



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE COMPUTACIÓN**

**Diseño de un modelo de migración para redes de HFC mediante la tecnología GPON  
en el contexto ecuatoriano**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero en ciencias de la computación

AUTORES: Kevin Ariel Vintimilla Murillo y Arturo Daniel Sánchez Manzaba

TUTOR: Joe Frand Llerena Izquierdo

Guayaquil – Ecuador

2024

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Kevin Ariel Vintimilla Murillo con documento de identificación N° 0943792929 y Arturo Daniel Sánchez Manzaba con documento de identificación N° 0951647288 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

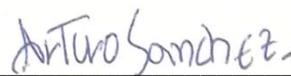
Guayaquil, 22 de julio del año 2024

Atentamente,



---

Kevin Ariel Vintimilla Murillo  
0943792929



---

Arturo Daniel Sánchez Manzaba  
0951647288

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Kevin Ariel Vintimilla Murillo con documento de identificación No. 0943792929 y Arturo Daniel Sánchez Manzaba con documento de identificación No. 0951647288, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “Diseño de un modelo de migración para redes de HFC mediante la tecnología GPON en el contexto ecuatoriano”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Computación, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

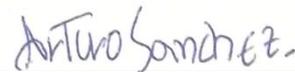
Guayaquil, 22 de julio del año 2024

Atentamente,



---

Kevin Ariel Vintimilla Murillo  
0943792929



---

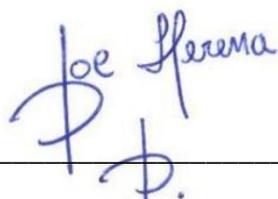
Arturo Daniel Sánchez Manzaba  
0951647288

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joe Frand Llerena Izquierdo con documento de identificación N° 0914884879, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Diseño de un modelo de migración para redes de HFC mediante la tecnología GPON en el contexto ecuatoriano, realizado por Kevin Ariel Vintimilla Murillo con documento de identificación N° 0943792929 y Arturo Daniel Sánchez Manzaba con documento de identificación N° 0951647288, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 22 de julio del año 2024

Atentamente,



---

Joe Frand Llerena Izquierdo

0914884879

## DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este trabajo a **Dios**, por la vida y la salud, por siempre guiarme en este camino académico y permitirme culminarla. Por darme fortaleza para siempre seguir adelante y en momentos de angustia no decaer sin su bendición esto no sería posible.

Con mucho cariño y amor lo dedico a mis padres, **Maritza Murillo y Jorge Vintimilla**, por sus sacrificios demostrándome que siempre van a desear lo mejor para mí. Sin la ayuda de ellos no podía haber llegado hasta aquí. Desde el inicio de mi carrera ellos fueron mi pilar fundamental en esta travesía con su apoyo y amor incondicional. Sus consejos y demostración de confianza me permitieron culminar mi carrera y deseos de seguirme esforzando.

También quiero dedicar este trabajo a mi abuelita **Zoila Rubio (†)** que, aunque lastimosamente ya no está con nosotros y no pudo ver alcanzar mi logro, sé que estaría sumamente orgullosa de mí. Sus sabios consejos me permitieron seguir adelante. Siempre te recordare con cariño, respeto y mucho amor.

Kevin Ariel Vintimilla Murillo

Este trabajo se lo dedico a DIOS en primer lugar ya que sin la sabiduría e inteligencia que me brinda al diario no podría estar en las últimas instancias para cumplir el objetivo de mi carrera profesional, por otro lado, a mi familia por su amor incondicional y apoyo constante en mi carrera universitaria siendo piezas fundamentales para no rendirme y seguir con arduo trabajo hacia mi objetivo.

En cuanto a profesores y mentores también les dedico este trabajo ya que han guiado de manera sabia mi camino al profesionalismo.

Cómo último a mí mismo por el esfuerzo y perseverancia que invertí en todo el proceso educativo. Todo este trabajo es el resultado del apoyo y colaboración de cada una de las personas que Dios puso en mi camino, sin nada más que decir les agradezco profundamente.

Arturo Daniel Sánchez Manzaba

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por siempre darme aliento, fuerzas y ganas siempre seguir adelante hasta lograr culminar mi etapa académica y verme graduado como un profesional.

A mis hermanos **Jorge, Aaron y Doménica** que estuvieron durante toda mi etapa de redacción del artículo académico, cuya compañía siempre fue de mucho apoyo, permitiéndome así culminarla.

A mi tutor **Ing. Joe Llerena** quien fue de suma importancia para el desarrollo del artículo académico, siempre nos dio la confianza de realizarle todo tipo de inquietudes, tuvo paciencia y la predisposición de apoyarnos y darnos consejos valiosos.

Kevin Ariel Vintimilla Murillo

Expreso mis más sinceros agradecimientos a Dios, Familia y docentes ya que han sido piezas fundamentales en la culminación de este trabajo. Doy infinitas gracias a mi tutor de este trabajo el Ing. Joe Llerena por su apoyo, orientación, sugerencias y sobre todo su paciencia durante cada paso de este trabajo.

A mis compañeros de clases, el cual con su apoyo incondicional de manera emocional y académica me han ayudado a seguir adelante en toda mi carrera universitaria.

Cómo último agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por facilitar los recursos necesarios para poder realizar este trabajo. Gracias a todos porque sin cada uno de los mencionados este trabajo no sería posible.

Arturo Daniel Sánchez Manzaba

## RESUMEN

La tecnología GPON ha dado un cambio significativo en la vida cotidiana de las personas a la hora de navegar por internet, ya que esta tecnología abarca grandes beneficios a la hora de ser utilizado. Uno de los beneficios más importantes se encuentra la velocidad debido a como se encuentra estructurada esta red. Es por esto por lo que las empresas ecuatorianas están optando por migrar de la red antigua HFC a GPON, si bien es cierto esto provocará gastos extras a la hora de realizar la migración, pero al mismo tiempo será de mucha utilidad tanto para ellos como empresa, como para los usuarios o clientes. Debido a que este cambio lleva consigo muchas ventajas.

Para la realización de esta investigación recopilaremos información de varios artículos académicos o científicos situados en los repositorios de las bibliotecas virtuales de la Universidad Politécnica Salesiana, además realizaremos una encuesta mediante Google Forms, a un grupo de usuarios que han experimentado la migración de red HFC a GPON. Para luego poder realizar un análisis mediante los gráficos que nos arroje nuestro formulario.

**Palabras claves:** GPON, Velocidad, Migración, Beneficios, Telecomunicaciones.

## ABSTRACT

GPON technology has made a significant change in people's daily lives when browsing the Internet, since this technology has great benefits when it comes to being used. One of the most important benefits is speed due to how this network is structured. This is why Ecuadorian companies are choosing to migrate from the old HFC network to GPON, although it is true this will cause extra expenses when carrying out the migration, but at the same time it will be very useful both for them as a company and as for users or clients. Because this change brings with it many advantages.

To carry out this research we will collect information from several academic or scientific articles located in the repositories of the virtual libraries of the Salesian Polytechnic University, we will also carry out a survey using Google Forms, to a group of users who have experienced the migration from the HFC network to GPON. To then be able to carry out an analysis using the graphics that our form shows us.

**Key words:** GPON, Speed, Migration, Benefits, Telecommunications.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	12
2.1. Situación actual de la red HFC en Ecuador .....	12
2.2. Rendimiento y capacidad entre HFC y GPON.....	12
2.3. Beneficios de migrar de HFC a GPON .....	13
2.4. Componentes técnicos involucrados en la migración de HFC a GPON.....	14
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	16
3.1. Herramientas y Recursos.....	16
3.2. Métodos y técnicas de Recopilación de datos.....	16
3.3. Planificación.....	16
<b>4. RESULTADOS</b> .....	18
4.1. Revisión de literatura .....	18
4.2. Análisis de la infraestructura de la Red HFC (Hybrid Fiber-Coaxial).....	20
4.3. Modelo propuesto de Migración.....	21
4.4. Evaluación de la Red GPON.....	22
4.5. Estudio de costos y ventajas comparativas entre HFC y GPON .....	23
4.6. Resultado de Encuesta.....	24
<b>5. DISCUSIÓN</b> .....	30
<b>6. CONCLUSIÓN</b> .....	31
<b>REFERENCIAS</b> .....	32

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la utilidad del internet se ha convertido de suma importancia a nivel mundial para las personas, en su uso académico, laboral y personal, gracias a las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) (Chen & Hu, 2020; Zapata-Martínez & Llerena-Izquierdo, 2023). En el contexto ecuatoriano muchos usuarios cuentan con una tecnología de cable híbrido coaxial (HFC), el cual proporcionan soluciones eficientes para transmisiones de datos ofreciendo los servicios de televisión, telefonía e internet (Grela Abel Alejandro & Monzón Jorge Emilio, 2020). El crecimiento de estos servicios ha impulsado a las empresas de telecomunicaciones a solicitar mayor capacidad de ancho de banda para así darle un mejor beneficio al usuario final. No obstante, la tecnología avanza y la exigencia de un mayor ancho de banda exigen evaluar alternativas más innovadoras (Sanchez M et al., 2022).

En el ámbito de las redes de comunicación, la tecnología Gigabit Passive Optical Network (GPON) está posicionada como solución de vanguardia en las redes de telecomunicaciones para mejorar la velocidad y rendimiento (Rodríguez Paredes Joel, 2024). Al ser más eficiente que las redes HFC tradicionales, GPON nos ofrece aumentos significativos para la transmisión de datos, cuenta con una latencia minimizada y un crecimiento incomparable (Baidal Perero & Quinde Cruz, 2024; Ribeiro & Bao, 2021). Este artículo se relaciona en las complejidades del diseño de un modelo de migración de redes HFC a GPON en el contexto ecuatoriano, evaluando minuciosamente los beneficios, desafíos y metodologías que allanan el camino para una transición fluida (Panchi Sánchez Alex & Gualavisi Pilco Kevin, 2023).

En este estudio, examinamos los puntos técnicos, económicos y operativos, incluyendo la evaluación de la infraestructura existente, la planificación minuciosa de la red GPON beneficiaría tanto a los usuarios como organizaciones en los siguientes puntos (Macias et al., 2022):

- Se realiza un análisis de migración para implementar la nueva tecnología GPON en el contexto ecuatoriano
- Planificar la funcionalidad de la nueva tecnología GPON
- Calcular los materiales necesarios para la implementación de la red
- Estimar los costos aproximados de los elementos necesarios

La red simultáneamente se prevé mejorar en los siguientes aspectos:

- Mayor ancho de banda hacia los usuarios.
- Mejora en la infraestructura de cableado en base a la implementación de fibra hasta el hogar (FTTH).
- Proporciona una conexión más estable el cual no va a requerir de mucho mantenimiento a diferencia de la red HFC.
- Reduciendo costos asociados y consumo de energía.
- Menor latencia y mejorando respuestas en tiempo real en aplicaciones pesadas como videoconferencias o juegos en línea.

Por otro lado, GPON beneficia al crecimiento sostenible al optimizar los recursos y energía. A diferencia de la red HFC que es una red híbrida coaxial tradicional, las redes ópticas son más eficientes energéticamente y conllevan una vida útil más duradera, lo que reduce los costos activos a largo plazo y minimiza el impacto ambiental (Simakovic et al., 2022).

Lo que se propone de este documento abarca en la migración de las redes HFC a GPON, sacando así provecho a la velocidad de transmisión e incremento de ancho de banda para una correcta navegación en internet. Se busca encajar un conjunto de procedimientos para dirigir el proceso de migración. Las empresas o usuarios en cambiar su tipo de servicio pueden adaptarse a esta nueva tecnología, realizando la migración de la red HFC a GPON (Poma Saca et al., 2023) (Khalil et al., 2022).

Mediante este análisis, pretendemos demostrar la adaptabilidad de la red GPON en el contexto ecuatoriano, satisfaciendo las necesidades actuales de conectividad y estabilidad, también ayuda a que las empresas de telecomunicaciones ecuatorianas se preparen para enfrentar los avances tecnológicos y crecimientos sostenidos (Concha Asadobay Katherin & Tituaña Canchig Ana, 2021).

El tema que se menciona en este trabajo busca captar la atención de compañeros y docentes, debido a que es un tema interesante en la comunidad de las telecomunicaciones.

Según (Abdellaoui et al., 2021), los sistemas GPON, se pueden incluir hasta 128 usuarios con un alcance máximo de 60 km y una distancia máxima entre terminales de red óptica consecutiva de 20 km según la especificación G.984.6 de la UIT-T.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Situación actual de la red HFC en Ecuador**

La tecnología HFC en Ecuador ha tenido un uso predominante para la cesión de servicios a los usuarios, más que todo cuando el servicio de alguna empresa de telecomunicación ofrecía televisión por cable, internet y telefonía más conocido como Triple Play (Rodríguez Paredes Joel, 2024). El alcance de la red HFC se establece principalmente en áreas urbanas y semiurbanas. Lo cual desfavorecía a las zonas rurales al no tener presencia de la empresa de internet, debido a los altos costos de despliegue y mantenimiento (Panagiev, 2021).

Aunque aún varias empresas que ofrecen servicio de internet cuentan con esta tecnología, enfrentan problemas y limitaciones en capacidad y rendimiento. Cada vez los usuarios se vuelven más exigentes con la velocidad del internet y estos no pueden satisfacer sus necesidades. Lo cual obliga al usuario a querer cambiar de proveedor (Rainer Strobel & Thushara Hewavithana, 2020).

La congestión de la red es otro punto negativo de la tecnología HFC, es un problema muy común en zonas con alta densidad de usuarios, afectando así la calidad del servicio y la experiencia del usuario (Juma Chimbo Maritza & Chacon Pizarro Carlos, 2021).

### **2.2. Rendimiento y capacidad entre HFC y GPON**

HFC (Hybrid Fiber Coaxial)

Como primer punto podemos mencionar el ancho de banda La red HFC está compuesta por medio de dos materiales los cuales son fibra óptica y cable coaxial, esta tecnología logra alcanzar velocidades de bajada de hasta 1Gbps. La velocidad de esta siempre va a depender del lugar donde se encuentre trabajando esta infraestructura, el ancho de banda también va a depender del uso compartido entre los usuarios (Abdellaoui et al., 2021).

La capacidad de alcance dependerá de la arquitectura la cual está compuesta la red HFC que es cable coaxial y fibra, la capacidad de esta siempre se verá afectada en áreas la cuales exista alta demanda de usuarios es por esto por lo que llega a existir múltiples congestiones (Keiser, 2021).

En cuanto a latencia, debido a que las señales ópticas y eléctricas deben trabajar contemporáneamente, las redes HFC suelen tener mayor latencia que las redes de fibra óptica pura (Raghunandan, 2023). Esto se debe a las condiciones climáticas, como la lluvia, ya que

los cables coaxiales al estar expuestos a la intemperie pueden llegar a presentar daños y en ese momento se presentan interferencias en la red, esto ocasiona problemas de conectividad a los usuarios (Botto-Tobar et al., 2022). Pueden sufrir un desgaste con el pasar del tiempo, este componente es un conductor de energía y al entrar en contacto con algún fenómeno climático este puede verse afectado en el rendimiento de los servicios del usuario (Echraibi et al., 2021).

GPON (Gigabit Passive Optical Network), como lo menciona (Santiana Calderón & Francisco Paul, 2019), la red GPON está compuesta únicamente por fibra óptica, cada enlace PON puede transmitir GPON a velocidades de hasta 10 Gigabits simétricos, lo que significa que proporciona la misma velocidad tanto para la descarga como para la subida de datos, superando así a tecnologías anteriores que no podían alcanzar tales niveles de rendimiento. La capacidad de la red GPON trabaja por medio de la topología de red punto a multipunto, esto nos va a permitir una mejor organización o distribución de los recursos necesarios, cabe recalcar que estas características le otorgan una capacidad total superior en ancho de banda (Elizabeth Conde-Zhingre et al., 2019).

La red GPON al transmitirse completamente por fibra óptica su rendimiento en cuanto a latencias será relativamente inferiores (Mei et al., 2021). Esto es debido a que las conversiones de señal se eliminan por coplero y provoca una reducción de retardos (Berrahal et al., 2023).

### **2.3. Beneficios de migrar de HFC a GPON**

La red GPON ofrece una velocidad superior, lo cual reduce su latencia, solo el tema de la latencia beneficia a una gran parte de usuarios, nos referimos a los creadores de contenidos ya que estas personas demandan mayores velocidades a la hora de realizar sus actividades como podcasts, lives o juegos en línea. Así mismo los beneficios lo notaran todo tipo de usuario que requiera de su uso (Loayza-Valarezo et al., 2021).

Esta tecnología al ser escalable no existe la necesidad de actualizar la infraestructura de la red GPON, esto nos da a entender que, si el usuario llegase a tener la necesidad de actualizar el ancho de banda de su red, se la podrá actualizar sin ningún tipo de problema (Cabezas Chica Piedad María & Cabrera Mejía Javier Bernardo, 2020).

Si bien es cierto el tema de costos es algo de suma importancia por parte de la empresa, nos referimos al momento de querer realizar la migración, pero se lo toma como una inversión ya que en temas de mantenimiento y operación los costos son mucho menores debido a que este

no requiere de un control o vigilancia rigurosa. Esto para la empresa será un ahorro a largo plazo. La fibra óptica es un material de alta durabilidad y que no requiere la necesidad de un frecuente mantenimiento (Dionicio Rodríguez-Díaz & Valentín García-Bermudez, 2023).

La red GPON al ser una tecnología superior demuestra una mejora significativa en cuanto a la calidad de servicio hacia el usuario, como lo es la obtención de conexiones más veloces, confiables y estables. El usuario se olvidará de las interrupciones ocasionadas por una red deficiente y es así como se mejoraría la calidad de servicio para el usuario final o cliente (Santiana Calderón & Francisco Paul, 2019).

En temas de ecología también aplica esta tecnología ya que ocupa una menor energía para la transmisión de datos. Esto lo hace más amigable con el medio ambiente.

Y para finalizar con los beneficios de la red GPON, un punto clave para las empresas es estar prevenidos para un futuro no muy lejano, ya que con el pasar de los tiempos irá existiendo servicios o tecnología que requiera de una mayor velocidad y menor latencia (Santiago et al., 2010). Esto asegurará la competitividad entre empresas de telecomunicaciones y a la vez obtendrá una infraestructura y posición de mayor reconocimiento para los usuarios (Pérez Herrera Paúl, 2017).

#### **2.4. Componentes técnicos involucrados en la migración de HFC a GPON**

Despliegue de fibra óptica: Sustituir el cable coaxial de HFC por fibra óptica pura, esto nos asegurara la transmisión de datos de una forma mucho más rápida y confiable. Esto tiene un recorrido desde la troncal hasta el usuario final. A continuación, se detallan los componentes (Maulana et al., 2023) (Mazzei et al., 2023).

- Fibra troncal (Backbone)
- Fibra de distribución
- Fibra de acceso (Last Mile)

Equipos de red: En este paso se realiza la instalación y configuración de los equipos que desempeñan el papel de la transmisión y recepción de las señales ópticas. De igual forma es útil para la gestión y soporte de los servicios (Suresh et al., 2020).

Los equipos que se utilizan son los siguientes:

- OLT (Optical Line Terminal)

- ONT (Optical Network Terminal)
- Splitter Óptico

Gestión y control de red: Para el monitoreo y control eficiente de la red GPON se debe recurrir a la implementación de sistemas de gestión de red (Naeem et al., 2021).

Los equipos que se utilizan son los siguientes:

- NMS (Network Management System)
- QoS (Quality of Service)

Integración y compatibilidad: En este paso se debe realizar la interconexión de los medios de transmisión de datos como lo es el cable coaxial y la fibra óptica. Por lo tanto, debemos cerciorarnos de la red GPON sea compatible con los elementos existentes.

Los equipos que se utilizan son los siguientes:

- Convertidores de medios
- Adaptadores y módulos SPF (Small Form-factor Pluggable)

Instalación y configuración: Durante el proceso del cambio de red debemos de cerciorarnos de que los nuevos elementos de dicha red estén trabajando de forma correcta.

Pruebas y validación: Debemos corroborar el funcionamiento y rendimiento de la red GPON mediante pruebas, en este paso debemos estar seguros antes de dar por finalizado con el tema de la migración (Machuca et al., 2020).

Serie de normas ITU G.984.x: Para realizar todos los pasos anteriores debemos asegurarnos de que estamos cumpliendo con las normas internacionales, para así poder respaldar un buen funcionamiento de la red GPON (Mathur et al., 2021).

### **3. METODOLOGÍA**

En la actualidad el uso del internet es algo normal y cotidiano, de hecho gracias al mismo, es que nuestras vidas se han hecho algo más fácil a la hora de realizar alguna actividad, tales como el llamadas, videollamadas, chats e incluso el mismo teletrabajo que obtuvo una notable aceptación en el 2020 debido a la pandemia de COVID19 (Llerena-Izquierdo & Ayala-Carabajo, 2022), lo que nos hace entender que tan importante es para las personas el uso del internet hoy en día, de esta forma nos daremos cuenta él porque es necesario realizar un cambio significativo en cuanto a tecnología nos referimos.

El objetivo de este trabajo es diseñar un modelo de migración de red HFC a GPON, para esto se realiza una revisión de varios artículos académicos mediante la base de datos de la Universidad Politécnica Salesiana la cual proporcionará modelos de migración en redes.

#### **3.1. Herramientas y Recursos**

- Repositorio de base de datos de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Artículos académicos o científicos referentes a los temas de telecomunicación.
- Encuestas dirigidas a usuarios que han pasado por el proceso de migración a la tecnología GPON.

#### **3.2. Métodos y técnicas de Recopilación de datos**

La investigación que realizaremos será mediante una encuesta con el enfoque cuantitativo, el cual será respondido por usuarios que han sido migrados a la nueva tecnología GPON.

Con la encuesta mediante el enfoque cuantitativo tendremos información precisa y medible.

De esta manera, podremos tener una idea más clara del porque la migración de red HFC a GPON en Ecuador es ventajosa.

Para la realización del formulario utilizaremos Google Forms, lo escogimos porque es una herramienta accesible, fácil de usar y gratuita. Ofrece una amplia gama de funciones útiles para la recolección y el análisis de datos.

#### **3.3. Planificación**

Preguntas para encuesta

P1. ¿Ha notado una mejora en cuanto a velocidad de conexión a internet desde la migración a GPON?

P2. ¿Cómo calificaría la calidad en general de su servicio de internet luego de la migración a GPON?

P3. ¿Ha experimentado menos interrupciones de internet después de la migración a GPON?

P4. ¿Está satisfecho con la estabilidad de su conexión a internet con la tecnología GPON?

P5. ¿Cómo calificaría la atención al cliente proporcionada durante el proceso de migración a GPON?

P6. ¿Ha notado alguna mejoría a la hora de darle un uso más robusto a su internet como streaming de video (Netflix, YouTube)?

P7. ¿Considera que la relación calidad-precio del servicio de internet ha mejorado con GPON?

P8. ¿Ha observado una disminución en tiempo de latencia en sus actividades en línea desde la migración?

P9. ¿Está satisfecho con la rapidez de instalación y configuración del servicio GPON?

P10. ¿Recomendaría el servicio de internet GPON a otros usuarios?

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Revisión de literatura

Para el desarrollo de este artículo se realizó una amplia búsqueda en diferentes bibliotecas virtuales proporcionados por la Universidad Politécnica Salesiana. En la que hubo un proceso de selección y segregación como lo podremos ver en la Tabla 1 mostrada a continuación.

*Tabla 1. Selección y segregación de artículos*

<b>Selección</b>	<b>Segregación</b>
Reciente actualidad	Fecha de publicación fuera de rango
Metodología rigurosa	Solo resumen
Citas frecuentes	Contexto diferente

*Fuente: Realizado por autores*

Para el inicio de nuestro artículo se recabo alrededor de 86 artículos, de los cuales se descartaron 7 que estaban duplicados y 5 por otros motivos. Luego se tuvo registrado 68 artículos revisados de forma superficial, es decir solo se leía los resúmenes. Hubo otra exclusión esta vez de 8 artículos, de los cuales 60 quedaron para su respectiva revisión y 5 se eliminaron. Luego nos quedó 55 informes para analizarlos a fondo y se detectó que 5 solo mostraban el resumen y 8 se encontraban fuera del rango de fecha de publicación. Finalmente nos quedó 42 artículos para su respectivo análisis y posterior elaboración.

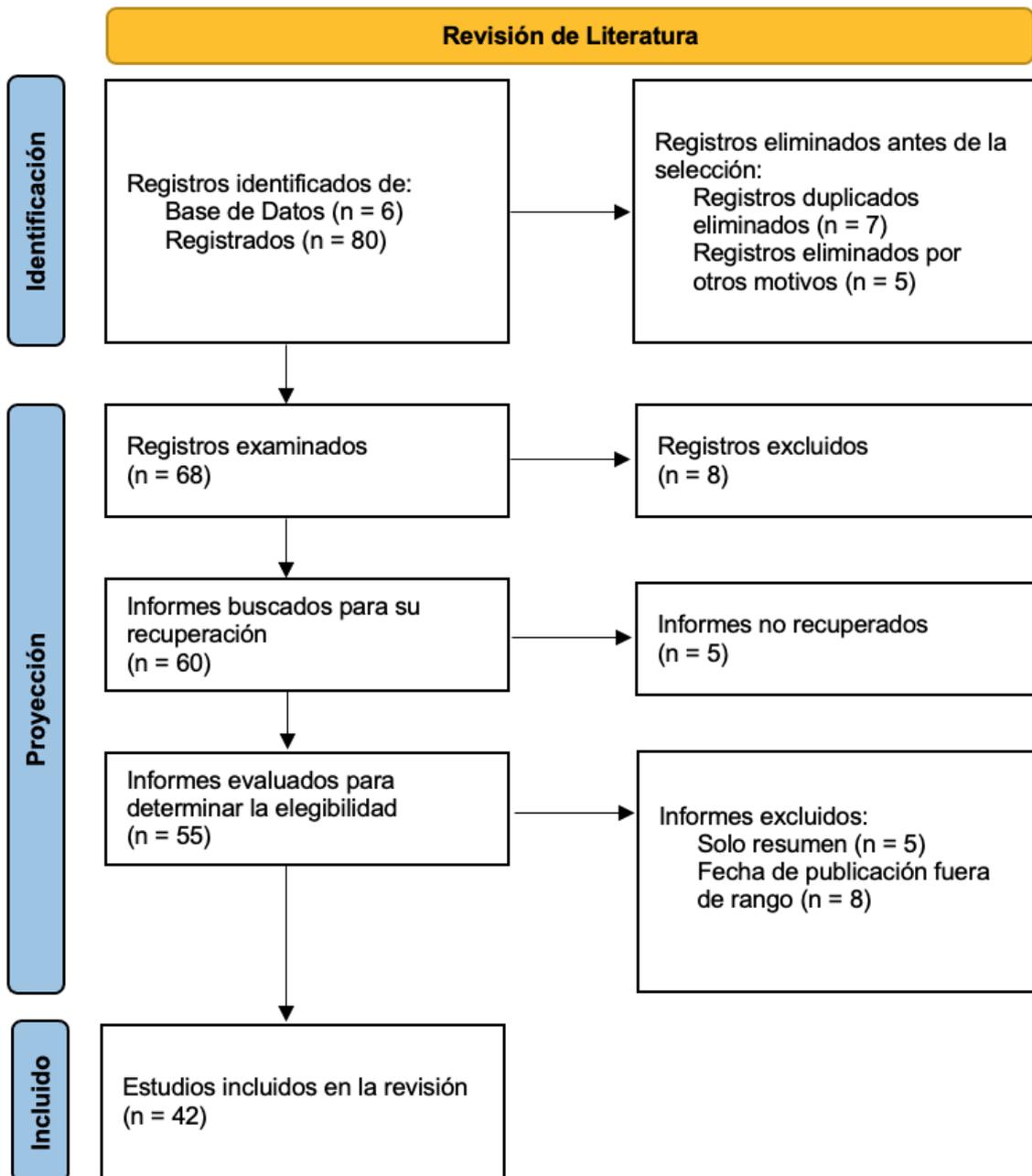


Figura 1. Revisión de literatura mediante el modelo PRISMA.

#### 4.2. Análisis de la infraestructura de la Red HFC (Hybrid Fiber-Coaxial)

En este punto presentamos un análisis de la infraestructura de la red HFC en el contexto ecuatoriano, en donde evaluaremos aspectos como el rendimiento, cobertura y costos.

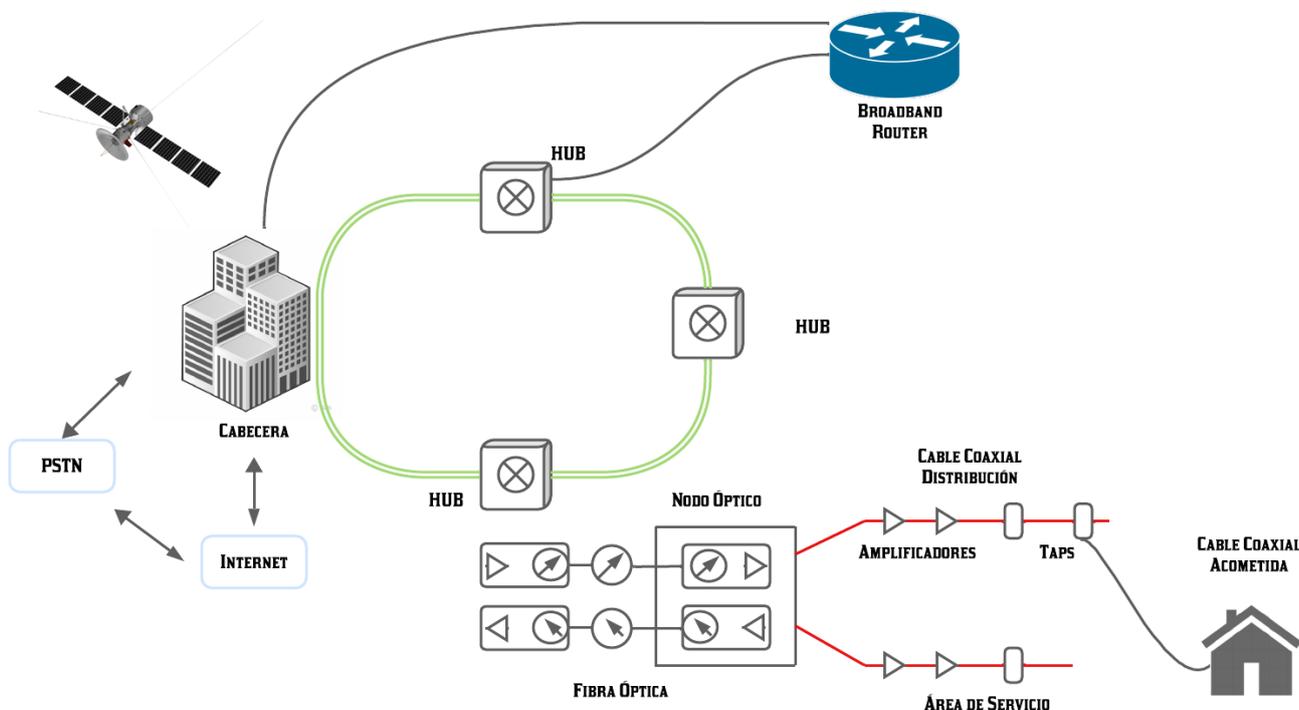


Figura 2. Arquitectura de la Red HFC (Hybrid Fiber Coaxial). Fuente Autores

En la imagen nos presenta la infraestructura de la red HFC en Ecuador el cual está compuesta por una mezcla de cables de fibra óptica y coaxial, en donde ambos forman la infraestructura que ofrece servicios de tv por cable, telefonía e internet.

Estos cables de fibra óptica son la cabecera principal de la Red HFC y envían señales a velocidades altas hasta los nodos ópticos principales, dando así una mayor capacidad en el ancho de banda en la red HFC, luego esta señal que llega a los nodos ópticos hace una convergencia para transmitir datos mediante un cable coaxial hasta los amplificadores, después de eso la señal sigue saliendo en cable coaxial hasta un TAP, para así ya llevar la acometida con cable coaxial de menor resistencia hasta la última milla.

### 4.3. Modelo propuesto de Migración

En este fragmento presentaremos un modelo de migración de Red HFC a GPON en el contexto ecuatoriano, especificando cada detalle de la metodología que se usara para su diseño y los beneficios que se esperan del cambio.

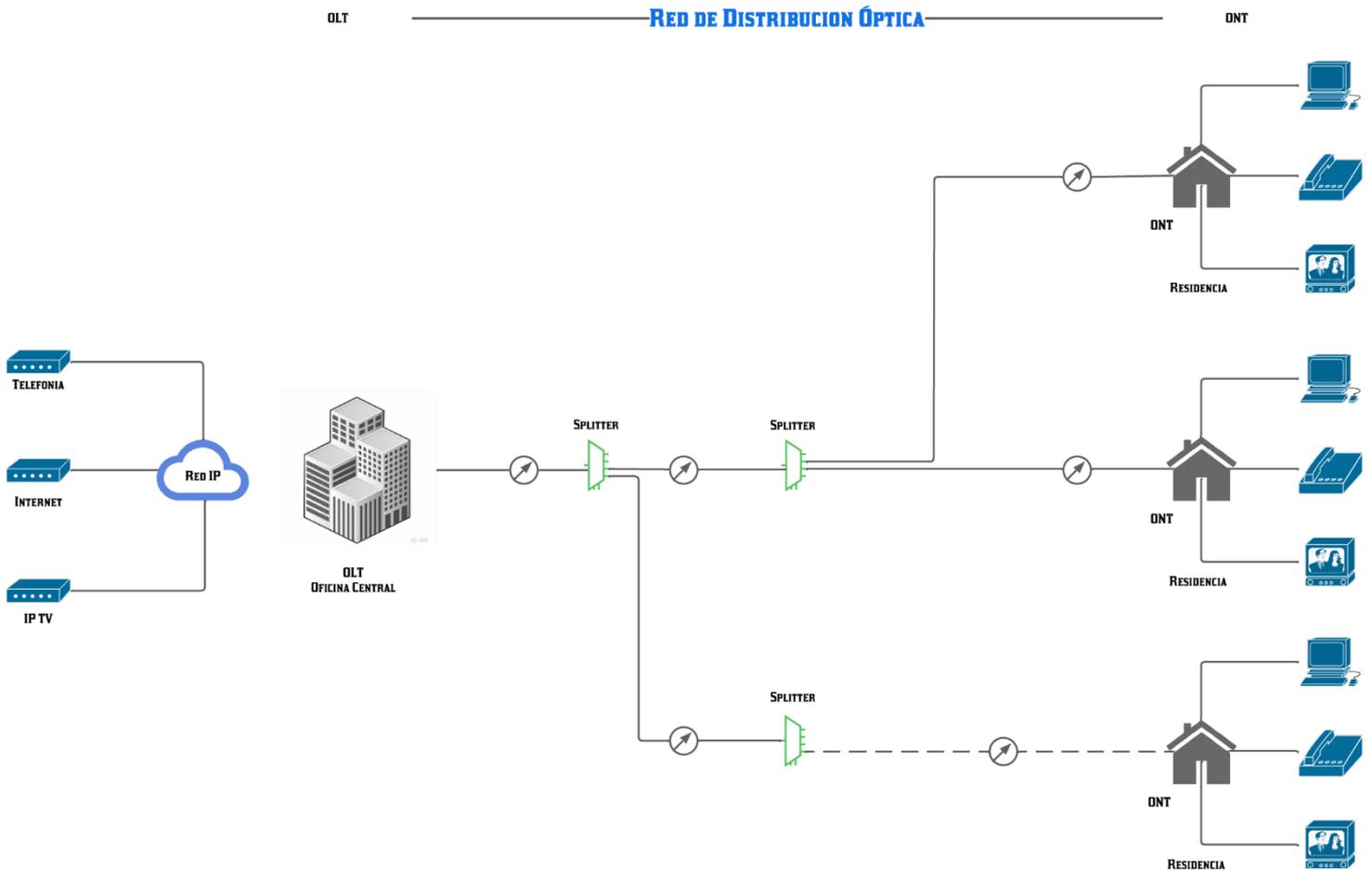


Figura 3. Arquitectura de la Red GPON (Gigabit Passive Optical Network). Fuente Autores

La figura muestra el proceso de migración de la red HFC a GPON. Detallando de manera específica las fases del proceso: estudio de la arquitectura actual, planificación del avance de fibra óptica, actualización de nodos en la red y la realización de tecnología GPON.

Este diseño propuesto busca tener una velocidad alta en ancho de banda con una infraestructura más útil para los servicios de altos recursos.

#### 4.4. Evaluación de la Red GPON

En esta sección damos a conocer las pruebas realizadas para así evaluar el rendimiento de la Red GPON en comparación con la red existente HFC.



Figura 4. Test de velocidad con Red HFC

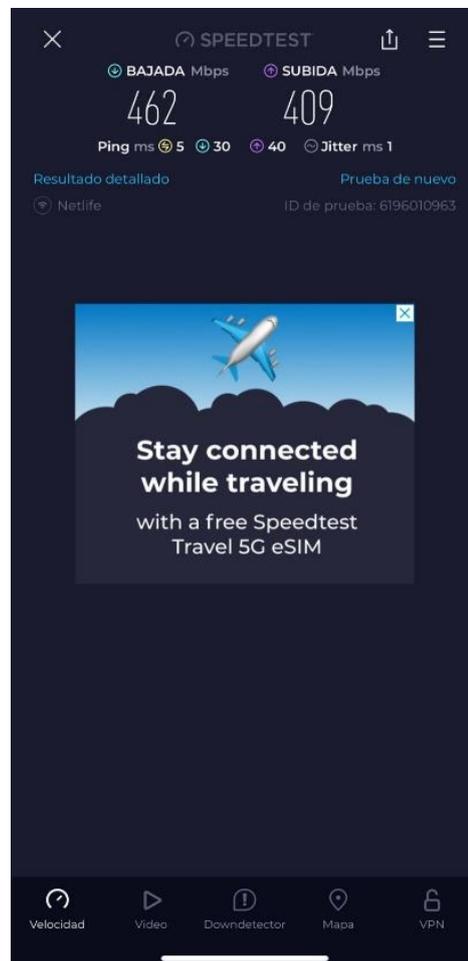


Figura 5. Test de velocidad con Red GPON

La figura mencionada resalta el resultado de comparación de velocidad en ancho de banda entre la Red HFC y GPON. El dónde los datos muestran que la red GPON tiene un mayor y mejor ancho de banda que la red HFC.

Estos resultados demuestran que GPON pueden soportar velocidades de subida y bajada muy superiores a comparación de la red HFC, beneficiando así al usuario con una calidad de servicio.

#### 4.5. Estudio de costos y ventajas comparativas entre HFC y GPON

A continuación, presentamos el estudio de costo y ventajas comparativas entre la red HFC y GPON.

Tabla 2. Estudio de costos y ventajas entre HFC y GPON

COMPONENTES	HFC	GPON
Valor de Instalación	Medio	Alto
Valor de Mantenimiento	Alto	Bajo
Valor de Equipos	Medio	Alto
Velocidad de señal	Medio	Alto
Latencia	Alta	Bajo
Expansión de señal	Medio	Alto
Servicio estable	Medio	Alto
Consumo de energía	Alto	Bajo
Tiempo de ejecución	Alto	Bajo
Ruido e interferencias	Alto	Bajo

Este estudio que se realizó en el cuadro comparativo entre ambas tecnologías HFC y GPON destacan las características de cada una acorde al rendimiento y costo.

Observamos en el cuadro que la instalación de la red HFC tiene un costo medio, a diferencia de GPON, que es una red mucho más estable y robusta, con un costo de instalación alto pero en mantenimiento con un costo bajo, brindando ahorro económico y tiempo a las empresas y usuarios, mientras que la red HFC en mantenimiento cuenta con un porcentaje alto en costos ya que es una red que transmite señal eléctrica y padece de mucho ruido en la acometida generando así inestabilidad en la navegación de internet causando malestar a los usuarios y llevando pérdidas de tiempo y economía a las empresas.

La velocidad de señal en la red GPON es mucho más alta que la red HFC, ya que en GPON se alcanza una velocidad de 10GBPS y la red HFC alcanza una velocidad de 1GBPS. La latencia que maneja HFC es alta a comparación de la red GPON que es baja.

Expansión de señal en la red GPON es alta puede sobrepasar paredes y llegar a un buen alcance por sus robustos equipos que ayudan a tener buena cobertura, a diferencia de la red

HFC cuenta con una señal media ya que se utilizan equipos modem que no logran romper muchas paredes y necesitan de expansores de señal para poder llegar a un lugar muy cerrado en donde no llegue la señal.

La red GPON es una red estable no padece de cambios climáticos debido a que su fibra son filamentos de vidrios el cual navega a grandes velocidades la transmisión de señal, por otro lado, la red HFC como lo mencionamos al principio es una red que hay que estar en constante monitoreo que no tenga ruido la acometida ya que por factores climáticos es probable que tenga bastante interferencia la acometida y no el usuario cuente con una navegación lenta.

El tiempo de ejecución en realizar la infraestructura de la red GPON es baja se toma su tiempo ya que la fibra es más delicada que la red coaxial, a diferencia de la red HFC la ejecución de infraestructura es más alta es decir rápida ya que el cable coaxial no es de vidrio y se puede maniobrar de forma más ágil.

En consumo de energía la red GPON consume menos energía que la red HFC por que esta red HFC cuenta con equipos activos de alto consumo energético.

#### 4.6. Resultado de Encuesta

##### P1. ¿Ha notado una mejora en cuanto a velocidad de conexión a internet desde la migración a GPON?

Se puede observar en la gráfica que acorde a los resultados de la pregunta el 76,7% de usuarios están satisfechos con la migración de la nueva tecnología GPON, dando a tener que cuentan con una navegación estable sin latencia, ver figura 5.

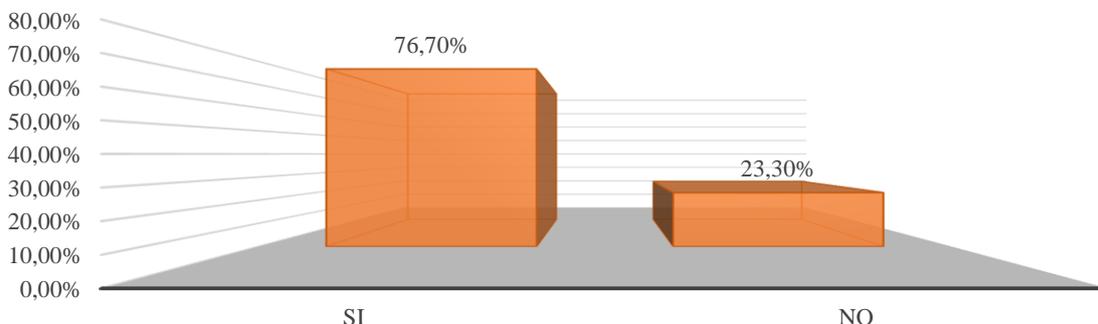


Figura 6. ¿Ha notado una mejora en cuanto a velocidad de conexión a internet desde la migración a GPON?

## P2. ¿Cómo calificaría la calidad en general de su servicio de internet luego de la migración a GPON?

Respecto a la calidad de servicio que ha brindado la tecnología GPON se observa en la gráfica que un 60% de usuarios están gozando de un buen servicio, mientras que el 20% y 16,7% cuentan con una postura de nivel medio en la calidad del servicio, como ultimo tenemos el 3,3% de usuarios que señalan de manera negativa la migración a la nueva tecnología, ver figura 6.

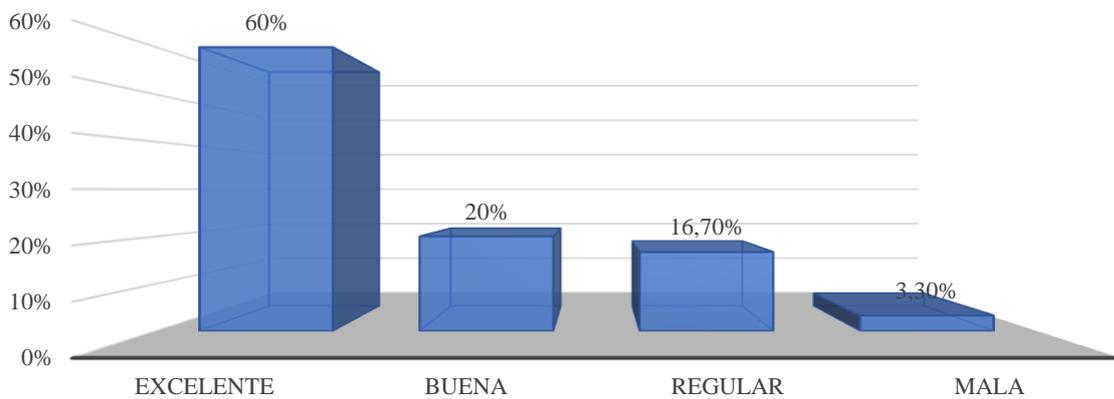


Figura 7. ¿Cómo calificaría la calidad en general de su servicio de internet luego de la migración a GPON?

## P3. ¿Ha experimentado menos interrupciones de internet después de la migración a GPON?

Acorde a la latencia de navegación con la red GPON se da conocer que es menor a la red anterior HFC dando así un buen resultado de 66.7% de usuarios que no mantienen interrupciones en su navegación contando con un servicio estable a diferencia del otro 33.3% de usuarios que están insatisfechos por la lentitud que les presenta el servicio, ver figura 7.

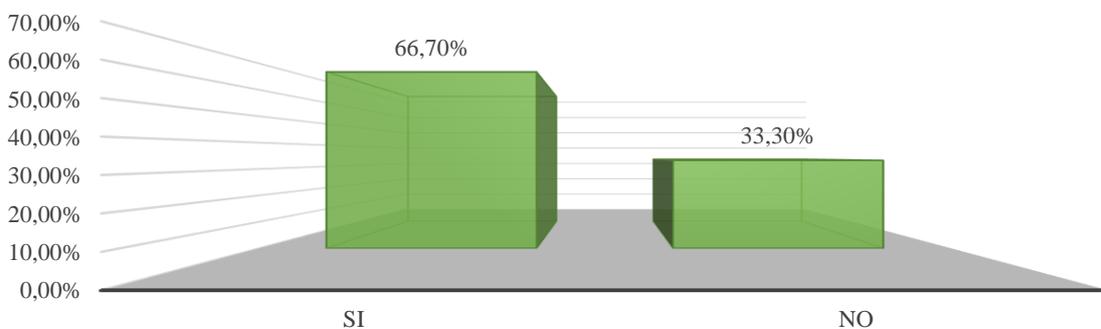


Figura 8. ¿Ha experimentado menos interrupciones de internet después de la migración a GPON?

#### P4. ¿Está satisfecho con la estabilidad de su conexión a internet con la tecnología GPON?

Acorde a lo implementado en el grafico el 53,3% de personas están muy satisfechas con la conexión estable que les presenta el internet mientras que el 16,7% están satisfechas, el 23,3% se encuentran neutras y terminamos con el 6.7% de usuarios que están insatisfechos con el servicio, ver figura 8.

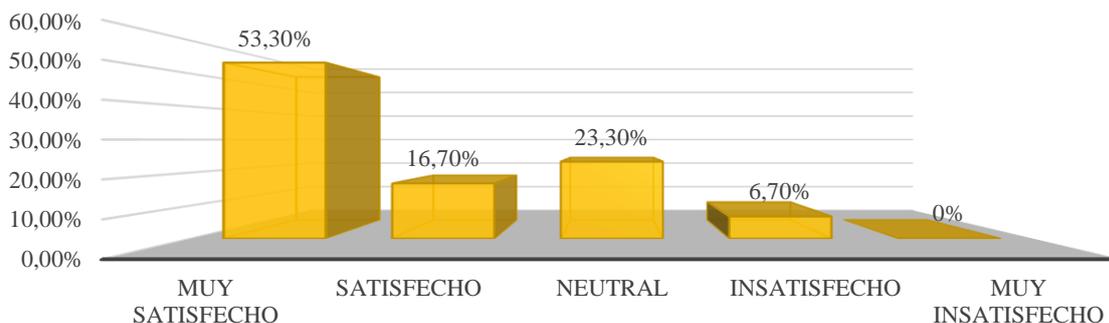


Figura 9. ¿Está satisfecho con la estabilidad de su conexión a internet con la tecnología GPON?

#### P5. ¿Cómo calificaría la atención al cliente proporcionada durante el proceso de migración a GPON?

El 56,7% de usuarios están felices con la atención al cliente, el 33,3 % cuentan con una buena atención al cliente y el otro 10% de usuarios tienen una regular atención al cliente, ver figura 9.

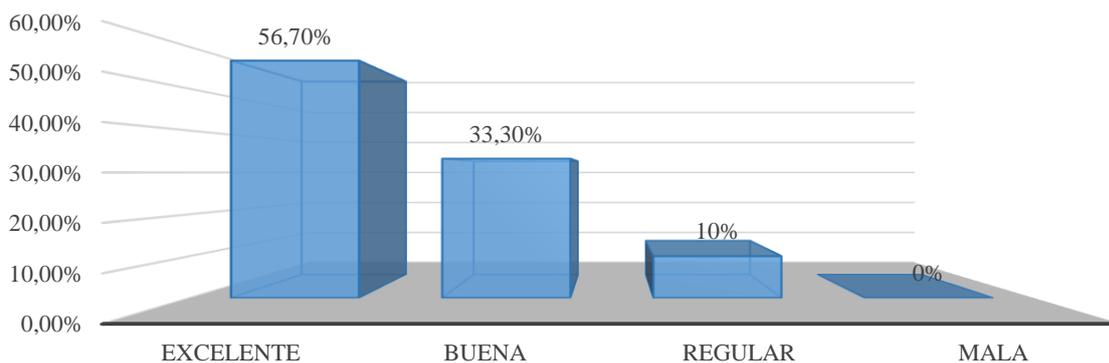


Figura 10. ¿Cómo calificaría la atención al cliente proporcionada durante el proceso de migración a GPON?

#### P6. ¿Ha notado alguna mejoría a la hora de darle un uso más robusto a su internet como streaming de video (Netflix, YouTube)?

Por parte del 70% de usuarios están satisfechos con la migración ya que tienen una navegación más fluida en sus aplicaciones que son muy pesadas y requieren de altas velocidades de señal

de internet, mientras que el otro 30% están insatisfechas por la velocidad de internet de la tecnología GPON, ver figura 10.

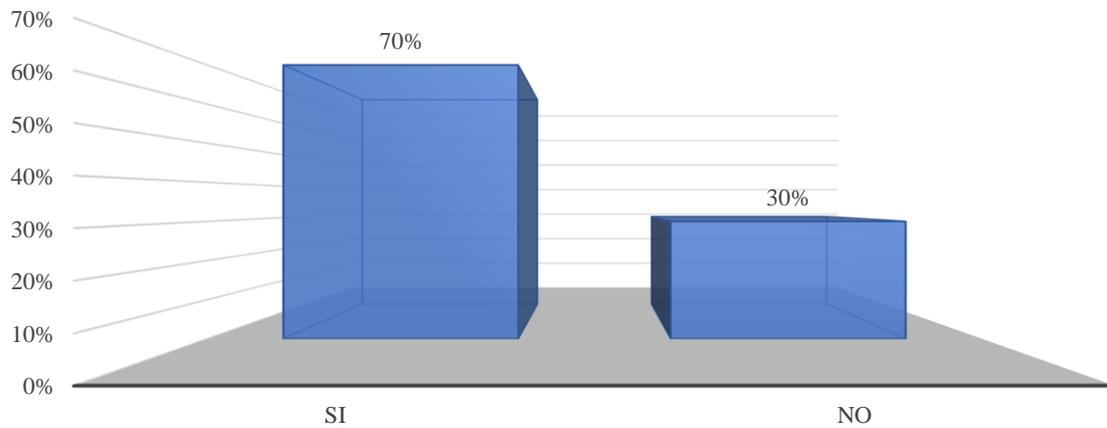


Figura 11. ¿Ha notado alguna mejoría a la hora de darle un uso más robusto a su internet como streaming de video (Netflix, YouTube)?

### P7. ¿Considera que la relación calidad-precio del servicio de internet ha mejorado con GPON?

El 60% de personas están felices con la calidad de precios que le brinda la nueva tecnología dando entender que es una red fiable y económica, por otro lado, el 40% de usuarios no están en concordancia con los precios de esta nueva tecnología, ver figura 11.

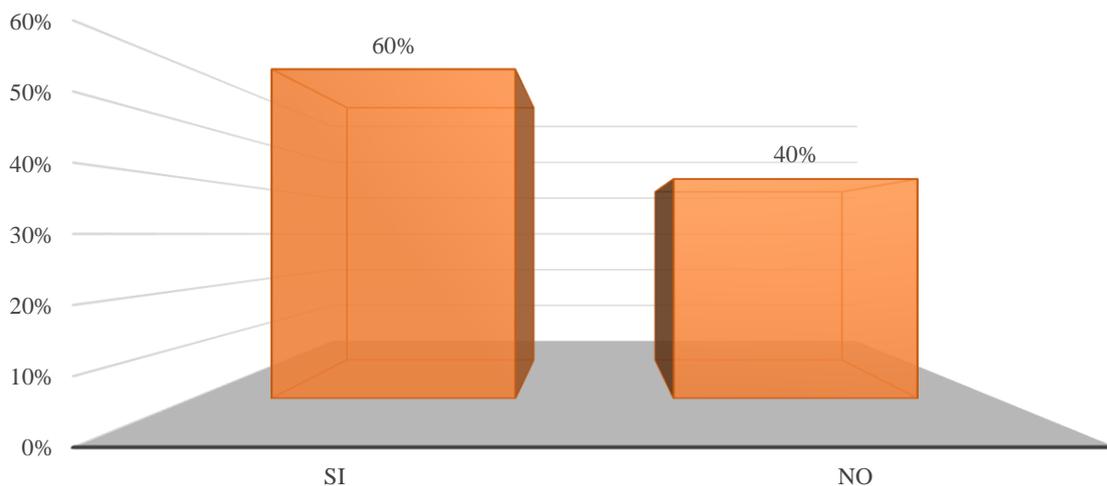


Figura 12. ¿Considera que la relación calidad-precio del servicio de internet ha mejorado con GPON?

**P8. ¿Ha observado una disminución en tiempo de latencia en sus actividades en línea desde la migración?**

El mayor porcentaje de usuarios no cuentan con latencia en sus videoconferencias en líneas a diferencia del 27% de usuarios que, si cuentan con lentitud en su navegación y transmisión en línea, ver figura 12.

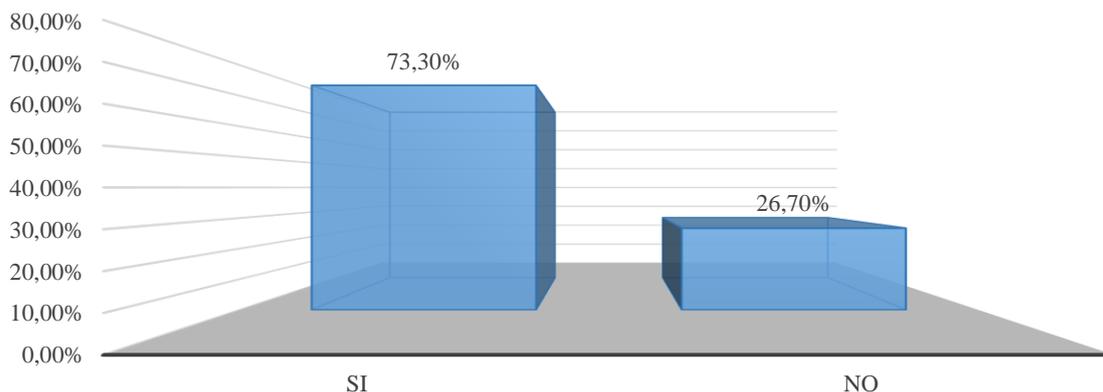


Figura 13. ¿Ha observado una disminución en tiempo de latencia en sus actividades en línea desde la migración?

**P9. ¿Está satisfecho con la rapidez de instalación y configuración del servicio GPON?**

Contamos con un 56,7% de personas muy satisfechas con la instalación y eficiencia con el servicio de la tecnología GPON, tenemos el 13,3% de usuarios que están satisfechos, el 16,7% de usuarios que están de manera neutral y el 13,3 % de personas que están insatisfechas con la instalación de la red GPON, ver figura 13

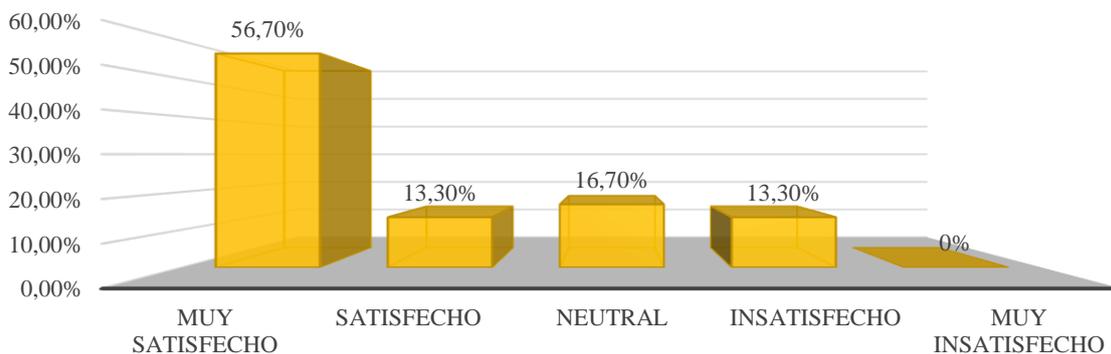
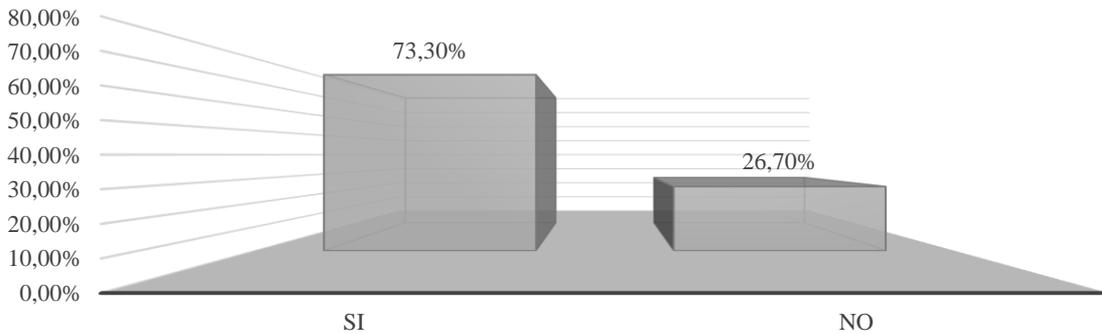


Figura 14. ¿Está satisfecho con la rapidez de instalación y configuración del servicio GPON?

**P10. ¿Recomendaría el servicio de internet GPON a otros usuarios?**

Dada la gráfica de la encuesta el 73,3% de usuarios están convencidos en recomendar el servicio de migración a la red GPON mientras que el otro 26,7% no están de acuerdo con recomendar la migración a GPON, ver figura 14.



*Figura 15. ¿Recomendaría el servicio de internet GPON a otros usuarios?*

En conclusión, dada la encuesta se obtuvo respuesta de usuarios que obtuvieron la migración de la red HFC a GPON por parte de sus respectivos proveedores de internet, dando, así como resultado que el mayor porcentaje están satisfechos con la nueva tecnología de red GPON y el porcentaje menor están insatisfechas y nos ayuda a estudiar de manera más eficiente la nueva tecnología.

## 5. DISCUSIÓN

La migración de redes GPON en Ecuador presenta varias metas como oportunidades de requerir gestiones estratégicas. Uno de los principales obstáculos, es la inversión inicial considerada, que demanda la implementación de la arquitectura de fibra óptica y los equipos de GPON.

En consecuencia, la inversión está justificada por los beneficios a largo plazo en cuanto a velocidad, capacidad y eficiencia de la red.

Para moderar los riesgos que se asocien a la migración se planifica todo de manera estratégica. Identificamos las áreas prioritarias y ejecutamos la implementación por etapas permitiendo así la reducción del impacto financiero y operativo de la transición.

Otro punto de vista es la capacitación del personal técnico. la red GPON es de mucha exigencia el cual se debe tener habilidades especializadas que podrían no estar en los conocimientos del personal actual que maneja redes HFC. El cual un programa de capacitación moderado es de suma importancia para garantizar una migración sin problemas y sobre todo que el personal técnico cuente con la capacitación y herramientas necesarias para mantener y optimizar la red GPON de manera eficiente.

## 6. CONCLUSIÓN

El propósito de este estudio fue la creación de un modelo que nos permita la migración de redes de HFC a GPON en el contexto ecuatoriano, lográndolo así de forma exitosa.

Se realizó una revisión profunda de varios artículos para así poder detectar las principales características de las redes HFC existentes. Este análisis nos permitió detectar áreas de mejora técnica importantes y oportunidades de mejora para lograr una migración exitosa a la tecnología GPON. Para que pueda existir un cambio notorio con beneficios debemos de tener una idea o comprensión detallada de las infraestructuras actuales.

Se diseñó un modelo de migración incorporando la tecnología GPON, enfocándose en la adaptabilidad y disponibilidad para la situación de Ecuador. Este modelo se basó en la regulación ITU G.984.x para garantizar la calidad de los datos y cumplir con los estándares internacionales.

El entorno está adaptado al modelo ecuatoriano para así garantizar que la implementación a la hora de realizar la migración sea viable.

Para realizar una evaluación completa del modelo migratorio sugerido, se utilizó una tabla de índices de impacto. Esta evaluación permitió encontrar mejoras técnicas y validar el rendimiento, la estabilidad y la capacidad de respuesta del modelo. Los resultados indicaron que la migración a GPON ofrece significativas ventajas en comparación con las redes HFC, obteniendo un mayor ancho de banda, menor latencia y menor consumo energético.

Este estudio demuestra que la migración de redes HFC a GPON es una estrategia viable y ventajosa para Ecuador. Los resultados proporcionan una guía detallada y práctica para las empresas de telecomunicaciones que buscan una mejora en su infraestructura y brindar servicios de mayor calidad para sus usuarios, clientes y empresas, al optimizar los recursos y reducir los costos operativos.

La implementación del modelo de migración propuesto mejora la capacidad y el rendimiento de las redes y contribuye a la sostenibilidad a largo plazo.

## REFERENCIAS

- Abdellaoui, Z., Dieudonne, Y., & Aleya, A. (2021). Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON. *Array*, *10*, 100058. <https://doi.org/10.1016/j.array.2021.100058>
- Baidal Perero, M. V., & Quinde Cruz, P. A. (2024). *Revisión de la literatura sobre el alcance tecnológico de MPLS y GPON en el contexto ecuatoriano* [B.S.] thesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28120>
- Berrahal, B. A., Anani, M., & Bendaoudi, A. (2023). Optimization of an EYDWA Amplifier Parameters for a Gigabit Passive Optical Network (GPON). *Journal of Optical Communications*, *44*(s1), S863–S868. <https://doi.org/10.1515/joc-2019-0303>
- Botto-Tobar, M., Cruz, H., Díaz, A., & Editors, C. (2022). Advances in Intelligent Systems and Computing 1326. In *Proceedings of the CIT* (Vol. 2020). <http://www.springer.com/series/11156>
- Cabezas Chica Piedad María, & Cabrera Mejía Javier Bernardo. (2020). *Diseño de una red pasiva GPON para el mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones en el cantón Macará*. *6*, 219–239. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1282>
- Chen, X., & Hu, J. (2020). Antecedents of adolescent students' ICT self-efficacy: The ICT dataset. *Data in Brief*, *33*, 106437. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106437>
- Concha Asadobay Katherin, & Tituaña Canchig Ana. (2021). *DISEÑO DE LA RED GPON DE LA EMPRESA ATVCABLE PARA LA PROVISIÓN DE INTERNET Y TELEVISIÓN EN LA CIUDAD DE PUJILÍ*.
- Dionicio Rodríguez-Díaz, I., & Valentín García-Bermudez, R. (2023). *Diseño e implementación de la red de fibra óptica del cantón Chone-Ecuador*. [https://bibliotecas.ups.edu.ec:3053/ps/retrieve.do?tabID=T002&resultListType=RESULT\\_LIST&searchResultsType=SingleTab&retrievalId=5537](https://bibliotecas.ups.edu.ec:3053/ps/retrieve.do?tabID=T002&resultListType=RESULT_LIST&searchResultsType=SingleTab&retrievalId=5537)
- Echraibi, A., Flocon-Cholet, J., Gosselin, S., & Vaton, S. (2021). Deep Infinite Mixture Models for Fault Discovery in GPON-FTTH Networks. *IEEE Access*, *9*, 90488–90499. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3091328>
- Elizabeth Conde-Zhingre, L., Tecnológico Superior Daniel Álvarez Burneo Loja -Ecuador Pablo Alejandro Quezada-Sarmiento, I., Hernandez, W., & Patricio Navarro -Peñaherrera, C. (2019). *GPON como aporte a la construcción de las ciudades Inteligentes GPON as a contribution to the construction of Smart Cities*.
- Grela Abel Alejandro, & Monzón Jorge Emilio. (2020, December 1). Data transfer rates in HFC networks. *2020 IEEE Congreso Bienal de Argentina, ARGENCON 2020 - 2020 IEEE Biennial Congress of Argentina, ARGENCON 2020*. <https://doi.org/10.1109/ARGENCON49523.2020.9505550>
- Juma Chimbo Maritza, & Chacon Pizarro Carlos. (2021). *Diseño, implementación y evaluación de redes GPON y EPON para CITYCOM*.
- Keiser, G. (2021). Fiber Optic Communications. In *Fiber Optic Communications*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-33-4665-9>
- Khalil, Siregar, M., & Sihombing, D. (2022). Impact of the HFC migration to FTTH on the efficiency and reliability of the internet provider services business (A case Study). *Journal of Physics: Conference Series*, *2193*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2193/1/012055>
- Llerena-Izquierdo, J., & Ayala-Carabajo, R. (2022). Inventory of ICTs for learning in engineering for emergency virtual teaching by COVID-19. *2022 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE53672.2022.9782389>
- Loayza-Valarezo, P., Guaña-Moya, J., & Acosta-Vargas, P. (2021). Design Techniques of FTTH-GPON Networks for Segmentation and Data Traffic Relief. In *Advances in Intelligent Systems and Computing: Vol. 1326 AISC*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68080-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68080-0_12)

- Machuca, C. M., Krauß, S., & Kind, M. (2020). Migration from GPON to hybrid PON: Complete cost evaluation. *Photonische Netze - 14. ITG-Fachtagung*, 110–115.
- Macias, A., Vaca-Cárdenas, L., & Arellano, A. (2022). Evaluation of a Hybrid Fiber Coaxial Network with DOCSIS version 3.1 standard | Evaluación de una Red Híbrida Fibra Coaxial con estándar DOCSIS versión 3.1. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, Special Is*, 95–105.
- Mathur, G., Bundele, M., Lalwani, M., & Paprzycki, M. (2021). *Algorithms for Intelligent Systems Series Editors: Jagdish Chand Bansal · Kusum Deep · Atulya K. Nagar*. <https://link.springer.com/bookseries/16171>
- Maulana, T., Muhammad Farras, Z. A. J., Nadiwa, A. R., Erlangga, K. B., Azima, A. F., Ferdiansyah, T. M., & Apriono, C. (2023). Design and Analysis of a Fiber to the Home Network for Housing in the BDN Sawangan Residence. *2023 6th International Conference on Information and Communications Technology, ICOIACT 2023*, 70–75. <https://doi.org/10.1109/ICOIACT59844.2023.10455939>
- Mazzei, C., Crescitelli, M., Fioramanti, D., Quagliarini, A., Reale, A., & Brunetti, F. (2023). Technical–economic analysis to identify the acceptable maximum attenuation on PON FTTH lines for wholesale network operators. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39445-3>
- Mei, S., Cai, Q., Gao, Z., Hu, H., & Wen, G. (2021). Deep Learning Based Automated Inspection of Weak Microscratches in Optical Fiber Connector End-Face. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 70. <https://doi.org/10.1109/TIM.2021.3059105>
- Naeem, A., Qurashi, S. S., Khan, Y., Ahmed, S., & Safwan, N. (2021). Fiber to the Home (FTTH) Automation Planning, Its Impact on Customer Satisfaction & Cost-Effectiveness. *Wireless Personal Communications*, 117(2), 503–524. <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07880-4>
- Panagiev, O. B. (2021). Investigation of the interference in signal transfer between different cable operators in CATV/HFC interlaced cable distribution networks. *2021 56th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, ICEST 2021 - Proceedings*, 175–178. <https://doi.org/10.1109/ICEST52640.2021.9483520>
- Panchi Sánchez Alex, & Gualavisi Pilco Kevin. (2023). *DISEÑO DE UNA RED GPON PARA LA EMPRESA ACTIVETRADE S.A. EN EL SECTOR DE SAN JOSÉ DE PUEMBO EN LA CIUDAD DE QUITO*.
- Pérez Herrera Paúl. (2017). *Diseño de la migración red de ultima milla a GPON del GRUPO TV CABLE*.
- Poma Saca, Jhon Taylor, Saca Poma, & Carlos Favian. (2023). *Diseño e implementación de un proveedor de servicio de Internet a través de tecnología GPON, para la parroquia Guadalupe del cantón Zamora*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26495>
- Raghuandan, K. (2023). *Textbooks in Telecommunication Engineering Introduction to Wireless Communications and Networks*. <https://link.springer.com/bookseries/13835>
- Rainer Strobel, & Thushara Hewavithana. (2020). *POWER SPECTRUM OPTIMIZATION FOR CAPACITY OF THE EXTENDED SPECTRUM HYBRID FIBER COAX NETWORK*. IEEE.
- Ribeiro, V. M., & Bao, L. (2021). Impact of next-generation access networks on the innovation efficiency of Portuguese municipalities: A spatial econometrics approach. *Regional Science Policy and Practice*, 13(5), 1615–1637. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12436>
- Rodríguez Paredes Joel. (2024). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED 100 G-PON PARA PROVEER SERVICIOS DE BANDA ULTRA*.
- Sanchez M, D. E., Vega L, J. A., Rueda, D. F., & Rodriguez F, A. A. (2022). Remote Monitoring of RF Amplifiers in HFC Networks: Voltage Drop Detection due to Power Blackouts. *2022 Congreso Internacional de Innovacion y Tendencias En Ingenieria, CONIITI 2022 - Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/CONIITI57704.2022.9953718>

- Santiago, C., Lliguichuzhca, I., Steve, J., & Tapia, I. (2010). *ESTUDIO PREVIO PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA TRIPLE PLAY EN UNA RED HFC DE LA EMPRESA SERVICABLE*.
- Santiana Calderón, & Francisco Paul. (2019). *Estudio del impacto del uso de las redes GPON en Ecuador frente a otras tecnologías año 2022 y sus perspectivas de crecimiento*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23888>
- Simakovic, M., Cica, Z., & Drajić, D. (2022). Big-Data Platform for Performance Monitoring of Telecom-Service-Provider Networks. *Electronics (Switzerland)*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/electronics11142224>
- Suresh, P., Saravanakumar, · U, Saleh, M., Al, H., & Editors, S. (2020). *Advances in Intelligent Systems and Computing 1163 Advances in Smart System Technologies Select Proceedings of ICFSST 2019*. <http://www.springer.com/series/11156>
- Zapata-Martínez, J., & Llerena-Izquierdo, J. (2023). Las TIC después del COVID-19: la perspectiva de los profesores universitarios. *Congreso de Docencia En Educación Superior CODES*, 5.