecimiento de los usuarios? *

- En los próximos 1-5 años
- En los próximos 5-10 años
- Mayor a 10 años

Gracias por su tiempo para responder esta encuesta
Jazmin Torres- Escuela Politécnica Nacional

Página 1 de 1

[Obtener vínculo](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios