



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1282>

Ciencias de la tecnología  
Artículo de investigación

*Diseño de una red pasiva GPON para el mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones en el cantón Macará*

*Design of a passive GPON network for the improvement of telecommunications services in the Macará canton*

*Projeto de uma rede GPON passiva para a melhoria dos serviços de telecomunicações no cantão de Macará*

Piedad María Cabezas-Chica <sup>I</sup>  
[pcabezaschica@gmail.com](mailto:pcabezaschica@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-3602-1992>

Javier Bernardo Cabrera-Mejía <sup>II</sup>  
[jcabreram@ucacue.edu.ec](mailto:jcabreram@ucacue.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-2027-0211>

**Correspondencia:** [pcabezaschica@gmail.com](mailto:pcabezaschica@gmail.com)

**\*Recibido:** 20 de mayo de 2020 **\*Aceptado:** 29 de junio de 2020 **\* Publicado:** 18 de julio de 2020

- I. Ingeniera Comercial Mención en Administración de Empresas, Estudiante de la Maestría en Tecnologías de la Información, Jefatura de Posgrados, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- II. Magíster en Redes de Comunicaciones, Ingeniero Electrónico, Docente Investigador de la Jefatura de Posgrados, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

## Resumen

El presente artículo presenta el análisis técnico de una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH por sus siglas en inglés), para el cantón Macará, Provincia de Loja en Ecuador con una densidad poblacional de 20.270 habitantes, de los cuales se ha seleccionado 1400 clientes con subdivisión final mediante splitters de  $1 \times 64$ . La investigación utiliza el muestreo por conveniencia y de carácter experimental, utilizando un escenario de simulación y comparación de tecnologías PON. De los resultados obtenidos mediante el simulador Optisystem se concluye que la tecnología GPON en redes FTTH es la más adecuada para prestar servicios en el cantón de análisis sin ningún inconveniente, comenzando con su tasa de transferencia de 10Gbps en sentido descendente como ascendente, su alto factor de calidad, mínimo BER y bajo jitter. Además, el resultado de la simulación reveló que se puede llegar hasta 60km entre el Optical Line Terminal (OLT) y la Optical Network Unit (ONU) u ONT, con estos valores se confirma que los resultados cumplen con la recomendación de la UIT-T G.984.2.

**Palabras claves:** PON; GPON; diagrama de Ojo; FTTH; OLT; ONT.

## Abstract

This article presents the technical analysis of a fiber optic network to the home (FTTH), for the Macará canton, Loja Province in Ecuador with a population density of 20,270 inhabitants, of which 1,400 have been selected clients with final subdivision through splitters. The research uses convenience and experimental sampling, using a simulation and comparison scenario of PON technologies. From the results obtained using the Optisystem simulator, it is concluded that GPON technology in FTTH networks is the most appropriate to provide services in the analysis canton without any inconvenience, starting with its transfer rate of 10 Gbps in descending and ascending directions, its high quality factor, minimum BER and low jitter. Furthermore, the simulation result revealed that up to 60km can be reached between the Optical Line Terminal (OLT) and the Optical Network Unit (UN) or ONT, with these values confirming that the results comply with the recommendation of the ITU- T G.984.2.

**Keywords:** PON; GPON; Eye diagram; FTTH; OLT; ONT.

## Resumo

Este artículo presenta a análise técnica de uma rede de fibra óptica doméstica (FTTH), no cantão de Macará, província de Loja, no Equador, com uma densidade populacional de 20.270 habitantes, dos quais 1.400 foram selecionados clientes com subdivisão final através de divisores. A pesquisa utiliza conveniência e amostragem experimental, utilizando um cenário de simulação e comparação de tecnologias PON. A partir dos resultados obtidos com o simulador Optisystem, conclui-se que a tecnologia GPON nas redes FTTH é a mais adequada para prestar serviços no cantão de análise sem nenhum inconveniente, começando com sua taxa de transferência de 10 Gbps nas direções descendente e ascendente, sua alta fator de qualidade, RCE mínimo e jitter baixo. Além disso, o resultado da simulação revelou que até 60 km podem ser alcançados entre o Terminal de linha óptica (OLT) e a Unidade de rede óptica (ONU) ou ONT, com esses valores confirmando que os resultados estão em conformidade com a recomendação da ITU- T G.984.2.

**Palavras-chave:** PON; GPON; Diagrama de olho; FTTH; OLT; ONT.

## Introducción

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), reveló que el 51,2%, de la población mundial tiene acceso a Internet, es decir, que el equivalente es de 3.900 millones de personas alrededor del mundo navegan en la web. Esto representa un paso importante hacia una sociedad mundial de la información; por esta razón, más de la mitad de la población ya está en línea, sin embargo, quedan pendientes problemas relacionados con la calidad y equidad en el acceso a Internet.

En América Latina, ITUP Publicaciones presenta el informe sobre medición de la sociedad de la Información, en el que indica, el incremento de los abonados al servicio de Internet, en efecto, las personas pasan más tiempo en línea y cada vez más tiempo en actividades con gran flujo de datos, considerando el 60% de los hogares cuentan con computadores con tecnología futura.

En Ecuador, según el reporte del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), acerca de la Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's) 2018, determinó que el acceso en el área urbana es del 46,6%, frente al 16,1% del área rural. Por ello, el propósito de la investigación es mejorar la cobertura inalámbrica existente, con el objetivo de fortalecer las comunicaciones a los sectores: General Eloy Alfaro (San Sebastián), (Manuel Enrique Rengel), del cantón Macará,

mediante la implementación de una red GPON. La cual ha sido reconocida por mucho tiempo como una tecnología robusta para hogares, puesto que permite alcanzar un mayor ancho de banda comparada con el par de cobre (Berekaa, 2014).

Los aspectos detallados hacen relación a la ausencia de fibra óptica, de modo que no permite brindar el servicio esperado por el cliente, los proveedores locales CNT y Claro, ofrecen planes de Internet-datos, mediante conexión punto a punto, lo que causa inestabilidad en el uso, en efecto, existe déficit en la calidad, velocidad de conexión y la dificultad de asequibilidad de los servicios, situación que no permite se cumpla lo solicitado por el usuario final. Según el estudio realizado durante el último semestre del año 2019, donde el número de llamadas diarias por inestabilidad en la red se ha ido incrementando en comparación al año 2020 (Megagitel, 2020), se obtiene un indicador del 60% en solicitudes realizadas por el usuario reportando lentitud del Internet, 39% por Internet caído, lentitud en reparación del problema 1%, dando como resultado retardos en velocidades de transmisión de datos.

El problema principal de estudio, se centra en la ciudad de Macará, existe una creciente preocupación en los enlaces inalámbricos existentes, constantemente se saturan ya sea por el clima (lluvias, atenuación por obstáculo), ruido en la frecuencia del espectro de la señal, lo que provocan caídas o pérdidas. Partiendo de esta premisa, Megagitel, empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones, posee poca innovación tecnológica, provocando el incremento de quejas y reclamos por parte de los usuarios finales del cantón; por lo que es necesario contar con una infraestructura física tecnológica moderna, basada en fibra óptica, como FTTH (Fiber To The Home).

Una vez analizado el problema, este artículo tiene por objeto principal, el diseño de una red pasiva GPON, que aumente la velocidad en la transmisión de datos, proporcionar los servicios con menos interferencias, mediante el análisis de los equipos e infraestructura óptima, para el mejoramiento de calidad en servicio (QoS) que brinda la empresa Megagitel, en el cantón Macará, Provincia de Loja.

Según los autores, (Guillermo Zeballos Amable, Jaime Felipe Vela, 2019), señalan que la red GPON, por su evolución a la mejora en los protocolos de comunicación y estándares en transmisiones TDMA (Time Division Multiple Acces), ATM (Asynchronous Transfer Mode) o Ethernet. Existen diferentes definiciones sobre redes GPON, desde hace mucho tiempo se

menciona que es el medio empleado habitualmente para transmisión de datos, debido a sus mínimas pérdidas de señal, permanencia en el uso de ancho de banda, permitiendo abarcar largas distancias con la tecnología aplicada. Mientras tanto, el OLT es un equipo conectado a un divisor de distribución exterior que, al mismo tiempo, está conectado a un divisor de acceso separando a todas las instalaciones. (Kadmin, 2013), menciona que la red de acceso FTTH (Fiber To The Home), en la actualidad ha establecido competitividad económica al proporcionar gastos operativos significativamente reducidos. No obstante, su conexión se basa en la multiplexación por división de longitud de onda (WDM, por sus siglas en inglés), brindando flexibilidad y adaptabilidad en mejora de la red. El autor puntualiza que el tipo de red de FTTH es superior a las redes que utilizan cobre en su arquitectura, por lo que las empresas que brindan servicios de telecomunicaciones deben considerar el análisis de viabilidad económico social, para tal efecto, garantiza la calidad y el nivel de satisfacción de los usuarios.

## Desarrollo

Esta investigación parte del estudio geográfico, misma que considera una topología tipo anillo para el feeder y estrella para los ramales de distribución que se extienden fuera del feeder con el fin de cubrir zonas lejanas del anillo. En la tabla 1 se muestra la dimensión máxima de fibra óptica a utilizar.

**Tabla 1.** Dimensión de fibra óptica

<b>Fibra Óptica</b>	<b>Longitud (m)</b>
F.O 48H	4096
F.O 12H	3779
F.O 12H	2747
F.O 6H	7722

**Fuente:** Piedad Cabezas Chica

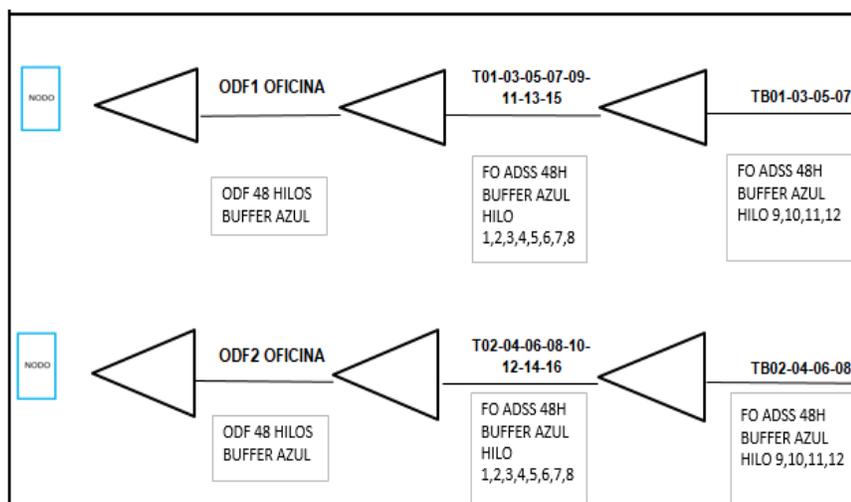
En la tabla 2, muestra la primera parte de los materiales usados en las cajas NAP.

**Tabla 2.** Listado de materiales usados en las cajas NAP

Componentes	Cantidad
Caja de empalme tipo DOMO	8
NAP	74
ODF 48 PUERTOS	2
Splitter 1:4	24
Splitter 1:16	74
SFP	32
Chasis	1
Preformados	200
Pinzas Tensor	740
Herrajes	275

Fuente: Piedad Cabezas Chica

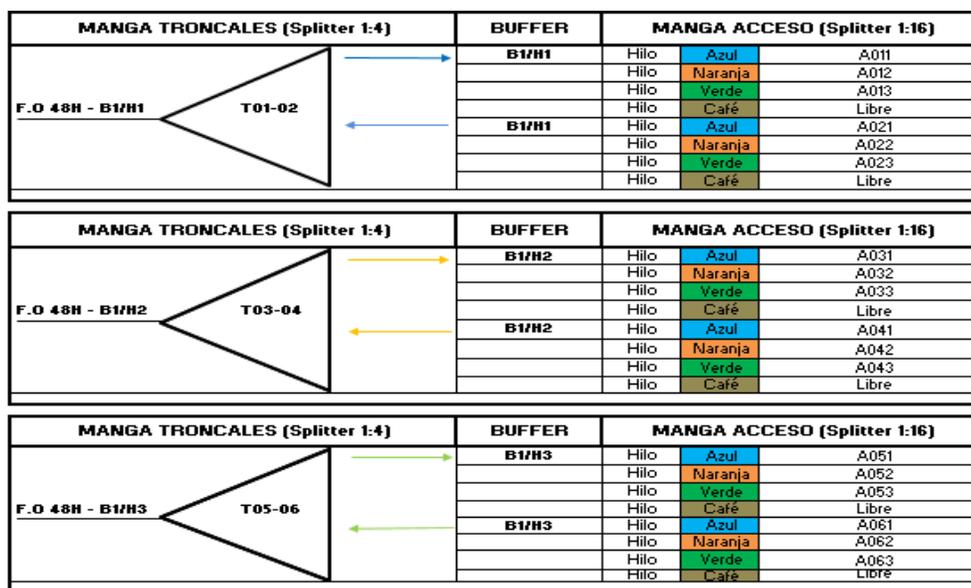
Todos los elementos de la red GPON están sincronizados para evitar colisiones y usan el protocolo TDMA (Time División Múltiple Access), el cual solo transmite cuando el usuario lo indica, haciendo que la durabilidad del láser sea mayor. La sincronización se complementa con el método de ecualización para que el acceso al medio de la ONT/ONU, acorde con la distancia física que le separa. En la figura 1 se encuentra la distribución de los hilos de fibra óptica con sus respectivas rutas troncales; adicional, se especifican 2 ODF.



**Figura 1.** Ruta Troncal  
 Fuente: Piedad Cabezas Chica

Para conectar los elementos de red GPON, se realiza subdivisiones en cascada, iniciando con una manga troncal de fibra óptica ADSS 48H (4600m), el primer nivel se forma un splitter 1x4, el segundo nivel se ubica las NAP de acceso lo forma un splitter 1x16 conectorizado dando una subdivisión final de 1x64 tal como muestra la figura 2.

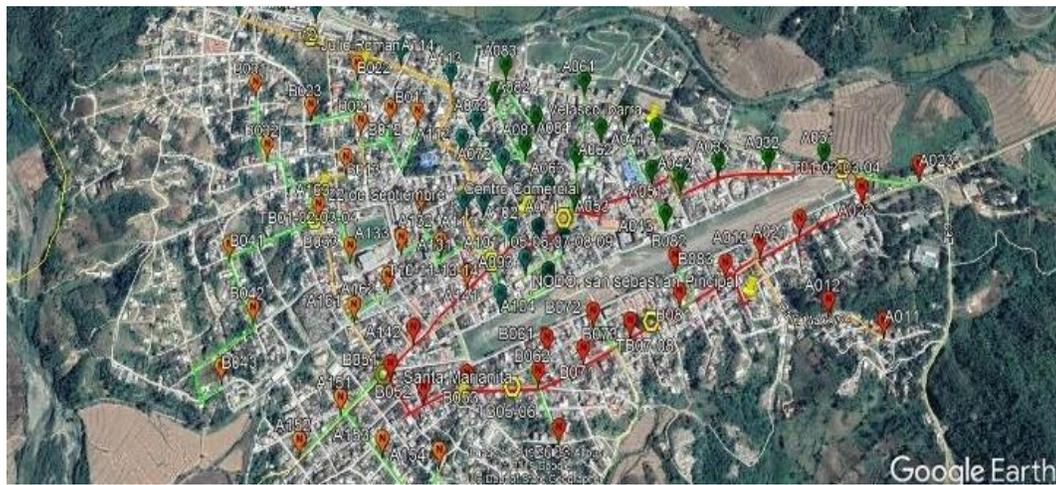
Figura 2. Distribución de Manga troncal



Fuente: Piedad Cabezas Chica

Se sectoriza la ciudad por zona de cobertura entre los nodos considerados para cubrir la misma, en el diseño las NAP, están con letra inicial A y B, mientras que, las mangas troncales se identifican con la letra T; por lo tanto. Los nodos propuestos están distribuidos geográficamente a 2.20 Km, y cubrirá el área de despliegue.

**Figura 3.** Mapa de cobertura de red GPON en Macará



**Fuente:** Piedad Cabezas Chica

El diseño muestra las pérdidas intrínsecas de la fibra y las fusiones se calculan alrededor de 3dB, el total de las pérdidas consideradas en el diseño con los dos niveles de splitter, pérdidas en la fibra y fusiones suman 23dB. Los SFP clase C+ del OLT pueden aportar una potencia entre 7 a 10dBm de potencia teórica según el fabricante. Sin embargo, el presupuesto óptico que determina el valor de potencia que se debe obtener en la NAP de acceso es la diferencia de las pérdidas con la potencia del SFP

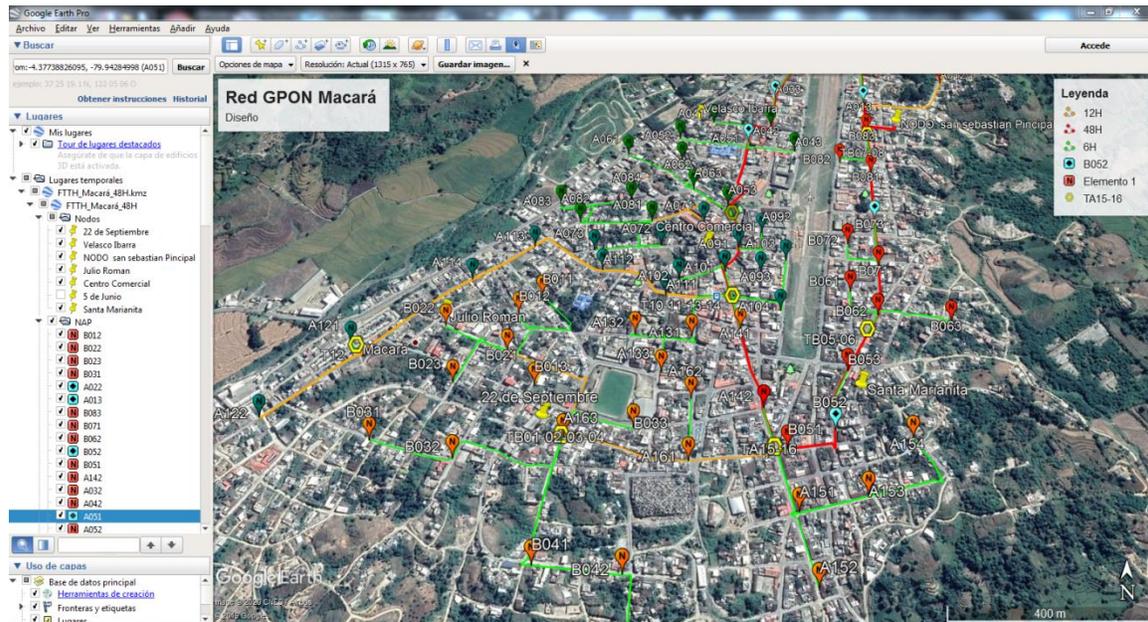
Finalmente, se verificó el estado de acceso de los usuarios desde la culminación de fibra a través del registro del OTDR, que mostró un enlace continuo sin roturas o conectorizaciones de baja calidad y con un valor de pérdida dentro de lo aceptable para una distancia de 0,4m. La potencia óptica que llega al primer usuario es de 18,8dBm. Dada la sensibilidad de los foto detectores de las ONT es posible bajar la potencia ~10dBm adicionales, para expandir y distribuir los accesos de la red hasta el límite que recomiendan los estándares que es de 20 a 60km para una red GPON respectivamente (ITU-T, 2010).

Este modelo de OLT Huawei MA5608T, tiene posibilidades de expansión, cuenta con 7 tarjetas, las tarjetas traen 16 puertos de conexión de fibra, cada puerto para 64 clientes, esta arquitectura tiene como ventaja crear tramos largos para cubrir lugares lejanos, su estándar se efectúa en el siguiente orden: Estudio del área donde van las mangas, splitter y ONT, continua la creación del diseño de la red GPON, se gestiona los permisos municipales, se legaliza el uso de postes a usar

Diseño de una red pasiva GPON para el mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones en el cantón Macará

en el casco urbano, tal como se muestra en la figura 4, ubicación de los nodos 22 de septiembre, Velasco Ibarra, San Sebastián, Julio Román, Centro comercial, 5 de junio y Santa Marianita.

**Figura 4.** Mapa Geo-referenciado de ubicación de los Nodos, NAP red GPON



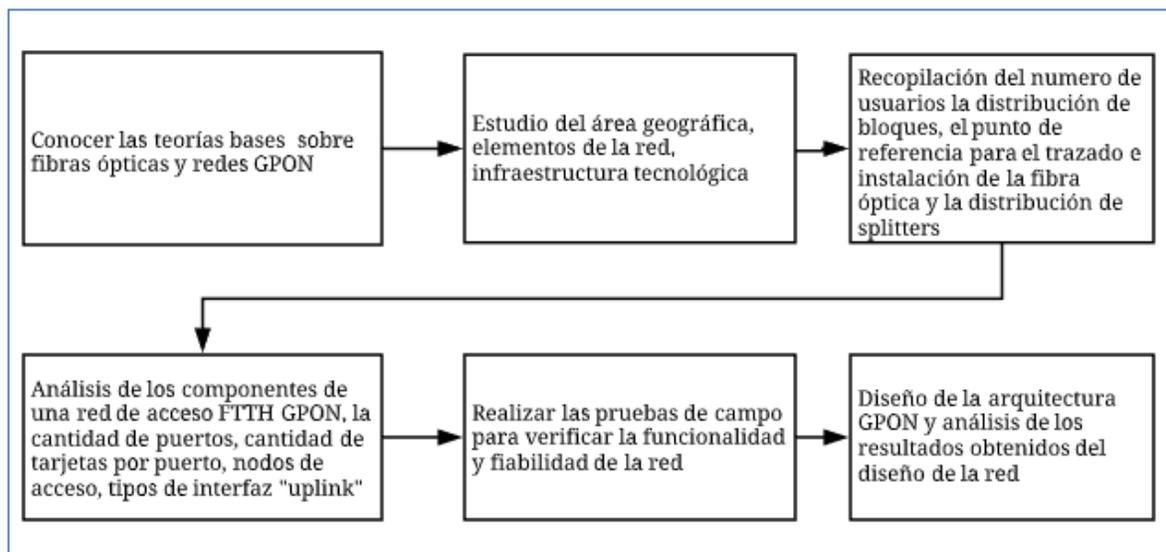
Fuente: Piedad Cabezas Chica

## Metodología

El desarrollo de la investigación, se efectúa bajo el enfoque cuantitativo lo que nos permitió obtener conocimientos, evaluarlos, tomar decisiones y proponiendo posibles soluciones al problema, así mismo, el enfoque cualitativo se caracteriza porque está orientado a observar, describir, interpretar y comprender el objeto de estudio, es decir se investigó dentro del contexto en un entorno experimental.

Se utilizó investigación de campo y bibliográfica, tratándose de un estudio de los hechos que se dieron en el lugar permitiendo verificar el estado actual del problema, utilizando técnicas como la entrevista que facilitó al investigador estar en contacto directo con Megagitel con la finalidad de recolectar y registrar la información. Se diseñó bajo el siguiente lineamiento:

**Esquema 1.** Lineamiento de metodología



**Fuente:** Piedad Cabezas Chica

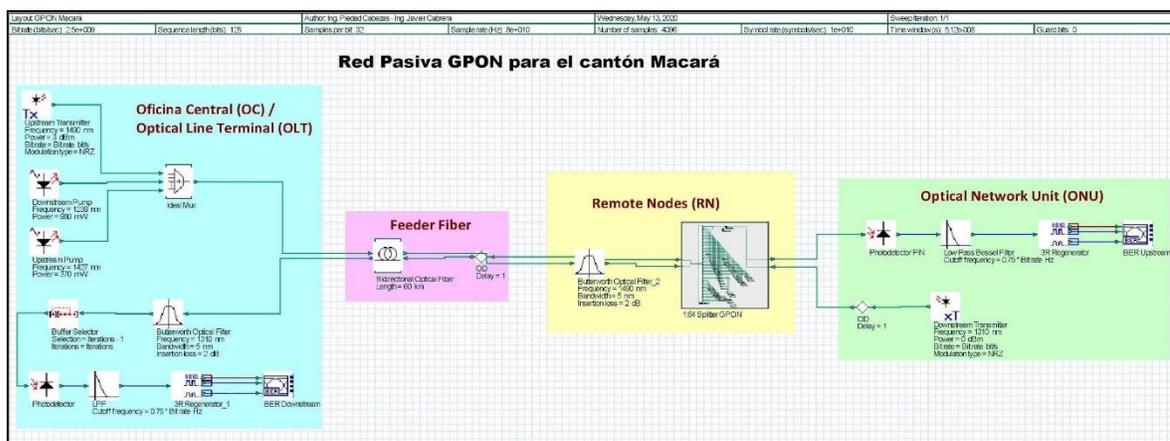
## Resultados

### Simulación

El software utilizado para la simulación del enlace óptico, es la herramienta Optisystem 17.0.0.1730 64bits versión de prueba, este software permite a los usuarios planificar, probar y simular los enlaces ópticos en la capa de transmisión de redes ópticas. Una de las principales características de la versión usada es que los componentes de procesamiento digital de señales se han actualizado para soportar una gama más amplia de formatos de modulación, incluyendo BPSK, QPSK, 8PSK, 16PSK, 8QAM, 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM. El trabajo propuesto desarrolla un sistema de fibra óptica basado en codificación NRZ que es capaz de realizar comunicación de punto único a múltiple. Las siguientes figuras (5-14) representa el modelo de simulación correspondiente a GPON.

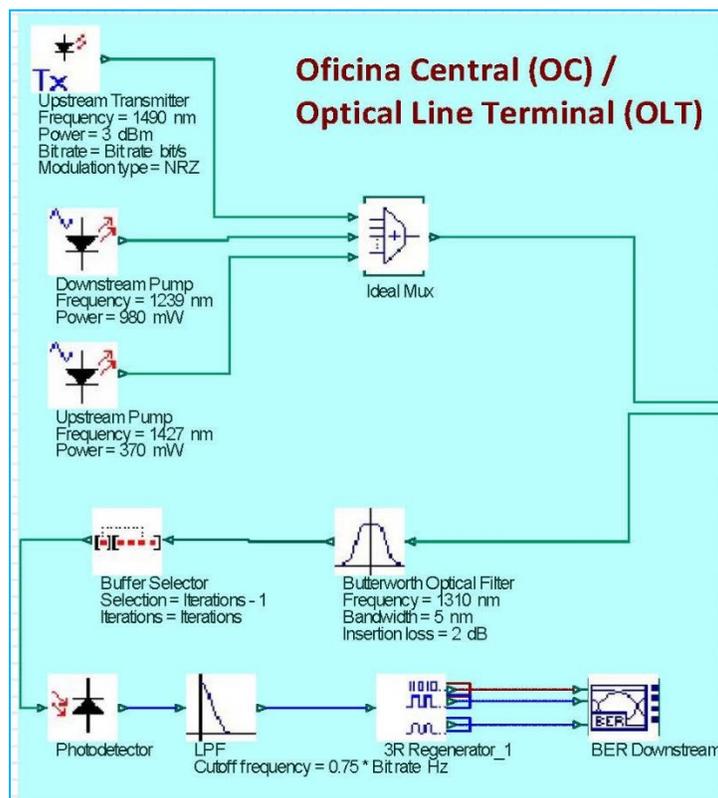
Diseño de una red pasiva GPON para el mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones en el cantón Macará

Figura 5. Red pasiva GPON para el cantón Macará



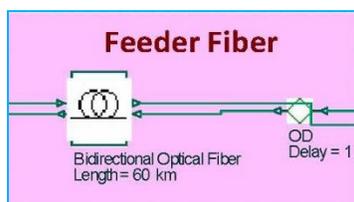
Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

Figura 6. OLT de la oficina central



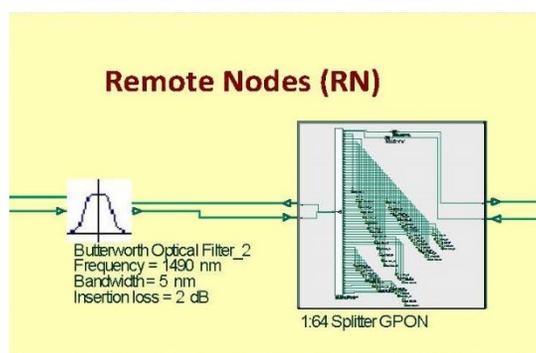
Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

**Figura 7. Feeder Fiber**



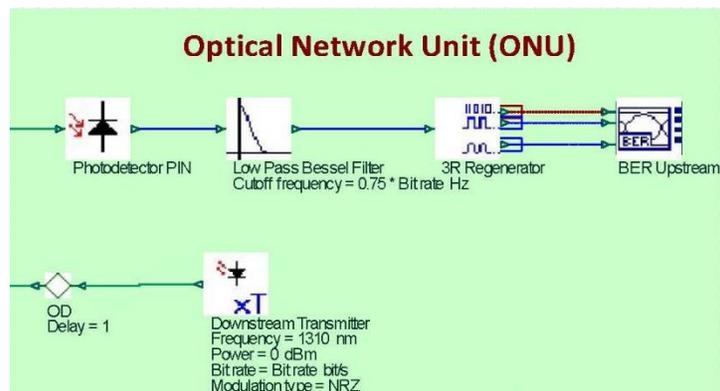
Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

**Figura 8. Nodos Remotos (RN)**



Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

**Figura 9. Optical Network Unit (ONU)**



Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

**Figura 10. Datos del Transmisor**

Upstream Transmitter Properties

Label: Upstream Transmitter

Disp	Name	Value	Units	Mode
<input checked="" type="checkbox"/>	Frequency	1490	nm	Normal
<input checked="" type="checkbox"/>	Power	3	dBm	Normal
<input type="checkbox"/>	Extinction ratio	25	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Linewidth	10	MHz	Normal
<input type="checkbox"/>	Initial phase	0	deg	Normal

Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

**Figura 11. Datos del Downstream Pump**

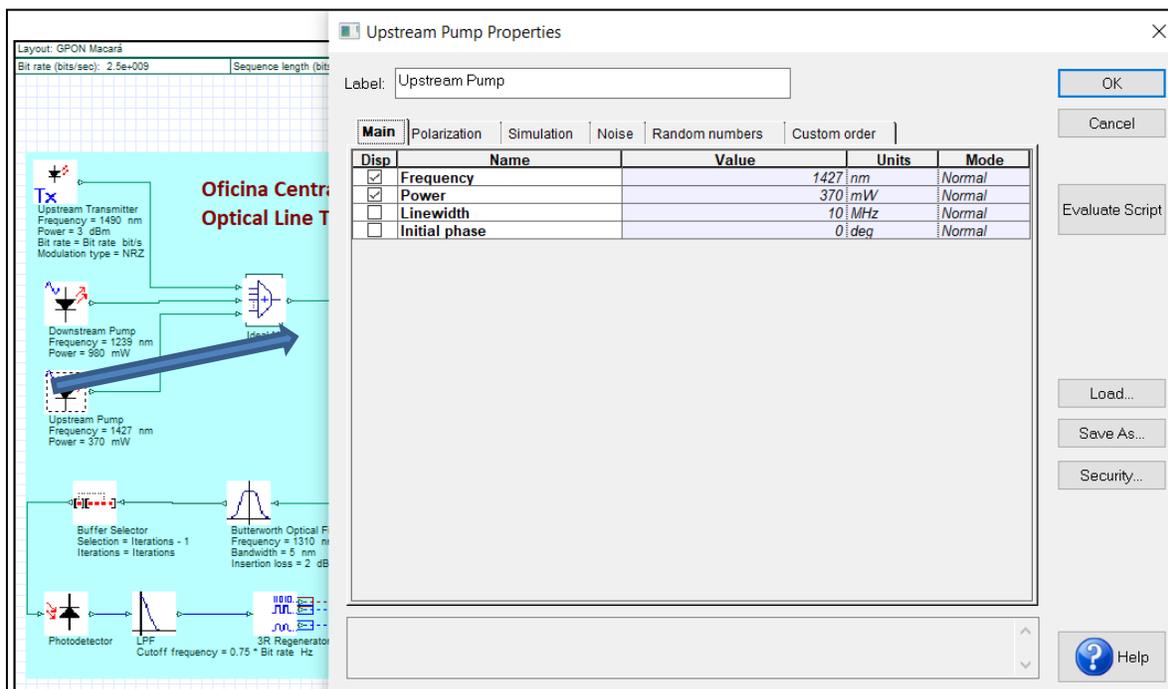
Downstream Pump Properties

Label: Downstream Pump

Disp	Name	Value	Units	Mode
<input checked="" type="checkbox"/>	Frequency	1239	nm	Normal
<input checked="" type="checkbox"/>	Power	980	mW	Normal
<input type="checkbox"/>	Linewidth	10	MHz	Normal
<input type="checkbox"/>	Initial phase	0	deg	Normal

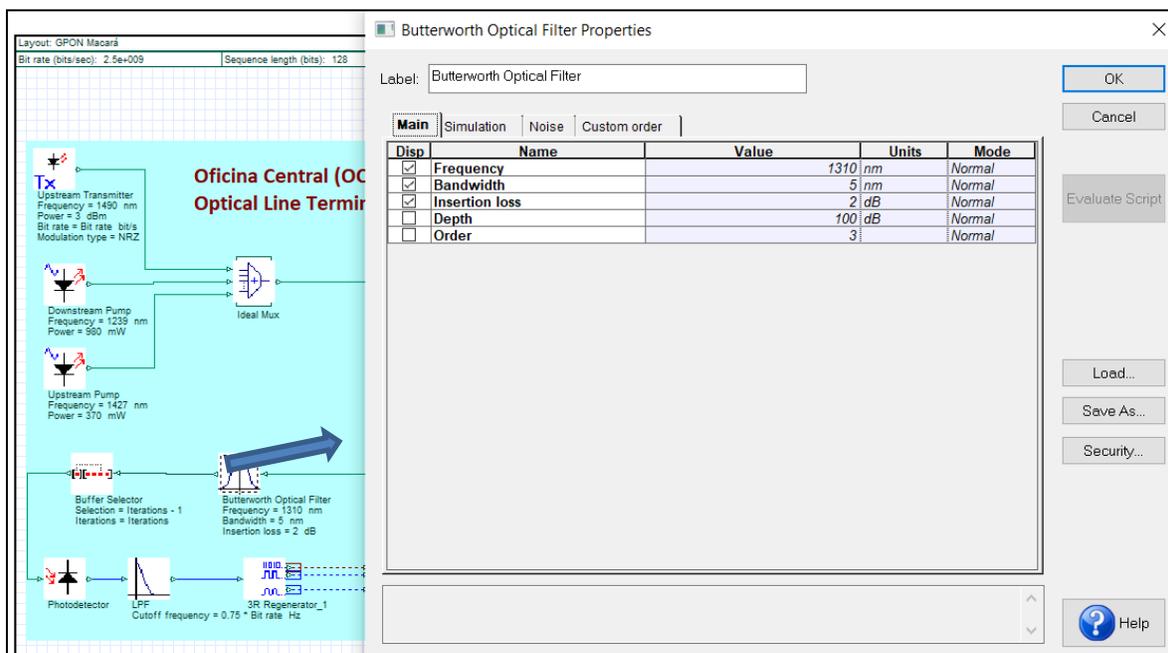
Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

**Figura 12.** Datos del Upstream Pump



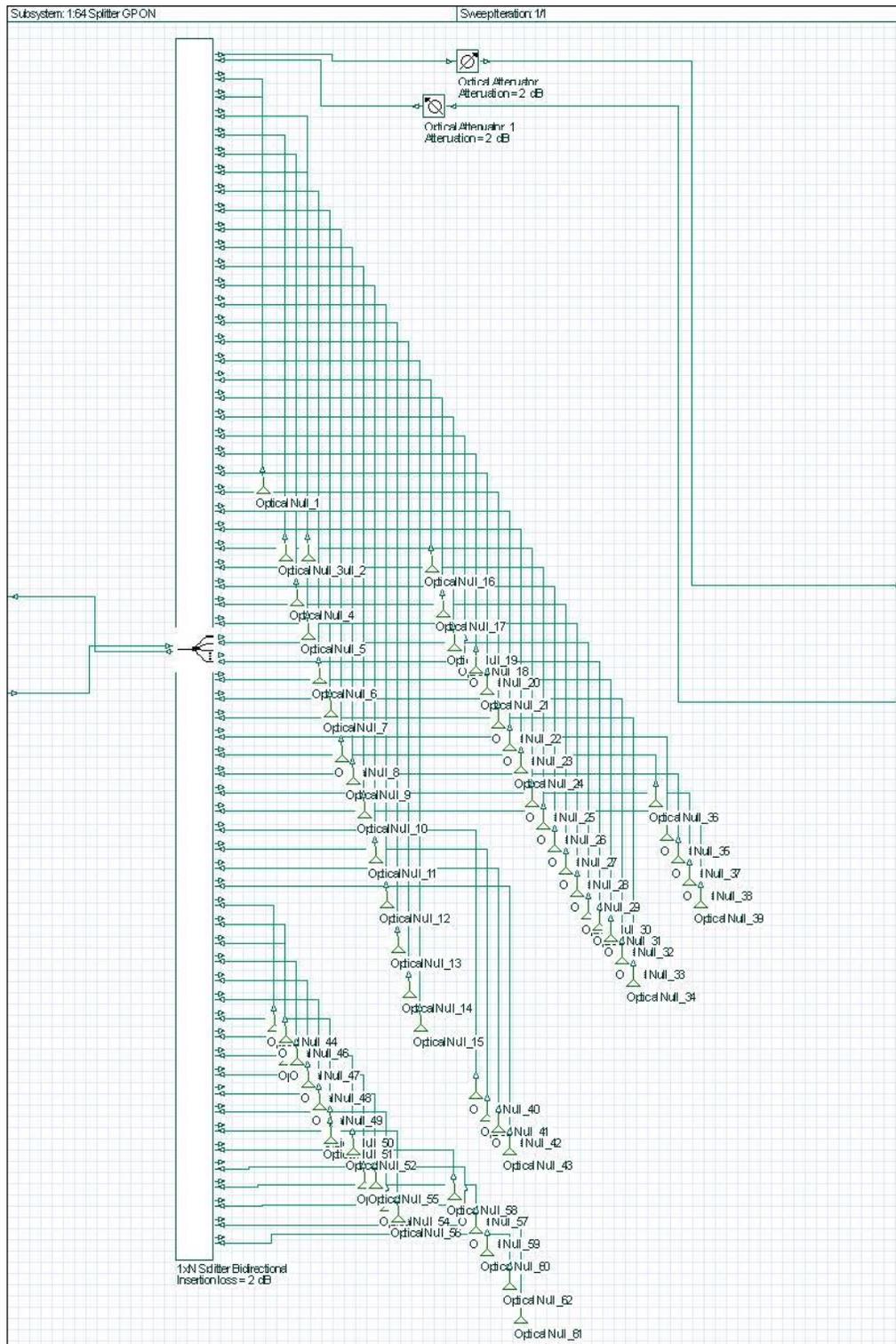
Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

**Figura 13.** Datos del Butterworth Optical Filter



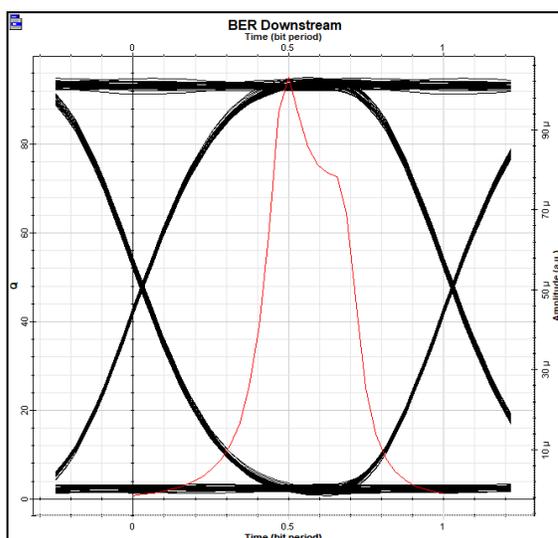
Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

Figura 14. Splitter GPON en nodos remotos



Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

**Figura 15.** Diagrama de ojo Downstream 60km.



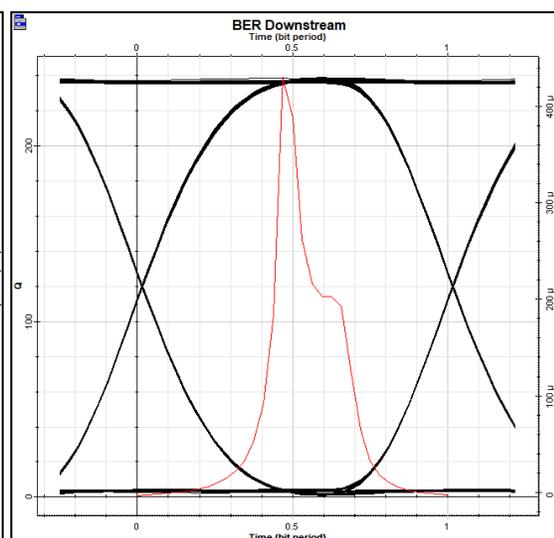
Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

**Tabla 3** Datos Downstream 60km

Downstream	
Max. Q Factor	95,0542
Min. BER	0
Eye Height	9.76843e-005
Threshold	1.83469e-005
Decision Inst.	0,5

Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

**Figura 16.** Diagrama de ojo Downstream 20km.



Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

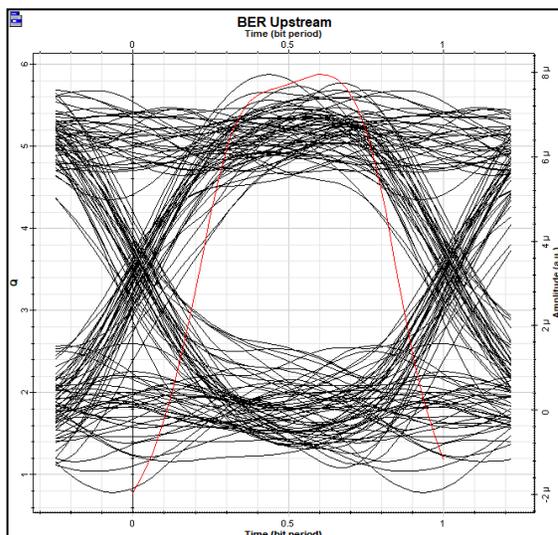
**Tabla 4** Datos Downstream 20km.

Downstream	
Max. Q Factor	238.783
Min. BER	0
Eye Height	0.000419106
Threshold	3.38049e-005
Decision Inst.	0,5

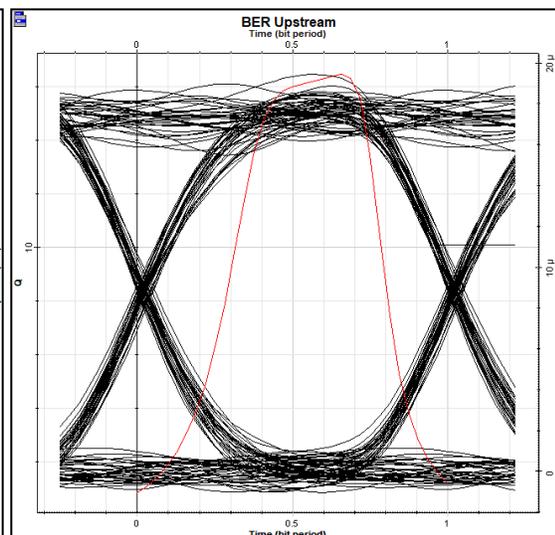
Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

Como se muestran en las figuras 15 y 16, tablas 3 y 4, para una transmisión sin errores en ausencia de ruido, el ojo debe mantener cierta apertura vertical (Max.Q Factor), caso contrario existirán señales de interferencia entre símbolos que provocarán errores. Por tanto, cuanto mayor apertura vertical, mayor inmunidad frente al ruido. El instante óptimo de muestreo será el punto de máxima apertura vertical del ojo, pero esto nunca puede ser logrado de forma precisa por un sistema práctico de recuperación de sincronismo.

**Figura 17.** Diagrama de ojo Upstream 60km.



**Figura 18.** Diagrama de ojo Upstream 20km.



**Tabla 5** Datos Upstream 60km

Downstream	
Max. Q Factor	5.87475
Min. BER	2.10511e-009
Eye Height	3.25291e-006
Threshold	3.6703e-006
Decision Inst.	0.59375

Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

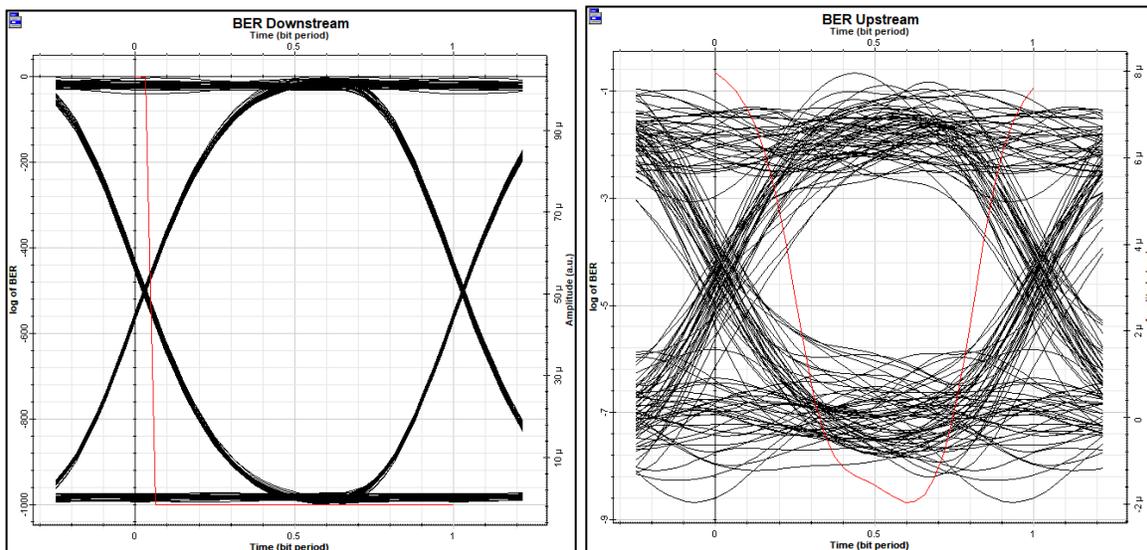
**Tabla 6** Datos Upstream 20km

zDownstream	
Max. Q Factor	16.4385
Min. BER	5.03237e-061
Eye Height	1.423232e-005
Threshold	7.84638e-006
Decision Inst.	0.65625

La variación del Max Q factor de 20km a 60km se reduce 64.26%, lo que garantizaría la inmunidad del ruido a los abonados que se encuentren a 60km. En la simulación realizada no se utilizó compensadores de dispersión, tampoco métodos de procesamiento digital de señales que son las técnicas usadas para enlaces de 10Gb/s en adelante que implican grandes distancias.

Haciendo un análisis virtual entre la figura 15 a la 18, vemos que, para la distancia de transmisión de 60 km, la distorsión entre el OLT y ONU y la relación señal-ruido (SNR) (la altura entre los puntos) es aceptable y las señales tienen suficiente potencia para ser detectadas por el receptor.

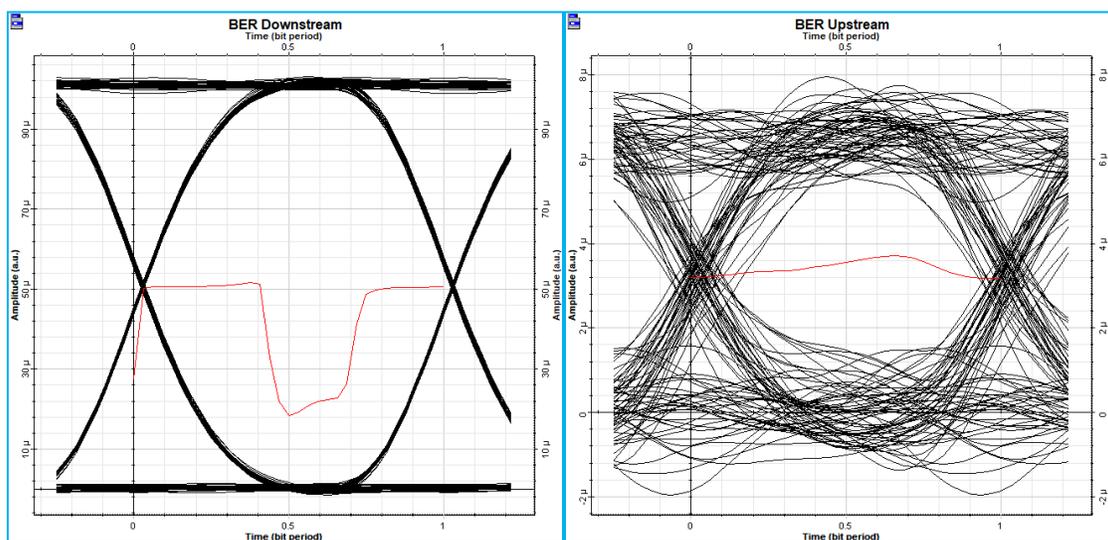
**Figura 19.** Variación del MIN BER del Upstream y Downstream 60km.



Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

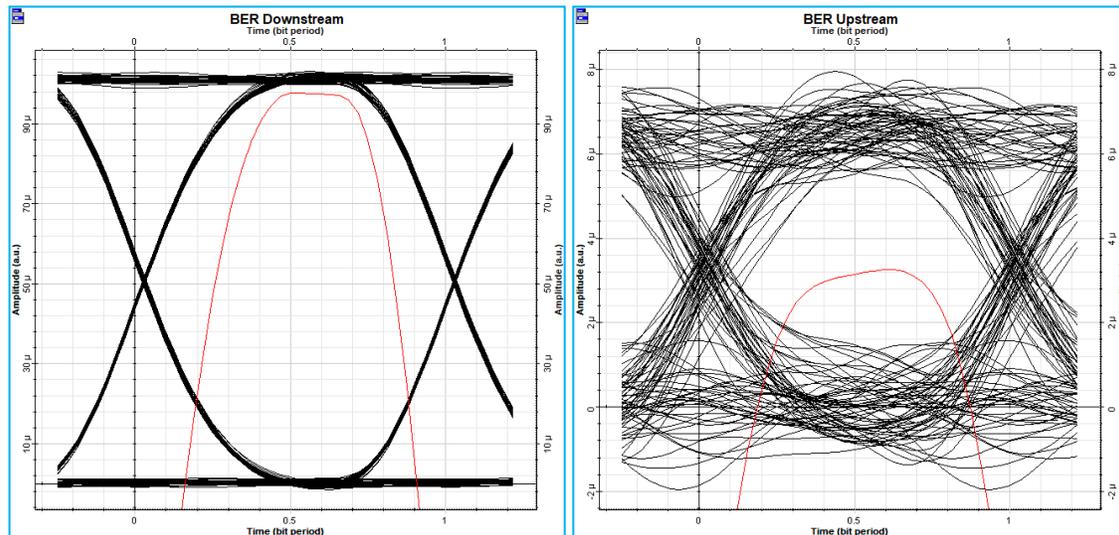
Los parámetros de la figura 19 muestran un mejor rendimiento de la técnica de modulación NRZ debido al SNR más alto y la altura de los diagramas de ojo, y un BER más baja. Pero en los sistemas de larga distancia, que se ven afectados por la distorsión y el ruido, se recomienda utilizar la técnica de modulación RZ, como se muestra a continuación:

Figura 20. Umbral (Threshold) del Upstream y Downstream.



Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

Figura 21. Variación del Height entre el Upstream y Downstream.



Elaborado por: Piedad Cabezas Chica

## Conclusiones

Este documento presenta un diseño detallado de una red de acceso FTTH basada en GPON, donde se atiende a 1400 usuarios, esta ingeniería enfatiza aspectos prácticos y experiencia de campo siguiendo un enfoque de abajo hacia arriba, en el que el tamaño de la red y sus componentes se define después de analizar los requisitos, el número de ubicaciones, la separación geográfica y la infraestructura disponible.

La red GPON planteada opera con una división de hasta 1:128, consideramos la división más utilizada, debido a que los splitteo se dan de 1:32 o 1:64, con 20km, porque una distancia mayor no permite que se cumpla los estándares establecidos para instalación de redes ópticas pasivas. Sin embargo, GPON admite una relación de división más alta, y sintonización de longitud de onda durante la transmisión.

La arquitectura de esta red de fibra ya instalada migra de punto de acceso inalámbrico hacia GPON, mediante el cambio de los equipos terminales OLT y ONT de los usuarios finales. Esta investigación trabaja bajo el estándar GPON de 20km por hilo cubriendo el área de Macará. En los resultados se presentan las condiciones para la extensión de cada tramo que depende de la cercanía de los usuarios a la OC y la sensibilidad de los receptores de las ONT.

El simulador Optisystem mediante su interfaz amigable y flexible permite obtener los resultados como: señales de conectividad de equipos, tráfico por cada elemento, ejecución y análisis de las gráficas o escenarios de los nodos esto permite la revisión antes de la implementación y configuración

## Referencias

1. Berekaa, M. M. (2014). implementation of a fiber to the home FTTH access network based GPON. Retrieved from <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1259/1604>
2. Cortes, A. (2017). Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios. Retrieved from <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1259>
3. Guillermo Zeballos Amable, Jaime Felipe Vela, J. F. V. (2019). Design topologies optimization in GPON networks based on population densities using k-means clustering algorithm.
4. Kadmin, D. J. (2013). Design and implementation of a practical FTTH network. Retrieved from <https://research.ijcaonline.org/volume72/number12/pxc3889273.pdf>
5. Stéphanie Chevalier. (2019). Internet usage in Latin America - Statistics & Facts. Retrieved from <https://www.statista.com/topics/2432/internet-usage-in-latin-america/>
6. We are Social, H. (2019). Uso de Internet 2019. Retrieved from <https://www.loencontraste.com/noticias/comercio-electronico/internet-alcanza-los-4388-millones-de-usuarios-de-internet-en-el-2019>

## References

1. Berekaa, M. M. (2014). implementation of a fiber to the home FTTH access network based GPON. Retrieved from <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1259/1604>
2. Cortes, A. (2017). Planning and design of FTTH networks based on zoning and services. Retrieved from <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1259>
3. Guillermo Zeballos Amable, Jaime Felipe Vela, J. F. V. (2019). Design topologies optimization in GPON networks based on population densities using k-means clustering algorithm.

4. Kadmin, D. J. (2013). Design and implementation of a practical FTTH network. Retrieved from <https://research.ijcaonline.org/volume72/number12/pxc3889273.pdf>
5. Stéphanie Chevalier. (2019). Internet usage in Latin America - Statistics & Facts. Retrieved from <https://www.statista.com/topics/2432/internet-usage-in-latin-america/>
6. We are Social, H. (2019). Internet use 2019. Retrieved from <https://www.loencontraste.com/noticias/comercio-electronico/internet-alcanza-los-4388-millones-de-usuarios-de-internet-en-el-2019>

## Referências

1. Berekaa, M.M. (2014). implementação de uma fibra no GPON baseado em rede de acesso doméstico FTTH. Recuperado em <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1259/1604>
2. Cortes, A. (2017). Planejamento e design de redes FTTH com base em zoneamento e serviços. Recuperado de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1259>
3. Guillermo Zeballos Amable, Jaime Felipe Vela, J.F. V. (2019). Otimização de topologias de projeto em redes GPON com base em densidades populacionais usando o algoritmo de agrupamento k-means.
4. Kadmin, D.J. (2013). Projeto e implementação de uma rede prática de FTTH. Disponível em <https://research.ijcaonline.org/volume72/number12/pxc3889273.pdf>
5. Stéphanie Chevalier. (2019). Uso da Internet na América Latina - Estatísticas e Fatos. Recuperado em <https://www.statista.com/topics/2432/internet-usage-in-latin-america/>
6. Somos sociais, H. (2019). Uso da Internet em 2019. Obtido em <https://www.loencontraste.com/noticias/comercio-electronico/internet-alcanza-los-4388-millones-de-usuarios-de-internet-en-el-2019>