



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Estudio comparativo sobre modulaciones utilizadas en los
sistemas de comunicaciones ópticos**

AUTOR:

Pezo Apolinario, Marlon Alfredo

Componente práctico del examen complejo previo a la
Obtención del título de **INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

Córdova Rivadeneira, Luis Silvio

Guayaquil, Ecuador

19 de Septiembre del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente **componente práctico del examen complejo**, fue realizado en su totalidad por **Pezo Apolinario, Marlon Alfredo** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

REVISOR

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DIRECTOR DE CARRERA

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 19 días del mes de Septiembre del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Pezo Apolinario, Marlon Alfredo**

DECLARÓ QUE:

El **componente práctico del examen complejo, Estudio comparativo sobre modulaciones utilizadas en los sistemas de comunicaciones ópticos**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 19 días del mes de Septiembre del año 2017

EL AUTOR

PEZO APOLINARIO, MARLON ALFREDO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Pezo Apolinario, Marlon Alfredo**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del **componente práctico del examen complejo, Estudio comparativo sobre modulaciones utilizadas en los sistemas de comunicaciones ópticos**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 19 días del mes de Septiembre del año 2017

EL AUTOR

PEZO APOLINARIO, MARLON ALFREDO

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento	Pezo Marlon Complexivo FINAL 2017 3.docx (D30556520)
Presentado	2017-09-14 19:23 (-05:00)
Presentado por	fernandopm23@hotmail.com
Recibido	edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	Revisión examen complexivo Marlon Pezo Mostrar el mensaje completo 0% de estas 17 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Lista de fuentes		Bloques
Categoría	Enlace/nombre de archivo	
	Estudio de la Evolucion y tendencia de la t...	<input type="checkbox"/>
	Estudio de la Evolucion y tendencia de la t...	<input type="checkbox"/>
	ANALISIS URKUND 3 DANNY ALVARADO SA...	<input type="checkbox"/>
Fuentes alternativas		
	ANALISIS URKUND 3 DANNY ALVARADO SA...	<input type="checkbox"/>

Reiniciar Exportar Compartir

1 Advertencias.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: Estudio comparativo sobre modulaciones utilizadas
en los sistemas de comunicaciones ópticos

AUTOR: Pezo Apolinario, Marlon Alfredo

Componente práctico del examen complexivo previo a la
obtención del grado de INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES

REVISOR: Córdova Rivadeneira, Luis Silvio

Guayaquil, Ecuador 15 de Septiembre del 2017

.....

DEDICATORIA

Este presente trabajo está dirigido para las personas que pueden de una u otra manera ayudarse para seguir con los estudios en la carrera de INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES.

Autor

Marlon Alfredo Pezo Apolinario

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme culminar una etapa más en mi vida, a mis padres y en especial a mi madre Luz Apolinario por la confianza que me ha brindado y su apoyo incondicional enseñándome el camino de la superación, a mis hermanos Charlie y Denisse que de una u otra manera fueron importantes en la culminación de mi carrera.

A los docentes de esta prestigiosa Institución como lo es la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, quienes aportaron con sus valiosas enseñanzas y a mi tutor el Ing. Luis Silvio Córdova Rivadeneira por su tiempo y ayuda para aportar con sus conocimientos en este presente trabajo.

Autor

Marlon Alfredo Pezo Apolinario



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ, M. Sc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

ING. NÉSTOR ARMANDO ZAMORA CEDEÑO, M. Sc.
COORDINADOR DE ÁREA

f. _____

ING. EDWIN FERNANDO PALACIOS MELÉNDEZ, M. Sc.
REVISOR

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
RESUMEN.....	14
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE PRÁCTICO.....	15
1.1. Introducción.....	15
1.2. Objetivo General.	16
1.3. Objetivos Específicos.	16
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	17
2.1. Fibra Óptica.....	17
2.2. Fibra Óptica y sus aplicaciones.	19
2.3. Ventajas y desventajas del uso de La Fibra Óptica	21
2.4. Tipos de fibra óptica.	23
2.4.1. Fibra Óptica Monomodo.	23
2.4.2. Fibra óptica multimodo.....	25
2.5. OptiSystem.....	27
2.6. Modulación digital.....	28
2.6.1. Modulación PSK	29
2.6.2. Modulación por desplazamiento de amplitud.	30
2.6.3. Modulación por desplazamiento de frecuencia.	30
2.6.4. Modulación por desplazamiento de Fase.....	31
CAPÍTULO 3: Desarrollo de Simulaciones en OptiSystem.....	32
3.1. Entorno de trabajo OptiSystem.....	32
3.2. Simulación de los sistemas de comunicaciones ópticas con diferentes tipos de modulación usando el software OptiSystem.....	35
3.3. Resultados obtenidos del sistema de comunicaciones ópticas con las simulaciones usando modulaciones AM, FM, PM.	50

Conclusiones.....	55
Recomendaciones.....	57
Referencias bibliográficas.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2:

Figura 2. 1: Fibra Óptica.	17
Figura 2. 2: Cobertura Red de Fibra óptica en Ecuador.	18
Figura 2. 3: Fibra óptica monomodo.	24
Figura 2. 4: Transmisión de luz en la Fibra óptica monomodo	25
Figura 2. 5: Fibra óptica multimodo.....	26
Figura 2. 6: Transmisión de luz en la Fibra óptica multimodo	26
Figura 2. 7: Logo de OptiSystem	28
Figura 2. 8: Modulador PSK.....	29

CAPÍTULO 3:

Figura 3. 1: Entorno de trabajo del software OptiSystem 7.0.	32
Figura 3. 2: Área de trabajo del software OptiSystem.	33
Figura 3. 3: Librería de componentes de OptiSystem.	33
Figura 3. 4: Explorador de proyecto donde se seleccionan los esquemas que se simularán.	34
Figura 3. 5: Barra de menús donde se tiene acceso	34
Figura 3. 6: Sistema con modulación AM.....	35
Figura 3. 7: Transmisor del sistema con modulación AM.	36
Figura 3. 8: Propiedades del diodo CW Laser.....	36
Figura 3. 9: Evaluación de los valores de script.	37
Figura 3. 10: Ventana de configuración del componente Pseudo-Random Bit Sequence Generator.	38
Figura 3. 11: Ventana de script del valor Bit rate.	39
Figura 3. 12: Ventana de configuración del componente NRZ Pulse Generator.	40
Figura 3. 13: Ventana de configuración del componente AM Modulator. Elaborado por: Autor.....	41
Figura 3. 14: Ventana de configuración del componente Optical Fiber.	42
Figura 3. 15: Receptor del sistema con modulación AM.	43

Figura 3. 16: Ventana de configuración del componente Photodetector PIN.	44
Figura 3. 17: Ventana de configuración del componente Low Pass Bessel Filter.	45
Figura 3. 18: Instrumento virtual Eye Diagram Analyzer, (a) componente (b) ventana de visualización.	46
Figura 3. 19: Instrumento virtual BER Analyzer, (a) componente (b) ventana de visualización.	47
Figura 3. 20: (a) Frequency Modulator (b) Ideal Frequency Demodulator. ...	48
Figura 3. 21: Ventana de configuración del componente Frequency Modulator.	49
Figura 3. 22: Ventana de configuración del componente Phase Modulator..	50
Figura 3. 23: Sistemas simulados con diferentes modulaciones	51
Figura 3. 24: Comportamiento de la BER en los sistemas simulados con diferentes modulaciones (a) AM, (b) FM y (c) PM	53
Figura 3. 25: Comportamiento de los diagramas de ojo en los sistemas simulados con diferentes modulaciones (a) AM, (b) FM y (c) PM	54

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2:

Tabla 3. 1: Barras de herramientas del software OptiSystem.35

RESUMEN

En el capítulo I empezamos exponiendo la descripción del componente práctico, realizamos una clara introducción al mundo de la Fibra óptica, exponemos los objetivos generales y objetivos específicos acerca de nuestro estudio realizado. En el capítulo II nos enfocamos en la fundamentación teórica, hablamos en parte de una breve introducción acerca de FO, aplicaciones, ventajas y desventajas, tipos de FO. Hablamos del software con el cual vamos a realizar nuestra simulación. Encontramos que la fibra óptica es una tecnología particularmente popular para las redes de área local. En el futuro, casi todas las comunicaciones emplearán fibra óptica, como lo estamos presenciando en la actualidad debido a la alta velocidad de transmisión con la que se maneja. Exponemos que la modulación consiste en superponer la señal de usuario o de abonado en una señal portadora que sea más adecuada al medio de transmisión. En el proceso de modulación uno al menos de los tres parámetros básicos de la portadora (amplitud, frecuencia o fase). En el capítulo III La simulación describe la creación de un sistema de comunicación óptica, comenzando con el transmisor, el canal de comunicación y el receptor. Luego se da unas coordenadas para el monitor de datos y los visualizadores para monitorizar la salida. A continuación, se describe también el procedimiento de simulación, seguido de una explicación sobre el análisis de datos desde el visualizador.

Palabras claves: FIBRA ÓPTICA, PORTADORA, TRANSMISOR, RECEPTOR, MODULACIONES, BER.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE PRÁCTICO

1.1. Introducción.

La idea de comunicarse por medio de la luz estaba alrededor de la mente humana durante mucho tiempo, mucho antes de la fibra óptica. Se necesitaron muchos años para que las ideas detrás de la fibra óptica evolucionaran desde la óptica convencional. Incluso en ese momento, la gente pensaba en fabricar dispositivos ópticos especiales. En ciencias básicas de la Ingeniería en Telecomunicaciones, todo el mundo sabe que la luz viaja en líneas rectas. Aunque las lentes pueden doblar la luz y los espejos pueden desviarla, la luz todavía viaja en líneas rectas entre los dispositivos ópticos. Muchos inventos surgieron como resultado de este principio, tales como telescopios, microscopios y cámaras. Sin embargo, hay momentos en que se necesita luz para sondear las esquinas interiores que no están en líneas rectas. Este problema surgió mucho antes de que se encontrara la solución. La necesidad de canalizar la luz de un lugar a otro, para comunicar, ver, iluminar y otros propósitos llevó a la invención de la fibra óptica.

La reducción exponencial de la pérdida de transmisión en las fibras ópticas, junto con desarrollos vanguardistas, igualmente importantes en el área de fuentes de luz y detectores, han producido un increíble crecimiento fenomenal de la industria de la fibra óptica durante los últimos 20 años. Su alta capacidad de ancho de banda y características de muy baja atenuación lo hacen ideal para la transmisión de datos a una alta velocidad. El nacimiento de la comunicación por fibra óptica coincidió con la fabricación de fibras de

baja pérdida y la operación a temperatura ambiente de los láseres semiconductores en 1970. Desde entonces, el progreso científico y tecnológico en este campo ha sido tan fenomenal que en un breve lapso de 30 años Ya estamos en la quinta generación de sistemas de comunicación por fibra óptica. Desarrollos recientes en amplificadores ópticos y multiplexación por división de longitud de onda (WDM) nos llevan a un sistema de comunicación con pérdida casi cero y ancho de banda "infinito". De hecho, los sistemas de comunicación por fibra óptica están satisfaciendo la creciente demanda de enlaces de comunicación, especialmente con la proliferación de Internet

1.2. Objetivo General.

Potenciar la implementación de un sistema de comunicación óptico utilizando modulación digital mediante OptiSystem.

1.3. Objetivos Específicos.

- ✓ Establecer las principales teorías sobre las comunicaciones ópticas.
- ✓ Valorar los modelos de la modulación digital.
- ✓ Proyectar la implementación del software OptiSystem donde se realice el estudio de la fibra óptica.
- ✓ Estudiar sobre los principios básicos de funcionamiento de las fibras ópticas.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Fibra Óptica.

El cable de fibra óptica (véase la figura 2.1) es un medio de transmisión de datos de alta velocidad. Contiene diminutos filamentos de vidrio o plástico que transportan haces de luz. Los datos digitales se transmiten por medio de cables a través de impulsos rápidos de luz. El extremo receptor de una transmisión de fibra óptica convierte los impulsos de luz en valores binarios, que pueden ser leídos por un ordenador.

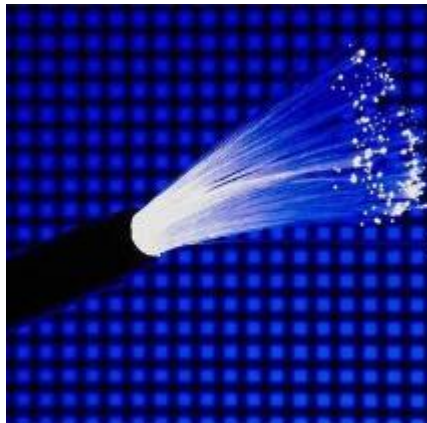


Figura 2. 1: Fibra Óptica.
Fuente: (Barrera Moreano, 2014)

Debido a que los cables de fibra óptica transmiten datos a través de ondas de luz, pueden transferir información a la velocidad de la misma. No es sorprendente que los cables de fibra óptica proporcionen las velocidades de transferencia de datos más rápidas de cualquier medio de transmisión de datos. También son menos susceptibles al ruido y la interferencia en comparación con cables de cobre o líneas telefónicas. Sin embargo, los cables de fibra óptica son más frágiles que sus homólogos metálicos y por lo tanto requieren más protección. Mientras que los cables de cobre se pueden

empalmar y reparar tantas veces como sea necesario, los cables de fibra óptica rotos a menudo necesitan ser reemplazados.

Dado que los cables de fibra óptica proporcionan velocidades de transferencia rápidas y gran ancho de banda, se utilizan para una gran parte de la columna vertebral de Internet. Por ejemplo, la mayoría de los cables de telecomunicaciones transatlánticos entre los Estados Unidos y Europa son de fibra óptica. En los últimos años, la tecnología de fibra óptica se ha vuelto cada vez más popular para las conexiones locales de Internet también. Por ejemplo, algunos ISP (por ejemplo, Telconet ver figura 2.2) ahora ofrecen "Internet por fibra", que proporciona acceso a Internet a través de una línea de fibra óptica. Las conexiones de fibra pueden proporcionar hogares y negocios con velocidades de transferencia de datos de 1 Gbps.

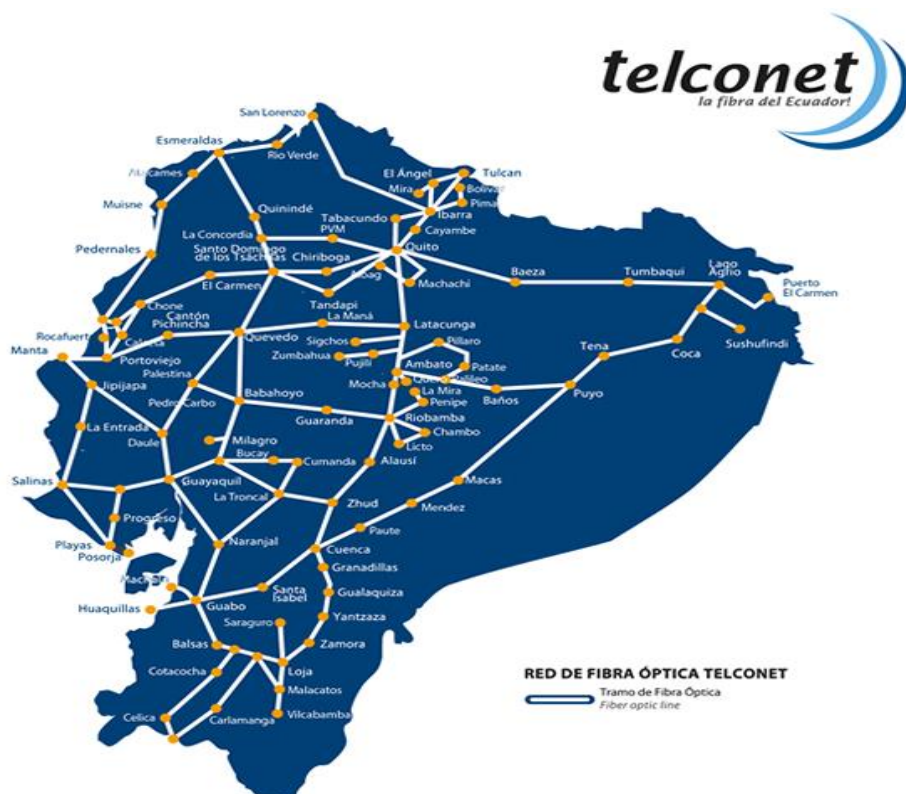


Figura 2. 2: Cobertura Red de Fibra óptica en Ecuador.

Fuente: (Telconet, 2017)

2.2. Fibra Óptica y sus aplicaciones.

El uso de fibras en LASERS y Fuentes de Luz está aumentando constantemente y nuestra gama de HB-T de polarización HiBi manteniendo las fibras, ofreciendo diámetros de 250 μm y 400 μm y MFD optimizado para asegurar la compatibilidad con las fibras de telecomunicaciones, son ideales para LASER y despolarizador Aplicaciones. La introducción más reciente de fibras polarizantes HB-Z extiende las opciones aún más.

Además, nuestras fibras dopadas con erbio IsoGain [™] y MetroGain [™], así como las fibras DF1100 y DF1500Y ytterbio y erbio-iterbio se utilizan en láseres de bajo consumo, fuentes de luz y aplicaciones LIDAR.

El uso de fibras ópticas en sensores estructurales, ya mencionado para la vigilancia de la salud estructural de edificios y geología, es también importante para aplicaciones industriales y nuestras dos gamas de fibras fotosensibles, las fibras PS y SM1500, son ideales para industrias donde la temperatura y las estructuras Necesitan ser monitoreados a través de los procesos de la planta. La inclusión de las variantes recubiertas de poliimida de las fibras SM1500 permite que nuestras fibras se utilicen en los ambientes más duros donde se requiera operación a alta temperatura y resistencia química.

Además, tras la reciente ampliación de la tecnología Smart Grid, los sensores de corriente son cada vez más importantes para monitorear la energía en las redes eléctricas nacionales y regionales. Para responder a esta

necesidad hemos revisado nuestros proyectos de I + D de Fibra Spun de los años 80 y desarrollado una nueva fibra HiBi Spun para los sensores de efecto Faraday. Esta fibra se ha utilizado con éxito en aplicaciones de clientes seleccionados y estará disponible muy pronto para su uso en general.

Las aplicaciones más importantes y predominantes de la fibra óptica en la medicina se encuentran en los componentes de imagen e iluminación de los endoscopios. Las multifibras flexibles y rígidas compuestas por fibras de índice escalonado y barras de formación de imágenes de índice graduado se utilizan ampliamente para la visualización de órganos y tejidos internos que son accesibles a través de aberturas naturales o transcutáneas. Este artículo revisa la evolución del endoscopio de fibra óptica en los últimos 20 años. Las técnicas de fabricación de fibras ópticas para la proyección de imagen y la iluminación se consideran en yuxtaposición a sus aplicaciones actuales en las comunicaciones con énfasis en las diferentes tecnologías involucradas.

El diseño de endoscopios distintos se describe con una revisión detallada de su uso en diversas especialidades médicas. Las fibras ópticas de baja pérdida se emplean para transmitir energía láser para cirugía y fotocoagulación. La luz láser multicolor se transmite a través de una sola fibra óptica delgada para proporcionar la iluminación adecuada para la visión y la fotografía en color. Pasados intentos de desarrollar multifibras de imágenes plásticas y su potencial futuro de visualización y fotografía en color. Se analizan los intentos anteriores de desarrollar multifibras de imágenes plásticas y su potencial futuro. Otros usos de la fibra óptica en medicina

incluyen la espectrofotometría remota, la detección de presión y posición, o el conteo de centelleo.

2.3. Ventajas y desventajas del uso de La Fibra Óptica

A continuación, se describen algunas ventajas de usar fibra óptica:

- a. **Ancho de banda:** los cables de fibra óptica tienen un ancho de banda mucho mayor que los cables metálicos. La cantidad de información que se puede transmitir por unidad de tiempo de fibra sobre otros medios de transmisión es su ventaja más significativa. Con el cable monomodo de alto rendimiento utilizado por las industrias telefónicas para las telecomunicaciones de larga distancia, el ancho de banda supera las necesidades de las aplicaciones de hoy y da lugar al crecimiento mañana.
- b. **Baja Pérdida de Energía:** una fibra óptica ofrece baja pérdida de potencia. Esto permite distancias de transmisión más largas. En comparación con el cobre; En una red, la distancia recomendada más larga del cobre es 100m mientras que con la fibra, es 2000m.
- c. **Interferencia:** los cables de fibra óptica son inmunes a las interferencias electromagnéticas. También se puede ejecutar en ambientes ruidosos eléctricamente sin preocupación ya que el ruido eléctrico no afectará a la fibra.
- d. **Tamaño:** en comparación con el cobre, un cable de fibra óptica tiene casi 4,5 veces más capacidad que el cable tiene y un área de sección transversal que es 30 veces menos.

- e. **Peso:** los cables de fibra óptica son mucho más delgados y más ligeros que los cables metálicos. También ocupan menos espacio con cables de la misma capacidad de información. El peso más ligero facilita la instalación de la fibra.
- f. **Seguridad:** las fibras ópticas son difíciles de tocar. Como no irradian energía electromagnética, las emisiones no pueden ser interceptadas. Al tocar físicamente la fibra requiere gran habilidad para no detectarse, la fibra es el medio más seguro disponible para transportar datos confidenciales.
- g. **Flexibilidad:** una fibra óptica tiene mayor resistencia a la tracción que las fibras de cobre o de acero del mismo diámetro. Es flexible, se dobla fácilmente y resiste la mayoría de los elementos corrosivos que atacan el cable de cobre.
- h. **Costo:** las materias primas para el vidrio son abundantes, a diferencia del cobre. Esto significa que el vidrio se puede hacer más barato que el cobre.

Como desventajas podemos citar:

- a. **Costo:** los cables son costosos de instalar, pero duran más que los cables de cobre.
- b. **Transmisión:** la transmisión en fibra óptica requiere repetirse a intervalos de distancia.
- c. **Frágil:** las fibras pueden romperse o perder la transmisión cuando se envuelven alrededor de curvas de sólo unos pocos centímetros de radio. Sin embargo, al encajar las fibras en una funda de plástico, es

difícil doblar el cable en un radio suficientemente pequeño para romper la fibra.

- d. **Protección:** las fibras ópticas requieren más protección alrededor del cable en comparación con el cobre.

2.4. Tipos de fibra óptica.

Comprender las características de los diferentes tipos de fibra ayuda a comprender las aplicaciones para las que se utilizan. El funcionamiento de un sistema de fibra óptica se basa en saber qué tipo de fibra se está utilizando y por qué. Hay dos tipos básicos de fibra: fibra multimodo y fibra monomodo. La fibra multimodo se diseña mejor para distancias de transmisión cortas, y es adecuada para su uso en sistemas LAN y video vigilancia. La fibra monomodo se diseña mejor para distancias de transmisión más largas, haciéndola conveniente para la telefonía de larga distancia y los sistemas multicanales de la difusión de la televisión.

2.4.1. Fibra Óptica Monomodo.

El cable de modo único es un solo soporte de fibra de vidrio con un diámetro de 8.3 a 10 micrones que tiene un modo de transmisión. Single Mode Fibra con un diámetro relativamente estrecho, a través del cual solo un modo se propagará típicamente 1310nm o 1550nm. Lleva mayor ancho de banda que la fibra multimodo, pero requiere una fuente de luz con un ancho espectral estrecho. Sinónimos: fibra óptica monomodo, fibra monomodo, guía de onda óptica monomodo, fibra monomodo.

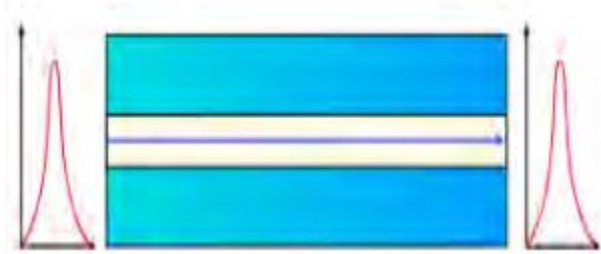


Figura 2. 3: Fibra óptica monomodo.
Fuente: (López Polo, 2016)

La fibra monomodo le da una velocidad de transmisión más alta y hasta 50 veces más distancia que multimodo, pero también cuesta más. La fibra monomodo tiene un núcleo mucho más pequeño que el multimodo. El núcleo pequeño y la única onda de luz prácticamente eliminan cualquier distorsión que podría resultar de los pulsos de luz superpuestos, proporcionando la menor atenuación de señal y las velocidades de transmisión más altas de cualquier tipo de cable de fibra.

Es un solo soporte (la mayoría de las aplicaciones utilizan 2 fibras) de fibra de vidrio con un diámetro de 8.3 a 10 micrones que tiene un modo de transmisión. La fibra óptica monomodo (*Single Mode, SM*) con un diámetro relativamente estrecho, a través del cual solo un modo se propagará típicamente 1310 o 1550nm, tal como se muestra en la figura 2.4. Lleva mayor ancho de banda que la fibra multimodo, pero requiere una fuente de luz con un ancho espectral estrecho.

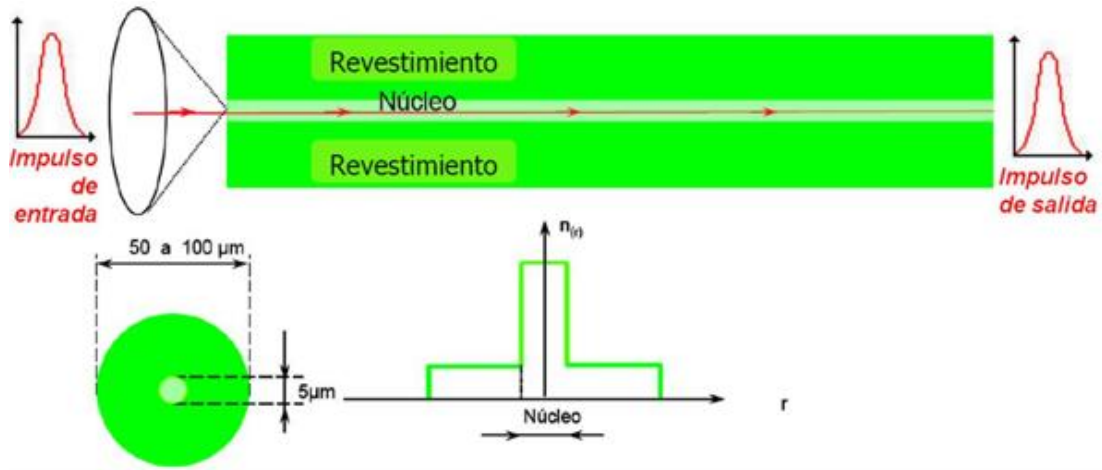


Figura 2. 4: Transmisión de luz en la Fibra óptica monomodo
Fuente: (Coimbra Gutiérrez, 2011)

2.4.2. Fibra óptica multimodo.

La fibra multimodo le da un alto ancho de banda a altas velocidades a distancias medias. Las ondas de luz se dispersan en numerosos caminos, o modos, a medida que viajan a través del núcleo del cable, típicamente 850 o 1300 nm. Los diámetros típicos de núcleo de fibra multimodo son 50, 62,5 y 100 micrómetros. Sin embargo, en tramos de cable largos (más de 3000 pies [914.4 m]), múltiples trayectorias de luz pueden causar distorsión de señal en el extremo receptor, lo que resulta en una transmisión de datos poco clara e incompleta.

El hecho de que transmite varios modos simultáneamente, hace que este tipo de fibras presenta una dispersión particular de la dispersión intermodal. Se produce debido a que los haces de luz recorren distancias diferentes y no llegan a su destino al mismo tiempo. Dentro de las fibras multimodo, el índice de gradiente gradual menos dispersión intermodal y que los haces de luz describen direcciones onduladas, de manera que los más cercanos al eje recorren menos distancia pero son más lentos. Una dispersión intermodal más

baja, permite que este tipo de fibra admita las distancias de propagación mayores que las de índice escalonado. Este tipo de fibra inicialmente fue el más utilizado debido a los problemas mecánicos que se presentan a la hora de trabajar con las fibras monomodo. En la figura 2.5 se muestran los dos tipos de fibras multimodo de índice escalonado e índice gradual.

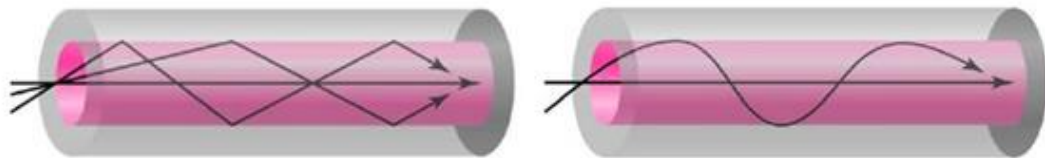


Figura 2. 5: Fibra óptica multimodo
Fuente: (Coimbra Gutiérrez, 2011)

Los sistemas monomodo suelen ser, pero no siempre más caros debido a los diodos láser y la calibración precisa necesaria para inyectar luz en el cable. Los costos de un solo cable multi-modo en sí son insignificantes, pero los dispositivos monomodo a menudo cuestan más.

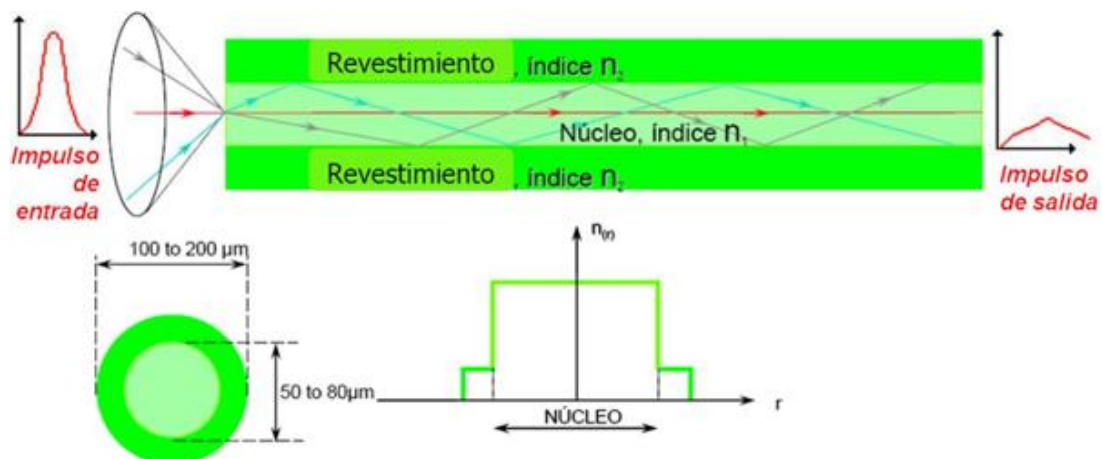


Figura 2. 6: Transmisión de luz en la Fibra óptica multimodo
Fuente: (Coimbra Gutiérrez, 2011)

La luz viaja una distancia más larga dentro del cable monomodo que en el modo multi-modo. Cuánto más depende de muchos factores, pero la regla general que hemos escuchado de los ingenieros es señal de modo único

puede sobrevivir hasta 30 kilómetros. El ancho de banda (cantidad de información en la señal) de modo único es mayor que el modo múltiple.

Dado que la pupila de entrada del modo único es tan pequeña (~ 9 micras), los conectores monomodo deben mantenerse muy, muy limpios. Incluso una partícula microscópica que bloquea la pupila puede bloquear parcial o totalmente la señal.

Los sistemas multimodo generalmente cuestan menos. Aunque, de nuevo, el cable de fibra en sí es aproximadamente el mismo precio que el modo único, los componentes de LED utilizados como óptica de transmisor en dispositivos multimodo son menos costosos de comprar y calibrar, por lo que los sistemas multimodo en su conjunto son menos costosos.

Los recorridos de los cables son mucho más cortos que con el modo único, pero todavía mucho mayor que el cable coaxial. 2 kilómetros parece ser la máxima distancia recomendada flotado por los ingenieros.

2.5. OptiSystem.

La simulación describe la creación de un sistema de comunicación óptica, comenzando con el transmisor, el canal de comunicación y el receptor. Luego se da unas coordenadas para el monitor de datos y los visualizadores para monitorizar la salida. A continuación, se describe también el procedimiento de simulación, seguido de una explicación sobre el análisis de datos desde el visualizador.



Figura 2. 7: Logo de OptiSystem
Elaborado por: Autor

2.6. Modulación digital.

Para una mejor calidad y una comunicación eficiente, se emplea la técnica de modulación digital. Las ventajas principales de la modulación digital sobre la modulación analógica incluyen anchura de banda disponible, inmunidad de alto ruido y potencia permisible. En la modulación digital, una señal de mensaje se convierte de mensaje analógico a digital, y luego se modula utilizando una onda portadora.

La onda portadora se activa y desactiva para crear pulsos de tal manera que la señal es modulada. Similar al análogo, en este sistema, el tipo de la modulación digital se decide por la variación de los parámetros de la onda portadora como amplitud, fase y frecuencia. Las técnicas de modulación digital más utilizadas son: modulación por desplazamiento de amplitud (ASK), modulación de desplazamiento de frecuencia (FSK), modulación por desplazamiento de fase (PSK).

La modulación digital se basa en dar una fase a cada símbolo de la fuente donde se mantiene firme la amplitud y la frecuencia. Para ello se tienen distintos tipos de moduladores.

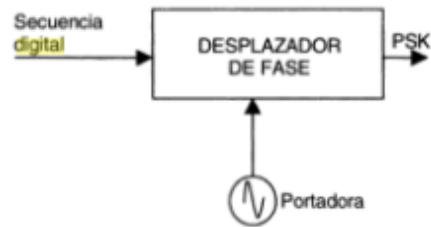


Figura 2. 8: Modulador PSK
Fuente: (Zanuy, 2001)

Por otra parte (Zanuy, 2001) comenta que, “la figura muestra el diagrama de un modulador PSK. Obsérvese que el elemento principal es el desplazador de fase.”

2.6.1. Modulación PSK

Se encuentran varios métodos para la realización de las codificaciones de los datos digitales en las señales analógicas, para esto se tiene que las más importantes son el desplazamiento de amplitud (ASK), el desplazamiento de Frecuencia (FSK) y por último el desplazamiento de fase. En el siguiente grafico se encuentran las diferencias de cada una de ellas en forma personalizada.

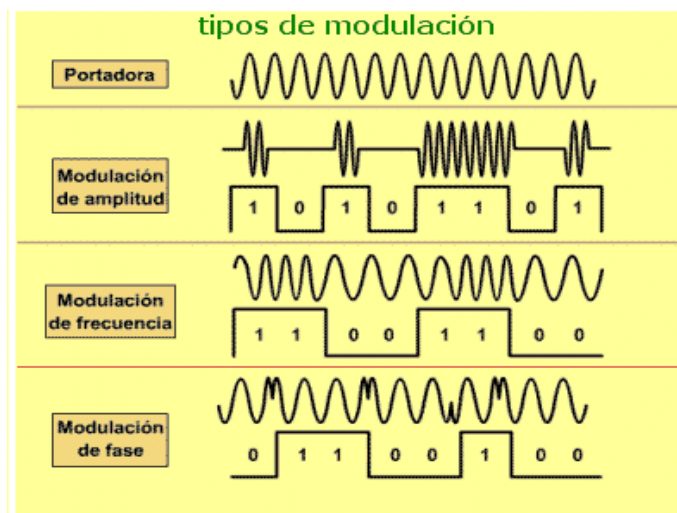


Figura 2.9: Tipos de modulación portadora, ASK, FSK y PSK
Fuente: (Tomasi, 2010)

Para el desplazamiento de amplitud ASK se emplea la frecuencia portadora emitir los bits, luego en la modulación de desplazamiento de frecuencia FSK se encuentra una variedad de frecuencia aproximadamente a la frecuencia central y para la modulación de fase PSK intercambia la señal de frecuencia.

2.6.2. Modulación por desplazamiento de amplitud.

El cambio de amplitud (ASK) es un tipo de modulación de amplitud que representa los datos binarios en forma de variaciones en la amplitud de una señal. Cualquier señal modulada tiene una portadora de alta frecuencia. La señal binaria cuando se modula ASK, da un valor cero para la entrada baja mientras que da la salida de la portadora para la entrada alta.

2.6.3. Modulación por desplazamiento de frecuencia.

La modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) es un método de transmisión de señales digitales. Los dos estados binarios, lógico 0 (bajo) y 1 (alto), están representados cada uno por una forma de onda analógica. La lógica 0 está representada por una onda a una frecuencia específica, y la lógica 1 está representada por una onda con una frecuencia diferente. Un módem convierte los datos binarios de una computadora a FSK para su transmisión a través de líneas telefónicas, cables, fibra óptica o medios inalámbricos.

2.6.4. Modulación por desplazamiento de Fase.

La modulación por desplazamiento de fase (PSK) es un método de comunicación digital en el que se varía la fase de una señal transmitida para transmitir información. Hay varios métodos que se pueden utilizar para realizar PSK. La técnica PSK más simple se denomina clave de desplazamiento de fase binaria (BPSK). Utiliza dos fases de señal opuestas (0 y 180 grados). La señal digital se divide en el tiempo en bits individuales (dígitos binarios). El estado de cada bit se determina de acuerdo con el estado del bit anterior. Si la fase de la onda no cambia, entonces el estado de la señal permanece igual (0 ó 1). Si la fase de la onda cambia 180 grados - es decir, si la fase invierte - entonces el estado de la señal cambia (de 0 a 1, o de 1 a 0). Debido a que hay dos posibles fases de onda, BPSK se denomina a veces modulación bifásica.

CAPÍTULO 3: Desarrollo de Simulaciones en OptiSystem

Este capítulo presenta tres simulaciones en el software OptiSystem 7.0, cada una de estas simulaciones utiliza una modulación diferente para el envío y recepción de los datos (AM, PM y FM) se utilizarán los mismos parámetros de configuración para la generación de información, ruido, etc. para así comprobar la eficiencia e inmunidad al ruido de cada una de ellas.

3.1. Entorno de trabajo OptiSystem.

OptiSystem es un software de simulación para comunicaciones ópticas de la empresa Optiwave Systems Inc. La ventana principal del OptiSystem 7.0 se muestra en la figura 3.1.

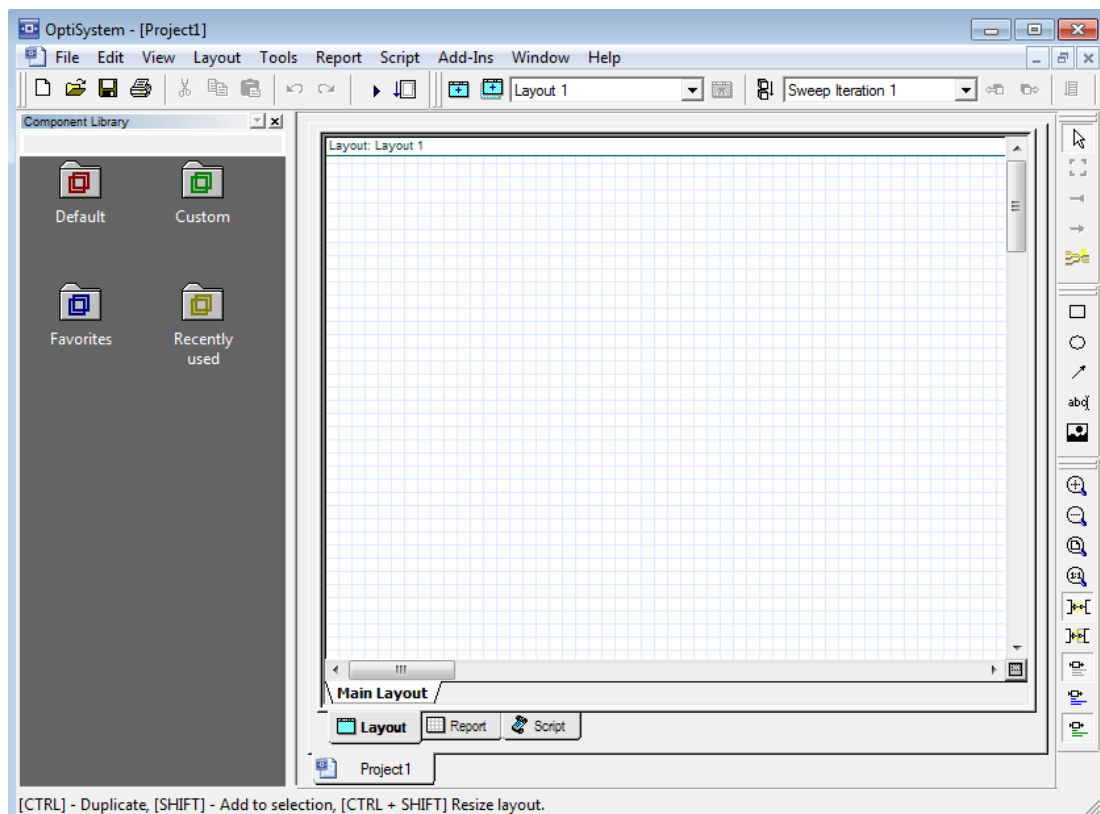


Figura 3. 1: Entorno de trabajo del software OptiSystem 7.0.

Elaborado por: Autor

En las figuras 3.2 a 3.5 se muestran otras partes relevantes del software OptiSystem 7.0 cuya explicación se encontrará en el pie de figura de las mismas. La figura 3.2 muestra el área de trabajo donde se diseñan los modelos de simulación en OptiSystem.

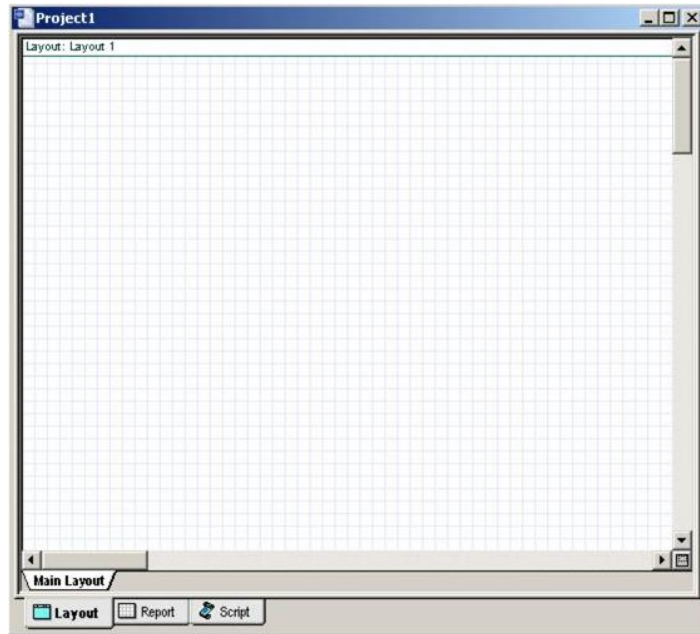


Figura 3. 2: Área de trabajo del software OptiSystem.
Elaborado por: Autor

En la figura 3.3 se muestra la librería de componentes desde donde se seleccionan los elementos que se utilizarán en la simulación del componente práctico del examen complejo.



Figura 3. 3: Librería de componentes de OptiSystem.
Elaborado por: Autor

La figura 3.4 muestra el explorador de proyecto en el cual se van a seleccionar los diferentes esquemas disponibles en OptiSystem.

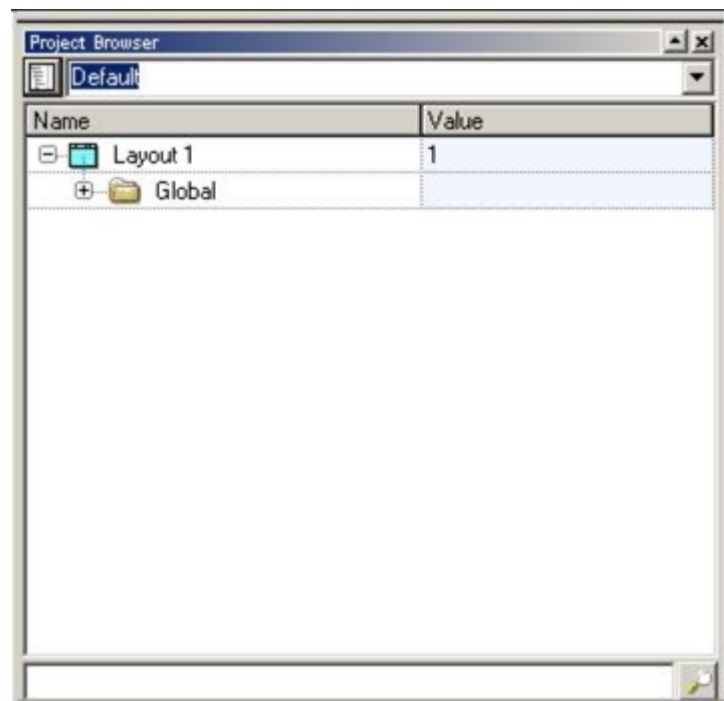


Figura 3. 4: Explorador de proyecto donde se seleccionan los esquemas que se simularán.

Elaborado por: Autor

En la figura 3.5 se muestra la barra de menús de OptiSystem desde donde se accede a cada una de las opciones disponibles para el desarrollo de escenarios de simulación.

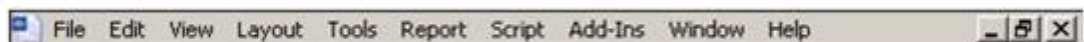

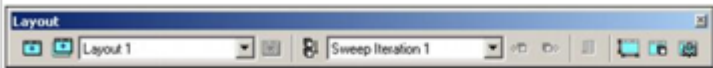

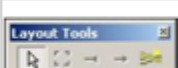
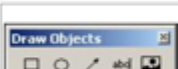
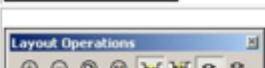
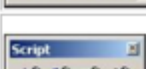


Figura 3. 5: Barra de menús donde se tiene acceso .

Elaborado por: Autor

En la tabla 3.1 se muestran cada una de las barras de herramientas del software OptiSystem.

Tabla 3. 1: Barras de herramientas del software OptiSystem.

Standard		Contiene las operaciones con ficheros más utilizadas
Layout		Trabajo con los esquemas
Docker		Habilita y deshabilita los <i>dockers</i> en el esquema principal
Layout Tools		Herramientas para el trabajo en el esquema
Draw Objects		Herramientas para el dibujo de círculos, rectángulos, inserción de textos e imágenes en el esquema
Layout Operations		Operaciones en el esquema como aumento y disminución de tamaño, etc.
Script		Operaciones con script

Elaborado por: Autor

3.2. Simulación de los sistemas de comunicaciones ópticas con diferentes tipos de modulación usando el software OptiSystem

En este apartado se mostrarán las imágenes de los sistemas que simularemos y al final se analiza las diferencias al usar varios tipos de modulación (AM, PM y FM). En la simulación se utilizarán instrumentos de medición virtuales que nos ayudarán a evaluar el rendimiento de cada uno de los sistemas simulados. En la figura 3.6 se muestra el sistema óptico que utiliza modulación AM.

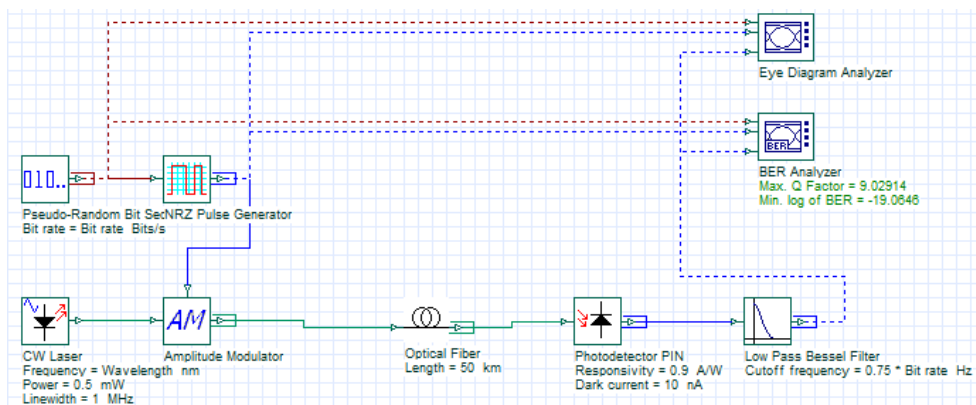


Figura 3. 6: Sistema con modulación AM.

Elaborado por: Autor

El transmisor óptico (véase la figura 3.7) es de modulación indirecta y está compuesto por un diodo CW Laser el cual emite la luz de manera continua. El haz de luz será modulado para que porte la información a través del bloque Amplitude Modulator.

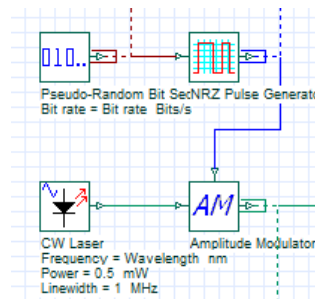


Figura 3. 7: Transmisor del sistema con modulación AM.
Elaborado por: Autor

El diodo CW Laser: Este es el componente que genera la luz a la cual se le incorporara información a través de la modulación. En este caso utilizaremos un diodo laser que trabaja con la longitud de onda de 1550 nm, una potencia de 0.5 mW y un ancho de línea de 1 MHz.

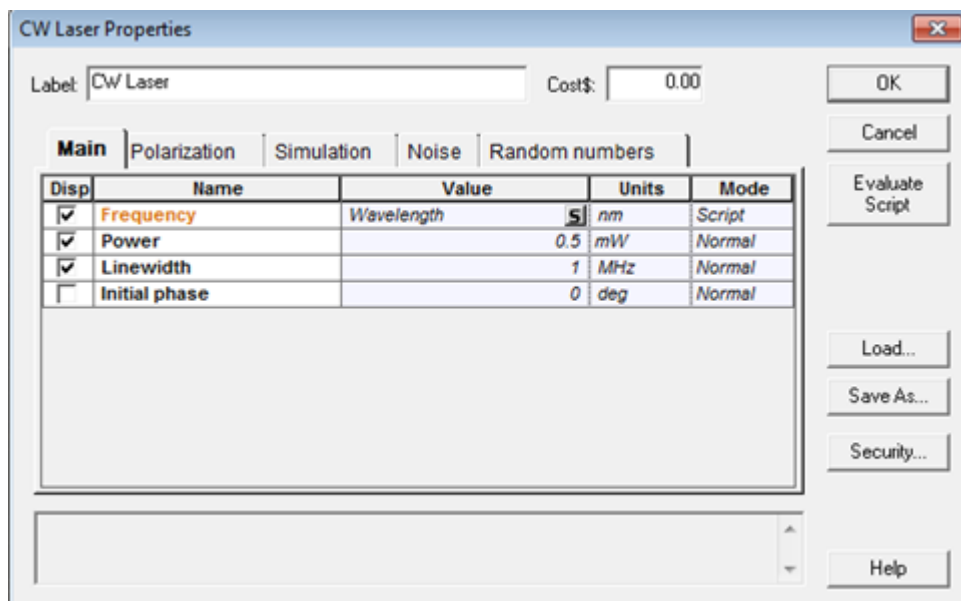


Figura 3. 8: Propiedades del diodo CW Laser.
Elaborado por: Autor

En la figura 3.8 se puede observar en la propiedad Frequency cuyo valor es Wavelength, el valor está almacenado en un script generado por el programa OptiSystem de manera automática con los valores normalmente utilizados de manera predeterminada.

Para saber el valor asignado por el script damos click en el botón que tiene una S al lado derecho del valor Wavelength y nos aparecerá una ventana como la mostrada en la figura 3.9. Esta evaluación de valor de script la podremos hacer con cualquier otra propiedad. La utilización de scripts se debe a que gracias a ellos tenemos la facilidad de definir un parámetro y utilizarlo en cualquiera de los componentes de la simulación, en el caso específico de Wavelength se usa en el fotodiodo en el Receptor.

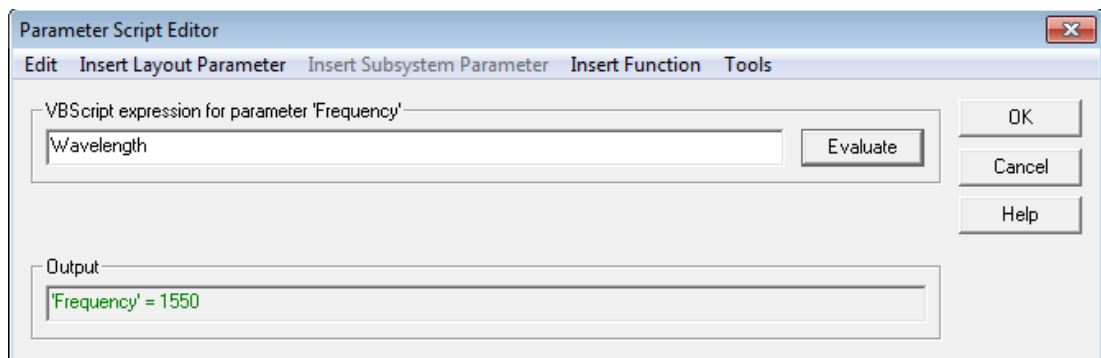


Figura 3. 9: Evaluación de los valores de script.

Elaborado por: Autor

Es bueno aclarar que estos componentes ya tienen estos valores de las propiedades de manera predeterminada con el uso de script. Si la persona que está simulando lo desea, puede modificar los valores de script en la ventana correspondiente o puede colocar los valores de manera manual en la ventana de configuración de cada componente. En nuestro caso utilizaremos los valores predeterminados ya que representan los valores más utilizados por los componentes de la vida real.

Pseudo-Random Bit Sequence Generator: Es un generador de bits pseudo-aleatorios que permite simular una fuente de información como la que se utilizaría en la vida real.

En la vida real la fuente de información serían los datos a enviar a través del sistema de comunicaciones ópticas, que pueden ser: flujos de canales telefónicos, canales de televisión, comunicaciones del protocolo IP que se encapsulan en tramas manejables por los sistemas ópticos. Dentro de las comunicaciones IP se pueden encontrar informaciones de Voz IP, Video bajo demanda, y comunicaciones de internet en general.

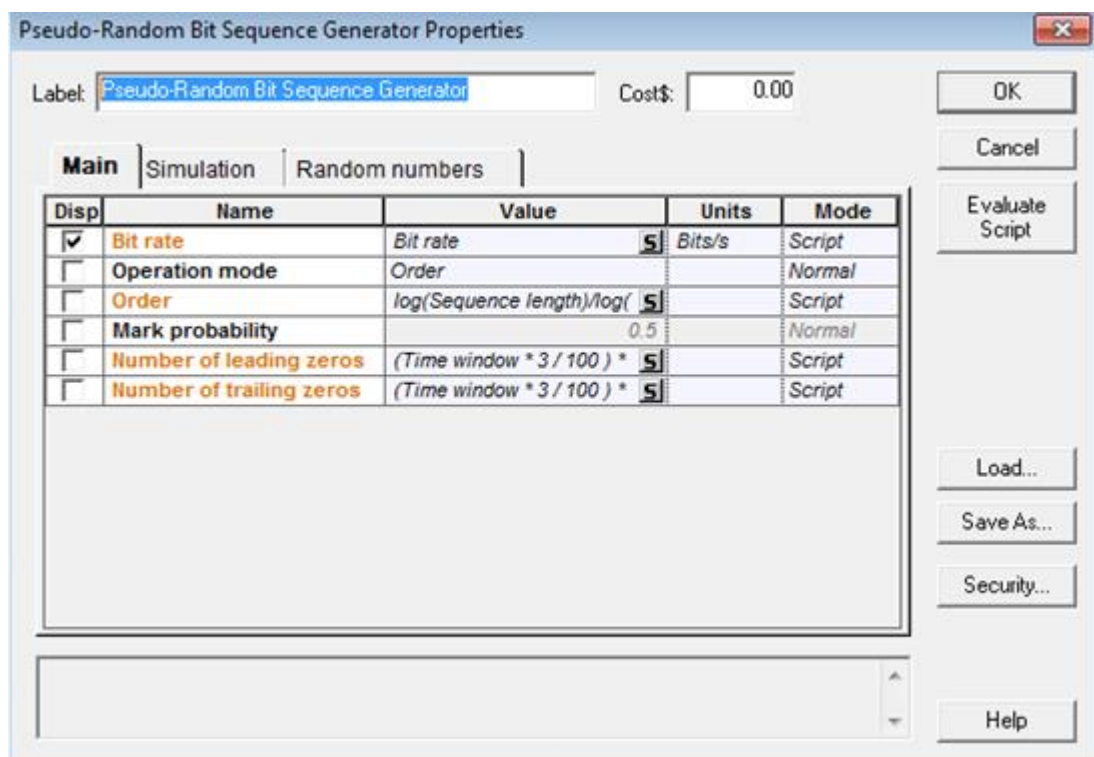


Figura 3. 10: Ventana de configuración del componente Pseudo-Random Bit Sequence Generator.

Elaborado por: Autor

En la figura 3.10 podemos observar la ventana de configuración del componente Pseudo-Random Bit Sequence Generator el cual ya tiene la mayoría de las propiedades configuradas por defecto cuando lo colocamos.

La propiedad Bit rate que es la velocidad de generación de información utilizará el valor de script por defecto que es 1e10, que es equivalente a 10 Gbps. Esto puede ser observado en la figura 3.11.

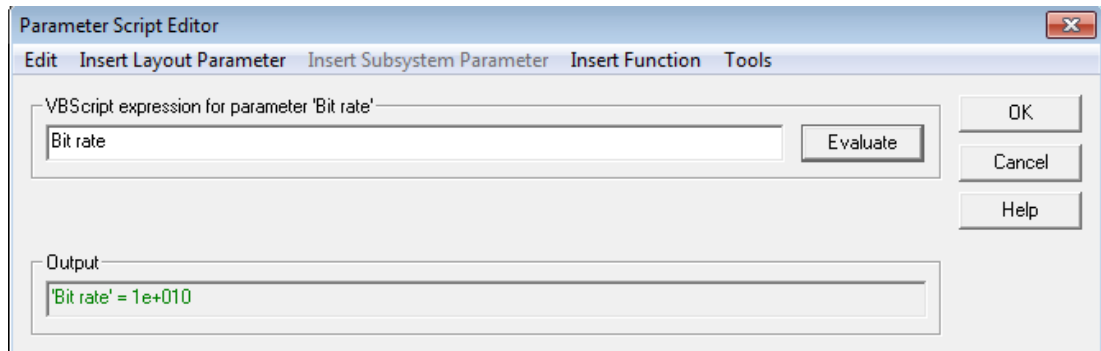


Figura 3. 11: Ventana de script del valor Bit rate.
Elaborado por: Autor

NRZ Pulse Generator: Este componente codifica la información a un pulso eléctrico con codificación no retorno a cero (NRZ), esto se hace porque los moduladores utilizan el pulso eléctrico de salida para insertar la información en el haz de luz.

En la salida se generan pulsos “cuadrados” que siguen una ley exponencial de acuerdo con la ecuación (1).

$$E(t) = \begin{cases} 1 - e^{-(t/c_r)}, & 0 \leq t < t_1 \\ 1, & t_1 \leq t < t_2 \\ e^{-(t/c_p)}, & t_2 \leq t < T \end{cases} \quad (1)$$

El componente admite otros tipos de generación de pulsos como gaussiano, sinusoidal y lineal. Para nuestra simulación fue seleccionada la generación exponencial debido a que es la recomendada en la ayuda del software OptiSystem 7.0.

La ventana de configuración de este componente se muestra en la figura 3.12. Las demás propiedades se dejaron con la configuración recomendada que viene por defecto.

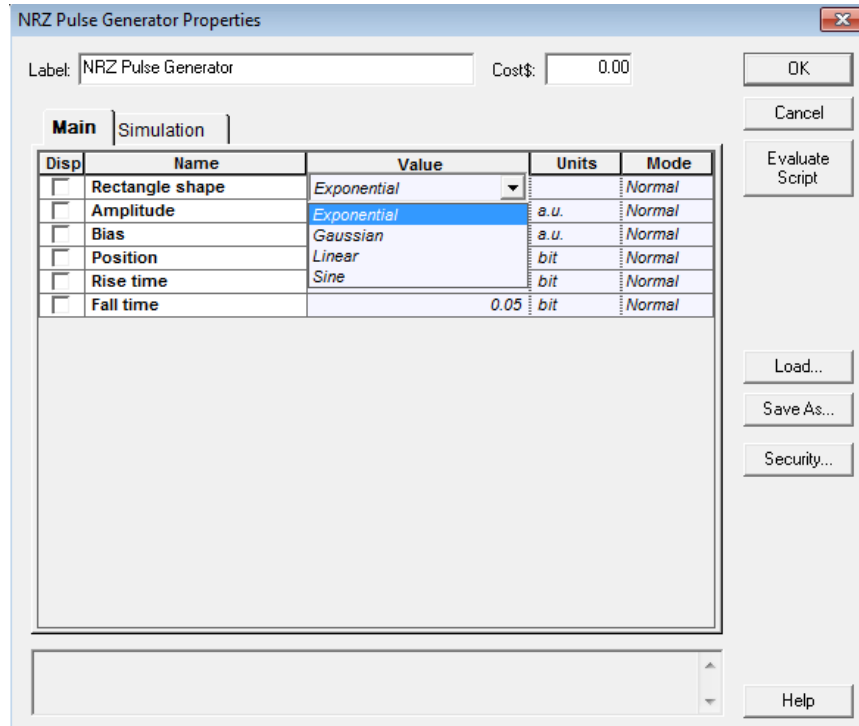


Figura 3. 12: Ventana de configuración del componente NRZ Pulse Generator.
Elaborado por: Autor

Amplitude Modulator: Este componente es el encargado de inyectar la información en el haz de luz utilizando la modulación de amplitud, en este caso lo que se modula es la intensidad de la luz que viaja por la fibra óptica.

El componente se rige por la ecuación (2) y la ecuación (3).

$$E_{out}(t) = E_{in}(t) \cdot \sqrt{Mod(t)} \quad (2)$$

$$Mod(t) = (1 - MI) + MI \cdot modulation(t) \quad (3)$$

Donde

$E_{out}(t)$: Es la salida del haz de luz modulado.

$E_{in}(t)$: Es la entrada del haz de luz con intensidad fija.

MI : Es el índice de modulación.

$modulation(t)$: Es la información que modulará el haz

La ventana de configuración de este componente es la que se muestra en la figura 3.13. El índice de modulación se fijó en 1 que es el valor más comúnmente utilizado.

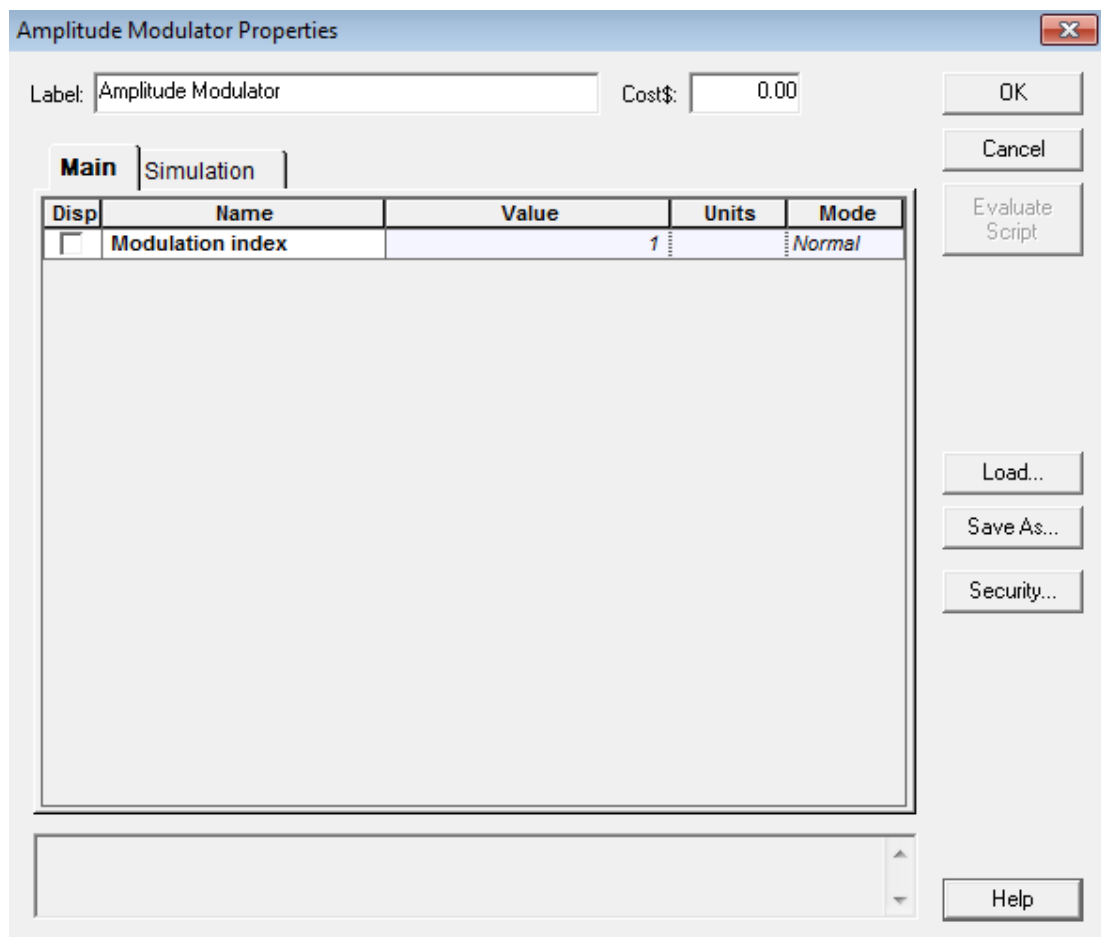


Figura 3. 13: Ventana de configuración del componente AM Modulator. Elaborado por: Autor

Optical Fiber: Este componente simula la propagación de la luz en un canal óptico de fibra mono-modo. Durante la simulación son tomados en cuenta efectos como la dispersión y los efectos no lineales, estos últimos son calculados a partir de la integración numérica de la ecuación de Schrödinger no lineal.

En la figura 3.14 se muestra la ventana de configuración del componente donde se pueden apreciar las propiedades que pueden ser modificadas, por ejemplo, Reference Wavelength define la longitud de onda de referencia de la fibra, se puede aplicar el efecto de la atenuación, se puede definir también la atenuación por kilómetro y la longitud de la fibra, etc.

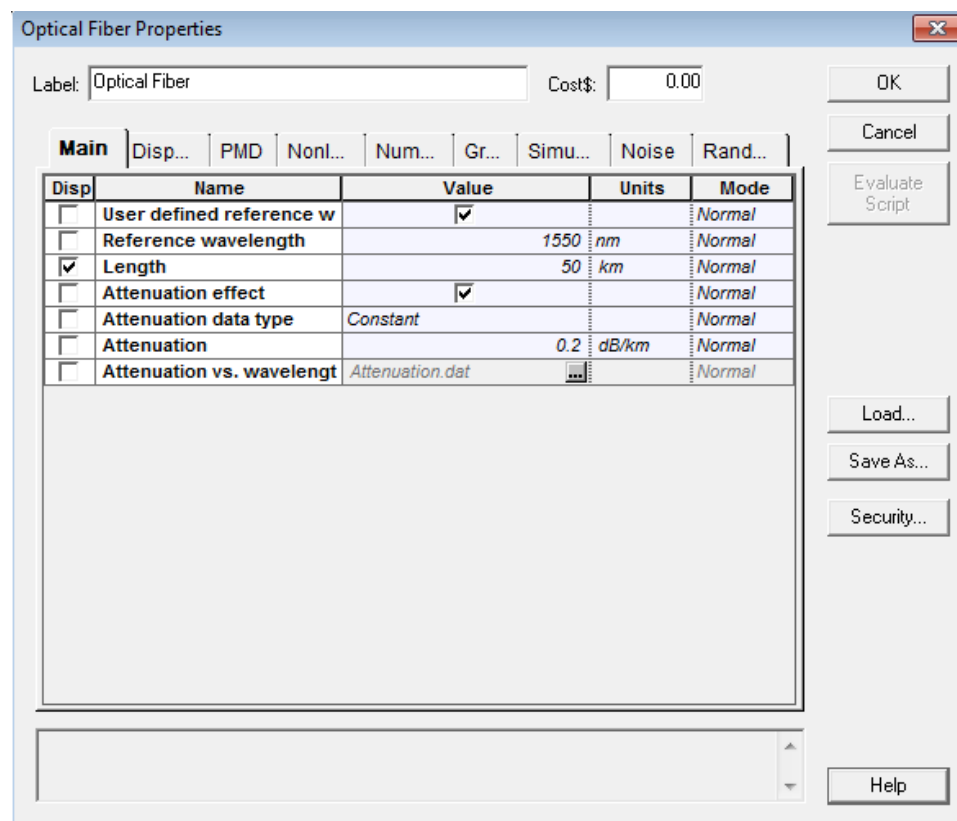


Figura 3. 14: Ventana de configuración del componente Optical Fiber.
Elaborado por: Autor

El receptor del sistema con modulación AM se muestra en la figura 3.15. Como la modulación utilizada fue AM con un fotodiodo es suficiente para

detectar la información enviada ya que el mismo es capaz de detectar las variaciones en la intensidad de haz de luz.

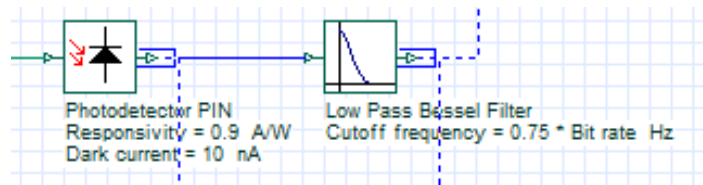


Figura 3. 15: Receptor del sistema con modulación AM.
Elaborado por: Autor

Photodetector PIN: Este elemento representa a un fotodiodo PIN que se utiliza para la detección de luz. En los fotodiodos PIN cuando incide un haz de luz con suficiente energía se desprende un electrón y por consiguiente deja detrás un hueco de carga positiva.

En la figura 3.16 se muestra la configuración del componente Photodetector PIN. Los valores de las propiedades se dejaron por defecto ya que coinciden con los valores estándar que tienen estos dispositivos en la vida real.

Es bueno recordar que a pesar de que en nuestro trabajo se utilizaron los valores por defecto de este componente, esto no quiere decir que si se desea simular otro tipo de fotodiodo PIN se deba mantener esta configuración. Por el contrario, el software OptiSystem 7.0 es altamente configurable y dadas esas circunstancias podríamos colocar los parámetros de nuestro fotodiodo PIN a fin de que la simulación resulte lo más real posible.

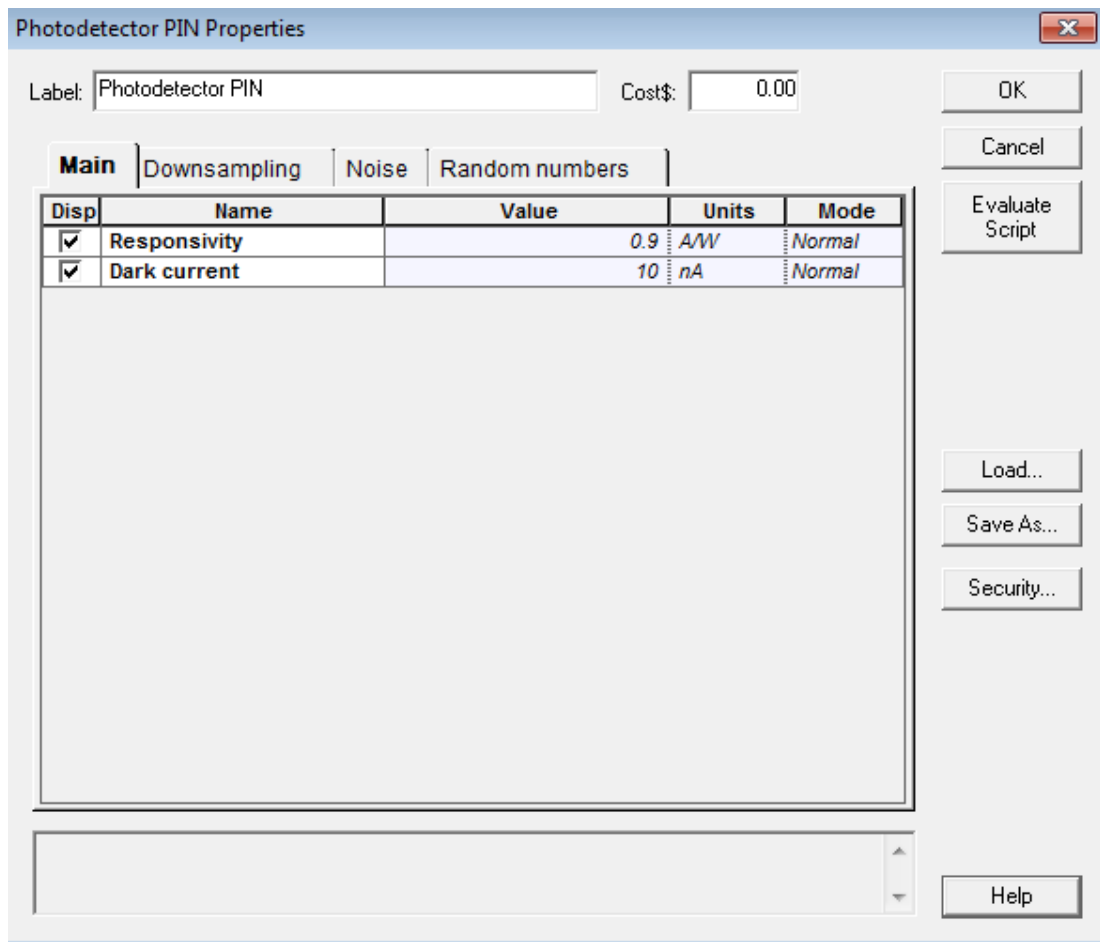


Figura 3. 16: Ventana de configuración del componente Photodetector PIN.
Elaborado por: Autor

Low Pass Bessel Filter: Este elemento se coloca para mitigar el ruido generado a la salida del fotodiodo. Este ruido se debe fundamentalmente a la deformación que sufre la señal luminosa en su viaje a través de la fibra.

En la figura 3.17 se muestra la ventana de configuración donde podemos apreciar que la frecuencia de corte se fija de manera que sea un 75% de la velocidad de transmisión, estos son valores que vienen predeterminados en el software, aunque pueden ser modificables. Ya a la salida de este filtro obtendremos un pulso eléctrico equivalente al código NRZ usado para alimentar el modulador de AM, que a su vez es equivalente a la información generada.

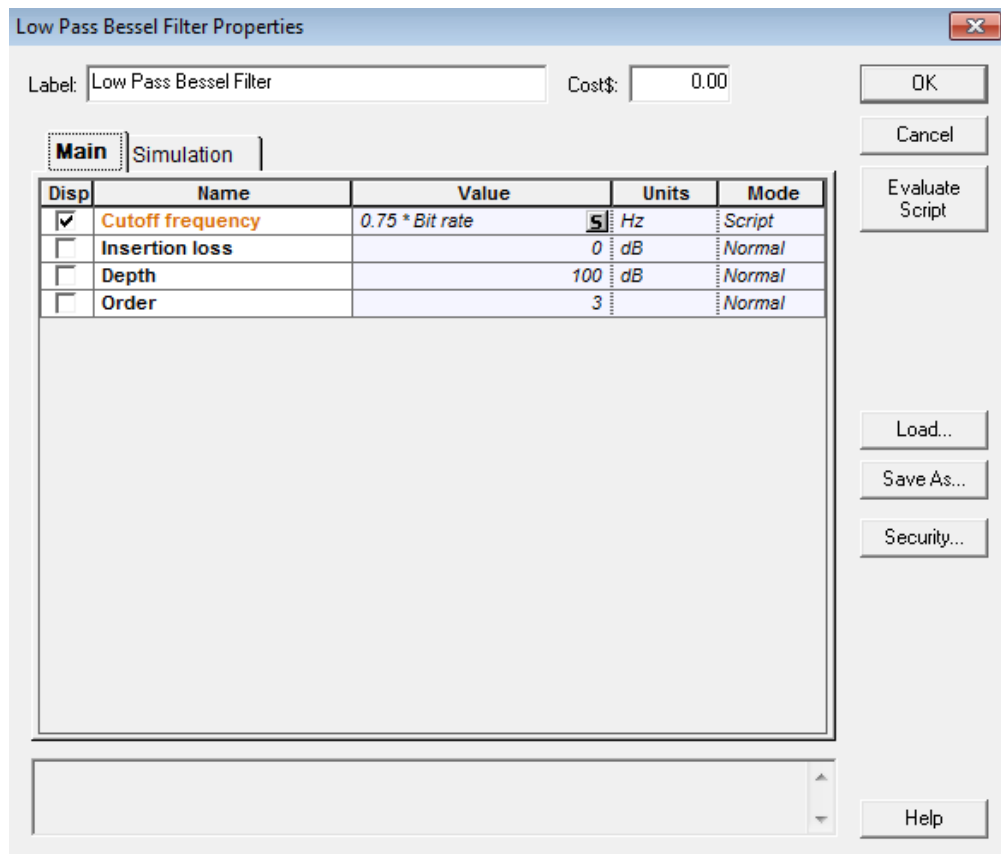
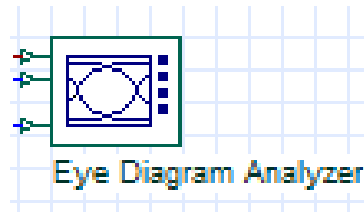


Figura 3. 17: Ventana de configuración del componente Low Pass Bessel Filter.
Elaborado por: Autor

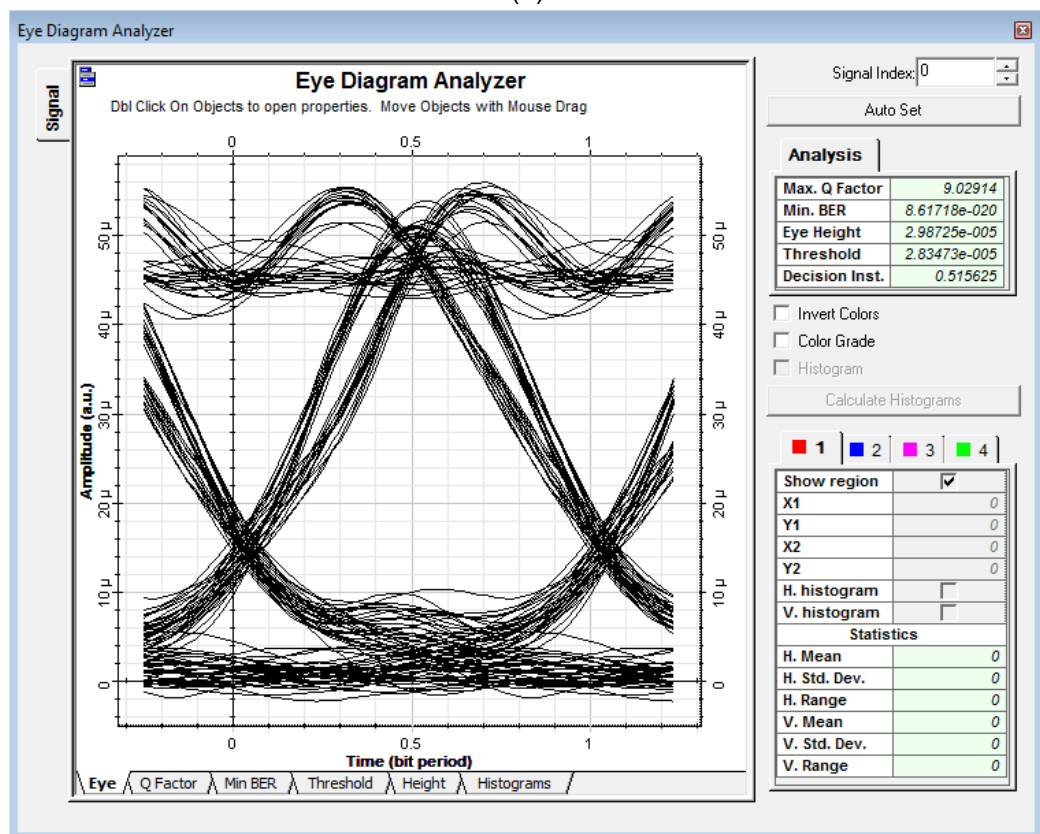
En las simulaciones que se realizaron en el transcurso de este trabajo se utilizaron diversos instrumentos virtuales con el fin de medir los parámetros de funcionamiento del sistema de comunicaciones ópticas y así poder realizar la comparación entre los diferentes tipos de modulación.

Eye Diagram Analyzer: Esta herramienta virtual permite calcular y mostrar el diagrama de ojos de la señal. También calcula diferentes métricas a partir del diagrama de ojos como son el factor Q, la apertura del ojo, el factor de extinción, el factor de la máscara de violación. También permite la realización de histogramas y la máscara de ojos estándar.

En la figura 3.18 se muestra el Eye Diagram Analyzer, en (a) se muestra el componente que se conecta al nodo óptico que se desea observar y en (b) se muestra la ventana de visualización



(a)



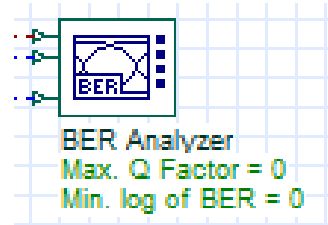
(b)

Figura 3. 18: Instrumento virtual Eye Diagram Analyzer, (a) componente (b) ventana de visualización.

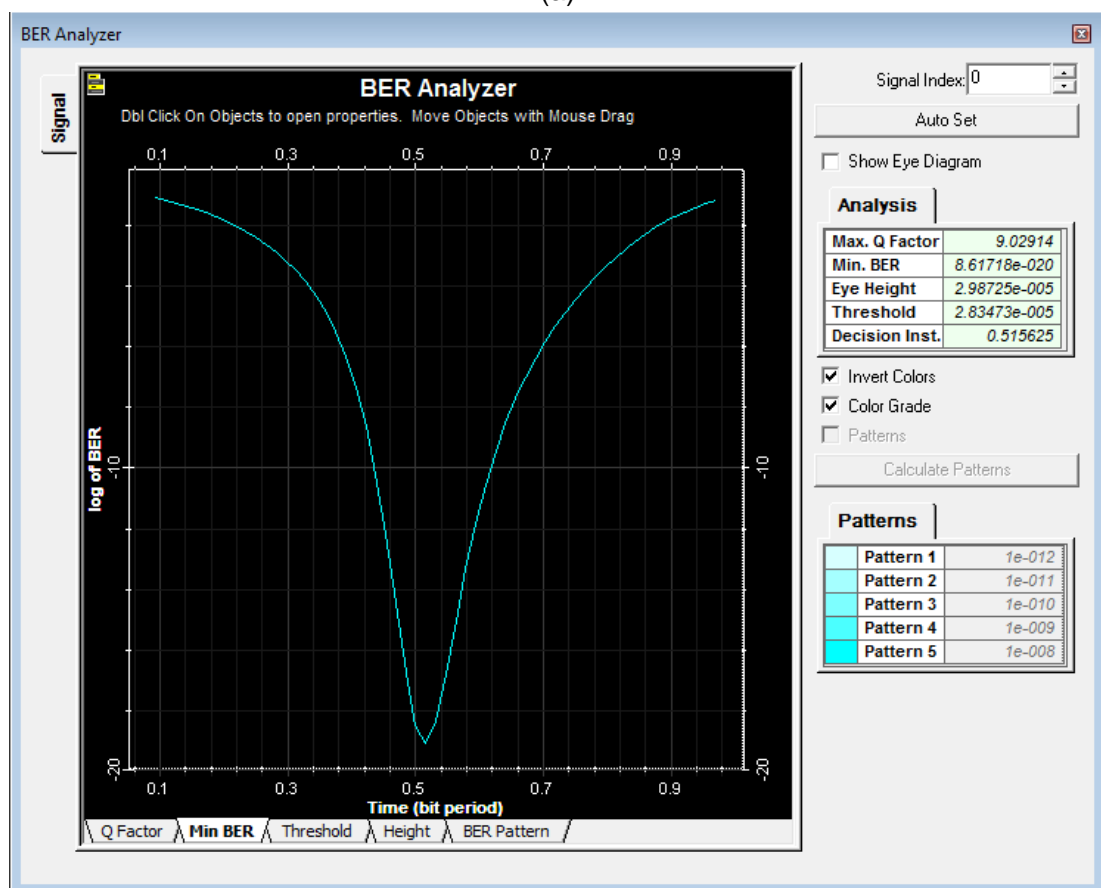
Elaborado por: Autor

BER Analyzer: Esta herramienta virtual permite calcular la frecuencia de bit erróneo (BER del inglés Bit Error Rate). Este componente estima la BER usando diferentes algoritmos basados en cálculos de variables estadísticas Gaussianas y el Chi-Cuadrado.

En la figura 3.19 se muestra el BER Analyzer, en (a) se muestra el componente que se conecta al nodo óptico que se desea observar y en (b) se muestra la ventana de visualización. Este componente también permite graficar el factor Q, el patrón de la BER entre otros parámetros.



(a)



(b)

Figura 3. 19: Instrumento virtual BER Analyzer, (a) componente (b) ventana de visualización.

Elaborado por: Autor

Hasta ahora se han presentado todos los elementos de la simulación del sistema óptico que utiliza el tipo de modulación AM. Para poder comprobar los efectos del tipo de modulación las simulaciones de los sistemas ópticos con

modulaciones FM y PM son exactamente idénticos y las propiedades de los componentes se mantienen inalteradas, lo único que cambia es el modulador y el demodulador.

En la figura 3.20 se observa en (a) el modulador en frecuencia y en (b) el demodulador en frecuencia.

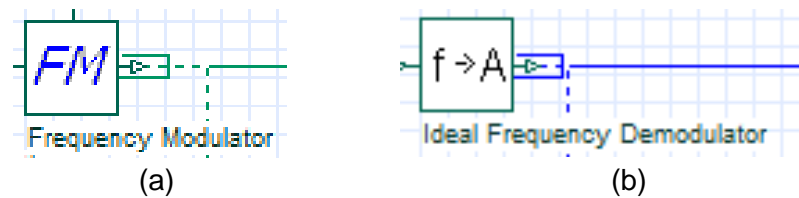


Figura 3. 20: (a) Frequency Modulator (b) Ideal Frequency Demodulator.

Elaborado por: Autor

La ecuación (4) describe la formulación matemática de la modulación en frecuencia:

$$E_{out}(t) = E_{in}(t) \cdot \exp\left(j \cdot 2\pi \int_0^t \Delta f \cdot (modulation(\tau) - 0.5) dt\right) \quad (4)$$

Donde

$E_{out}(t)$: es la salida de la señal óptica

$E_{in}(t)$: es la de la señal entrada óptica

Δf : desviación de frecuencia

$modulation(\tau)$: es la señal moduladora que contiene la información que deberá ser normalizada para contener valores entre 0 y 1.

En la figura 3.21 se muestra la ventana de configuración donde podemos modificar la desviación de frecuencia, la cual en este caso se fijó en 10 GHz que es el valor predeterminado por el programa de simulación.

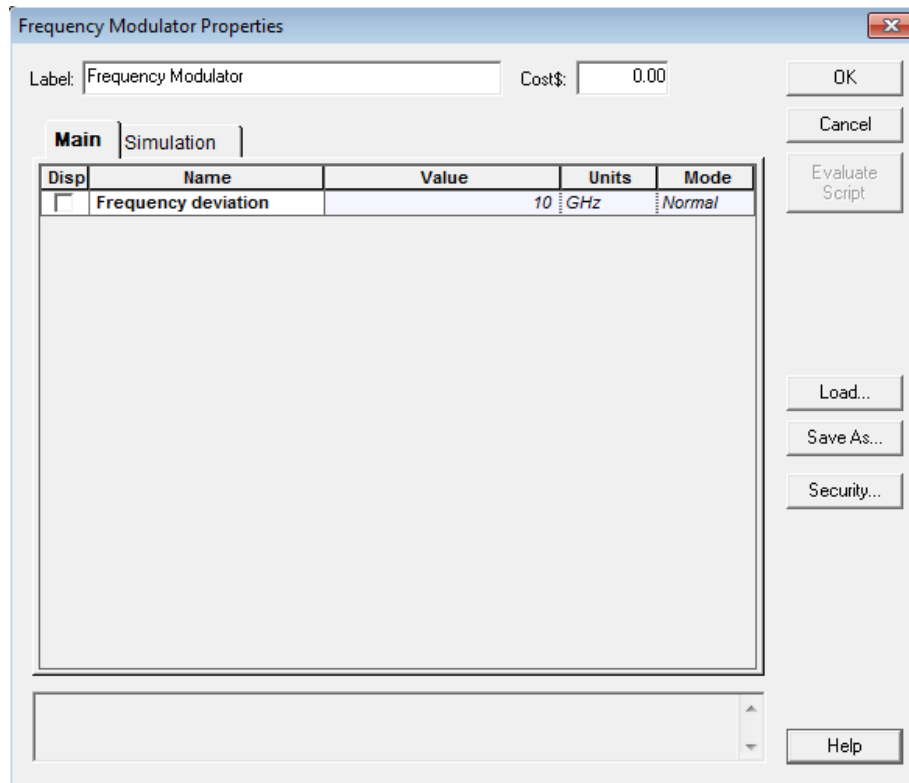


Figura 3. 21: Ventana de configuración del componente Frequency Modulator.
Elaborado por: Autor

Para simular el sistema que utiliza la modulación PM al igual que con la simulación de FM solamente se colocaron como nuevos elementos el modulador y el demodulador de PM manteniendo el resto de los componentes inalterados.

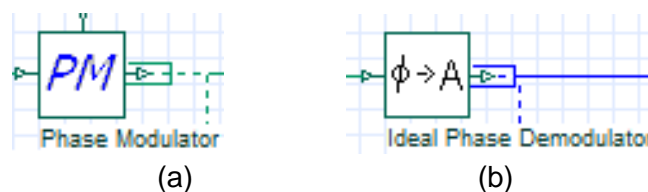


Figura 1:(a) Phase Modulator (b) Ideal Phase Demodulator.
Elaborado por: Autor

La ecuación (5) es la expresión matemática de la modulación de fase:

$$E_{out}(t) = E_{in}(t) \cdot \exp(j \cdot \Delta\phi \cdot modulation(t)) \quad (5)$$

Donde

$E_{out}(t)$: es la salida de la señal óptica

$E_{in}(t)$: es la de la señal entrada óptica

$\Delta\phi$: desviación de fase

$modulation(\tau)$: es la señal moduladora que contiene la información que deberá ser normalizada para contener valores entre 0 y 1.

En la figura 3.22 se muestra la ventana de configuración del componente donde se puede modificar la desviación de la fase, en este caso lo dejaremos en 90 grados.

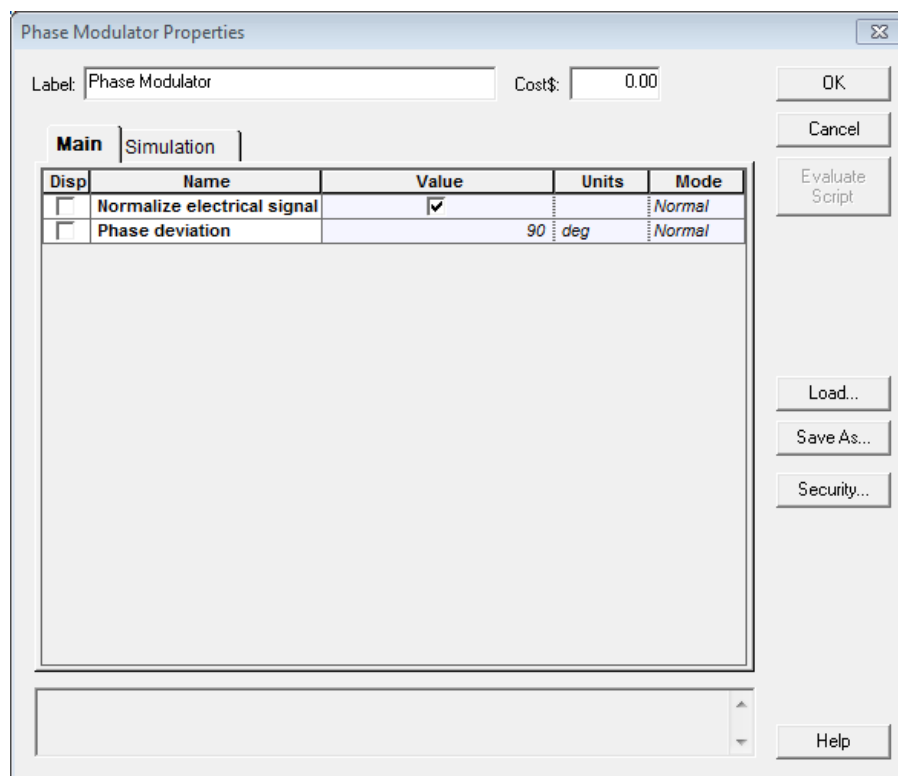
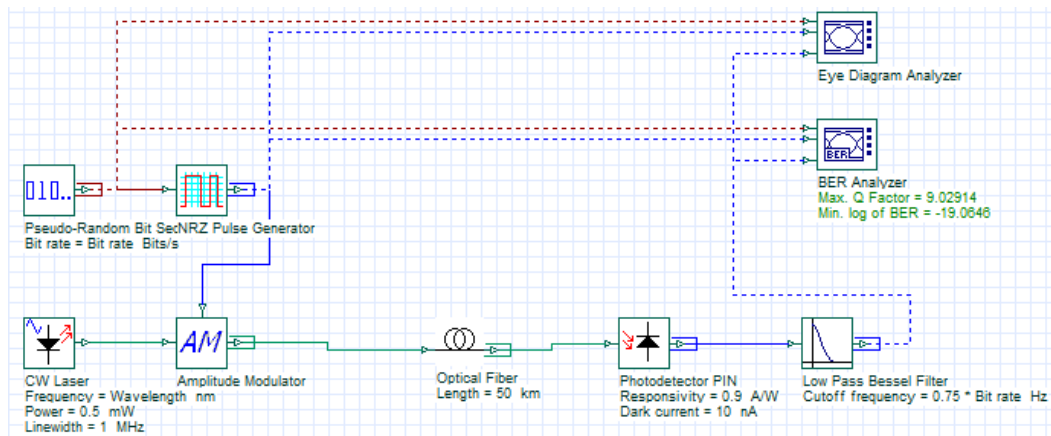


Figura 3. 22: Ventana de configuración del componente Phase Modulator.
Elaborado por: Autor

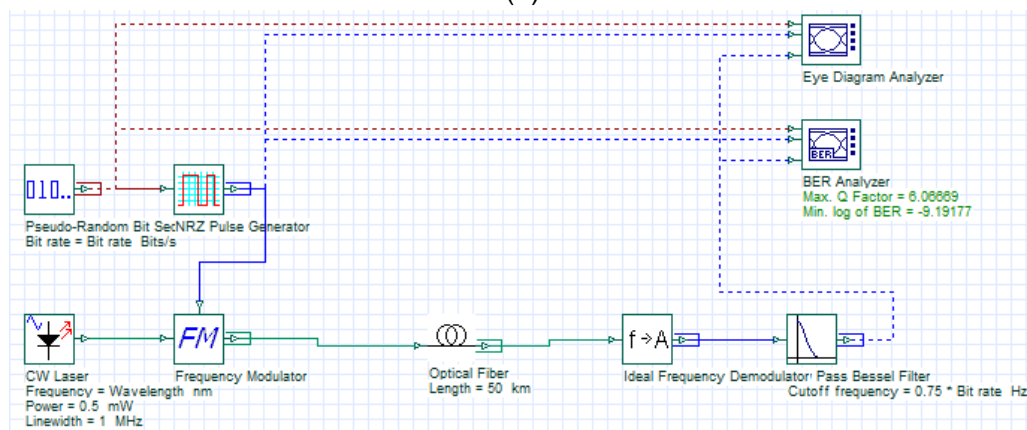
3.3. Resultados obtenidos del sistema de comunicaciones ópticas con las simulaciones usando modulaciones AM, FM, PM.

En la figura 3.23 se muestran los tres sistemas de comunicaciones ópticas simulados: (a) con modulación AM (b) con modulación FM y (c) con modulación PM. En las tres simulaciones se mantuvieron las mismas

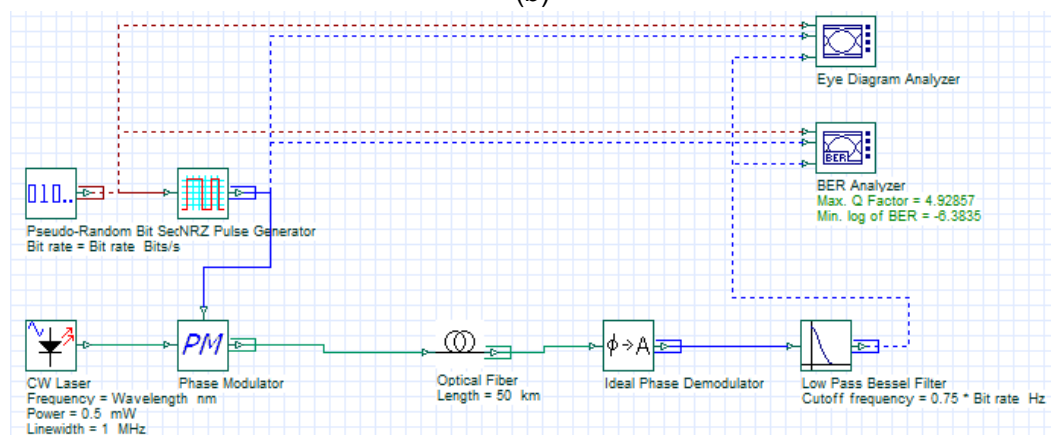
propiedades en los componentes para así poder evaluar los efectos en el sistema al usar cada tipo de modulación.



(a)



(b)



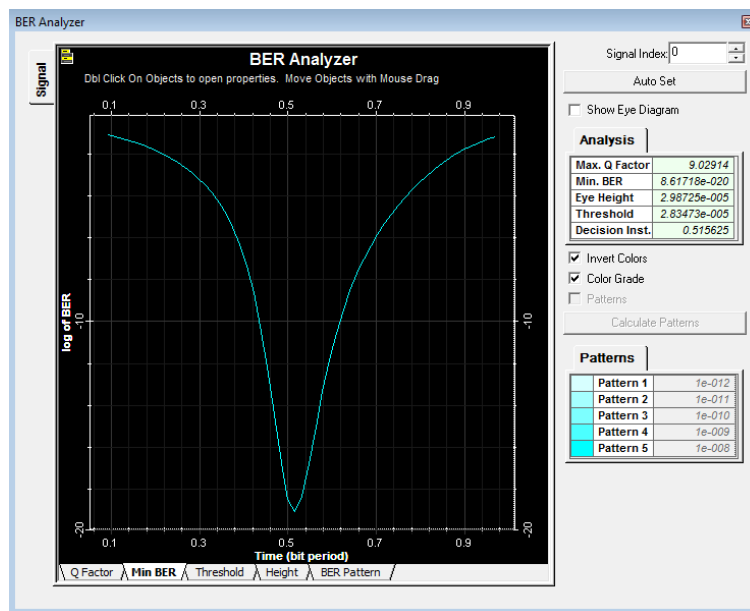
(c)

Figura 3. 23: Sistemas simulados con diferentes modulaciones
(a) AM, (b) FM y (c) PM .

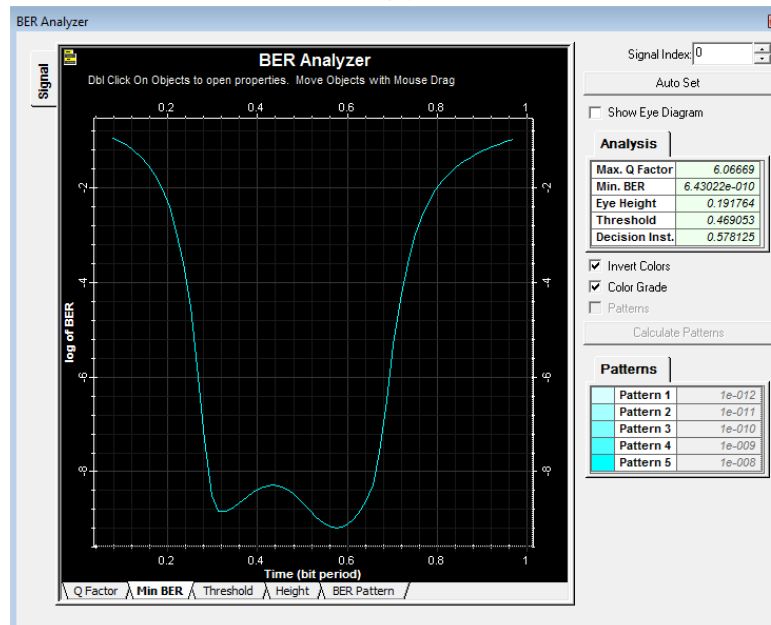
Elaborado por: Autor

En la figura 3.24 podemos ver el comportamiento de la BER en los sistemas simulados con diferentes modulaciones y es evidente que los

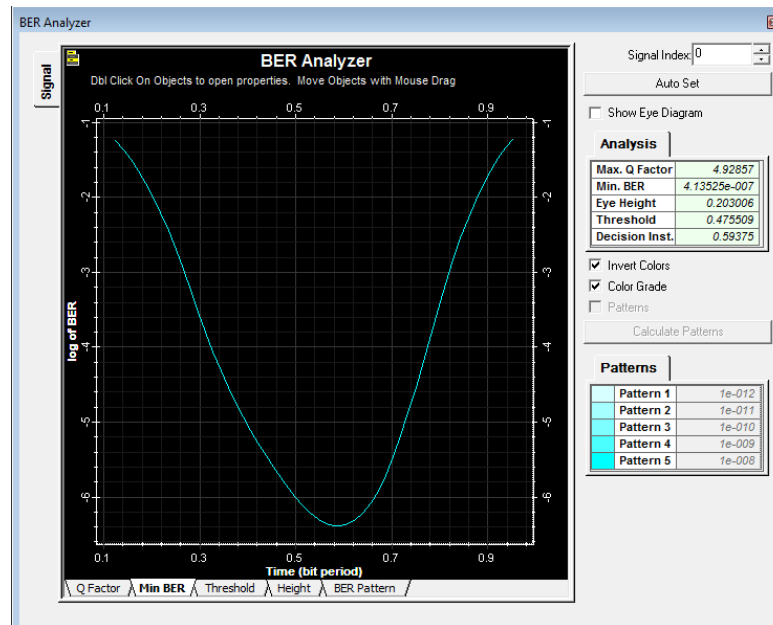
mejores resultados se obtienen con la modulación de AM donde el resultado de la BER fue de 8.61×10^{-20} . Los resultados de la BER del sistema con modulación FM todavía son considerados buenos (6.42×10^{-10}) ya que el estándar en los sistemas de comunicaciones es aproximadamente 10^{-10} . El peor resultado se obtuvo con la modulación de fase, cuyo resultado de la BER fue de 4.13×10^{-7} el cual claramente es un valor que se encuentra por debajo del estándar.



(a)



(b)

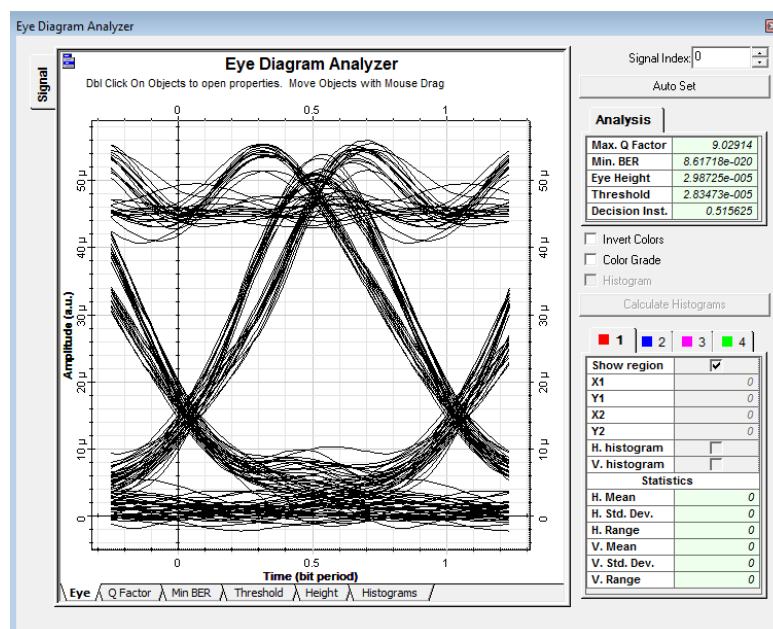


(c)

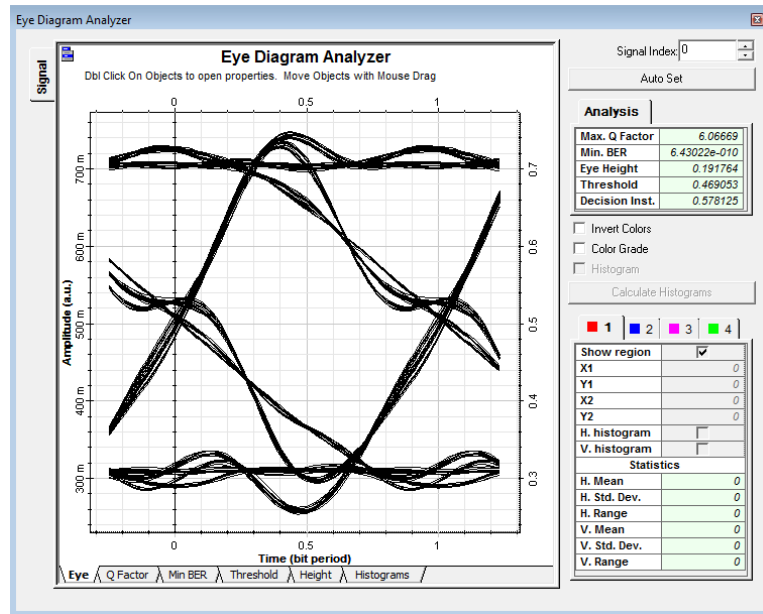
Figura 3. 24: Comportamiento de la BER en los sistemas simulados con diferentes modulaciones (a) AM, (b) FM y (c) PM .

Elaborado por: Autor

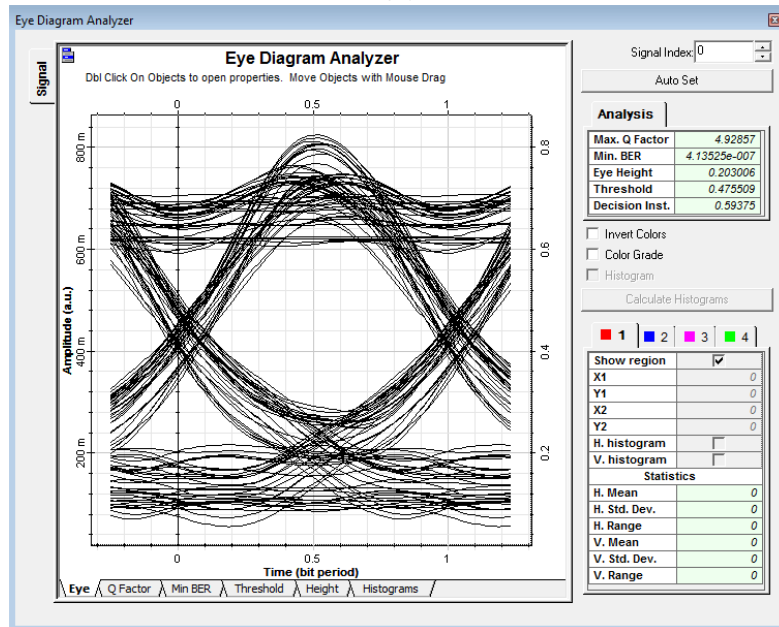
En la figura 3.25 se muestra el comportamiento de los diagramas de ojo en los sistemas simulados con diferentes modulaciones. En este conjunto de figuras se ratifica lo observado con la BER ya que en (a) se puede observar claramente que la interferencia inter-símbolos es menor cuando se utiliza modulación AM.



(a)



(b)



(c)

Figura 3. 25: Comportamiento de los diagramas de ojo en los sistemas simulados con diferentes modulaciones (a) AM, (b) FM y (c) PM .

Elaborado por: Autor

Conclusiones.

Entender las características de los diferentes tipos de fibra ayuda a comprender las aplicaciones para las que la transmisión óptica de fibra ha encontrado una amplia gama de aplicaciones en sistemas informáticos. Algunas consideraciones de diseño dependen en gran medida de la aplicación. Para ciertas aplicaciones de terminal a terminal, factores cruciales que incluyen maximizar la velocidad y la distancia de transmisión y minimizar la pérdida de fibras y empalmes.

Los sistemas de información modernos manejan cargas de datos cada vez mayores que limitan la capacidad de procesamiento de datos de los sistemas de información. Los diseñadores han hecho avances significativos en el aumento de la velocidad del procesador, sin embargo el progreso en el diseño de redes de interconexión de alta velocidad se ha rezagado tanto que el cuello de botella más significativo en los sistemas de información actuales es la baja velocidad de comunicaciones entre chips integrados. Estas redes de comunicaciones de baja velocidad consumen cantidades crecientes de energía en un esfuerzo para mantenerse al día con los procesadores más rápidos. La velocidad lenta de las comunicaciones es provocada por el pequeño ancho de banda disponible para las redes de comunicaciones existentes basadas en la propagación de señales eléctricas a través de líneas metálicas.

Las interconexiones ópticas ofrecen varias ventajas sobre las interconexiones metálicas, que incluyen: mayor ancho de banda; mayores densidades de

interconexión; crosstalk inferior; crosstalk independiente de la velocidad de datos; paralelismo inherente; inmunidad frente a interferencias electromagnéticas y bucles de tierra; estas ventajas significan que las interconexiones ópticas tienen el potencial de presentar una comunicación de velocidad de datos más alta, densidades más altas de interconexiones con diafonía más baja y menor consumo de energía. Sin embargo, las interconexiones más cortas seguirán siendo eléctricas, debido en parte a la relación inversa entre la longitud de interconexión eléctrica y el consumo de energía, ya un tiempo de latencia mínimo independiente de longitud inherente a interconexiones ópticas causado por los retardos requeridos para la conversión eléctrica a óptica a eléctrica.

Recomendaciones.

Las oportunidades que se presenta en el ámbito de la ingeniería y de tal manera en las de Telecomunicaciones son esenciales para el estudio de la misma, especialmente en los sistemas de comunicaciones ópticas, para ello es importante tener en cuenta que existen varias herramientas a nuestro alcance pero en especial la plataforma OptiSystem, en el cual se puede usar como herramienta de simulación para analizar, entender, evaluar y comprender su funcionamiento con el modelado de comunicaciones ópticas.

Referencias bibliográficas.

- Barrera Moreano, R. B. (2014). Red de fibra óptica con tecnología Gpon para el mejoramiento los servicios de telecomunicaciones de la empresa puntonet s. a. en la ciudad de Ambato. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Recuperado a partir de <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/6912>
- Berral Montero, I. (2014). Instalación y mantenimiento de redes para transmisión de datos: FPB, formación profesional básica. Madrid: Paraninfo.
- Coimbra Gutiérrez, E. (2011). El canal óptico: la fibra óptica. Recuperado el 27 de agosto de 2017, a partir de <http://www.coimbraweb.com/linkcursos.html>
- Faúndez Zanuy, M. (2001). Sistemas de comunicaciones. Barcelona; España: Marcombo Boixareu Editores.
- Fernández García, C., & Barbado Santana, J. A. (2008). Instalaciones de telefonía: practicas. Madrid, España: Paraninfo.
- Gormaz González, I. (2010). Técnicas y procesos en las instalaciones singulares en los edificios instalaciones electrotécnicas. Madrid: Paraninfo.
- López Polo, E. D. (2016). Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (Ancash). Universidad de Ciencias y Humanidades, Los Olivos. Recuperado a partir de <http://repositorio.uch.edu.pe/handle/uch/47?show=full>
- Millán Esteller, J. M. (2014). Configuración de infraestructuras de sistemas de telecomunicaciones. Madrid, España: Paraninfo.

Saldaña, J. P. C., & Urcia, L. A. A. D. L. G. (2010). Metodología De La Investigación Científica En Postgrado. Jully Pahola Calderón Saldaña y Luis Alzamora de los Godos Urc.

Szymanczyk, O. (2013). Historia de las telecomunicaciones mundiales (1era ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Dunken. Recuperado a partir de https://books.google.com.ec/books?id=yjk0AgAAQBAJ&hl=es&source=gbs_navlinks_s

Telconet. (2017). La fibra del Ecuador - Transmisión de Datos. Recuperado el 27 de agosto de 2017, a partir de <http://www.telconet.net/servicios/transmisiondedatos>

Tomasi, W. (2010). Sistemas de comunicaciones electrónicas. Pearson Educación.



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **PEZO APOLINARIO, MARLON ALFREDO** con C.C: # 0919634824 autor del Trabajo de Titulación: **Estudio comparativo sobre modulaciones utilizadas en los sistemas de comunicaciones ópticos**, previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 20 de Septiembre de 2017

f. _____

Nombre: PEZO APOLINARIO, MARLON ALFREDO

C.C: 0919634824

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio comparativo sobre modulaciones utilizadas en los sistemas de comunicaciones ópticos		
AUTOR(ES)	PEZO APOLINARIO, MARLON ALFREDO		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. CÓRDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	20 de Septiembre de 2017	No. DE PÁGINAS:	59
ÁREAS TEMÁTICAS:	Fundamentos de comunicación, Comunicaciones ópticas y sistema de comunicación.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Fibra óptica, Portadora, Transmisor, Receptor, Modulaciones, BER.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): En el capítulo I empezamos exponiendo la descripción del componente práctico, realizamos una clara introducción al mundo de la Fibra óptica, exponemos los objetivos generales y objetivos específicos acerca de nuestro estudio realizado. En el capítulo II nos enfocamos en la fundamentación teórica, hablamos en parte de una breve introducción acerca de FO, aplicaciones, ventajas y desventajas, tipos de FO. Hablamos del software con el cual vamos a realizar nuestra simulación. Encontramos que la fibra óptica es una tecnología particularmente popular para las redes de área local. En el futuro, casi todas las comunicaciones emplearán fibra óptica, como lo estamos presenciando en la actualidad debido a la alta velocidad de transmisión con la que se maneja. Exponemos que la modulación consiste en superponer la señal de usuario o de abonado en una señal portadora que sea más adecuada al medio de transmisión. En el proceso de modulación uno al menos de los tres parámetros básicos de la portadora (amplitud, frecuencia o fase). En el capítulo III La simulación describe la creación de un sistema de comunicación óptica, comenzando con el transmisor, el canal de comunicación y el receptor. Luego se da unas coordenadas para el monitor de datos y los visualizadores para monitorizar la salida. A continuación, se describe también el procedimiento de simulación, seguido de una explicación sobre el análisis de datos desde el visualizador.			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-93123649	E-mail: marlito15ca@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: M. Sc. CÓRDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO		
	Teléfono: +593-9-9230366762		
	E-mail: luiscordova@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			