

DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ÓPTICAS

Manosalvas Dayanna, Zuñá Bryan
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Escuela Politécnica Nacional

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

Resumen. - El presente documento, muestra el Informe correspondiente al Taller número 1 de la materia de Redes de Comunicaciones Ópticas sobre: *Diseño de un Sistema de Comunicaciones Ópticas*. Este trabajo pretende responder las preguntas planteadas en las hojas guía, acerca de las diferentes actividades realizadas en este taller.

Palabras Clave. - OSNR, BER, Optisystem

I. OBJETIVOS

- Diseñar un sistema de comunicaciones ópticas punto a punto mediante el uso del software OptiSystem.
- Analizar el presupuesto de potencia del sistema.
- Variar los parámetros del sistema afín de obtener el máximo (óptimo) rendimiento del sistema.
- Analizar los resultados obtenidos.

II. INTRODUCCIÓN

La comunicación óptica es cualquier forma de comunicación que utiliza la luz como medio de transmisión.

Un sistema óptico de comunicación consiste de un transmisor que codifica el mensaje dentro de una señal óptica, un canal, que transporta la señal a su destino, y un receptor, que reproduce el mensaje desde la señal óptica recibida. La fibra óptica es el canal más común utilizado actualmente para las comunicaciones ópticas, sin embargo, existen otros tipos de guías de ondas que no necesitan de un equipo de comunicaciones, y que incluso han formado canales de muy corta distancia (como por ejemplo, chip a chip e intra chip) en los ensayos de laboratorio.

H- Los transmisores en las líneas de fibra óptica son generalmente leds o diodos láser. La luz infrarroja es la más utilizada en estas redes, ya que se transmite con menos atenuación y dispersión. Para codificar la señal se utiliza comúnmente modulación de la intensidad, aunque se ha demostrado en pruebas de laboratorio que se puede modular la fase y la frecuencia. La necesidad de una señal periódica regenerativa, fue ampliamente superada con la introducción del amplificador de fibra dopada de erbio, que extendió las distancias de enlace a un costo significativamente menor.

III. INFORME

A. Realice el cálculo del presupuesto del enlace.

Calculo de presupuesto

Potencia de transmisión = 6 dBm

Ganancia=18 dB

Pérdidas

Conectores= 4 → pérdidas por cada una de ellas 0.5dB

Empalme = 19 → pérdidas por cada uno es 0.2 dB

Fibra óptica= 200 Km → en toda la fibra 40 dB

Patch Core = 0.003km → 0.0006dB

Pérdidas totales = P.FO+P.Emp+P.Cone+P.PC [dB]

Pérdidas totales = 40 + 3.8+ 2 +0.0006 [dB]

Pérdidas totales = 45.8006 [dB]

Margen de seguridad

En un rango MS=10.8[dB] (Para lograr una mayor velocidad)

Sensibilidad para el receptor

$$P_{tx} - \alpha_t + G = \text{Sensibilidad} + MS$$

$$6dBm - 45.8006 dB + G = \text{Sensibilidad} + 10.8 dB$$

$$G = \text{Sensibilidad} + 10.8 dB - 6dBm + 45.8006 dB$$

Para la sensibilidad obtengo un valor de -34dBm al tratarse de un fotodiodo tipo PIN con lo cual se obtiene el valor de la ganancia

$$G = -34 dBm + 10.8 dB - 6dBm + 45.8006 dB$$

$$G = 16.6 dBm$$

Con lo cual podemos analizar las medidas obtenidas en cada una de los componentes, para esto procedemos a realizar el correspondiente análisis de los resultados obtenidos en cada uno de los instrumentos de medida. En donde usando la siguiente fórmula se puede obtener la ganancia aproximada que vamos a requerir en caso de que no podamos cumplir con lo establecido

B. Realice el análisis del diagrama del ojo, BER y la OSNR para determinar la calidad del enlace.

Se realizó el diseño de un enlace punto a punto, tomando como referencia el esquema presentado en las hojas guía el cual se muestra a continuación.

Con formato: Normal

Con formato: Normal

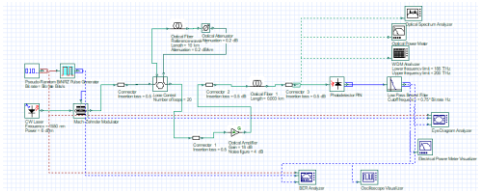


Ilustración 1: Esquema de enlace óptico punto a punto

Con una potencia de transmisión de 6dBm y un amplificador óptico de 18dB de ganancia, se obtuvo los siguientes resultados.

- Diagrama del Ojo

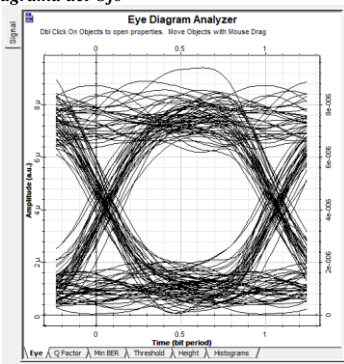


Ilustración 2: Diagrama del ojo del enlace óptico punto a punto

Como se puede observar, el diagrama del ojo presenta una apertura muy bien definida, lo que indica que se tiene una tasa de bits errados baja.

- BER

Analysis	
Max. Q Factor	6.37902
Min. BER	8.85206e-011
Eye Height	3.4168e-006
Threshold	4.025e-006
Decision Inst.	0.505263

Ilustración 3: Análisis obtenido del diagrama del ojo

Como se puede observar, el BER obtenido es de $8.852 \cdot 10^{-11}$, lo que es valor muy bueno. Además, se cumple con el requerimiento del diseño donde se solicitaba un BER de al menos 10^{-9} .

- OSNR

Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
-25.230427	-36.980457	11.75003

Ilustración 4: OSNR del enlace óptico punto a punto

Como se puede observar, el OSNR obtenido en la red es de 11.75dB, el cual es un valor bueno. Sin embargo, no se

acercó al requerimiento del diseño donde se solicitaba un OSNR de al menos 12dB.

C. B. Varíe los parámetros (justifique su variación) para obtener un máximo (óptimo) desempeño del sistema.

Con el objetivo de alcanzar el requerimiento de OSNR del diseño del enlace, se optó por aumentar la potencia de transmisión en 7dBm, con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

- Diagrama del ojo

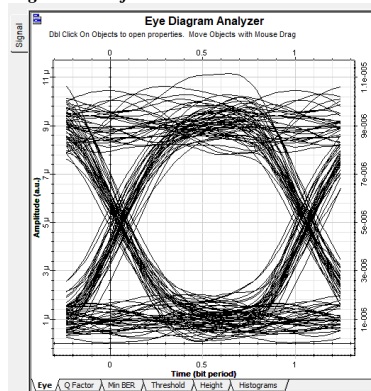


Ilustración 5: Diagrama del ojo del enlace óptico punto a punto

Como se puede observar el aumento de la potencia de transmisión no afectó al diagrama del ojo. Se sigue obteniendo una apertura definida.

- BER

Analysis	
Max. Q Factor	7.74469
Min. BER	4.73742e-015
Eye Height	4.96113e-006
Threshold	4.63944e-006
Decision Inst.	0.521053

Ilustración 6: Análisis obtenido del diagrama del ojo

Por otro lado, se observa que se tiene un valor de BER de $4.737 \cdot 10^{-15}$, el cual es un valor mucho mejor que el obtenido en el caso anterior.

- OSNR

Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
-24.230469	-36.980457	12.749988

Ilustración 7: OSNR del enlace óptico punto a punto

Como se puede observar, con el aumento de la potencia de transmisión en 7dBm, se pudo lograr un incremento del OSNR de 12.75dB, valor que cumple con lo solicitado en los requerimientos de diseño.

C. Varíe las fuentes y receptores y analice los resultados.

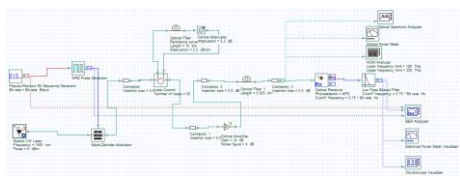


Ilustración 8: Esquema de enlace óptico punto a punto modificando el diodo transmisor y el diodo receptor

Si nosotros cambiamos la fuente por un láser Spatial CW Laser con los mismos parámetros y además un receptor tipo APD con mejores características lo cual haciendo un análisis con los resultados correspondientes y se llega a observar que tenemos un mejor resultado.

Wavelength (nm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
1550	-25.0109	-36.980457	11.969557

Ilustración 9: OSNR del enlace óptico punto a punto modificando el diodo transmisor y el diodo receptor

En lo que respecta a OSNR nos acercamos aun mas al resultado requerido, tenemos un valor de aproximación muy completo y podemos decir que se puede apreciar de mejor manera el resultado que tenemos.

Por otra parte al ver el diagrama del ojo se puede ver que igual tenemos una figura formada y se lo puede apreciar igual que al resultado anterior.

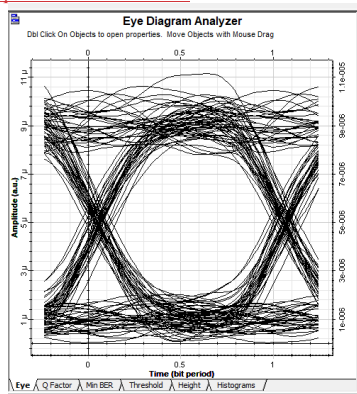


Ilustración 10: Diagrama del ojo del enlace óptico punto a punto modificando el diodo transmisor y el diodo receptor

D. — Incluya en el sistema un multiplexor ideal 2 a 1 en el lado de transmisión. Considerando una fuente que simule una transmisión de video con una modulación externa 4-QAM y 16-QAM. En el lado de recepción incluya la etapa demultiplexora y los componentes necesarios que permitan el correcto funcionamiento del sistema.

Para el sistema de multiplexación realizamos la implementación de 2 transmisores por separado uno

considerado para video con modulación 4-QAM y otra por separado con 16-QAM. Debemos tomar en cuenta que para la transmisión se considera los 200Km previamente establecidos, pero para que nuestra señal cumpla con los requerimientos tuvimos que modificar la potencia del transmisor

A continuación presentamos los bloque e instrumentos de conversión electro óptica utilizadas para llevar a cabo este sistema

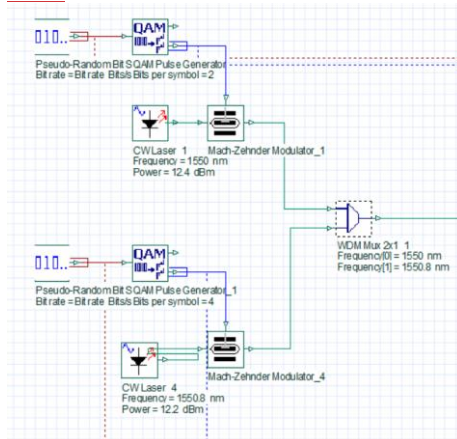


Ilustración 11: Diagrama transmisor con 4-QAM y 16-QAM

Como se puede observar se tiene la modulación externa con el modulo QAM, el detalle es que se vario el parámetro de BITS para el caso de 4-QAM trabajamos únicamente con 2bits y para el caso de 16-QAM vamos a operar con 4bits.

Vamos a implementar un multiplexor WDM 2 a 1 con las características de que se setearán 2 diferentes canales para longitud de onda separada, así la señal no va complicarse y se mantendrá guiada por cada canal.

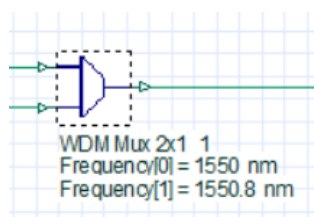


Ilustración 12: Modulo para multiplexación en la etapa de transmisión.

Para el caso de la recepción colocamos el mismo tipo en demultiplexor un WDM de 1 a 2 para poder recibir la señal y dirigirla a su respectivo punto de recepción.

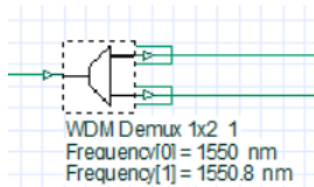


Ilustración 13: Módulo para demultiplexación en la etapa de recepción..

Podemos observar en los resultados que se presentan a continuación que los parámetros establecidos inicialmente va a cumplir el requerimiento que se tiene en el ejercicio práctico.

Wavelength (nm)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
1550.8	-24.945714	-36.983264	12.03755
1550	-24.893354	-36.980457	12.087103

Ilustración 14: OSNR del enlace óptico con multiplexación en el canal y modulación QAM.

Como se observa en la gráfica se pudo llegar al resultado deseado tanto para la primera banda de frecuencias o primer canal, así como para el segundo canal.

En el análisis del diagrama del ojo podemos obtener el siguiente resultado

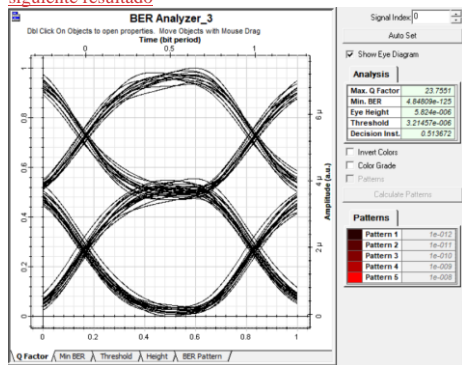


Ilustración 15: Diagrama del ojo del enlace óptico con multiplexación aplicado a la entrada y a la salida del sistema.

Dando como resultado en la parte de recepción el siguiente esquema.

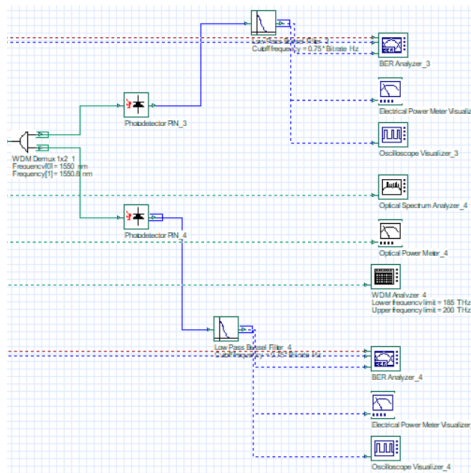


Ilustración 16: Diagrama receptor con 4-QAM y 16-QAM

Con lo cual el sistema de comunicaciones ópticas nos queda de la siguiente manera.

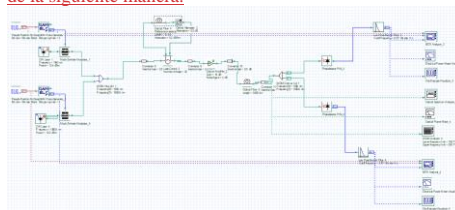


Ilustración 17: Esquema del sistema de comunicaciones ópticas con multiplexación WDM.

CUESTIONARIO

A. Indique los tiempos de respuesta de transmisores, receptores (especificaciones técnicas) y fibra óptica (dispersión total).

Módulos de diodos láser PhoxX para CW o aplicaciones moduladas

Tiempo de subida y bajada	Digital: <1,5 ns Analogico: <25 ns Activación del láser: <200 ns
---------------------------	--

Ilustración 11: Datos obtenidos del fabricante o datasheet para el tiempo de respuesta en un transmisor óptico. [3]

Ya que por la teoría sabemos que el tiempo de respuesta total debe ser menor que el tiempo de bits pues para ello el fabricante nos da el tiempo de subida y bajada de la señal, que nos entrega el sistema.

Fiber Optic Receiver

Los parámetros que manejamos son muy importantes para poder llegar al resultado deseado, pues de ello dependerá el correcto funcionamiento del sistema de comunicaciones ópticas.

VI. REFERENCIAS

- [1] The Fiber Optic Association , «Sistemas de Transmisión por Fibra Óptica y sus Componentes.» FOA, 2014. [En línea]. Available: <https://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.htm>. [Último acceso: 07 06 2021].
- [2] «Receptores Ópticos.» 2007. [En línea]. Available: <https://comunicacionesopticas.files.wordpress.com/2007/10/receptores-opticos-informe.pdf>. [Último acceso: 07 06 2021].
- [3] «Láser de diodo PhoxX plus». <https://www.omicron-laser.de/english/lasers/diode-lasers/phoxx-lasers-/phoxx-plus-diode-laser.html> (accedido jun. 08, 2021).
- [4] AVAGO. DATASHEET , 13 10 2013. [En línea]. Available: <https://docs.broadcom.com/doc/AV02-1500EN>. [Último acceso: 7 06 2021].