

TALLER N° 5: PRUEBA

Manosalvas Dayanna, Zuñá Bryan
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Escuela Politécnica Nacional
REDES DE COMUNICACIONES ÓPTICAS

dayanna.manosalvas@epn.edu.ec bryan.zuna@epn.edu.ec

Resumen. - El presente documento, muestra el Informe correspondiente al Taller número 5 de la materia de Redes de Comunicaciones Ópticas sobre: *Descripción de elementos de un sistema OPS*. El trabajo presentado corresponde a la primera prueba del componente docente de la materia. Se implementará tres de las topologías más utilizadas bus, anillo y estrella.

Palabras Clave. - Topología bus, topología estrella, topología anillo.

I. OBJETIVOS

- Consultar sobre los elementos que se utilizan en la implementación de una red óptica.
- Implementar tres topologías utilizadas en redes ópticas.

II. INFORME

A. Consulte al menos un datasheet de los elementos de un sistema OPS.

• Optical Couplers

TLP628M de la marca Toshiba es un fotoacoplador que consta de un fototransistor acoplado ópticamente a un diodo emisor de infrarrojos en un DIP de 4 pines.

TLP628M tiene garantía de funcionamiento a alta temperatura (125 V_{máx}), con la alta tensión colector-emisor (V_{CEO}) 350 V, es adecuado para su uso en controladores lógicos programables (PLC) y electrodomésticos, incluidos aires acondicionados.

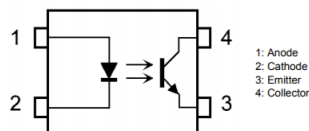


Figura. 1. Estructura interna de un acoplador óptico.

	Characteristics	Symbol	Note	Rating	Unit
LED	Input forward current	I_F		50	mA
	Input forward current derating ($T_a \geq 90^\circ\text{C}$)	$\Delta I_F/\Delta T_a$		-1.11	mA/°C
	Input forward current (pulsed)	I_{FP}	(Note 1)	1	A
	Input reverse voltage	V_{RI}		5	V
	Input power dissipation	P_D		100	mW
	Input power dissipation derating ($T_a \geq 90^\circ\text{C}$)	$\Delta P_D/\Delta T_a$		-2.22	mW/°C
	Junction temperature	T_J		135	°C
	Junction temperature	T_J		135	°C
Detector	Collector-emitter voltage	V_{CEO}		350	V
	Emitter-collector voltage	V_{ECO}		7	V
	Collector current	I_C		50	mA
	Collector power dissipation	P_C		150	mW
	Collector power dissipation derating ($T_a \geq 25^\circ\text{C}$)	$\Delta P_C/\Delta T_a$		-1.36	mW/°C
	Junction temperature	T_J		135	°C
	Operating temperature	T_{OPR}		-55 to 125	°C
	Storage temperature	T_{STG}		-55 to 125	°C
Common	Lead soldering temperature (10 s)	T_{SLD}		260	°C
	Total power dissipation	P_T		250	mW
	Total power dissipation derating ($T_a \geq 25^\circ\text{C}$)	$\Delta P_T/\Delta T_a$		-2.27	mW/°C
	Isolation voltage (AC, 60 s, R.H. $\leq 60\%$)	BV_{IS}	(Note 2)	5000	Vrms

Tabla. 1. Características básicas del optoacoplador.

• Optical Connectors

SC, LC, FC y ST corresponden a los tipos de conector óptico más comunes en aplicaciones FTTH y en redes de datos. En cuanto a la nomenclatura PC/UPC/APC, son siglas que se refieren al tipo de pulido del terminal óptico (ferrule) que hace posible el paso de pulsos de luz láser entre dos fibras ópticas. Ponemos fotos de dichos conectores con sus características en el datasheet.

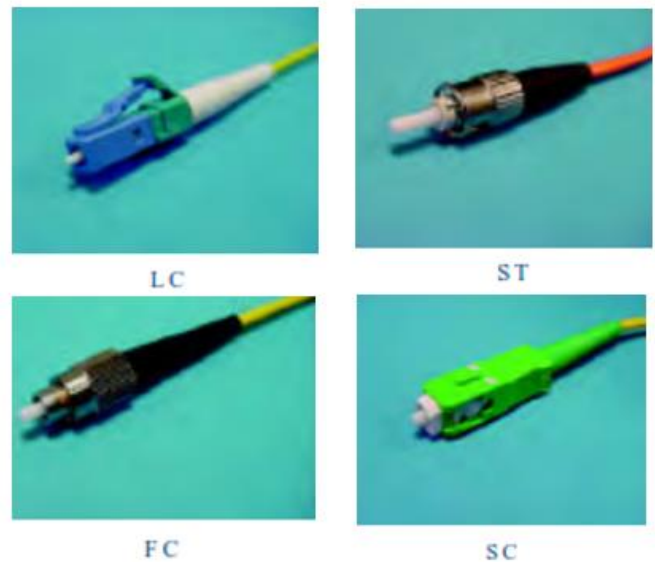


Figura. 2. Conectores ópticos del tipo LC, ST, FC y SC

En la siguiente tabla se adjunta los valores característicos que se debe analizar en cada uno de los conectores.

Tipo de Pulido	Monomodo		Multimodo	
	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno
Pulido PC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥40 dB	<0,25 dB	≥22 dB
Pulido SPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥45 dB	<0,25 dB	≥36 dB
Pulido UPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥55 dB	—	—
Pulido APC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥65 dB	—	—

Tabla. 2. Características básicas de un tipo de conector FC.

La tabla nos muestra el tipo de pulido con el que se debe trabajar, con las aplicaciones de comunicación a larga distancia y equipos para mediciones ópticas y usadas para todo tipo de fibras.

- **Optical Switches**

El producto de la serie OFMS es un switch de fibra óptica basado en la opto mecánica básicamente en un espacio de transmisión óptica de espacio libre. Son destinados para monitores del canal óptico, testeo remoto de sistemas de fibra óptica y protección de redes de en sus diferentes aplicaciones. El rango de longitud de onda que estos pueden manejar es de 1260nm hasta los 1660nm, con pérdidas de inserción menor a 1.1 dB, pérdidas de retorno mayores a los 40dB. La capacidad de conmutación de datos va en el rango de los 135ms de puerto a puerto. La temperatura de operación del switch es de -5 a 55°C, con una alimentación de -48V y un consumo de máximo 15W.



Figura. 3. Switch óptico para una red de comunicaciones.

- **Fast tunable láser**

El Keysight 81960A establece una nueva marca en el rendimiento del láser sintonizable con velocidades de barrido más rápidas y tasas de repetición combinadas con las especificaciones de precisión dinámica necesarias para el componente DWDM mediciones. Los barridos especificados dinámicamente en ambas direcciones mejoran la tasa de repetición aún más en tiempo real utilizar en procedimientos de ajuste y calibración. Rápido y preciso como un cohete, el 81960A te ayuda a golpear sus objetivos de desarrollo y producción.

El rango de operación en longitud de onda es de 1505nm a 1630nm, con una salida de potencia de +14dBm, una intensidad de ruido relativa de -145dB/Hz, impedancia de entrada de 50 OHMS, atenuación de 8dB, para las características básicas de alimentación, es que cuenta con una fuente de modulación de 5Vp-p, con un efectivo ancho de banda de 500MHz para un centro coherente.



Figura. 4. Fast Tunable Laser de manera física en la red.

- **Fast tunable filters**

El HyperCube es un filtro hiperspectral sintonizable continuamente en los rangos espectrales VIS, NIR y SWIR. Este filtro está diseñado para adaptarse a microscopios

comerciales verticales o invertidos y se acopla con cámaras estándar y módulos de excitación. Diseñado alrededor de filtros de rejilla Bragg de alto rendimiento, el HyperCube es perfecto para imágenes hiperspectrales de luminiscencia, campo oscuro y campo claro.

MODELO	Filtro hiperspectral HyperCube	
MARCA	Photone	
Características	VIS	SWIR
Rango espectral	400-1000nm	900-1620nm
Resolución espectral	<2nm	<4nm
Canales espectrales	Continuamente sintonizable	Continuamente sintonizable
Alimentación	120V	120V

Tabla. 3. Características de un filtro hiperspectral HyperCube

- **Optical gates**

Los interruptores ópticos ranurados, también denominados optointerruptores, son dispositivos que proporcionan indicaciones de estado (encendido o apagado) cuando se interrumpen los haces de luz en varios tipos de instrumentos, sistemas y equipos.

MODELO	Interruptor Óptico Ranurado, Serie EE-S
MARCA	omron
Características	Valor
Dispositivo de salida	Fototransistor
Número de canales	1
Tiempo de subida	4000ns
Tiempo de bajada	4000ns
Corriente oscura	2nA
Corriente clara	2mA

Tabla. 4. Características básicas del Interruptor Óptico Ranurado, Serie EE-S

- **Fiber Delay Lines**

Las líneas de retardo de fibra óptica (ODL) consisten en un colimador de fibra de entrada y salida para proyectar la luz en el espacio libre y recogerla nuevamente en una fibra. La distancia que recorre la luz en el espacio libre se controla con precisión, ya sea controlando la separación entre las ópticas de entrada y salida o reflejando la luz en un reflector móvil. En cualquier caso, al variar la distancia que recorre la luz, se puede controlar el tiempo de retardo a través del dispositivo.

MODELO	ODL-100
MARCA	Oz Optics
Características	Valor
Mecanismo de viaje	Tornillo de avance manual
Rango de viaje	100mm
Resolución	318 microns per turn
Rango de retardo	330psec
Perdida por inserción	<1.5dB

Tabla. 5. Características básicas del fiber delay lines.

B. Realice la simulación de redes ópticas utilizando las diferentes topologías.

- **Topología Bus**

Una red en bus es aquella topología que se caracteriza por tener un único canal de comunicaciones denominado bus, troncal o backbone al cual se conectan los diferentes dispositivos. De esta forma todos los dispositivos comparten el mismo canal.

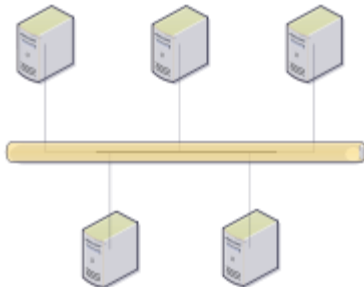


Ilustración 1: Topología bus.

Como se sabe la topología estrella se caracteriza por tener un elemento central con el cual se conectan todos los nodos de la red.

- ✓ **Capacidad:** 5Gbps
- ✓ **Potencia de transmisión:** 6dBm
- ✓ **Ganancia de los amplificadores:** 0.2 y 1 dB
- ✓ **Frecuencia:** 1550nm

Los elementos principales utilizados para poder implementar esta topología en optisystem fueron un *WDM add and drop* pues con las características que este ofrece se logra una implementación de la señal a un solo canal, permitiéndonos así poder incluir la línea de transmisión y recepción de datos como se puede observar en la ilustración 2.

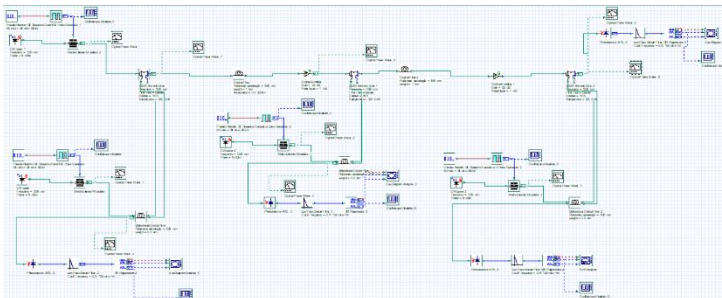


Ilustración 2: Topología bus implementada en Optisystem.

En la implantación se puede ver que cuenta con un sistema de 3 nodos de comunicación y mediante los cuales se puede enviar y compartir los datos con otros puntos de comunicación.

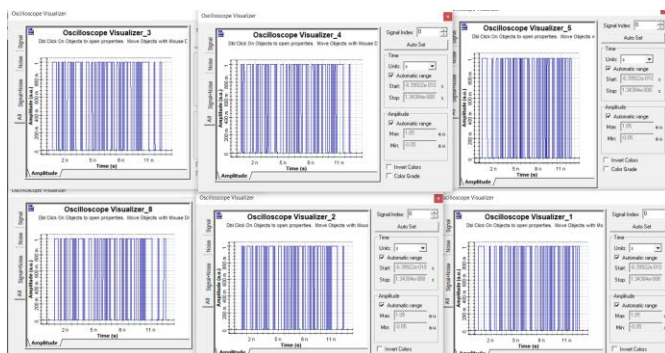
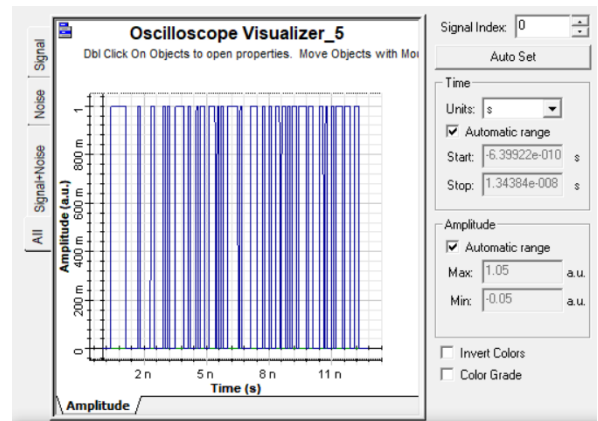


Ilustración 2: Topología bus implementada en Optisystem.



Oscilloscope Visualizer

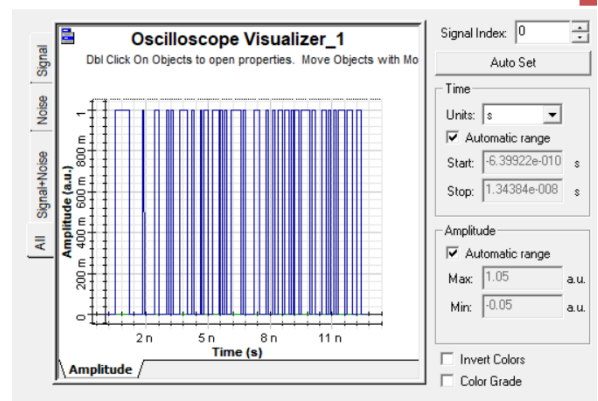


Ilustración 3: Resultados de la transmisión de datos en TX y RX.

En los resultados se presenta la transmisión y recepción de datos por medio de la topología bus, en la parte superior se representa los datos que salen y la parte inferior la parte de la recepción de los mismos.

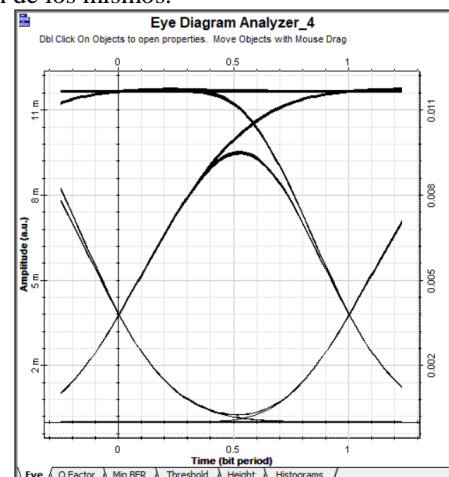


Ilustración 4: Diagrama del ojo de la topología bus.

Max. Q Factor	11.7928
Min. BER	1.47475e-032
Eye Height	0.00781383
Threshold	0.00127782
Decision Inst.	0.546875

Ilustración 3: BER del nodo central

Al realizar el análisis luego de obtener el diagrama del ojo se puede ver que la cantidad de bits errados BER es 1.47475e-32. Y es por ello que la recepción de datos se realiza de manera adecuada y sobre todo sin perder la información por parte de recepción.

- **Topología Anillo**

Para la topología anillo se utilizaron elementos como un atenuador, un combinador de señales óptica (Merge Optical Signal Bands) y un Controlador de anillo. Se trabajó con 4 nodos.

- ✓ **Capacidad:** 10Gbps
- ✓ **Potencia de transmisión:** 10dBm
- ✓ **Ganancia de los amplificadores:** EDFA
- ✓ **Frecuencia:** 1550nm

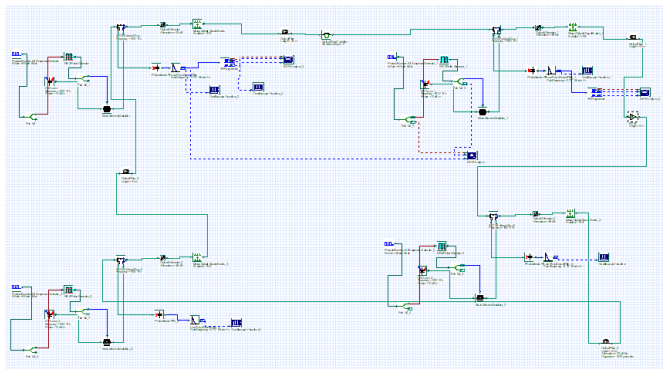


Ilustración 4: Topología de anillo

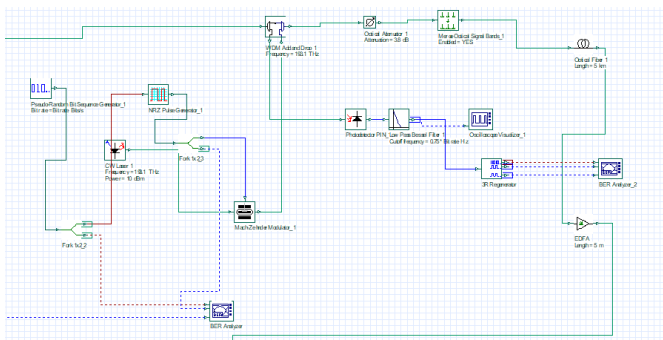


Ilustración 5: Estructura del nodo

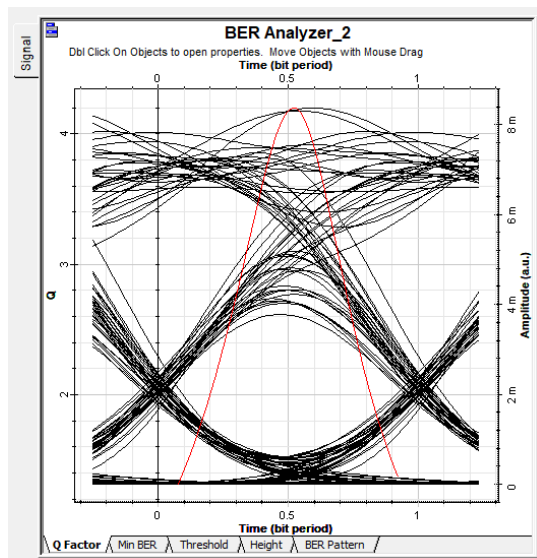


Ilustración 6: Diagrama del ojo de los cuatro nodos

Max. Q Factor	4.1972
Min. BER	9.77888e-006
Eye Height	0.00157834
Threshold	0.00110424
Decision Inst.	0.515625

Ilustración 7: BER

Como se puede observar se tiene un diagrama del ojo con una apertura bien definida. Con respecto al BER se tiene un valor de $9.77 \cdot 10^{-6}$, el cual es un valor aceptable.

- **Topología Estrella**

Como se sabe la topología estrella se caracteriza por tener un elemento central con el cual se conectan todos los nodos de la red.

- ✓ **Capacidad:** 5Gbps
- ✓ **Potencia de transmisión:** 10dBm
- ✓ **Ganancia de los amplificadores:** 20dB
- ✓ **Frecuencia:** 1550nm

Los elementos principales utilizados para poder implementar esta topología en optisystem fueron un Splitter y un Combiner. El Splitter permite que el nodo central se comuniquen con los demás nodos de la red. Por otro lado, el Combiner permite que todos los nodos se comuniquen con el nodo central, cada uno a través de un enlace individual.

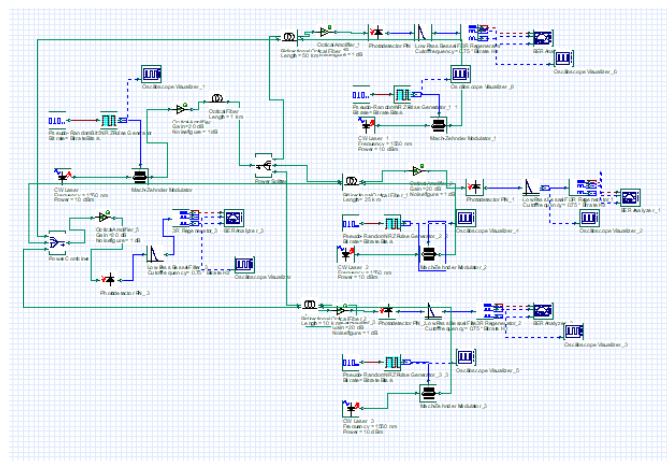


Ilustración 8: Topología estrella

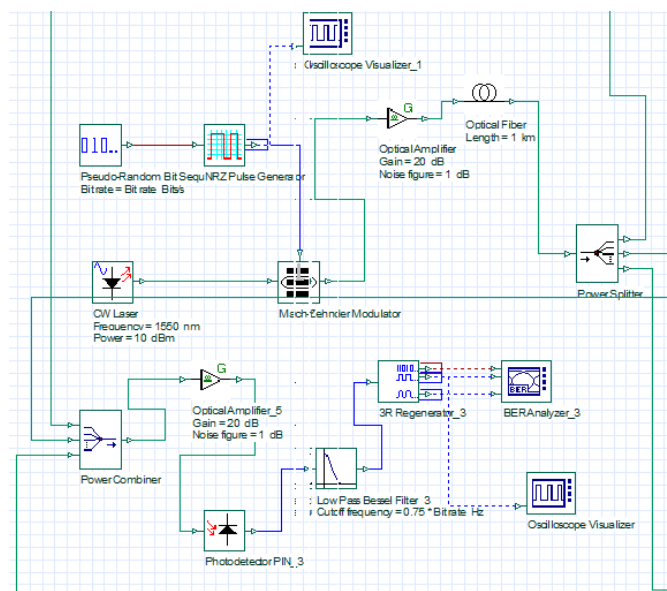


Ilustración 9: Estructura del nodo central

La red diseñada está conformada por un nodo central y tres secundarios. Cada uno de los nodos secundarios trabaja con diferentes longitudes de fibra. El primer nodo tiene una distancia de Km, el segundo tiene una distancia de 25Km y el tercero tiene una distancia de 10Km.

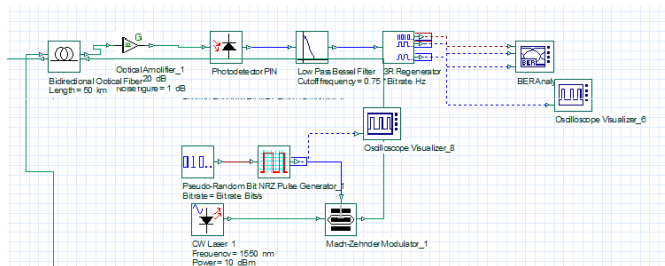


Ilustración 10: Estructura primer nodo

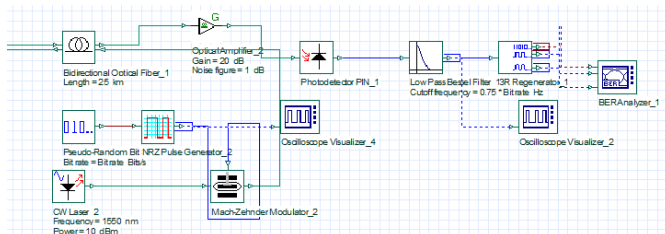


Ilustración 11: Estructura segundo nodo

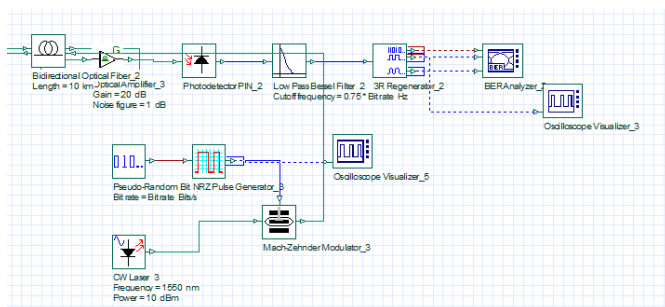


Ilustración 12: Estructura tercer nodo

Los resultados obtenidos con los parámetros antes mencionados fueron los siguientes:

✓ **Nodo central**

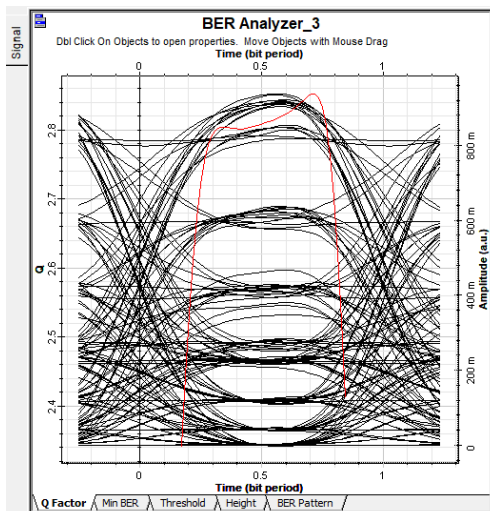


Ilustración 13: Diagrama del ojo del receptor del nodo central

Max. Q Factor	2.85181
Min. BER	0.00217155
Eye Height	-0.0328307
Threshold	0.770249
Decision Inst.	0.71875

Ilustración 14: BER del nodo central

Como se puede observar en el diagrama del ojo se tienen 6 aperturas no tan bien definidas pero que pueden ser distinguidas entre sí. Con respecto al BER se observa que se

tiene un valor de 0.00217 el cual permite la distinción del diagrama del ojo.

✓ **Primer Nodo**

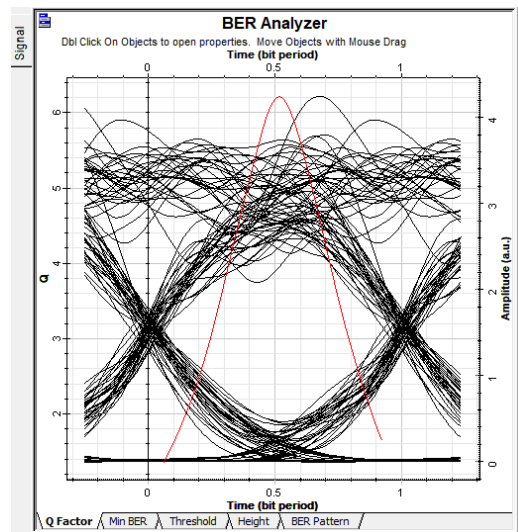


Ilustración 15: Diagrama del ojo del primer nodo

Max. Q Factor	6.21546
Min. BER	2.29097e-010
Eye Height	1.48444
Threshold	0.975249
Decision Inst.	0.515625

Ilustración 16: BER del primer nodo

Como se puede observar el diagrama del ojo para el primer nodo de 50Km presenta una apertura bien definida con un poco de ISI en la parte superior. Con respecto al BER se tiene un valor de $2.29 \cdot 10^{-10}$, el cual es un valor aceptable, que permite tener una apertura del ojo considerable.

✓ **Segundo Nodo**

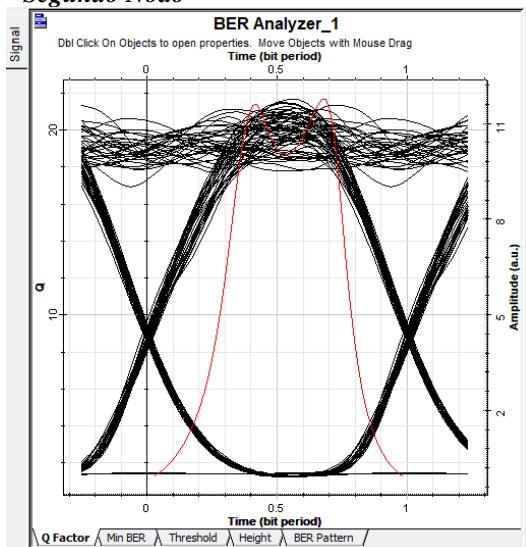


Ilustración 17: Diagrama del ojo del segundo nodo

Max. Q Factor	21.6724
Min. BER	1.14556e-104
Eye Height	9.11404
Threshold	0.660795
Decision Inst.	0.671875

Ilustración 18: BER del segundo nodo

Como se puede observar el diagrama del ojo para el segundo nodo de 25Km presenta una apertura mejor definida que la del primer nodo. Con respecto al BER se tiene un valor de $1.14 \cdot 10^{-104}$, el cual es un valor muy bueno, que permite tener una apertura del ojo considerable.

✓ Tercer Nodo

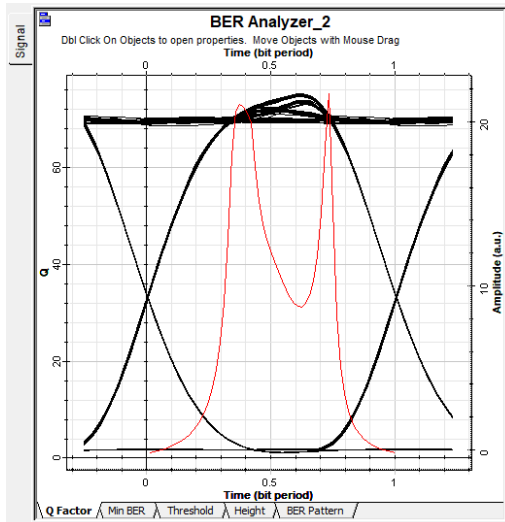


Ilustración 19: Diagrama del ojo del tercer nodo

Como se puede observar el diagrama del ojo para el primer nodo de 10Km presenta una apertura muy bien definida con respecto a los dos casos anteriores. Esto se debe a la corta distancia a la que se encuentra en comparación a los otros dos.

III. REFERENCIAS

- [1] R. Randhawaa, «Comparison of optical network topologies for wavelength division multiplexed transport networks,» EL SEIVER, 2008.