

# 37

## **SIMULACIÓN BAJO RIVERBED MODELER PARA COMPROBAR LA FUNCIONALIDAD DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA GPON PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

SIMULATION UNDER RIVERBED MODELER TO VERIFY THE FUNCTIONALITY OF A FIBER OPTIC NETWORK WITH GPON TECHNOLOGY FOR THE QUEVEDO STATE TECHNICAL UNIVERSITY

Byron Oviedo Bayas<sup>1</sup>

E-mail: [boviedo41@uteq.edu.ec](mailto:boviedo41@uteq.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5366-5917>

Emilio Zhuma Mera<sup>1</sup>

E-mail: [ezhuma@uteq.edu.ec](mailto:ezhuma@uteq.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3086-1413>

Freddy Triana Litardo<sup>1</sup>

E-mail: [ftriana@uteq.edu.ec](mailto:ftriana@uteq.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3475-9774>

Ronald Camacho Reyes<sup>1</sup>

E-mail: [rcamachor@uteq.edu.ec](mailto:rcamachor@uteq.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9289-5125>

Andrés Gracia Montaña<sup>1</sup>

E-mail: [andres.gracia2014@uteq.edu.ec](mailto:andres.gracia2014@uteq.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2154-9065>

<sup>1</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Oviedo Bayas, B., Zhuma Mera, E., Triana Litardo, F., Camacho Reyes, R., & Gracia Montaña, A. (2023). Simulación bajo Riverbed Modeler para comprobar la funcionalidad de una red de fibra óptica con tecnología GPON para la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. *Revista Conrado*, 19(91), 342-349.

### RESUMEN

Este proyecto está destinado a realizar una simulación utilizando una herramienta informática que permita medir la funcionalidad de la fibra óptica con tecnología GPON en el campus UTEQ. La evolución tecnológica ha permitido al hombre crear objetos, dispositivos y tecnologías, para cubrir necesidades o solucionar inconvenientes; es así como los medios de transmisión han evolucionado desde la comunicación a través de señas hasta la comunicación a distancia por medios de un haz de luz. Las redes GPON se están implementando en el mundo como una solución de Redes Ópticas Pasivas (PON – Passive Optical Network) (Arévalo et al. 2017) permite transmitir información a velocidades de Gigabits, donde un hilo de fibra óptica exclusiva es llevado hasta el usuario final. Los mecanismos tecnológicos como una red de acceso totalmente Óptica y los componentes ópticos pasivos (splitters ópticos) aplicados en la red externa, disminuyen considerablemente los costos operativos.

### Palabras clave:

GPON, Fibra óptica, Redes, Riverbed Modeler.

### ABSTRACT

This project is intended to carry out a simulation using a computer tool that allows measuring the functionality of fiber optics with GPON technology on the UTEQ campus. Technological evolution has allowed man to create objects, devices and technologies, to meet needs or solve problems; This is how the means of transmission have evolved from communication through signs to communication at a distance by means of a beam of light. GPON networks are being implemented in the world as a solution of Passive Optical Networks (PON - Passive Optical Network) (Arévalo et al. 2017) allows to transmit information at Gigabit speeds, where an exclusive fiber optic thread is carried to the end user. Technological mechanisms such as a fully optical access network and passive optical components (optical splitters) applied in the external network considerably reduce operating costs.

### Keywords:

GPON, Fiber optics, Networks, Riverbed Modeler

## INTRODUCCIÓN

El acceso a la información mediante las diferentes redes de telecomunicaciones que existen, hoy en día es ampliamente utilizado debido a la gran demanda que requiere la sociedad en cuanto al uso de internet y sus aplicaciones, lo que genera que las empresas dedicadas a la prestación de internet, se acoplen a nuevas tecnologías con la finalidad de mejorar la calidad de los servicios que ofrecen a sus clientes.

Las diversas funciones que se realizan gracias al internet y los medios de transmisión cableados (par trenzado, coaxial y fibra óptica) o inalámbricos (radiofrecuencia, microondas, láser, Wi-Fi) han permitido principalmente que las instituciones educativas puedan beneficiarse de gran manera; pues estas manejan gran cantidad de información y usuarios que se conectan a la web al mismo tiempo, adaptándose así a las necesidades de cada uno de ellos.

Aunque la universidad cuenta con una red de datos diseñada por el encargado del área de las TIC's, sólo la red principal y los servidores ubicados cuentan con el cableado mediante fibra óptica, mientras que la conexión a internet distribuida a cada una de las facultades con sus respectivos laboratorios y cubículos de los docente es mediante par trenzado no blindado (UTP), por lo que en muchas ocasiones, pudiera originar inconvenientes a la hora de utilizar eficientemente los servicios de internet

Considerando todo lo anterior, en el presente proyecto se pretende realizar un estudio para el diseño e implementación de una red de fibra óptica utilizando el estándar GPON para ofrecer una alta calidad de ancho de banda a cada una de las facultades, además se realizará la simulación de esta, mediante el software Riverbed Modeler que permitirá observar el comportamiento de la red en la transmisión y recepción de datos para la UTEQ.

El área tecnológica de las telecomunicaciones ha vivido un cambio importante en cuanto al uso de aplicaciones y equipos de transmisión de datos que se encuentran disponibles en el mercado, los cuales han sido diseñados para ofrecer a los usuarios la transmisión y recepción de información mucho más eficiente y rápida para la interconectividad e inclusión de nuevos servicios para los usuarios.

Una de las razones por la cual se busca el mejoramiento de la estructura de una red, es que en muchas instituciones se puede percibir el incremento de la demanda del servicio por los nuevos usuarios que ingresan, por esta razón es necesario contar con una infraestructura de red que permita brindar los servicios de voz, datos y videos

para evitar posibles saturaciones o pérdidas de conexión con el internet.

Este proyecto pretende beneficiar a toda la comunidad universitaria, mediante el empleo de la fibra óptica como medio de transmisión, este tipo de red ofrece excelentes características y ventajas a la hora de alcanzar velocidades muy superiores como ADSL o VHDSL a través del empleo del par de cobre.

Por ello, se ha resuelto realizar un diseño simulado de una red de fibra óptica para la UTEQ, empleando tecnología GPON porque permite altas tasas de transmisión que van desde 1.25 a 2.5Gbps downstream y tasas escalables de upstream de 155 Mbps a 2,5 Gbps a diferencia de GPON con una tasa simétrica de 1.25 Gbps, además, la eficiencia del sistema EPON es pobre, tiene baja eficiencia y un menor número de bits de carga útil (payload) en comparación con GPON.

Es así que cada facultad podrá contar con un hilo de fibra a partir del rack de cada sector llegando mediante par de cobre a los usuarios. Además, se realizará la simulación en el software Riverbed Modeler para comprobar su funcionalidad y en un futuro se implemente esta red para que las actividades universitarias sean realizadas eficientemente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Fase 1: Estado actual de la estructura de la red de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Mediante el empleo del software Riverbed Modeler se realizó el esquema de la red que posee actualmente la UTEQ en el campus principal de esta. En la Figura 1 se puede observar la representación por nodos de cada facultad.

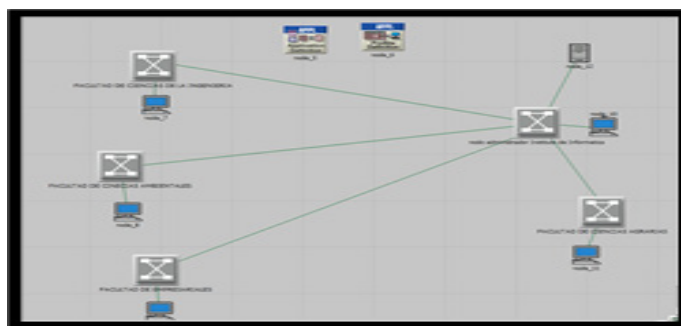


Figura 1. Esquema de red de la UTEQ

El node\_0 representa al Instituto de Informática el punto principal de comunicación de la red, la cual es controlada por el node\_12 el mismo que sería el servidor principal,

mientras que node\_1, node\_3, node\_4 y node\_11 representarían a los puntos de conexión con cada una de las facultades (FCI, FCA, FCAMB, FCE).

En las figuras 2 y 3 se muestra la simulación de los paquetes de voz y datos desde el nodo 0 hasta las demás facultades, además se muestra el ancho de banda que posee la red de datos de la UTEQ cabe mencionar que la simulación fue realizada por el software Riverbed Modeler.

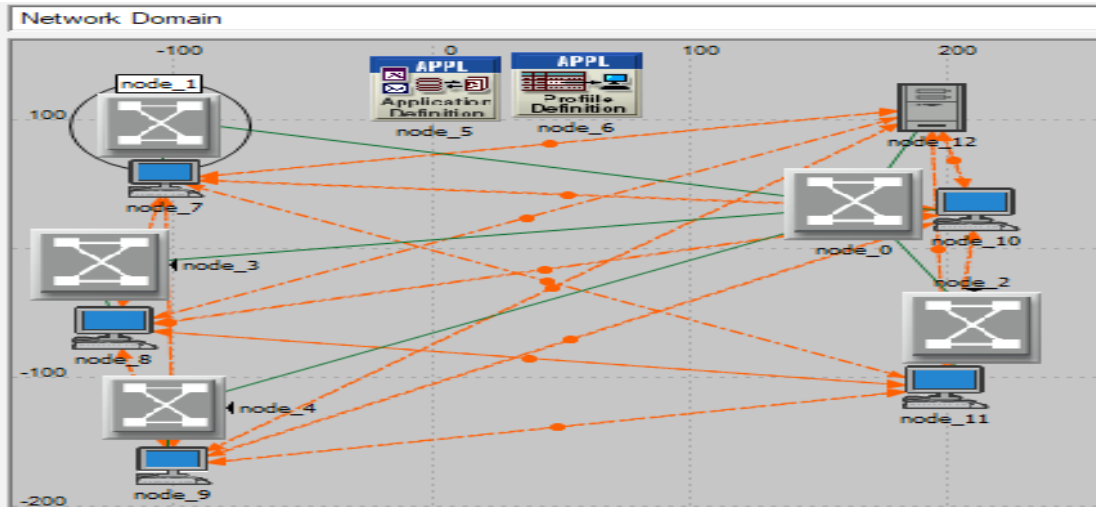


Figura 2. Tráfico generado por la red actual de la UTEQ

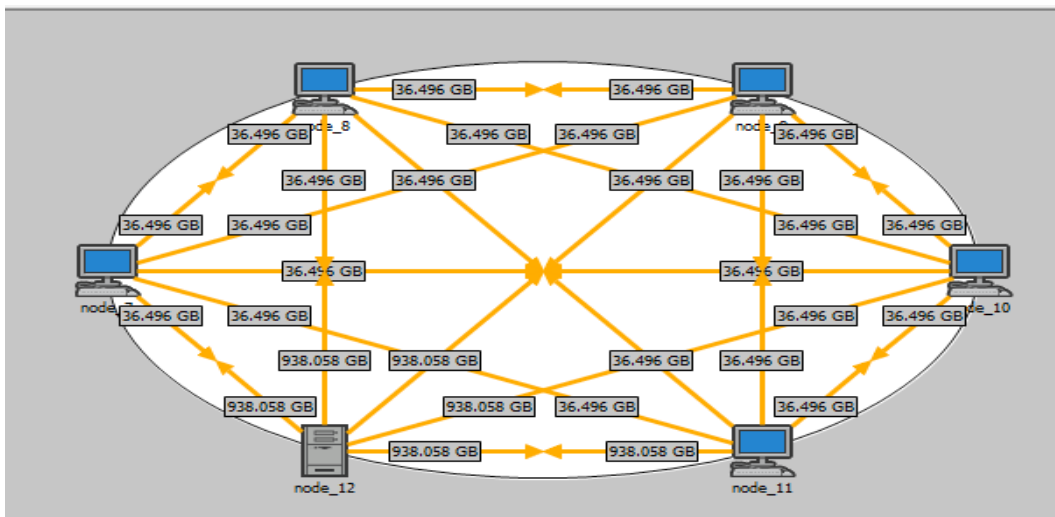


Figura 3. Tráfico generado por la red actual de la UTEQ

Como opción adicional, se procedió a realizar un análisis del tráfico de los datos mediante la aplicación PRTG Network Monitor, la cual fue sugerida y recomendada por el administrador del área de las TIC's de la universidad. Además, este software presenta excelentes características porque:

- Monitoriza múltiples dispositivos conectados en la red.
- Soporta los protocolos SSH, SNMP y WMI.
- Analiza tráfico web sobre los protocolos HTTP y HTTPS.
- Soporta SQL.
- Gestión a través del navegador.

- Múltiples configuraciones.

### Fase 2: Equipos de red, topología y tecnología de transmisión para el diseño de la red de fibra óptica para las facultades de la UTEQ.

Para el nuevo diseño de la red, se necesitan los siguientes equipos principales:

#### Fibra óptica

Aunque la red anterior utiliza multimodo que llega directo al administrador de la fibra que es el Instituto de Informática, se ha escogido para la nueva red, la fibra monomodo con estándar G.652 debido a que las distancias entre puntos son moderadas y esta, puede trabajar en un rango de 1310 a 1625nm, contrario a la norma G.655 con un rango de 1530nm 1565nm. Dentro de las subcategorías de esta norma, se ha escogido la D, debido a que en este tipo de fibra se ha reducido el pico de dispersión por iones hidroxilo (OH<sup>-</sup>), aumentando de esta manera las velocidades de transmisión [2]. Oswaldo et al. (2015)

#### OLT (Optical Line Terminal)

Se puede emplear el modelo OLT Tellion EP-3116 con 16 puertos PON, los cuales garantizan el funcionamiento de 64 clientes por cada puerto. El principal beneficio en la utilización de este equipamiento es la respuesta rápida ante fallos en su programación lógica; cada puerto tiene un hilo de respaldo (backup), el cual se activa automáticamente a momento de presentar algún error (lógico - físico), y al mismo tiempo genera un mensaje de alerta en el controlador del puerto para realizar la verificación respectiva del fallo. El equipo OLT que se escogió soporta múltiples métodos de acceso, por su capacidad de conmutación de 960 G/s o superior, para poder cubrir la demanda de usuarios existente en él. [2] Oswaldo et al. (2015)

#### ONT (Optical Network Terminal)

El equipo ONT GPON seleccionado es el EP- 3204G, marca TELLION, el cual brinda una estabilidad de enlace hasta -25db, pasado este valor, el equipo muestra en su panel de indicadores una variación de color que indica el grado de operatividad en la red. Este equipo posee 4 interfaces Ethernet programables, de las cuales, solo se emplearía una para dar servicio de conexión a un router inalámbrico que tendrá el cliente final, dando la posibilidad de tener futuras configuraciones para otros servicios como televisión, telefonía, VoIP, etc. [3] Lin et al. (2007)

#### Splitters Ópticos

Los Splitters ópticos fueron seleccionados debido a la necesidad existente en las nuevas redes de distribuir de

forma eficiente las múltiples señales ópticas y brindar un servicio rápido, económico y óptimo. Se escogió los Splitters 2x8 como primarios, porque permiten la configuración de redes PON con topología de redundancia. También se escogió como secundarios a los Splitters 1 x 8, 1x16, con fibra de 900um cuya presentación es de bandeja ya que su uniformidad es de < 0,5, además no posee pérdidas de Retorno (dB), además de que sus puertos de salida de fibras (m) es Ribbon 8 fibras x 8 (2,5 m fibras individuales). [4] Wei et al. (2021)

En cuanto a la tecnología se ha empleado GPON pues este sistema se basa en tres componentes fundamentales, OLT, ONU y ODN, los cuales cumplen la función de interconectar los diferentes equipos con los usuarios finales dentro de la red de acceso.

Además, esta tiene un alcance actualmente para alcanzar los 20 km, el máximo número que puede soportar una misma fibra es de 64 hasta 128 usuarios. GPON utiliza multiplexación WDM (Wavelength Division Multiplexing) la cual le permite que la información viaje tanto ascendente como descendente en la misma fibra óptica. Es por eso que GPON se ha convertido en un estándar muy potente pero a la vez muy complejo de implementar que ofrece:

- Soporte global multiservicio: incluyendo voz (TDM, SONET, SDH), Ethernet 10/100 Base T, ATM, Frame Relay y muchas más.
- Alcance físico de hasta 20 km.
- Soporte para varias tasas de transferencia, incluyendo tráfico simétrico de 622 Mbps, tráfico simétrico de 1.25Gbps y asimétrico de 2.5Gbps en sentido descendente y 1.25Gbps en sentido ascendente.
- Importantes facilidades de gestión, operación y mantenimiento, desde la cabecera OLT al equipamiento de usuario ONT.
- Seguridad a nivel de protocolo (cifrado) debido a la naturaleza multicast del protocolo.
- GPON ofrece un amplio soporte de servicios, incluyendo voz (TDM, SONET, SDH), Ethernet, ATM, Frame Relay, líneas arrendadas, etc.

El diseño a proponer para la red GPON se basa en dos topologías de redes cuyas ventajas son aprovechadas en mayor cantidad, tomando en cuenta el coste. Las topologías a usar se han establecido de acuerdo al grado jerárquico utilizado, en anillo y en árbol. [5] Chanclou et al. (2008)

**Topología en Anillo:** El objetivo de esta topología es brindar una ruta alterna para la transmisión de la información desde la OLT hasta la ONT, sin la necesidad de realizar un enrutamiento manual; para que la información vaya a su

destino, sin importar las afecciones que existan en la ruta principal establecida al momento del diseño de la red para su traslado.

**Topología en Árbol:** La segunda topología es empleada en la configuración de los splitter. Los primeros splitters son empleados exclusivamente para conectar las cajas de dispersión a cada puerto PON de la OLT, y los otros splitters serían empleados para la conexión de la última milla de cliente; la cual va desde la caja de dispersión hasta el equipo ONT.

## RESULTADOS

Simulación en el software Riverbed Modeler [6] (Lee et al., 2021) para la comprobación de la funcionalidad de la red de fibra óptica para la UTEQ.

En la Figura 4 se muestra como está el tendido de fibra óptica otorgada por el proveedor y cada nodo (principal y secundario) de las facultades. La línea roja representa la fibra óptica mientras que las líneas azules representarían al cable de cobre. Se ha utilizado

Google Maps para obtener las coordenadas exactas de cada punto pues este requerimiento es necesario para la simulación en el Software Riverbed Modeler



Figura 4. Red de Tráfico de la UTEQ

En la Figura 5 se muestran los esquemas y vistas de los edificios de la UTEQ diseñados mediante el software de simulación Riverbed Modeler.

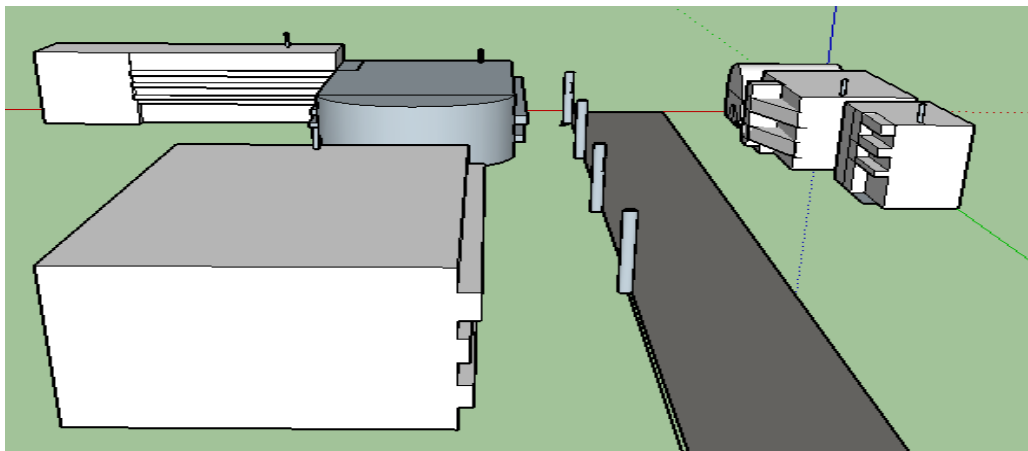


Figura 5. Esquemas de los edificios de la UTEQ

En la Figura 6 se muestra un poste en el cual se implementarían los equipos necesarios para diseñar la conexión de la red de fibra óptica con tecnología GPON.

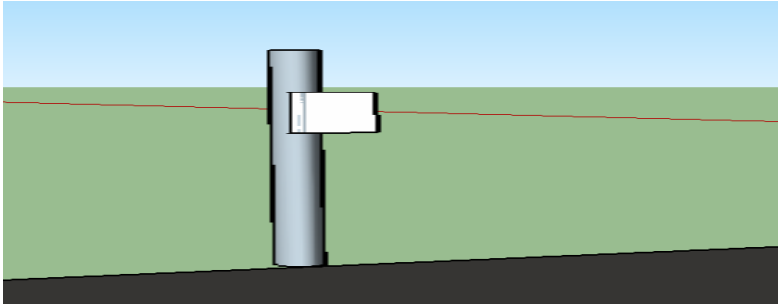


Figura 6. Poste de conexión para la nueva red de la UTEQ

En la Figura 7 se puede observar que las líneas verdes representan a la fibra óptica monomodo, la línea azul representa a la administración de la fibra será controlada por el encargado del área de las TIC's, la línea roja hasta el empalme y la caja representa la fibra óptica otorgada por el proveedor de internet y el punto azul representa el cuarto de equipos y el punto rojo los postes con sus respectivas cajas.

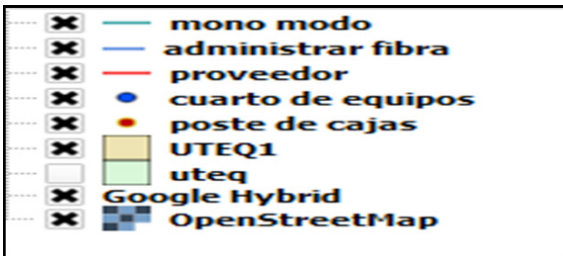


Figura 7. Simbología de la red

**Simulación de la Red**

Mediante la herramienta informática para la simulación de la red de fibra óptica con tecnología GPON se logró realizar debidamente y además se obtuvieron los resultados esperados en cuanto a medición y obtención de datos importantes para esta investigación. [7] (Carmona et al., 2011)

En la Figura 8 se muestra la nueva red con la que contaría la UTEQ, en esta se puede observar los nodos principales y los nodos secundarios a cada facultad.

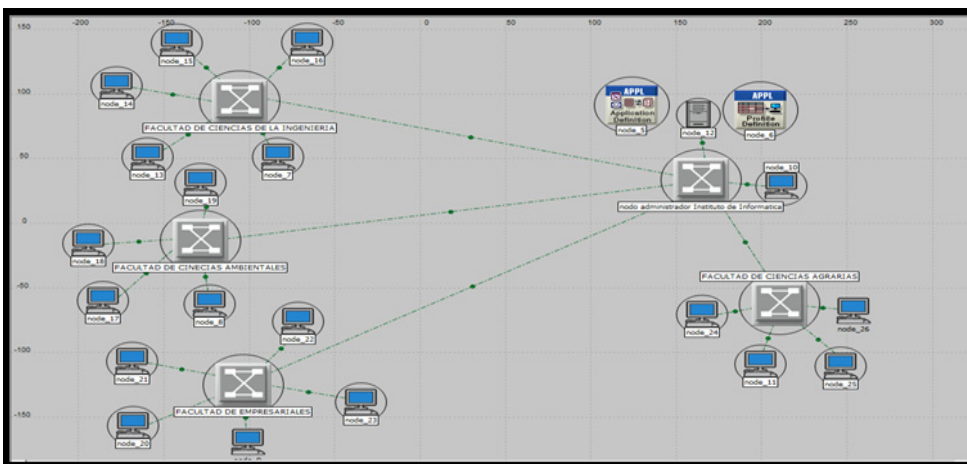


Figura 8. Esquema de la nueva red de fibra óptica con tecnología GPON

En la Figura 9 se puede observar el análisis realizado; y según los datos que arroja el software (343.75 MB), la transmisión es mucha más continua y no tiene tanta pérdida como el de la red de la UTEQ.

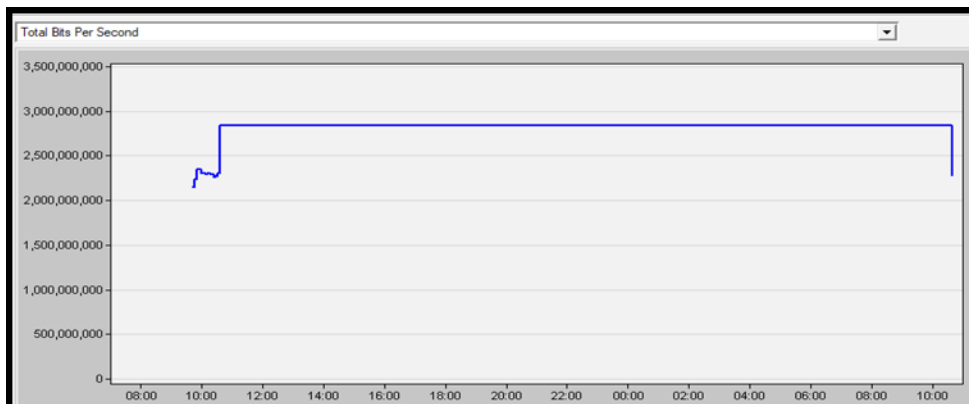


Figura 9. Análisis de la transmisión de los datos de la nueva red en bits por segundos.

Durante todo el proceso de este proyecto se ha logrado demostrar los beneficios que ofrece GPON, pues esta tecnología permite proporcionar a los clientes una mayor eficacia en el transporte de información, así como también, una mayor entrega de ancho de banda, la cual permite trabajar con altos niveles de tráfico de datos y contenidos multimedia de manera confiable y rápida.

Permitiendo que las empresas o instituciones puedan contar con servicios avanzados de telefonía, internet, datos y servicios de TIC's, con todo el respaldo que otorgan las últimas tecnologías disponibles en el mercado.

## CONCLUSIONES

Mediante el análisis realizado al estado y la estructura de la red de la UTEQ, se ha evidenciado que, aunque está establecida de manera correcta, con excelentes equipos y posee fibra óptica y un buen ancho de banda, esta no provee totalmente de un servicio eficiente a los usuarios finales, es decir, a cada facultad y tampoco se aprovecha la capacidad de brindar una mejor velocidad de transmisión y recepción de la información.

Se logró definir los modelos de los equipos principales los cuales ofrecen ventajas en cuanto a configuración y servicios, además de que su costo es accesible, en cuanto a la topología que se utiliza en la tecnología de transmisión GPON para la red de la UTEQ se escogió la topología anillo y árbol, porque se consigue de esta manera dar un mayor ancho de banda a cada usuario sin que haya más pérdidas de paquetes.

Mediante la simulación en el software Riverbed Modeler se pudo comprobar que las características que posee la tecnología GPON es superior a la que posee actualmente la universidad porque maneja velocidades desde 2.4/1.8 Gb de bajada y subida los cuales permite aprovechar los servicios de transmisión de información, VOIP, IPTV y aplicaciones en internet, permitiendo ofrecer nuevos y mejores paquetes en cuanto a velocidad de navegación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arévalo, G. V., Hincapié, R. C., & Gaudino, R. (2017). Optimization of multiple PON deployment costs and comparison between GPON, XGPON, NGPON2 and UDWDM PON. *Optical switching and networking*, 25, 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.osn.2017.03.00>
- Carmona, A., Marín, Ó. A. P., Oviedo, A. I., Amaya, F., & Yepes, M. (2011). *Simulador de enlaces scm-wdm para Redes tipo pon*. <https://www.semanticscholar.org/paper/37a5079328e7fa390a85f5252088e9c5445d79ba>
- Chanclou, P., Belfqih, Z., Charbonnier, B., Duong, T., Frank, F., Genay, N., Huchard, M., Guignard, P., Guillo, L., Landousies, B., Pizzinat, A., Ramanitra, H., Saliou, F., Durel, S., Urvoas, P., Ouzzif, M., & Le Masson, J. (2008). Access network evolution: optical fibre to the subscribers and impact on the metropolitan and home networks. *Comptes Rendus. Physique*, 9(9–10), 935–946. <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2008.10.010>

- Lee, G.-M., Lee, C.-W., & Roh, B.-H. (2021). Riverbed modeler reinforcement learning M&S framework supported by supervised learning. *2021 International Conference on Information Networking (ICOIN)*, 824–827.
- Lin, C.-T., Chen, J., Peng, P.-C., Peng, C.-F., Peng, W.-R., Chiou, B.-S., & Chi, S. (2007). Hybrid optical access network integrating fiber-to-the-home and radio-over-fiber systems. *IEEE photonics technology letters: a publication of the IEEE Laser and Electro-optics Society*, 19(8), 610–612. <https://doi.org/10.1109/lpt.2007.894326>
- Oswaldo, M.-O. R., Arturo, C.-M. M., Adolfo, P.-L. G., & Arturo, S.-F. C. (2015). Generación de señales para sistemas radio sobre fibra basados en combinación óptica. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 16(4), 585–598. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2015.09.010>
- Wei, D., Cao, F., Wu, Z., Liu, Y., Wang, J., Wang, Q., Liu, X., & Zhang, Q. (2021). Enhanced spectral splitting in a novel solar spectrum optical splitter based on one dimensional photonic crystal heterostructure. *Journal of Materiomics*, 7(3), 648–655. <https://doi.org/10.1016/j.jmat.2020.10.014>