

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
REDES DE COMUNICACIONES ÓPTICAS
PRUEBA No.2

Integrantes: Castillo Jorge, Juela Danny

1.TEMA: Eficiencia Energética

- Utilización de Green Energy
- Eficiencia energética en Redes de Comunicaciones Ópticas
 - Técnicas, estrategias, procedimientos
 - Acceso

	Estrategia	Técnicas	Procedimientos
Suspensión cíclica para la ONU	Reducir el consumo medio de energía de la ONU	Emplear el modo suspensión cíclico estandarizado en la ITU-T G.987.3	No recibe ni envía tráfico de forma continua
Control Adaptative Link Rate (ALR)	Reduce el consumo de energía cuando el tráfico es bajo	Uso de receptores paralelos Gigabit y 10 Gigabit en la ONU	Permitir que las ONU Gigabit y 10 Gigabit coexistan en la misma PON
Ethernet de eficiencia energética	Reducir el consumo de energía de varios tipos de interfaces Ethernet eléctricas	IEEE 802.3 estandarizó EEE	Proporcionar ahorro de energía adicional mediante las mejoras de los estándares
Agregación de enlaces	Agregación de enlaces IEEE std 802.3ad	Controlar el número de enlaces activos	Reducir la potencia total en base al mecanismo de agregación
Eficiencia energética de OLT y EA	Funciones de agregación de tráfico	Eficiencia energética, costo total y confiabilidad	Suspensión cíclica de los EA

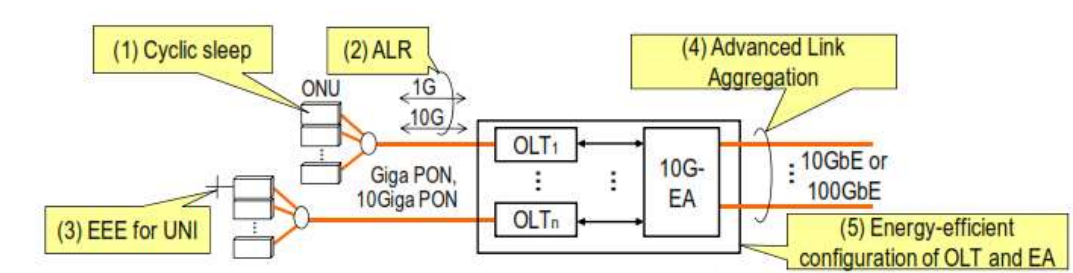


Fig. 1 Tecnologías de ahorro de energía para la actualización a medio plazo de las redes de acceso óptico actuales

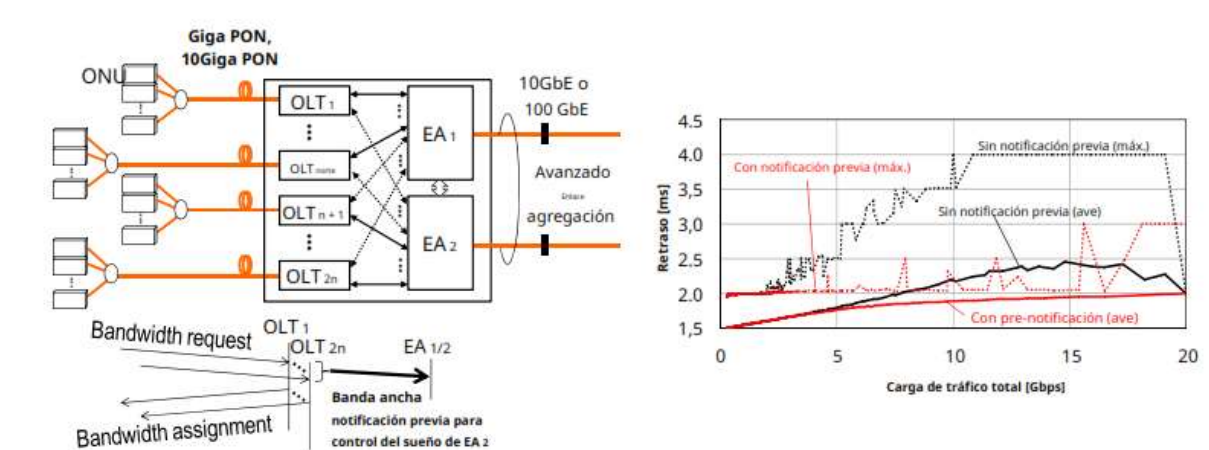


Fig. 2 Una red de acceso óptico para reducir el consumo de energía para la agregación de Ethernet

(a) Configuración y (b) características de retardo con y sin notificación previa de ancho de banda de los OLT a los EA.

Denominación de la Red	Componente	Capacidad	Consumo de Energía
Red de Core	Core Router (Cisco CRS-1 Multishelf System)	92 Tbps	1020 kW
	Optoelectronic Switch (Alcatel-Lucent 1675 Lambda Unite Multi-Service Switch)	1.2 Tbps	2.5 kW
	Optical Cross-Connect (MRV Optical Cross-Connect)	N/A	228 W
	WDM Transport (Acatel-Lucent WaveStar OLS WDM Transponder)	3.2 Tbps	10.8 kW
	WDM transponder (Alcatel-Lucent WaveStar OLS WDM transponder)	40 Gbps	73 W
	EDFA (Cisco ONS 15501 EDFA)	N/A	8 W
Red Transporte	Edge Router (Cisco 12816 Edge Router)	160 Gbps	4.21 kW
	SONETADM (Ciena CN 3600 Intel-ligent Optical Multiservice Switch)	95 Gbps	1.2 kW
	OADM (Ciena Select OADM)	N/A	450 W
	Network Gateway (Cisco 10008 Router)	8 Gbps	1.1 kW
	Ethernet Switch (Cisco Catalyst 6513 Switch)	1 Gbps	100 W
	ONU (Wave7 ONT-E1000i ONU)	1 Gbps	5 W
Red de Acceso	OLT (NEC CM7700S OLT)	1 Gbps	100 W
	ONU (Wave7 ONT-E1000i ONU)	1 Gbps	5 W

Tabla 2. Consumo de equipos respecto a la denominación de la red

La red de acceso consume alrededor del 75 por ciento de energía de toda la red.

Variantes populares de PON para el desarrollo de redes de acceso energéticamente eficientes:

- EPON (Ehtenet PON), utiliza ethernet como mecanismo de transporte subyacente.
- GPON (Gigabit PON),
 - Tecnologías de circuito integrado mejorado, con una cantidad de silicio menor.
 - Mejoras en dispositivos, como controladores láser en modo ráfaga.
 - Chips de eficiencia energética que apagan funciones inactivas cuando están funcionando los enlaces, como procesadores integrados inteligentes.

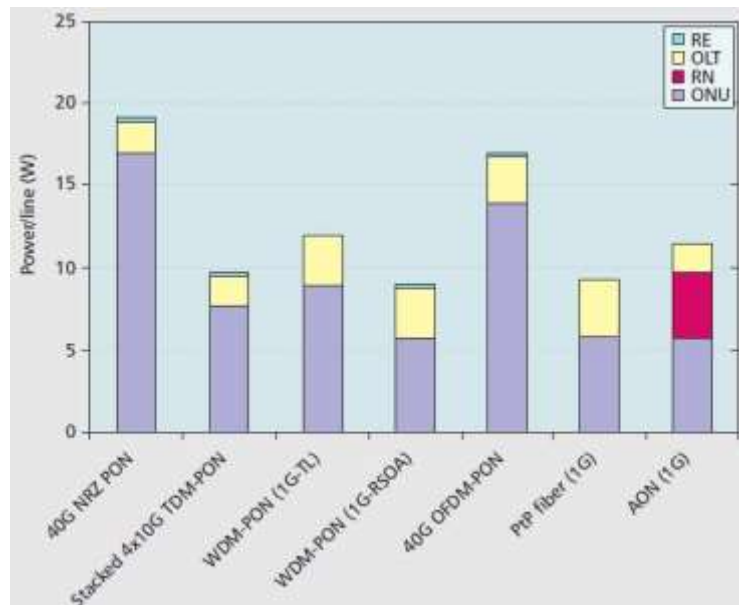


Fig. 3. Disipación de energía por línea (W) para diferentes soluciones NG-OAN

Redes de Acceso Óptico de Próxima Generación (NG-OAN) se compara siete representantes como 40G NRZ PON, 40x10G TDM-PON apilado, WDM-PON que usa láser sintonizable (WDM-PON 1G-TL), WDM-PON basado en SOA reflectante (WDM-PON 1G-RSOA), 40G OFDM-PON, fibra punto a punto (fibra de Pt 1G), Red óptica activa (AON 1G).

▪ Transporte

Load-Aware Turn On-Off:

Estrategia	Consiste en controlar continuamente el número de transpondedores optoelectrónicos (transmisores/receptores WDM y regeneradores) encendidos y/o apagados de los nodos WDM de acuerdo con la carga de tráfico ofrecida a la red y a la probabilidad de bloqueo máximo permitido.
Técnica	El número de regeneradores encendidos y/o apagados es dependiente de la carga de tráfico de las conexiones. Por ejemplo, a mayor carga de tráfico, mayor será el número de regeneradores encendidos necesarios para que las conexiones no superen la probabilidad del bloqueo umbral.
Procedimiento	Para determinar el número de regeneradores encendidos/apagados se toma en cuenta que este parámetro depende de la capacidad o número de longitudes de onda necesaria en una red.

- Ventajas:
 - Las estrategias de Green Energy dado que Internet consume gran cantidad de energía y está en constante crecimiento, ofrece ventajas en la manera que se puede operar sus redes y proporcionar servicios de manera más eficiente en términos de energía.

Ejemplo de aplicación Green WDM:

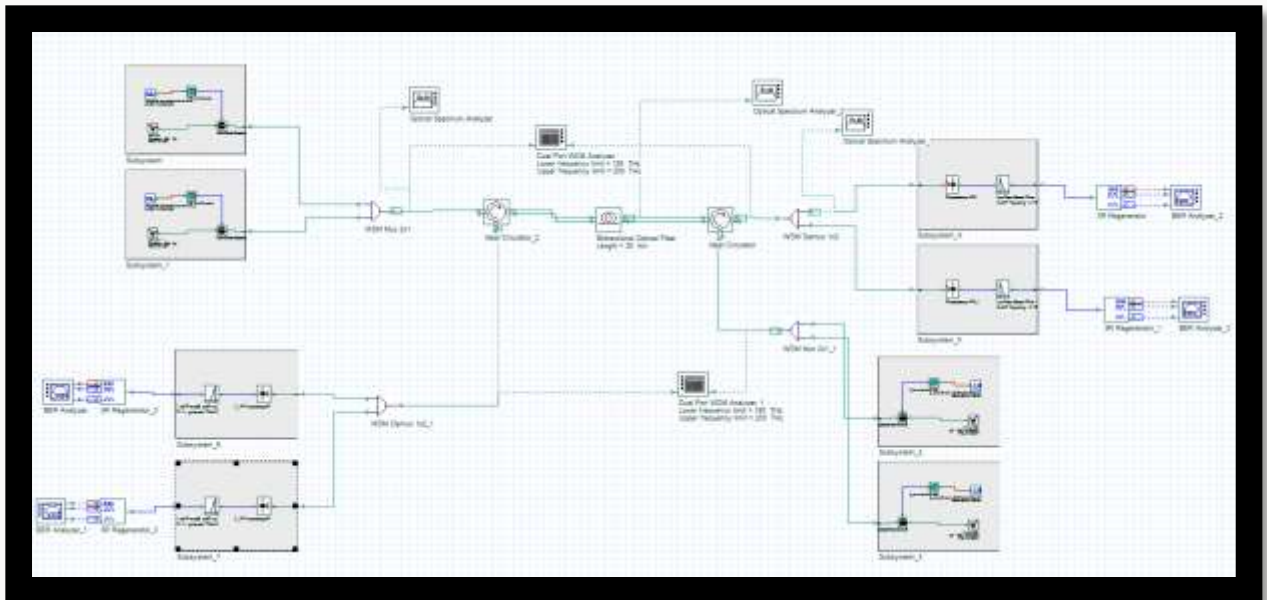


Figura 4. Esquema de la simulación

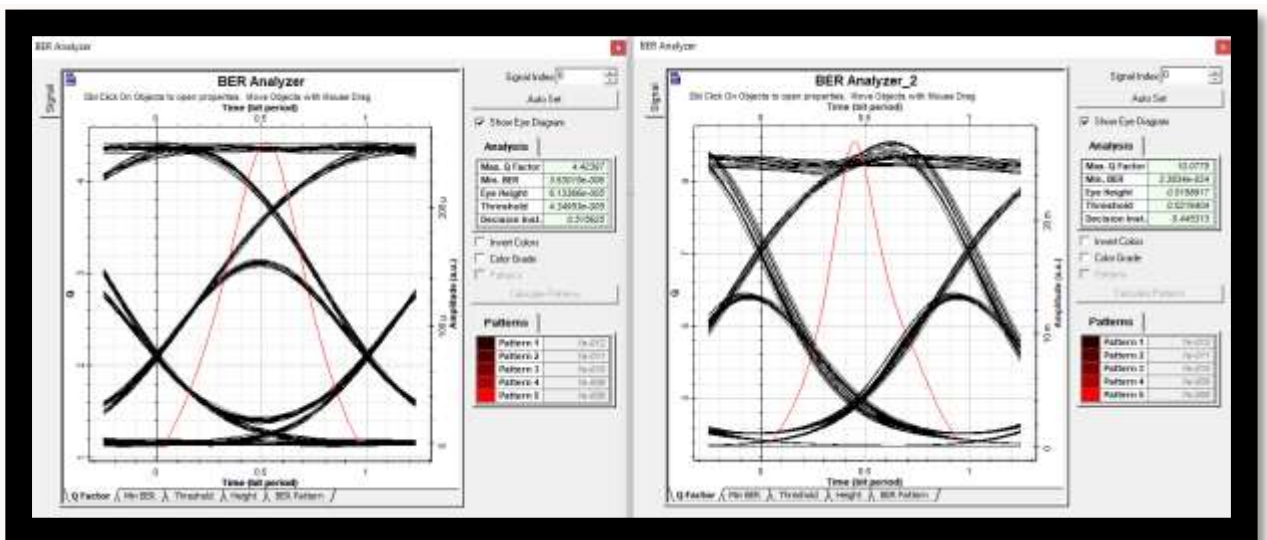


Figura 5. Impacto de la Potencia en el esquema de simulación (0 dBm- 10 dBm)

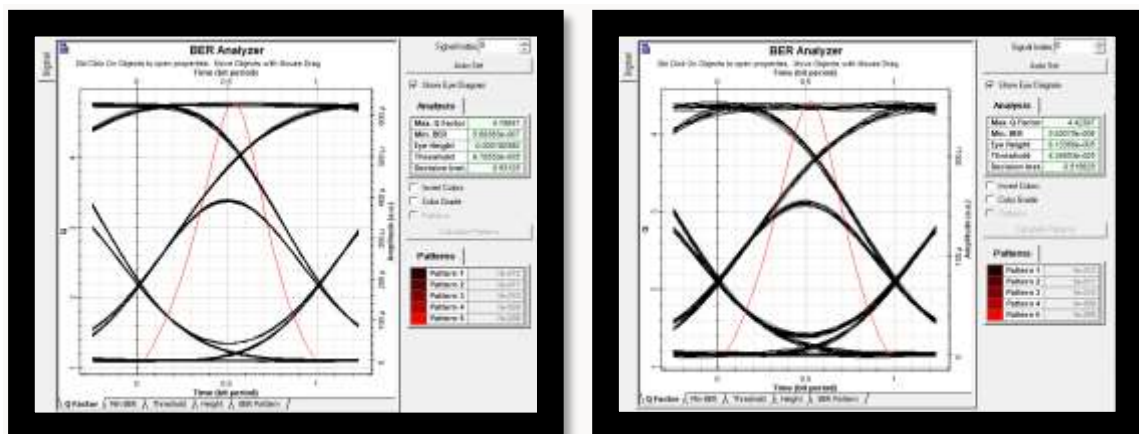


Figura 6. Impacto de la Distancia en el esquema de simulación (10 km-30 km)

- Utilización de Green Energy

Diseño de topología virtual energéticamente eficiente en redes ópticas

El diseño de una topología virtual en una red óptica consiste en decidir los caminos de luz que se establecerán en términos de sus nodos de origen y destino y la mejor solución al problema de asignación de longitud de onda y enrutamiento (RWA) bajo el conjunto dado de restricciones (por ejemplo, retardo, disponible número de longitudes de onda, etc.). En general, los problemas de diseño de topología virtual en redes ópticas se pueden formular como problemas de optimización cuyo objetivo es maximizar el rendimiento de la red, reducir el retardo de propagación, aumentar la utilización de longitudes de onda u otras medidas de rendimiento de interés. Recientemente, debido al aumento del tráfico de Internet y el consumo de energía, se le ha asignado al diseño de topología virtual un nuevo objetivo, a saber, minimizar el consumo de energía de la IP central sobre la red WDM (y otros segmentos de red como las redes de acceso).

En la técnica se desarrolló un enfoque eficiente utilizando modelos de Programación Lineal Entera Mixta (MILP) basados en topología virtual tradicional y diseños de limpieza de tráfico para minimizar el consumo de energía de una red IP sobre WDM. Para superar los inconvenientes de las estrategias de no derivación de la ruta de luz, se propuso una heurística de derivación de múltiples saltos para reducir el consumo de energía de la red permaneciendo en la capa óptica hasta el nodo de destino y, por lo tanto, evitando los enrutadores IP que consumen mucha energía en los nodos intermedios. Además, en la heurística de derivación de múltiples saltos, la demanda de tráfico entre diferentes pares de nodos puede compartir capacidad en enlaces virtuales comunes. Se consideraron las demandas que no tenían en cuenta el tiempo de espera y se diseñó una topología virtual utilizando MILP que minimiza el consumo de energía. Con especial énfasis en el problema de minimización del consumo de energía de una red de transporte óptico y los problemas de los RWA conscientes de la potencia considerando una red óptica multifibra transparente. El problema del establecimiento de la trayectoria de luz estática se estudió mediante una formulación MILP. Se propuso una formulación MILP para encontrar una topología virtual óptima en términos de energía. Además, debido a la complejidad del enfoque MILP, se propuso una heurística codiciosa y un algoritmo genético (GA). De manera similar, se propuso el diseño de topología virtual con reconocimiento de energía de múltiples períodos comparando el algoritmo de flujo mínimo (LFA) y el GA explotando las fluctuaciones día y noche del tráfico.

También se propuso un nuevo algoritmo RWA con reconocimiento de energía para redes ópticas WDM considerando un escenario de establecimiento dinámico de trayectoria de luz. El algoritmo propuesto intenta mejorar la eficiencia energética de la red óptica maximizando el número de fibras ópticas no utilizadas (agrupando el tráfico en pocas rutas) para minimizar el número de amplificadores ópticos que se mantienen activos en la red. En esencia, el diseño de topología virtual y la agrupación de tráfico en pocas rutas se utilizan para aumentar los ahorros obtenidos a través de los ciclos de suspensión. Los algoritmos propuestos condujeron a un menor consumo de energía en la regeneración de la señal. El trabajo no solo minimizó el consumo de energía de la red de transporte óptico a través del diseño de topología virtual energéticamente eficiente, sino que también minimizó la energía necesaria en la red al optimizar la ubicación de los regeneradores.

Los diseños de topología virtual energéticamente eficientes discutidos anteriormente solo consideraron fuentes de energía no renovables. Se formularon y compararon varias estrategias de RWA conscientes de la energía para redes WDM, mediante las cuales los dispositivos ópticos podrían funcionar con fuentes de energía renovables o heredadas. Los objetivos de tales formulaciones son la minimización de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) basadas en MILP.

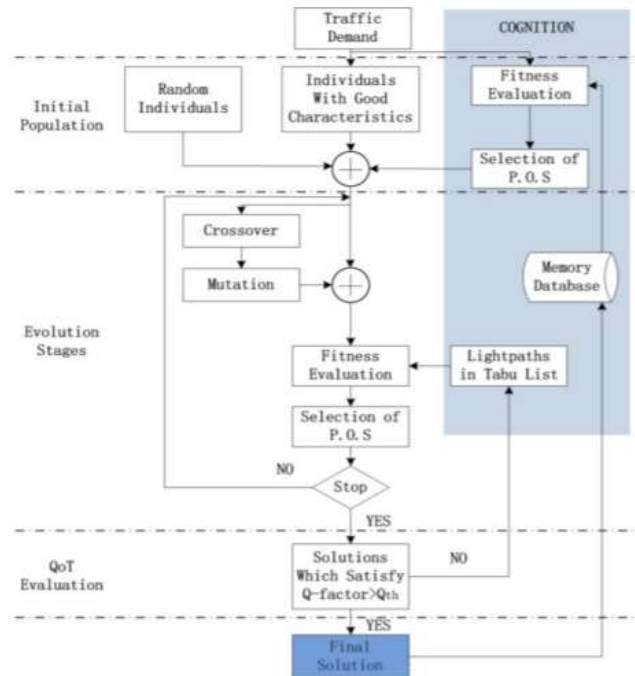


Fig. 7. P-IA-GAPDELT flow diagram and P-SCT-IA-GAPDELT flow diagram

Además de utilizar MILP para diseñar topologías virtuales energéticamente eficientes, dos algoritmos genéticos multiobjetivos diferentes: P-IA-GAPDELT (GAPDELT (Algoritmo genético para aprovisionar la red y diseñar la topología lógica) P-IA-GAPDELT (Power-Optimized Impairment Aware)) y P-SCT-IA-GAPDELT (Potencia optimizada mejorada con Simple Cognition y Tabu list Impairment Aware GAPDELT) se propusieron para minimizar tanto el consumo de energía como la congestión de la red mientras se aseguraba que las topologías virtuales diseñadas cumplieran con la Calidad de Transmisión (QoT) requisitos. En P-IA-GAPDELT, la población inicial se obtiene de forma aleatoria y se evalúa la idoneidad de las diferentes soluciones encontradas en cada etapa de la evolución. Al final de las etapas de evolución, los factores Q de los caminos de luz de las topologías virtuales se obtienen como soluciones, y todos los caminos de luz que tienen un factor Q superior a Qth se consideran válidos. P-SCT-IAGAPDELT es una extensión del algoritmo anterior, excepto que incluye técnicas cognitivas para mejorar los resultados [84]. La figura 4 muestra los diagramas de flujo para P-IAGAPDELT y P-SCT-IA-GAPDELT.

2-PON (ITU-T) 2-PON (IEEE)

SIMULACION DE UNA RED BPON

Las redes BPON (Broadband PON – Red Óptica Pasiva de Banda Ancha) se basan en las redes APON pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha. Originalmente estaba definida con una tasa de 155 Mbit/s fijos tanto en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, se modificó para admitir:

- Tráfico asimétrico: canal descendente -> 622 Mbit/s // Canal ascendente -> 155 Mbit/s.
- Tráfico simétrico: canal descendente y ascendente -> 622 Mbit/s.

No obstante, presentaban un coste elevado y limitaciones técnicas.

Tabla 1. Normas G.983

Norma	Descripción
G.983.2	Para la capa de gestión y mantenimiento
G.983.3	QoS
G.983.4	Para la asignación de ancho de banda dinámico
G.983.5	Para mecanismos de protección
G.983.6	Para la capa de control de red OTN

G.983.7	Para la capa de gestión de red para el ancho de banda dinámico
G.983.8	Para dar soporte al protocolo IP, Video, VALN y VC

La red simulada se compone un transmisor óptico que trabaja a una frecuencia de 1550 nm, con una potencia de -3 dBm y a una tasa de transmisión de 622 Mbps. La fibra se ha configurado con parámetros de la norma ITU-T G.652 para redes de acceso de fibra con un splitter bidireccional el cual es el encargado de enviar la señal de la OLT a todas las ONU.

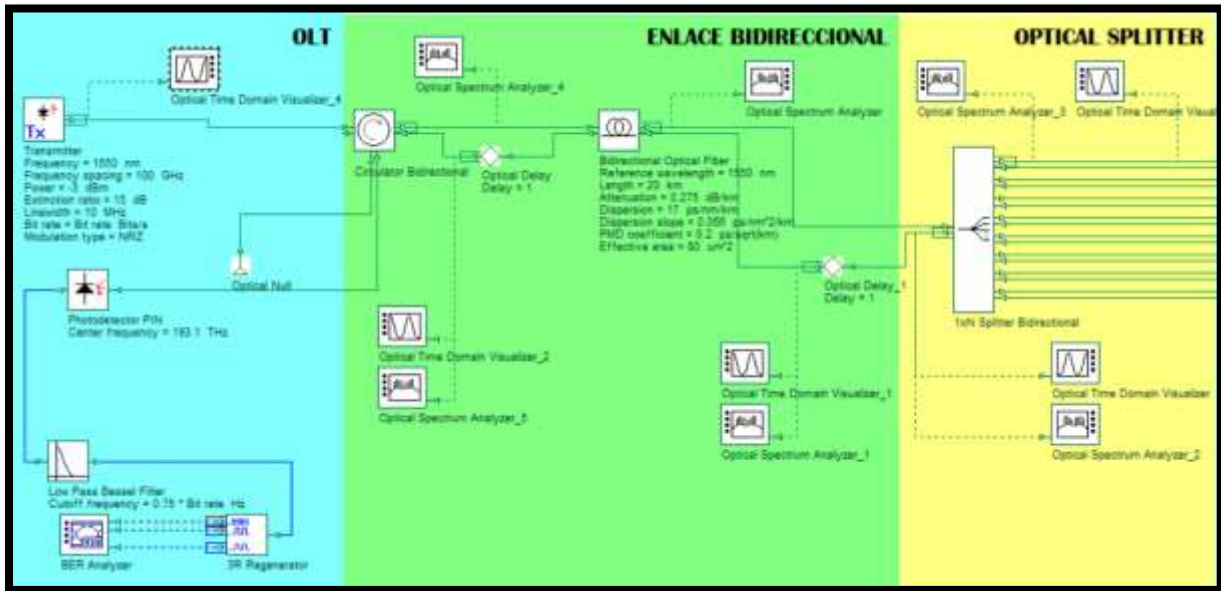


Fig. 8. OLT-ENLACE DE FIBRA-SPLITTER.

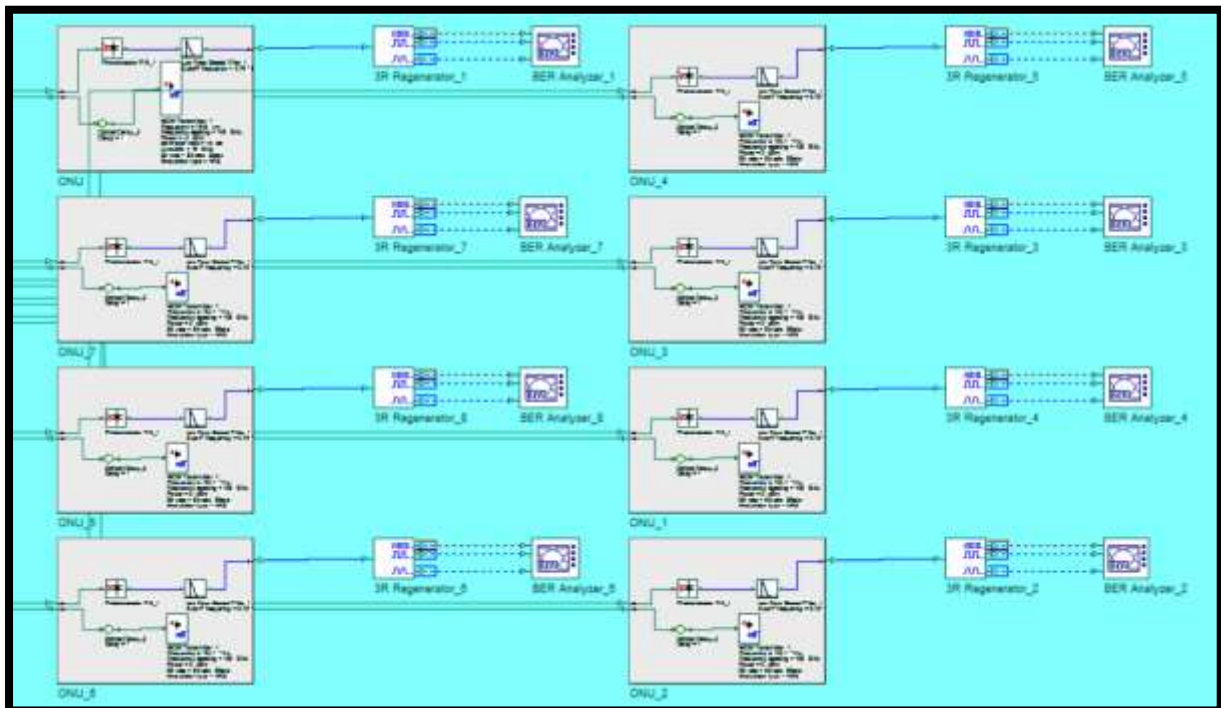


Fig. 9. ONU's.

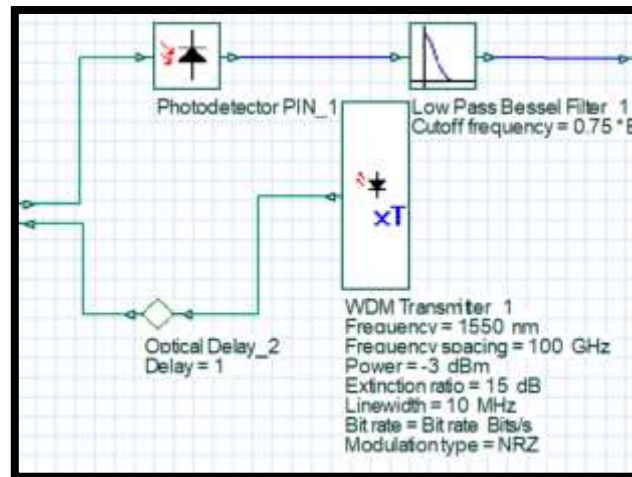


Fig. 10. ONU.

Análisis de resultados:

En la siguiente figura se muestran los datos a transmitir en la OLT a partir del bloque transmitter.

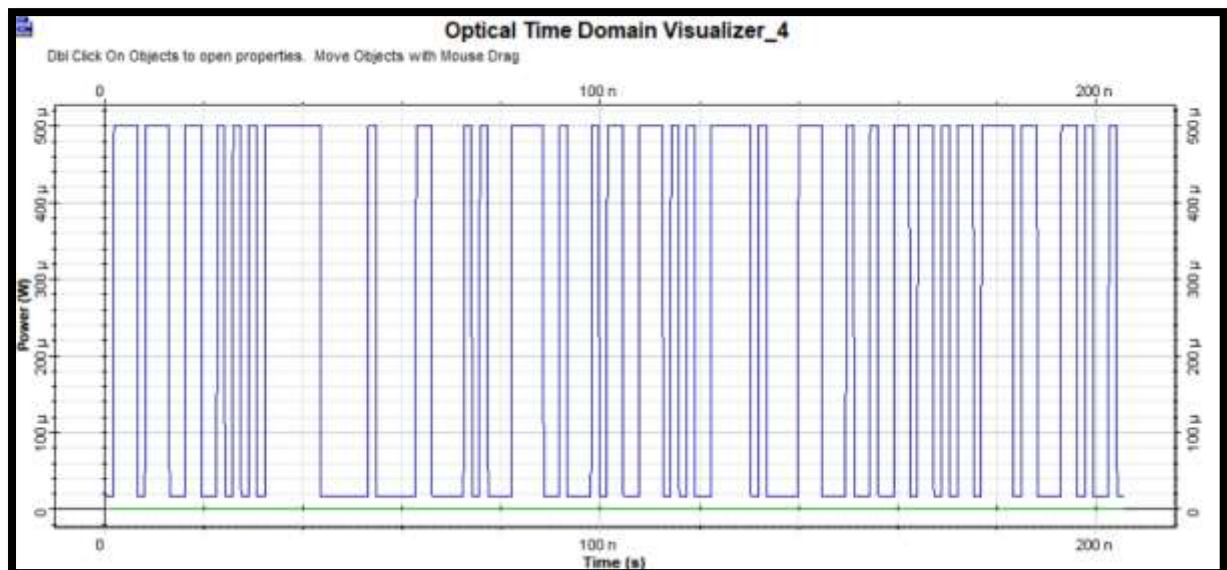


Fig. 11. Transmitter: Datos de información.

A partir del circulador se aprecia el espectro de la señal en el ingreso al enlace bidireccional:

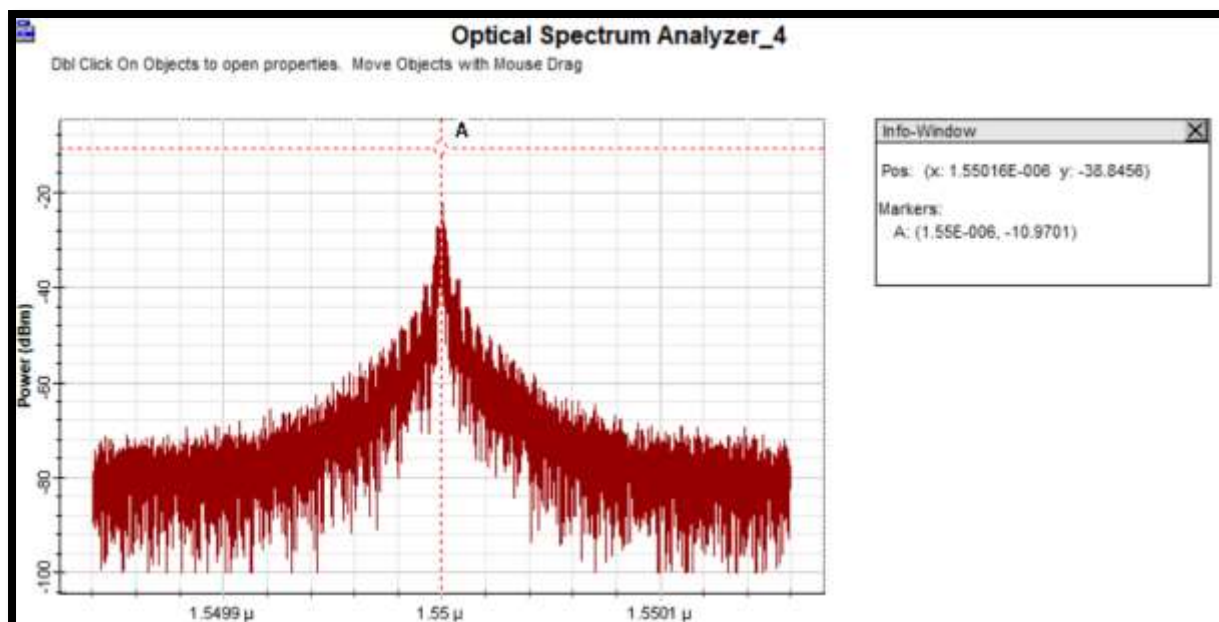


Fig. 12.OSA: 1550 nm a -10.97 dBm.

A partir del enlace de fibra configurado de acuerdo a la norma ITU-T G.652 se aprecia el espectro de la señal al finalizar el enlace:

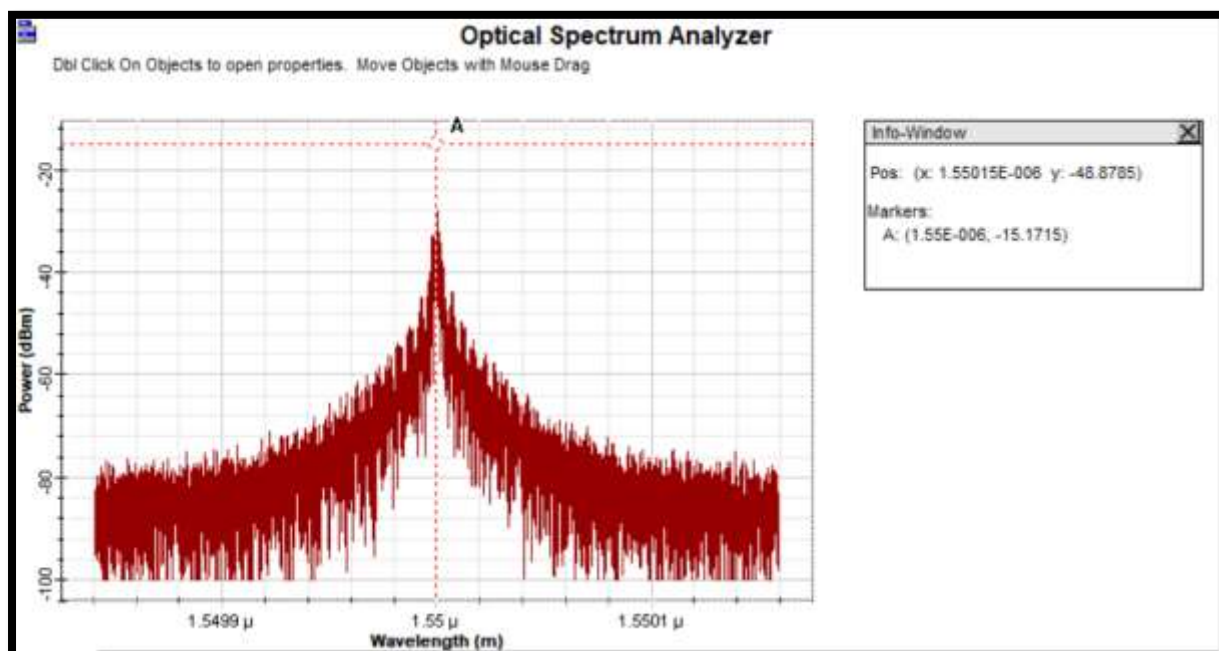


Fig. 13.OSA: 1550 nm a -15.17 dBm.

A partir del enlace de fibra configurado de acuerdo con la norma ITU-T G.652 se aprecia el espectro de la señal al finalizar el enlace y atravesar el splitter óptico:

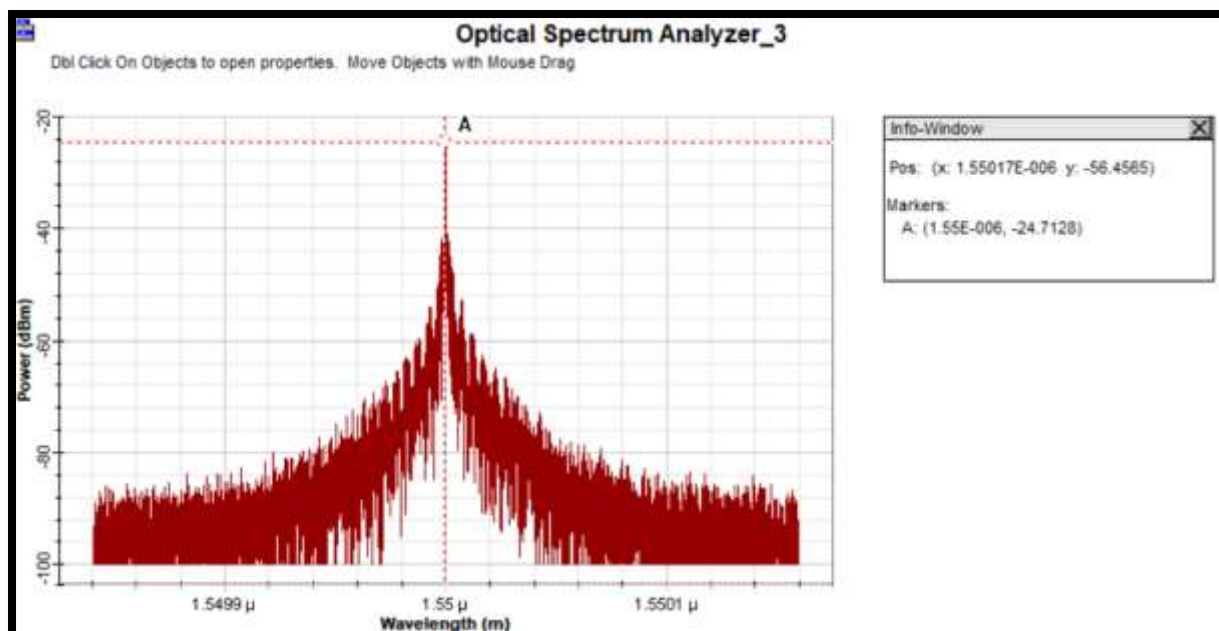


Fig. 14.OSA: 1550 nm a -24.71 dBm.

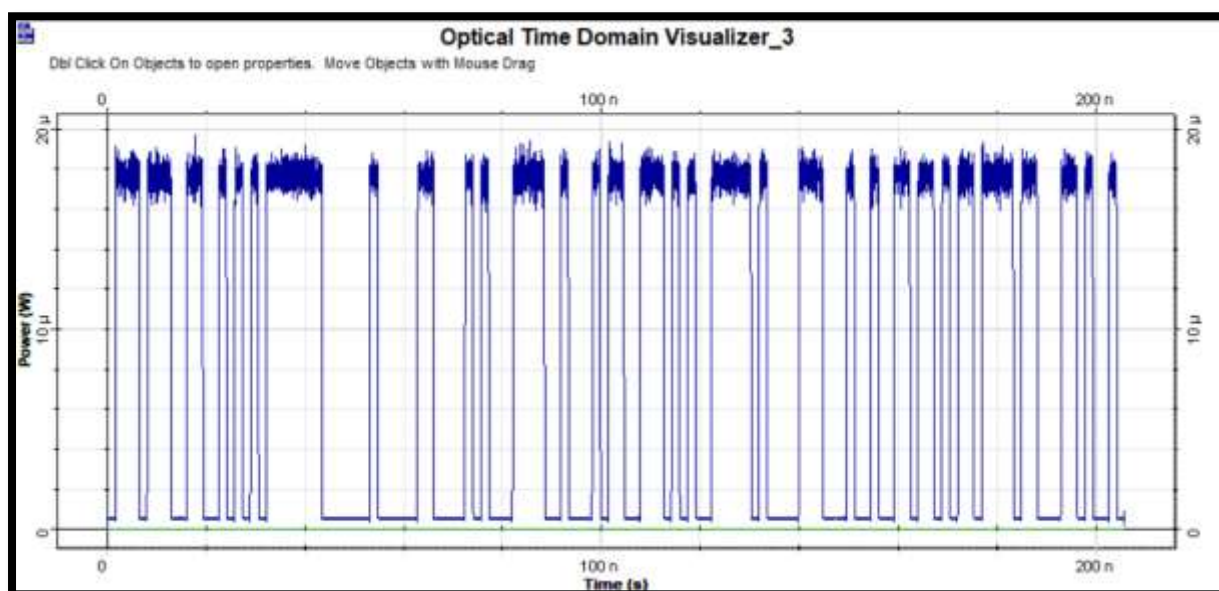


Fig. 15.OTDV: Datos recibidos en el splitter.

Finalmente se muestran los resultados en las ONU, por motivos prácticos se muestran estos en la primera debido a que los resultados a partir del splitter óptico son similares.

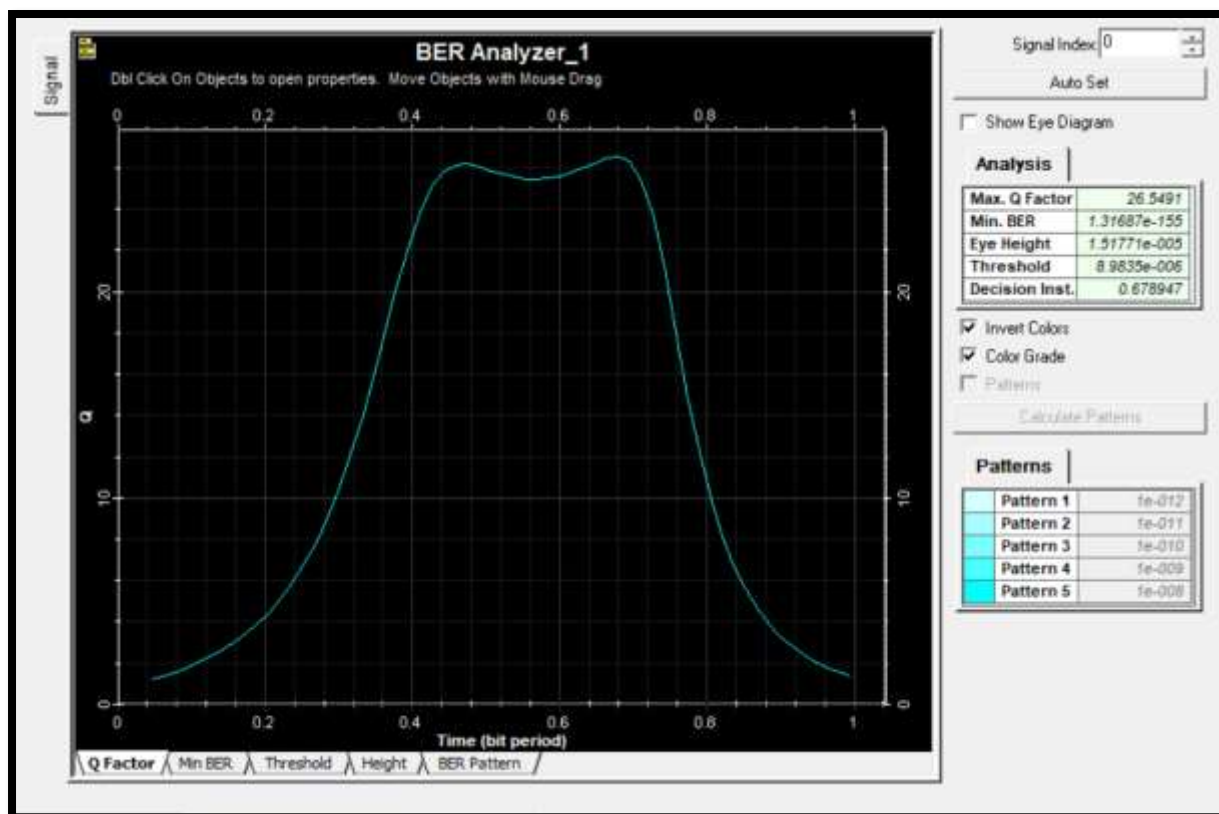


Fig. 16. BER en ONU 1: Máximo factor Q: 26.55, BER mínimo: 1.32e-155.

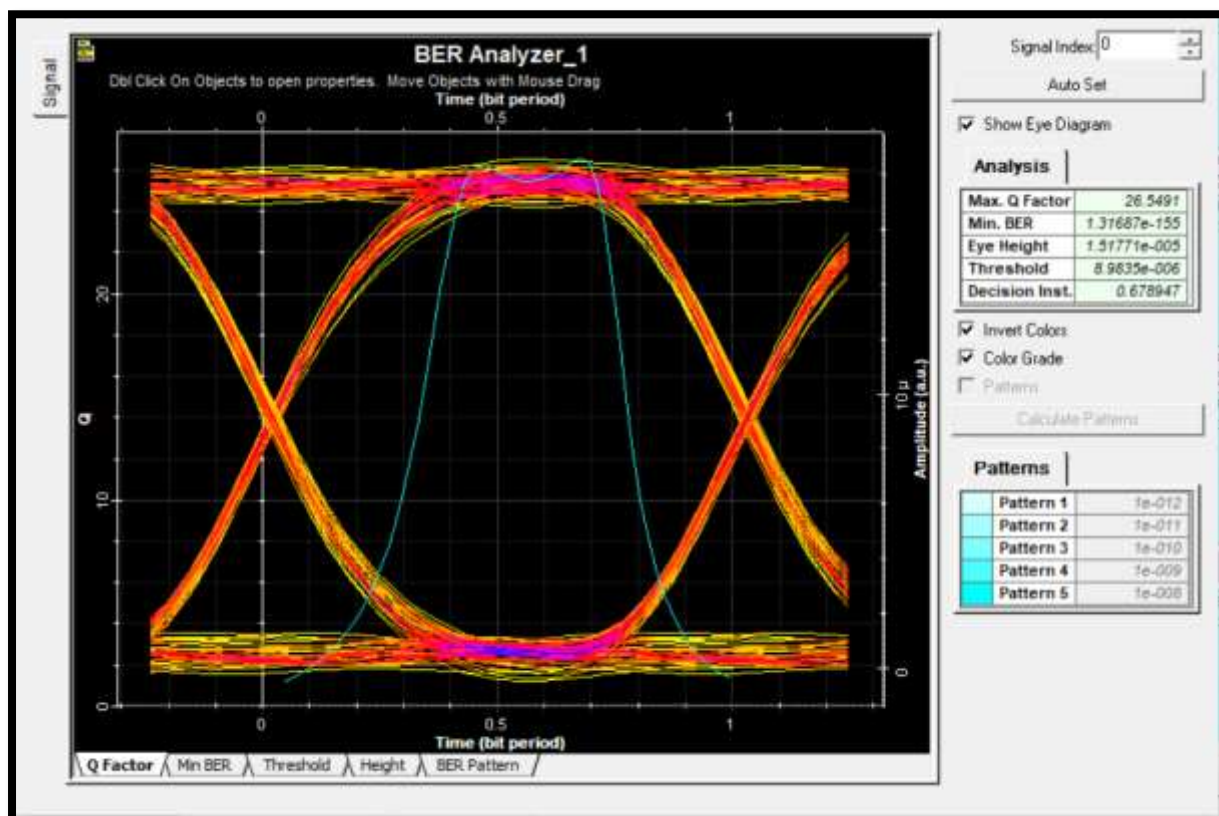


Fig. 17. Diagrama del ojo en ONU 1.

Finalmente se comprueban los bits en la recepción comparándolos con los bits en transmisión. Se puede apreciar que la amplitud ha disminuido significativamente, sin embargo, pueden ser interpretados sin ningún problema debido a que son diferenciables entre sí.

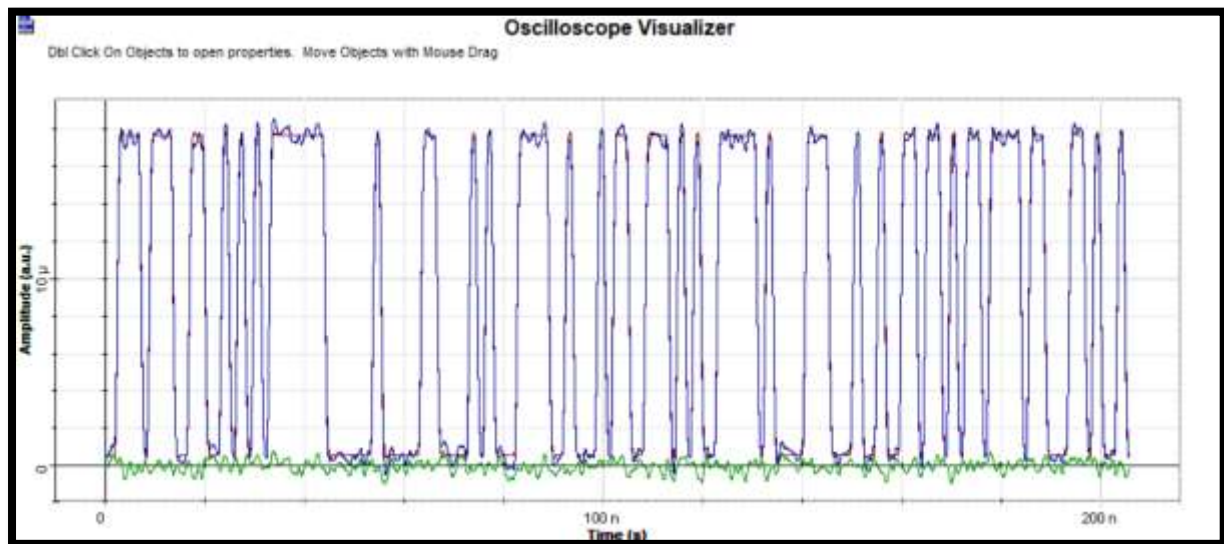


Fig. 18. Bits en recepción.

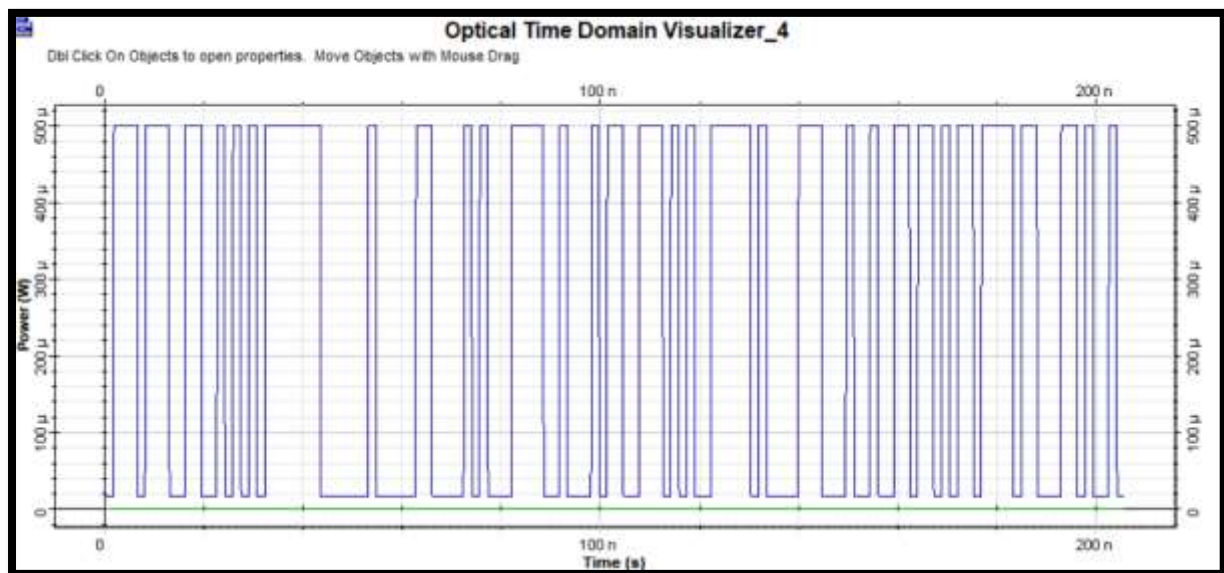


Fig. 19. Bits en transmisión.

SIMULACION DE UNA RED GPON

La Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o Gigabit-capable Passive Optical Network en inglés) es una tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza fibra óptica para llegar hasta el suscriptor. Sus estándares técnicos fueron aprobados en 2003-2004 por ITU-T en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5. Todos los fabricantes de equipos deben cumplirla para garantizar la interoperabilidad. Se trata de las estandarizaciones de las redes PON a velocidades superiores a 1 Gbit/s. Posteriormente se han editado dos nuevas recomendaciones: G.984.6 (Extensión del alcance) y G.984.7 (Largo alcance).

Tabla 2. Normas G.983

Norma	Descripción
G.983.2	Para la capa de gestión y mantenimiento
G.983.3	QoS
G.983.4	Para la asignación de ancho de banda dinámico
G.983.5	Para mecanismos de protección
G.983.6	Para la capa de control de red OTN
G.983.7	Para la capa de gestión de red para el ancho de banda dinámico

La red simulada se compone un transmisor óptico que trabaja a una frecuencia de 14900 nm, con una potencia de 3 dBm y a una tasa de transmisión de 2.5 Gbps. La fibra se ha configurado con parámetros de la norma ITU-T G.652 para redes de acceso de fibra con un splitter bidireccional el cual es el encargado de enviar la señal de la OLT a todas las ONU.

Bombeo upstream y downstream: Consisten en unidades de bombeo externo con un láser de onda continua a una frecuencia óptica ligeramente superior a la que amplifican. Típicamente, las longitudes de onda de bombeo son 980 nm o 1480 nm y para obtener los mejores resultados en cuanto a ruido se refiere, debe realizarse en la misma dirección que la señal.

Entre la OLT y la ONT normalmente suele haber un Optical Splitter pasivo, encargado de dividir el cable de fibra en hasta 64 o 128 fibras individuales de manera que los usuarios puedan compartir el elevado ancho de banda de las conexiones de fibra y las compañías puedan ahorrarse gastos de infraestructura gracias a la multiplexación de GPON. Por cuestiones de simulación se han empleado tan solo 16 fibras individuales.

Filtro Butterworth: El filtro Butterworth es un tipo de filtro de procesamiento de señal diseñado para tener una respuesta de frecuencia lo más plana posible (sin ondulaciones) en la banda de paso y una respuesta de atenuación cero en la banda de parada. Los filtros Butterworth son uno de los filtros digitales más utilizados en el análisis de movimiento y en los circuitos de audio.

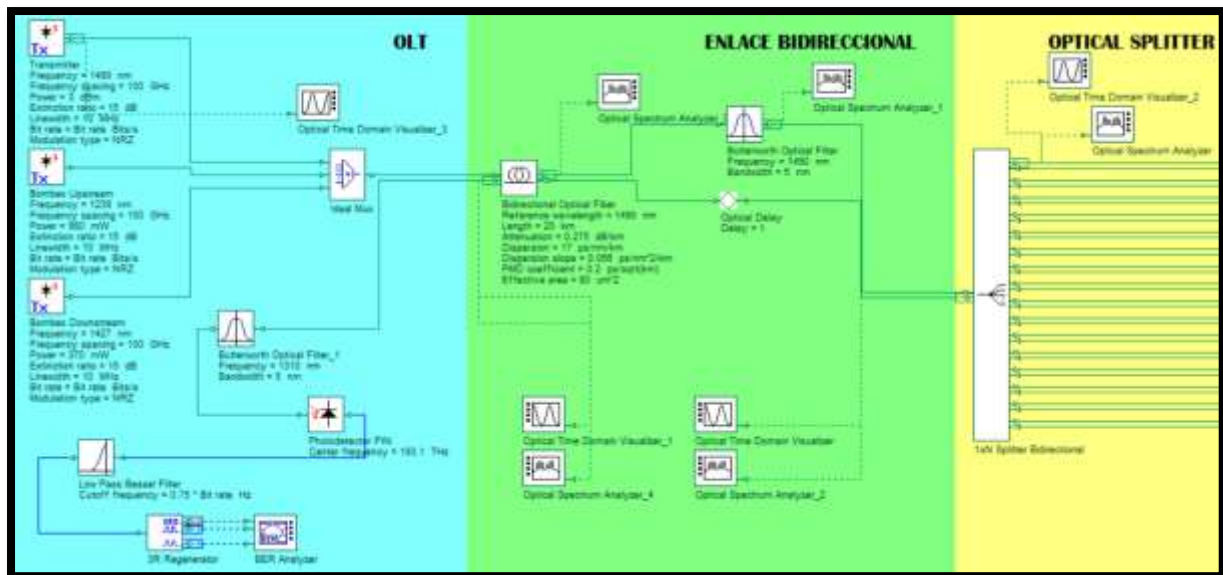


Fig. 20. OLT, Enlace Bidireccional, Splitter Óptico para una red GPON.



Fig. 21. Grupo de ONU's.

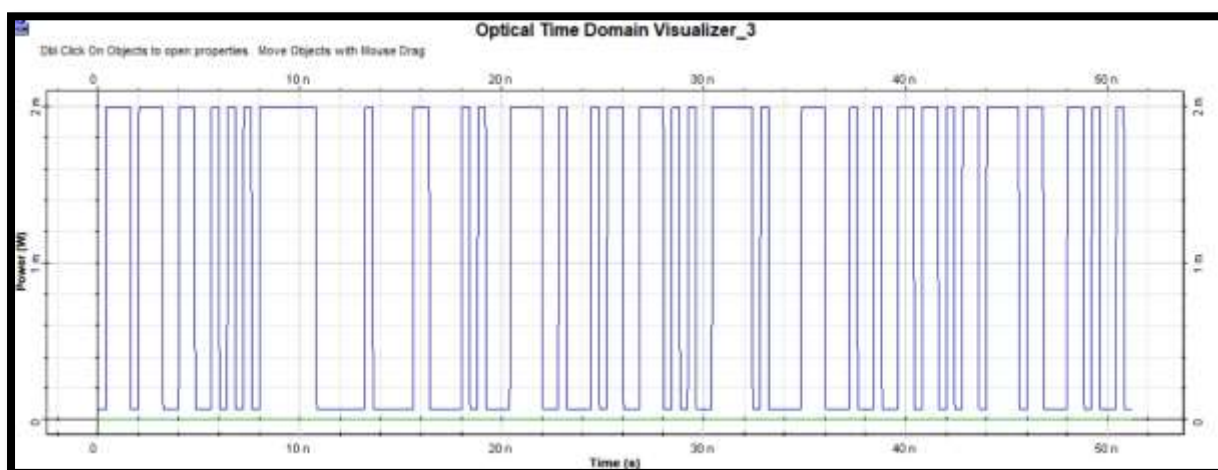


Fig. 22. Datos en Transmisión.

En la siguiente imagen se muestra el analizador de espectros óptico a la salida del enlace de fibra bidireccional, en el cual se indican las respectivas frecuencias empleadas, 1490, 1239 y 1427 nm para Transmisión, Bombeo Upstream y Bombeo Downstream.

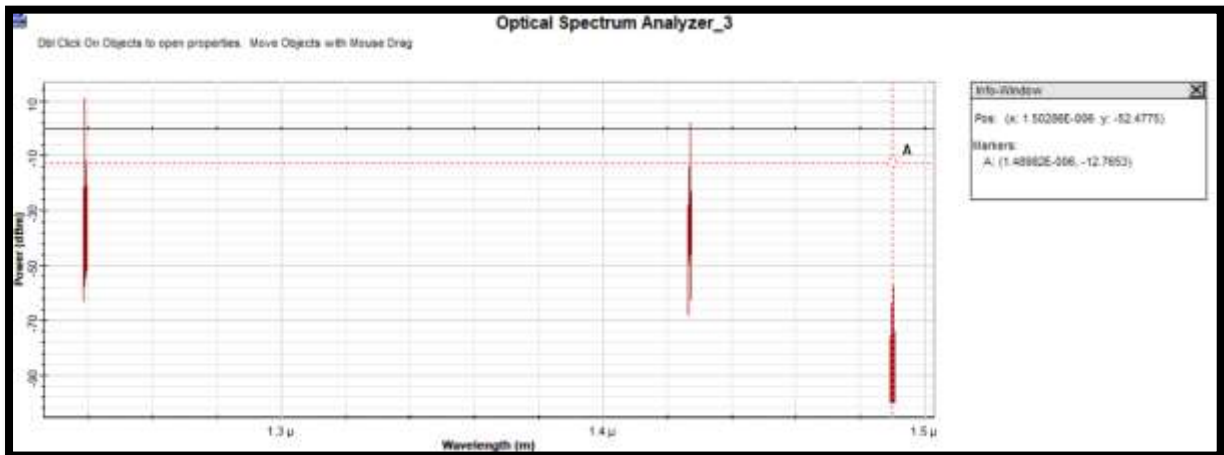


Fig. 23. OSA a la salida del enlace de fibra.

Por otro lado se muestra la misma señal multiplexada a la salida del filtro Butterworth:

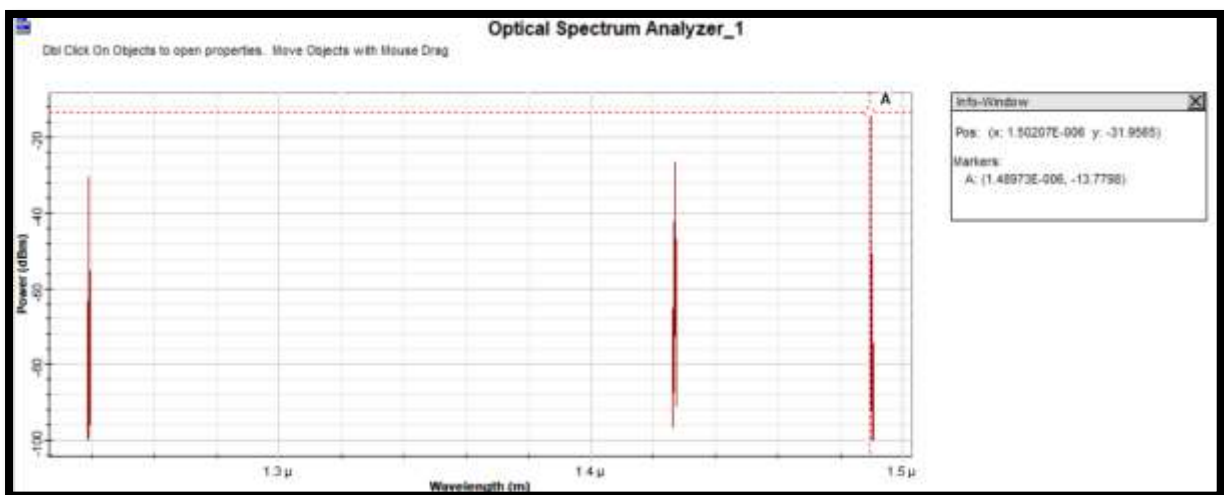


Fig. 24. OSA a la salida del filtro Butterworth.

Una vez que la señal ha ingresado al splitter óptico, se presenta un OTDV con la señal multiplexada:

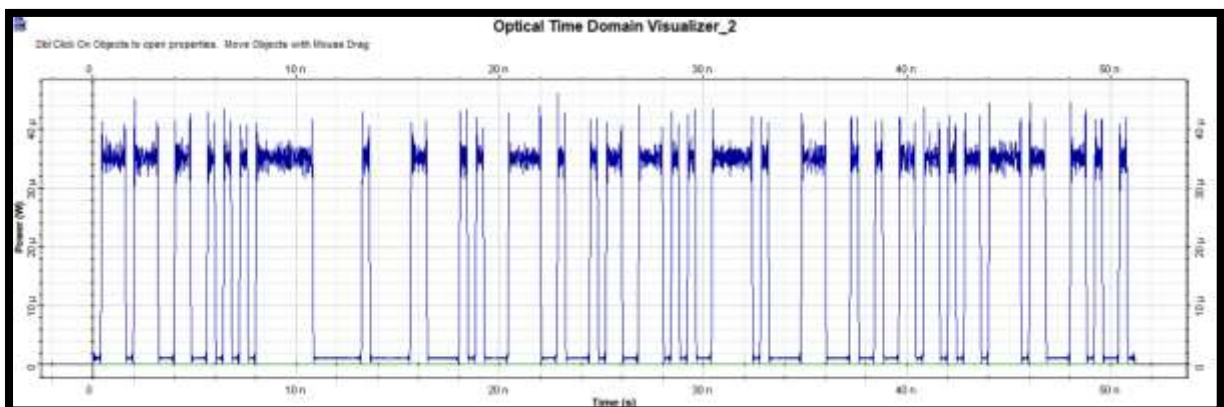


Fig. 25. Señal a la salida del splitter.

De igual forma se presentan los resultados con un OSA a fin de comprobar que las señales correspondan a las frecuencias empleadas en transmisión y bombeos, tanto upstream como downstream.

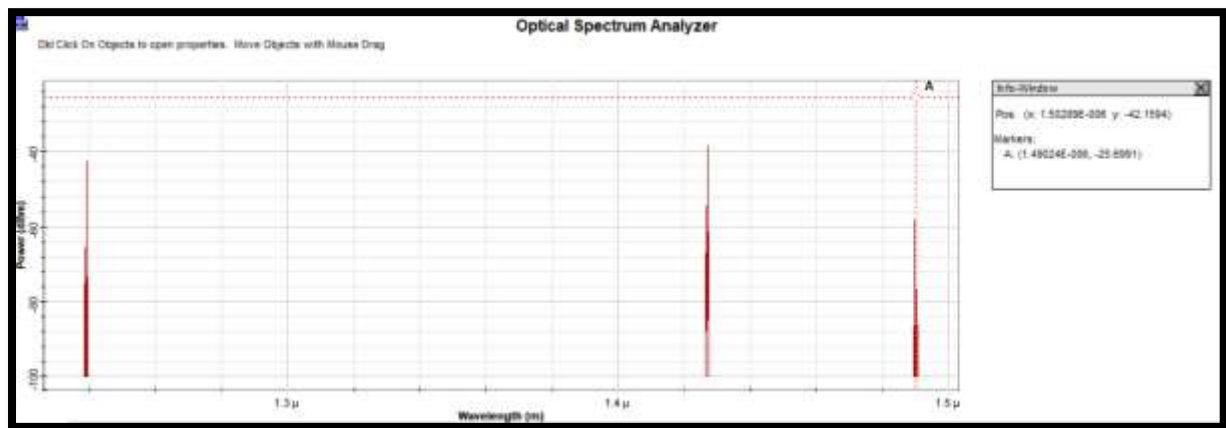


Fig. 26. OSA a la salida del splitter óptico.

En la ONU correspondiente al primer bloque se observan los resultados con respecto al BER obtenido. Para una red GPON con un enlace de 20 km se obtiene:

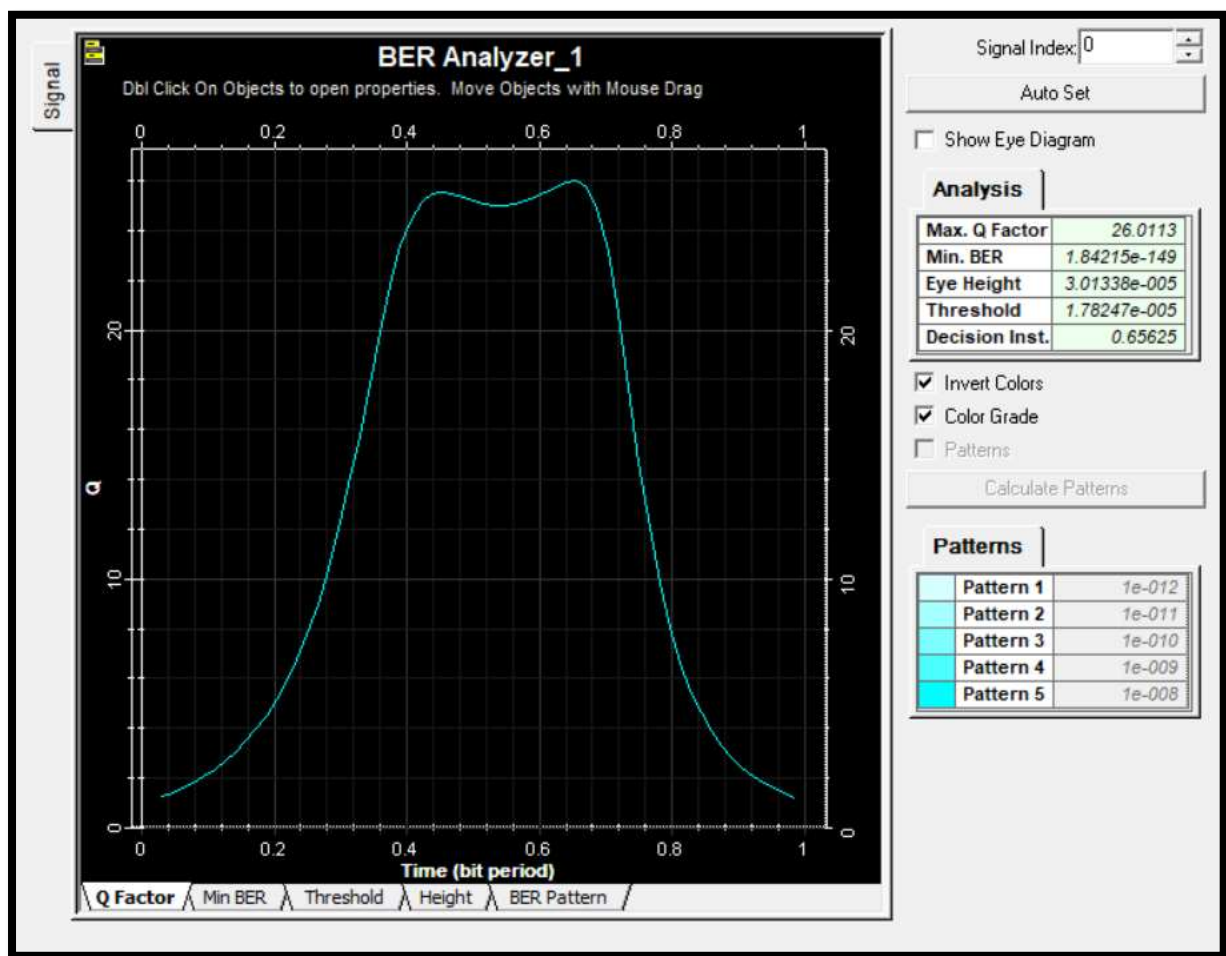


Fig. 27. BER en ONU 1: Máximo factor Q: 26.01, BER mínimo: 1.84e-149.

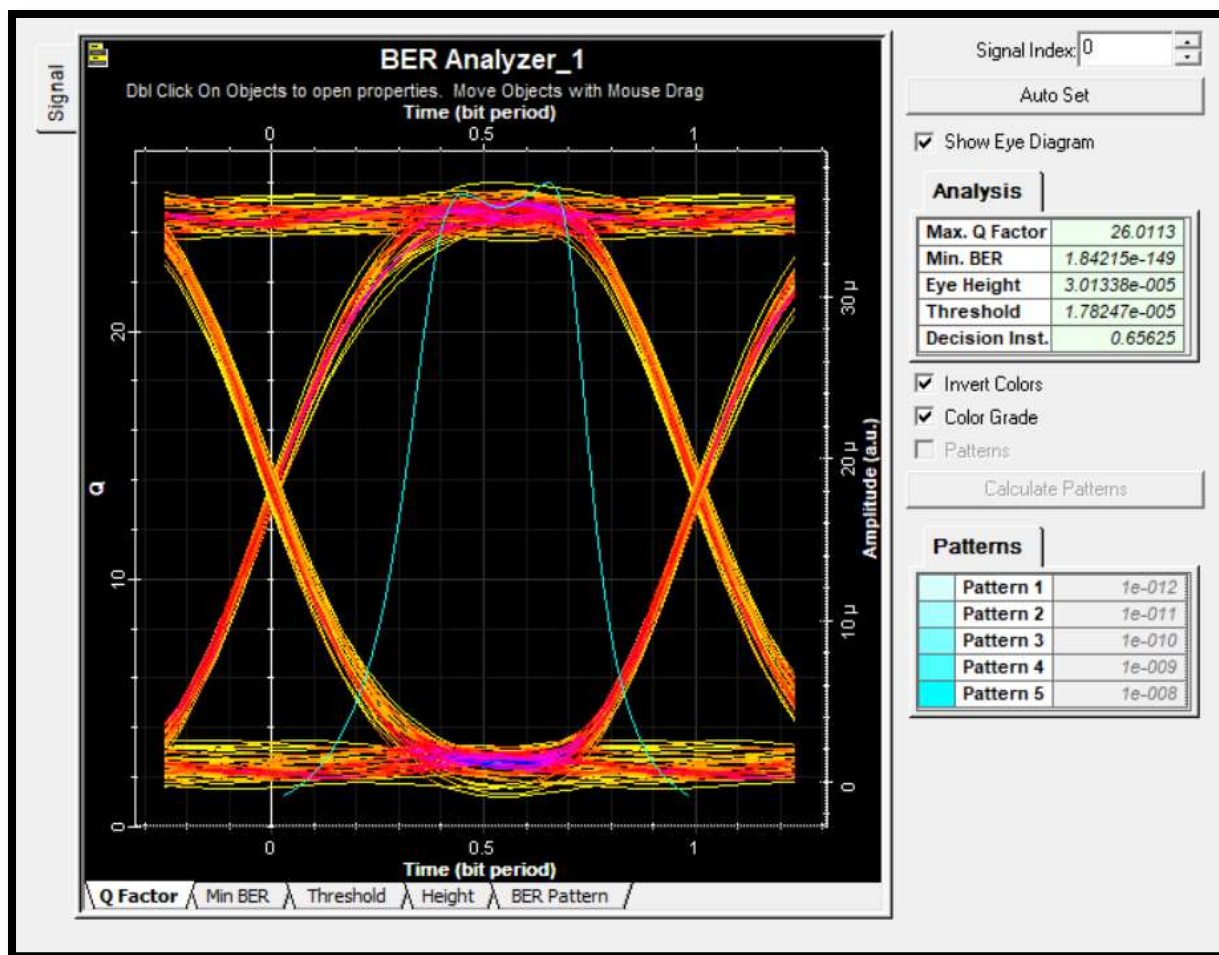


Fig. 28. Diagrama del ojo en ONU 1.

Finalmente se comprueban los bits en la recepción comparándolos con los bits en transmisión. Se puede apreciar que la amplitud ha disminuido significativamente, sin embargo, pueden ser interpretados sin ningún problema debido a que son diferenciables entre sí.

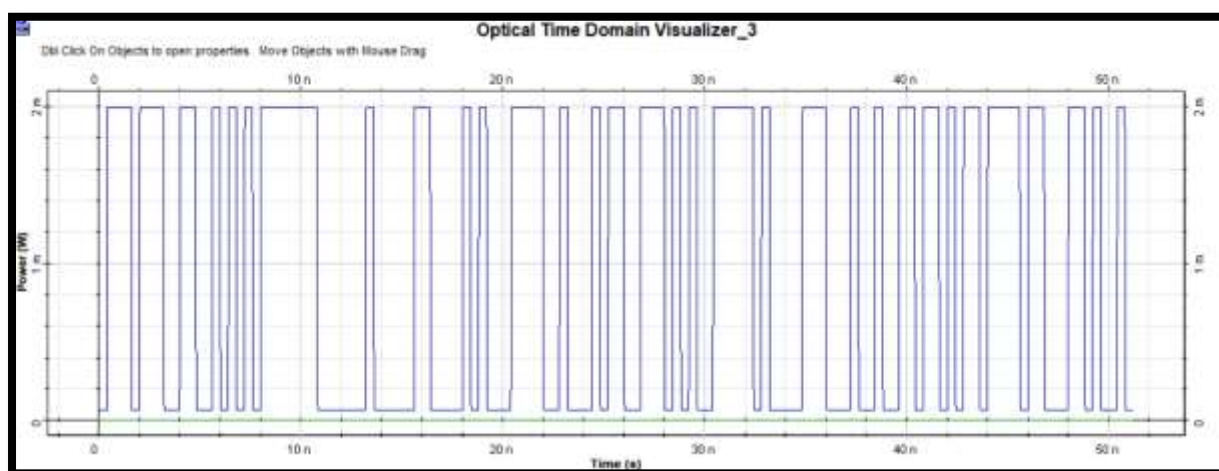


Fig. 29. Bits en transmisión.

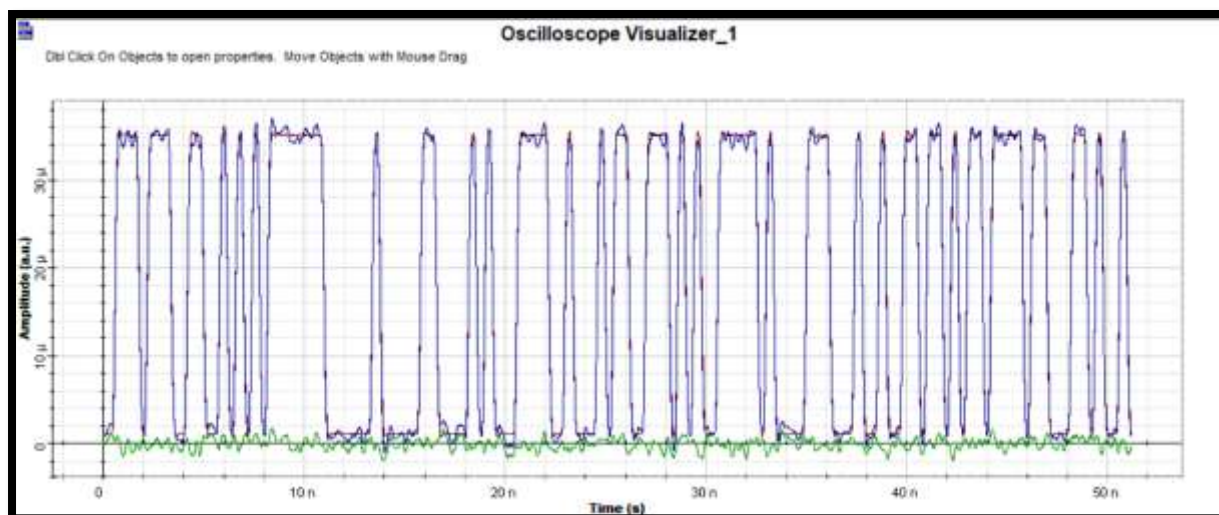


Fig. 30. Bits en recepción.