



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

Neiva, 10 de marzo de 2020

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

NUVAR ANTONIO BRAVO DELGADO _____, con C.C. No. 12180374 _____,
_____, con C.C. No. _____,
_____, con C.C. No. _____,
_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

Titulado: Diseño De Guías Del Laboratorio De Fibra Óptica Con El Módulo Adquirido Ellmax
presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de:

Ingeniero Electrónico _____ ;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

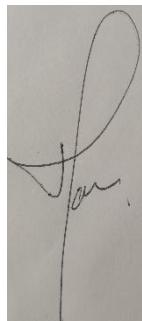
CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

NUVAR ANTONIO BRAVO DELGADO



Firma: _____

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 4
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: DISEÑO DE GUÍAS DEL LABORATORIO DE FIBRA ÓPTICA CON EL MÓDULO ADQUIRIDO ELLMAX

AUTOR O AUTORES: NUVAR ANTONIO

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
BRAVO DELGADO	NUVAR ANTONIO

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
QUINTERO POLANCO	JESUS DAVID

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
BRAVO OBANDO MOLINA MOSQUERA	MARTIN DIOMEDES JOHAN JULIAN

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO ELECTRONICO

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: PROGRAMA

CIUDAD: NEIVA

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2020

NÚMERO DE PÁGINAS: 128

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías Grabaciones en discos Ilustraciones en general Grabados
Láminas Litografías Mapas Música impresa Planos Retratos Sin ilustraciones Tablas o Cuadros



SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. LUZ	LIGTH	6. _____	_____
2. TRANSMISION	TRANSMISSION	7. _____	_____
3. COMUNICACION	COMMUNICATIOIM	8. _____	_____
4. FIBRA OPTICA	FIBER OPTICAL	9. _____	_____
5. SEÑAL	SIGNAL	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

En este trabajo se va a enseñar a manejar los módulos didácticos entrenadores de fibra óptica de la marca ELLMAX ELECTRONICS, Ellmax Electronics Ltd, es un diseñador, fabricante y distribuidor de equipos de fibra óptica, electrónica y de capacitación, pruebas y transmisión de telecomunicaciones para nivel universitario.

El desarrollo del proyecto consistió en traducir dos manuales, uno llamado educador de Fibra Óptica y el otro llamado Medidor de Potencia, con estos textos traducidos de su idioma original INGLES a ESPAÑOL se obtuvo los elementos teóricos necesarios para aprender a manejar en el entrenador los módulos transmisor y receptor, estos módulos se usan para transmitir y recibir señales análogas o digitales a través de dispositivos ópticos en medios como el espacio libre o un hilo de fibra óptica, además de estos hay un tercer módulo llamado MEDIDOR DE POTENCIA que se usa para medir la potencia óptica y la atenuación de un rayo de luz de alta luminosidad que pasa a través de un hilo de fibra óptica generado por el módulo transmisor.

Con las herramientas teóricas y los módulos entrenadores se diseñaron cuatro prácticas de laboratorio, en estas prácticas se transmitió señales de audio de emisoras locales generadas por un radio que contiene el módulo entrenador. Estas señales se transmitieron en el espacio libre y a través de fibra óptica, se midió la potencia óptica como la atenuación, posterior a esto se elaboraron las guías de docente y guías del alumno, cuyo



objetivo es enseñar a manejar los dispositivos

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

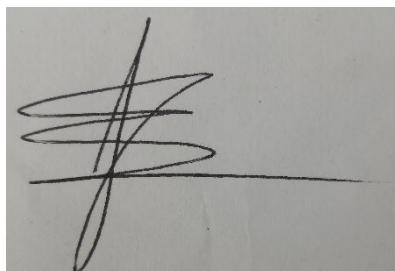
In this work we will teach how to use the training modules of fiber optic trainers of the brand ELLMAX ELECTRONICS, Ellmax Electronics Ltd, is a designer, manufacturer and distributor of fiber optic equipment, electronics and training, testing and transmission of telecommunications for university.

The development of the project consisted of translating two manuals, one called Fiber Optic Educator and the other called Power Meter, with these texts translated from their original language ENGLISH to SPANISH we obtained the theoretical elements necessary to learn how to use the transmitter modules in the trainer and receiver, these modules are used to transmit and receive analog or digital signals through optical devices in media such as free space or a fiber optic wire, in addition to these there is a third module called POWER METER that is used to measure the optical power and the attenuation of a high luminosity light beam that passes through a fiber optic wire generated by the transmitter module.

With the theoretical tools and the training modules, it was design four laboratory practices. In these practices, audio signals from local stations generated by a radio containing the trainer module were transmitted. These signals were transmitted in free space and through optical fiber and the optical power was measured as the attenuation, after this the teacher's guides and guides of the student were elaborated, whose objective is to teach to manage the aforementioned devices and teach concepts Theorists of the nature of light and the physical phenomena used in communications from light.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Jesús David Quintero Polanco



Firma:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 4
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

Nombre Jurado: Martin Diomedes Bravo Obando

Firma:

Nombre Jurado: Johan Julián Molina Mosquera

Firma:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

**DISEÑO DE GUÍAS DEL LABORATORIO DE FIBRA ÓPTICA
CON EL MÓDULO ADQUIRIDO ELLMAX**

NUVAR ANTONIO BRAVO DELGADO

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA HUILA
2019**

**DISEÑO DE GUÍAS DEL LABORATORIO DE FIBRA ÓPTICA
CON EL MÓDULO ADQUIRIDO ELLMAX**

NUVAR ANTONIO BRAVO DELGADO

**TRABAJO DE GRADO, COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO ELECTRONICO**

JESUS DAVID QUITERO POLANCO, director de tesis

Ingeniero electrónico

Especialista en teleinformática

Master en tecnologías de la información y las telecomunicaciones

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA HUILA
2019**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Neiva, 21 de marzo de 2019

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo todo el tiempo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por brindarme la oportunidad de terminar esta etapa de mi vida, por iluminar mi camino y por concederme la salud de la que hoy gozo, a mis padres por el apoyo brindado y sus esfuerzos realizados; a todos mis maestros por su paciencia, por compartir sus conocimientos y sus anécdotas, y todas las demás personas que me apoyaron y guiaron con su paciencia y compañía.

CONTENIDO

	Pag
1	Descripción del problema
2	Objetivos
2.1	Objetivo general.....
2.2	Objetivos específicos
3	Marco teorico.....
4	Traducción de manuales
4.1	El manual del educador de fibra óptica.....
4.1.1	Unidad transmisora y sus partes
4.1.2	Unidad receptora y sus partes
4.2	Conexión de fuentes de alimentación del educador
4.2.1	Baterías.....
4.2.2	Fuentes de alimentación externas.....
4.3	Educador de fibra óptica-aplicaciones y demostraciones
4.3.1	Cables y conectores ópticos
4.3.2	Transmisión analógica
4.3.2.1	Señal de radio sobre espacio libre.....
4.3.2.2	Señal de radio por fibra óptica
4.3.2.3	Uso del indicador de salida como dispositivo transmisor.....
4.3.2.4	Señal de voz sobre el sistema

4.3.2.5	Señales analógicas generales sobre el sistema	30
4.3.2.6	Uso de un diafragma reflectante como transmisor	31
4.3.2.7	Escuchar la luz	32
4.3.2.8	Retroalimentación óptica	32
4.3.2.9	Otras señales analógicas	33
4.3.3	Transmisión digital	34
4.3.3.1	Comunicaciones morse	34
4.3.3.2	Comunicaciones utilizando un generador de señales digitales internas	35
4.3.3.3	Señales digitales generadas por el sistema.....	35
4.3.3.4	Otras señales digitales	37
4.3.4	Mediciones de atenuación de fibra óptica	37
4.3.4.1	Medición estándar 1	37
4.3.4.2	Medición estándar 2	39
4.3.4.3	Métodos de alta perdida 1 y 2.....	39
4.3.4.4	Medición con cable diferentes a AMP DNP	40
4.3.5	Aplicaciones del equipo de prueba del educador	40
4.4	Principios y aplicaciones de la fibra óptica.....	41
4.4.1	Introducción a las comunicaciones.....	41
4.4.2	Bloques de construcción de un sistema de fibra óptica.....	43
4.4.2.1	Fibras ópticas	45
4.4.2.2	Dispositivos emisores de luz.....	50
4.4.2.2.1	Leds	50
4.4.2.2.2	Lasers	51
4.4.2.3	Dispositivos de recepción de luz.....	52

4.4.2.3.1	Diodos P-i-n.....	52
4.4.2.3.2	Diodos de avalancha	53
4.4.2.3.3	Fototransistores.....	53
4.4.2.4	L.E.D controladores y receptores frontales.....	54
4.4.2.4.1	Led conductores.....	54
4.4.2.4.2	Receptores frontales.....	54
4.4.2.5	Conectores, cables y componentes pasivos.....	55
4.4.2.5.1	Conectores	55
4.4.2.5.2	Cables ópticos	56
4.4.2.5.3	Componentes ópticos pasivos	56
4.4.3	Aplicaciones no relacionadas con las telecomunicaciones de fibra óptica.....	57
4.4.3.1	Iluminación.....	57
4.4.3.2	Transmisión de imágenes “coherente”	57
4.4.3.3	Detección de fenómenos físicos	58
4.4.3.4	Otras aplicaciones no relacionadas con las telecomunicaciones	58
4.4.4	Tecnología de la información-introducción.....	58
4.5	Apéndices	59
4.5.1	Apéndice A. Entrenador transmisor y receptor-breve descripción técnica.....	59
4.5.1.1	Transmisor.....	59
4.5.1.2	Receptor	60
4.5.2	Apéndice B. especificaciones del educador	62
4.5.2.1	Combinación transmisor/receptor	62
4.5.2.2	Transmisor.....	63
4.5.2.3	Receptor	64

4.5.2.4	Fuente de alimentación	65
4.5.2.5	Características físicas.....	66
4.6	MEDIDOR DE POTENCIA DE FIBRA ÓPTICA.....	66
4.6.1	Introducción.....	66
4.6.2	Equipo incluido con el medidor	67
4.6.3	Medidor de Potencia de Fibra Óptica.....	68
4.6.4	Conexión de fuentes de alimentación	69
4.6.4.1	Baterías	69
4.6.4.2	Fuentes de alimentación externas	69
4.6.5	Uso del medidor de fibra óptica.....	70
4.6.5.1	Tomar una medida.....	70
4.6.5.2	dBm o vatios	71
4.6.5.3	Medidas de atenuación del cable óptico.....	71
4.6.5.4	Procedimiento de monitorización de la atenuación.....	72
4.6.5.5	Cambios	72
4.6.5.6	Notas adicionales para todas las mediciones de atenuación.....	72
4.6.5.7	Mediciones en otras longitudes de onda	72
4.6.6	Mediciones con conectores AMP DNP (usados con el kit de fibra óptica Ellmax)	73
4.6.7	BREVE DESCRIPCION TECNICA DEL MEDIDOR.....	74
4.6.8	Especificaciones del medidor	74
4.6.9	Apéndice A.....	76
4.6.9.1	respuesta calibrada del diodo de referencia usado con el medidor	
5	Guías de laboratorio	77

5.1	Guías del docente.....	77
5.1.1	Guía 1. Señal de Radio sobre el espacio libre	77
5.1.2	Guía 2. Señal de radio sobre "Fibra óptica"	85
5.1.3	Guía 3. Escuchar la voz captada por un micrófono.....	93
5.1.4	Guía 4. Uso del medidor de fibra óptica	97
5.2	Guías del alumno.....	103
5.2.1	Guía 1. Señal de Radio sobre el espacio libre	103
5.2.2	Guía 2. Señal de radio sobre "Fibra óptica"	111
5.2.3	Guía 3. Escuchar la voz captada por un micrófono.....	116
5.2.4	Guía 4. Uso del medidor de fibra óptica	120
6	Conclusiones.....	126
7	Bibliografía	128

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Unidad Transmisora.....	23
Figura 2. Unidad Receptora	25
Figura 3. Transmisión a larga distancia utilizando lentes.....	29
Figura 4. Transmisor de diafragma reflectante	32
Figura 5. Principales componentes de un sistema de transmisión de fibra óptica .	44
Figura 6. Corte transversal de la fibra de índice escalonado	45
Figura 7. Rayo viajando a lo largo de una fibra	45
Figura 8. Diferentes ángulos significan diferentes distancias	46
Figura 9. Efecto de la dispersión en un pulso de transmisión corto	47
Figura 10. Efectos de la dispersión en dos pulsos sucesivos de transmisión corta	48
Figura 11. Perfiles de sección transversal de fibras de índice calificado e índices de paso	49
Figura 12. Tres rayos que viajan en una fibra de índice graduado	49
Figura 13. Potencia contra corriente para led típico.....	51
Figura 14.Potencia contra corriente para laser semiconductor típico	52
Figura 15.Diseño de receptor de baja impedancia.....	54
Figura 16. Diseño de receptor de transimpedancia	55
Figura 17. Diagrama de bloques del transmisor del educador de fibra óptica	61
Figura 18. Diagrama de bloques del receptor del educador de fibra óptica	62
Figura 19. Equipo incluido con el medidor de potencia de fibra óptica	67

Figura 20. Medidor de potencia y sus partes	68
Figura 21. Diagrama de bloques medidor de potencia	74
Figura 22. Onda plana que se propaga a la derecha	79
Figura 23. Una onda plana con longitud de onda λ incide sobre una barrera en la que hay una abertura de diámetro d	80
Figura 24. Representación esquemática de (a) reflexión especular, donde todos los rayos reflejados son paralelos entre sí, y (b) reflexión difusa, donde los rayos reflejados viajan en direcciones aleatorias	81
Figura 25. Transmisor y receptor transmitiendo en espacio libre.....	83
Figura 26. Modulo transmisor y receptor formando un Angulo recto para reflejar la luz por medio de un espejo.....	84
Figura 27. Corte transversal de la fibra de índice escalonado	85
Figura 28. Rayo viajando a lo largo de una fibra	86
Figura 29. Tipos de conectores de fibra óptica	87
Figura 30. Modulo transmisor y receptor conectados por un hilo de fibra.....	91
Figura 31. Módulos transmisor y receptor conectados por medio de dos hilos de fibra enfrentados	92
Figura 32. Módulos transmisor y receptor unidos por un hilo de fibra.....	95
Figura 33. Hilo de fibra óptica tomando una señal del led indicador de salida del transmisor	96
Figura 34. Modulo transmisor recibiendo una señal desde un micrófono	96
Figura 35. Medidor de Potencia ELLMAX.....	97
Figura 36. Esquema modulo transmisor y sus partes	98
Figura 37. Selector de nivel de potencia del diodo de alta luminosidad.....	100
Figura 38. Medidor de potencia registrando una lectura desde la escala mínima	101
Figura 39.Onda plana que se propaga a la derecha.....	106

Figura 40. Una onda plana con longitud de onda λ incide sobre una barrera en la que hay una abertura de diámetro d	106
Figura 41. Representación esquemática de (a) reflexión especular, donde todos los rayos reflejados son paralelos entre sí, y (b) reflexión difusa, donde los rayos reflejados viajan en direcciones aleatorias	107
Figura 42. Transmisor y receptor transmitiendo en espacio libre.....	109
Figura 43. Modulo transmisor y receptor formando un Angulo recto para reflejar la luz por medio de un espejo.....	110
Figura 44. Corte transversal de la fibra de índice escalonado	111
Figura 45.Rayo viajando a lo largo de una fibra	112
Figura 46.Modulo transmisor y receptor conectados por un hilo de fibra.....	114
Figura 47. Módulos transmisor y receptor conectados por medio de dos hilos de fibra enfrentados	115
Figura 48.Módulos transmisor y receptor unidos por un hilo de fibra.....	118
Figura 49.Hilo de fibra óptica tomando una señal del led indicador de salida del transmisor	118
Figura 50.Modulo transmisor recibiendo una señal desde un micrófono	119
Figura 51. Medidor de Potencia ELLMAX.....	120
Figura 52. Esquema medidor de potencia y sus partes	121
Figura 53. Selector de nivel de potencia del diodo de alta luminosidad.....	123
Figura 54.Medidor de potencia registrando una lectura desde la escala mínima	124

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Ventajas y aplicaciones de la Fibra Óptica	42
Tabla 2. Respuestas calibradas del diodo de referencia usado con el medidor	76
Tabla 3. Medida tomada con el medidor de potencia para la posición MIN de la salida OUTPUT POWER del transmisor	101
Tabla 4. Medidas tomadas con longitud de fibra de 1 metro	102
Tabla 5. Medida tomada con longitud de fibra 5 metros	102
Tabla 6. Medida tomada con el medidor de potencia para la posición MIN de la salida OUTPUT POWER del transmisor	124
Tabla 7. Medida tomada con longitud de fibra 5 metros	125
Tabla 8. Medida tomada con longitud de fibra 5 metros	125

GLOSARIO

Atenuación: efecto causado por la presencia de impurezas en el material de fibra, que causan que la luz sea absorbida o dispersada en un ángulo aleatorio

Conector AMP DNP: Acoplamiento de liberación rápida con que cuenta los cables de fibra óptica del entrenador.

Conector SMA: Se llama SMA (SubMiniature version A) a un tipo de conector roscado para cable coaxial utilizado en microondas.

Dispersión: Es el problema principal cuando el núcleo de la fibra no es perfectamente redondo, lo que origina dispersión a un grado tal que puede dejar la señal en un estado que difícilmente pueda ser leído cuando la luz viaja en una fibra monomodo hacia el receptor.

DVM: Hace referencia a un voltímetro digital con alta sensibilidad

Fibra Monomodo: Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz.

Fibra Multimodo: La fibra óptica multimodo es un tipo de fibra óptica mayormente utilizada en el ámbito de la comunicación en distancias cortas, como por ejemplo en un edificio o un campus.

fibra óptica: Filamento de material dieléctrico, como el vidrio o los polímeros acrílicos, capaz de conducir y transmitir impulsos luminosos de uno a otro de sus extremos; permite la transmisión de comunicaciones telefónicas, de televisión, etc., a gran velocidad y distancia, sin necesidad de utilizar señales eléctricas.

Frentes de onda: Se denomina frente de onda al lugar geométrico en que los puntos del medio son alcanzados en un mismo instante por una determinada onda.

Generador pseudoaleatorio: Es un algoritmo que produce una sucesión de números que es una aproximación a un conjunto aleatorio de números.

Intrínseco: material semiconductor hecho de un único tipo de átomo, se denomina semiconductor intrínseco.

RESUMEN

En este trabajo se va a enseñar a manejar los módulos didácticos entrenadores de fibra óptica de la marca ELLMAX ELECTRONICS, Ellmax Electronics Ltd, es un diseñador, fabricante y distribuidor de equipos de fibra óptica, electrónica y de capacitación, pruebas y transmisión de telecomunicaciones para nivel universitario y su fábrica está en Inglaterra.

El desarrollo del proyecto consistió en traducir dos manuales, uno llamado educador de Fibra Óptica y el otro llamado Medidor de Potencia, con estos textos traducidos de su idioma original INGLES a ESPAÑOL se obtuvo los elementos teóricos necesarios para aprender a manejar en el entrenador los módulos transmisor y receptor, estos módulos se usan para transmitir y recibir señales análogas o digitales a través de dispositivos ópticos en medios como el espacio libre o un hilo de fibra óptica, además de estos hay un tercer modulo llamado MEDIDOR DE POTENCIA que se usa para medir la potencia óptica y la atenuación de un rayo de luz de alta luminosidad que pasa a través de un hilo de fibra óptica generado por el módulo transmisor.

Con las herramientas teóricas y los módulos entrenadores se diseñaron cuatro prácticas de laboratorio, en estas prácticas se transmitió señales de audio de emisoras locales generadas por un radio que contiene el módulo entrenador. Estas señales se transmitieron en el espacio libre y a través de fibra óptica, se midió la potencia óptica como la atenuación, posterior a esto se elaboraron las guías de docente y guías del alumno, cuyo objetivo es enseñar a manejar los dispositivos antes mencionados y enseñar conceptos teóricos de la naturaleza de la luz y los fenómenos físicos usados en las comunicaciones a partir de la luz.

ABSTRACT

In this work we will teach how to use the training modules of fiber optic trainers of the brand ELLMAX ELECTRONICS, Ellmax Electronics Ltd, is a designer, manufacturer and distributor of fiber optic equipment, electronics and training, testing and transmission of telecommunications for university level and its factory is in England.

The development of the project consisted of translating two manuals, one called Fiber Optic Educator and the other called Power Meter, with these texts translated from their original language ENGLISH to SPANISH we obtained the theoretical elements necessary to learn how to use the transmitter modules in the trainer and receiver, these modules are used to transmit and receive analog or digital signals through optical devices in media such as free space or a fiber optic wire, in addition to these there is a third module called POWER METER that is used to measure the optical power and the attenuation of a high luminosity light beam that passes through a fiber optic wire generated by the transmitter module.

With the theoretical tools and the training modules, it was design four laboratory practices. In these practices, audio signals from local stations generated by a radio containing the trainer module were transmitted. These signals were transmitted in free space and through optical fiber and the optical power was measured as the attenuation, after this the teacher's guides and guides of the student were elaborated, whose objective is to teach to manage the aforementioned devices and teach concepts Theorists of the nature of light and the physical phenomena used in communications from light.

INTRODUCCIÓN

La universidad Surcolombiana con su programa de ingeniería electrónica adquirió recientemente el módulo educador didáctico ELLMAX, este es un kit que cuenta con varios elementos entrenadores, entre ellos se destacan tres dispositivos los cuales son un transmisor, un receptor y un medidor de potencia.

Este sistema es novedoso y práctico al momento de formar ingenieros electrónicos, es el primer módulo entrenador que se pone a disposición de los estudiantes del programa y permitirá capacitar y formar conocimientos, con los que los futuros egresados enfrentaran la actual demanda en el mercado laboral de las comunicaciones.

El objetivo de este trabajo fue elaborar las guías del laboratorio de fibra óptica del módulo ELLMAX ELECTRONICS, partiendo de la traducción de los manuales y el estudio de ellos para conocer el funcionamiento, experimentar y plantear cinco prácticas con el módulo ELLMAX ELECTRONICS.

1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La demanda laboral de ingenieros electrónicos capacitados en fibra óptica cada día crece más, es por eso que la Universidad Surcolombiana decidió proponer un proyecto de un sistema capaz de dar conocimiento a sus estudiantes acerca de la fibra óptica.

En este proyecto se estudió los manuales y se elaboró las guías de laboratorio de fibra óptica para el programa de INGENIERIA ELECTRONICA de la universidad Surcolombiana de Neiva, con el fin de implementar el módulo Entrenador de Fibra Óptica ELLMAX en la formación teórico práctico de los estudiantes del programa y fortalecer los conceptos y conocimientos en el área de Comunicaciones y Optoelectrónica.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Elaboración de las guías del laboratorio de fibra óptica del módulo adquirido ELLMAX ELECTRONICS

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar los manuales y traducirlos al idioma español.
- Conocer el funcionamiento del módulo ELLMAX ELECTRONICS, con el fin de aprovechar su versatilidad y autonomía, en la demostración de los principios y aplicaciones de las comunicaciones análogas y digitales y la transmisión por fibra óptica y medios ópticos.
- Experimentar con el módulo ELLMAX ELECTRONICS, las formas y métodos que deben implementarse, para hacer transmisión de señales análogas o digitales y hacer medidas de potencia y atenuación en un hilo de fibra óptica.
- Elaborar cuatro guías de laboratorio para los estudiantes, que se adapten a las bondades que el módulo ELLMAX ELECTRONICS ofrece, integrando en estas guías suficientes elementos Teóricos e instructivos, con los que se logre de una forma didáctica y práctica, estudiar y comprobar los conocimientos previamente vistos en clase de comunicaciones, en el ámbito de transmisión por medio de fibra óptica.
- Elaboración de las guías para el docente.

3 MARCO TEORICO

La fibra óptica desde su descubrimiento hace más de 50 años ha evolucionado y mejorado, pero hace muy poco que esta tecnología se volvió una alternativa económica y viable en la difusión de los servicios como son: el triple play, internet banda ancha, telefonía IP, entre otros.

La creciente demanda de servicios de comunicaciones obligó a buscar una infraestructura capaz de dar satisfacción a los usuarios y que esta solución sea duradera y no se vuelva obsoleta en poco tiempo, ante esta necesidad surgió la fibra óptica como alternativa, tecnología que desde mediados del siglo XX hacia 1952 el físico **NARINDER SINGH KAPANY** apoyándose en estudios de **JOHN TYNDALL**, realizó experimentos que condujeron a la invención de la fibra óptica donde uno de sus primeros usos fue emplear un haz de fibra para la transmisión de imágenes en un endoscopio.

Las ondas de luz son una forma de energía electromagnética y la idea de transmitir información por medio de la luz como portadora tiene más de un siglo. Hacia 1880 **ALEXANDER G. BELL** construyó el fotófono que enviaba mensajes vocales a corta distancia por medio de luz, pero esto fue inviable en su tiempo por falta de fuentes adecuadas de luz.

Actualmente en Colombia el 96% de los municipios cuenta con fibra óptica y a nuestro país por las costas llegan 9 cables submarinos que conectan nuestro país con el resto del mundo. Como vemos nuestro país está inmerso en la era de la comunicación con fibra óptica, todos hablamos de ella, pero no la conocemos, por ende, no sabemos cómo trabajar con ella siendo de suma importancia que nuestros estudiantes en la Universidad Surcolombiana adquieran conocimientos básicos del funcionamiento de esta tecnología como herramienta necesaria para enfrentar el mercado laboral al cual se enfrentarán cuando sean profesionales.

Este proyecto pretende diseñar unas guías de laboratorio consistentes al manejo didáctico y académico del módulo ELLMAX, este módulo es un entrenador cuyas funciones permiten realizar transmisión y recepción de señales bajo tecnología de fibra óptica, usando el principio de como la luz viaja a través de un medio.

Estas guías tendrán en su diseño componentes teóricos de las propiedades de la luz y su naturaleza, contenido de optoelectrónica y videos ilustrados de cómo debe implementarse cada práctica en laboratorio.

Con este trabajo los estudiantes de ingeniería electrónica van adquirir conocimientos suficientes y necesarios acerca de cómo viaja la información sobre un medio como la fibra óptica, qué tipo de información se puede transmitir, cuáles

elementos intervienen en la transmisión, alcances de esta tecnología, ventajas y limitaciones que la fibra óptica ofrece en la actualidad.

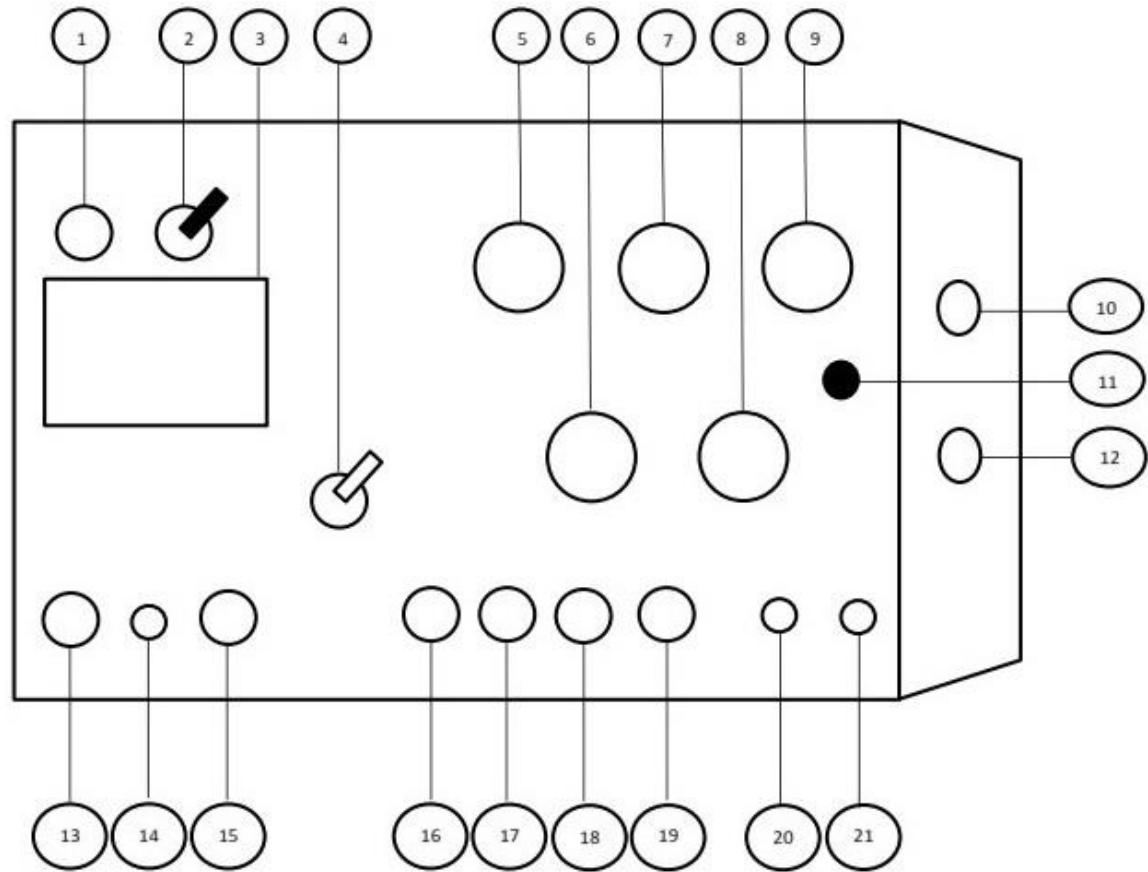
El módulo ELLMAX adquirido recientemente en el programa de ingeniería electrónica, ofrece un componente novedoso en la línea de comunicaciones al momento de formar ingenieros electrónicos, es el primer módulo entrenador que se pondrá a disposición de los estudiantes del programa y permitirá formar conocimientos en la academia, con los que los futuros egresados enfrentaran la actual demanda de ingenieros electrónicos en el mercado laboral, porque hoy en día la fibra óptica es en telecomunicaciones el medio de transmisión más utilizado por sus bajos costos y su gran capacidad que tiene de enviar información, ya que a través de un hilo de fibra óptica se pueden enviar millones de bits por segundo (bps) y acceder a servicios de manera simultánea con alta velocidad y calidad .

4 MANUALES

4.1 El manual del educador de fibra óptica

4.1.1 Unidad transmisora y sus partes

Figura 1. Unidad Transmisora

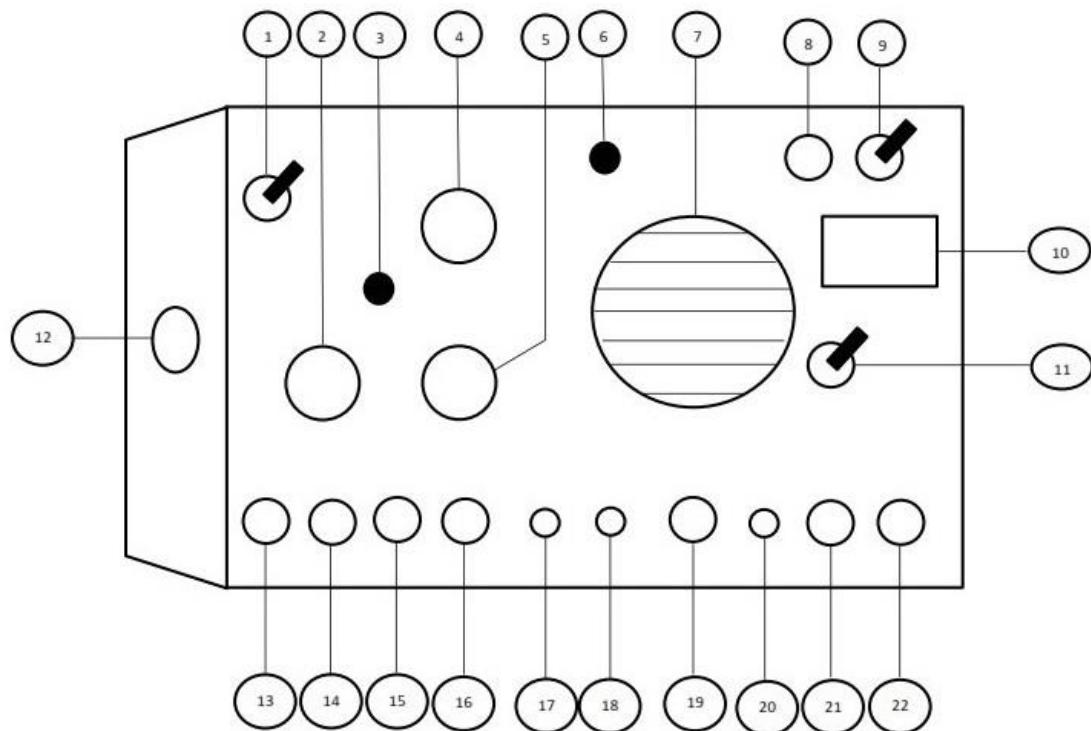


1. Muestra el estado de la fuente de alimentación.
2. Interruptor de encendido / apagado de la batería. No controla el suministro externo opcional.
3. Soporte de batería para la batería del tipo PP3.

4. Tecla Morse para la introducción manual de datos digitales. Anula todas las demás entradas digitales.
5. Controla la frecuencia del generador de señal pseudoaleatoria y de onda cuadrada (20Hz a 4.5kHz).
6. Interruptor de selección para el tipo de entrada digital.
7. Conmuta el transmisor entre los modos digital y analógico.
8. Controla la ganancia del amplificador analógico (rango 28dB).
9. Controla la intensidad de salida de alto brillo, es decir, infrarrojo, es decir, d. Y el indicador de salida. (Rango aproximado de 20dB).
10. Rojo de alta luminosidad, es decir, enchufe.
11. Da una indicación visible de la salida de los diodos emisores.
12. Infrarrojo, es decir, ventana.
13. Terminal para alimentación externa opcional de + 9V a +15V d.c, para ser utilizado con el borne de tierra de alimentación.
14. Enchufe de 2.5mm para alimentación externa opcional de + 9V a +15V d.c, que puede utilizarse como alternativa a los terminales de alimentación.
15. Suministro de tierra.
16. Entrada de nivel lógico TTL.
17. Entrada de nivel lógico CMOS.
18. Entrada de nivel de tensión RS232. También actúa como monitor de salida para el generador de señales.
19. Tierra común para todas las entradas digitales.
20. Entrada analógica, alta impedancia ($20\text{k}\Omega$), a.c. acoplado.
21. Entrada analógica, baja impedancia (8Ω). La misma fase que la entrada de alta impedancia.

4.1.2 Unidad receptora y sus partes

Figura 2. Unidad Receptora



1. Conmuta el zumbador dentro o fuera del circuito. El zumbador da una indicación audible del estado de la señal digital.
2. Controla la sensibilidad del comparador digital
3. Da una indicación visible del estado de la señal digital
4. Cambia el receptor entre los modos digital y analógico
5. Controla la ganancia del amplificador analógico
6. Da una salida visible proporcional a la amplitud de la señal analógica
7. Salida del altavoz del circuito analógico
8. Muestra el estado de la fuente de alimentación

9. Encendido / apagado switch para la batería. No controla los suministros externos
10. Soporte de la batería, para batería tipo pp3
11. encendido / apagado para salida analógica de baja impedancia y altavoz
12. Toma de diodo de recepción
13. salida de nivel lógico TTL
14. salida de nivel lógico CMOS
15. Salida de nivel de voltaje RS232
16. tierra común para todas las salidas digitales
17. Salida analógica, alta impedancia (1K Ohm)
18. Salida analógica, baja impedancia (menor a 1 K Ohm). Conexión a este enchufe desconecta automáticamente el altavoz
19. Fuente externa óptica de +9v a +15v d.c. utilizar con el terminal de tierra de alimentación.
20. El zócalo de 2.5mm para la fuente de alimentación externa opcional de + 9v a + 15v d.c, se puede utilizar como alternativa a los terminales positivos de la fuente
21. Suministro de tierra
22. Tensión de alimentación negativa -9v a -15v para la salida de nivel de voltaje RS232, que se utilizará con el terminal de tierra de alimentación

4.2 CONEXIÓN DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN DEL EDUCADOR

4.2.1 Baterías

Tanto el transmisor como el receptor funcionan con una sola batería de 9V de tipo PP3, ubicada en el compartimiento de la batería en el panel frontal. El educador se suministra con pilas ya montadas.

Para cambiar la pila, empuje la tapa delantera del soporte de la batería hacia el interruptor ON / OFF de la batería (usando un clavo o moneda en la ranura proporcionada) para soltar el pestillo y luego extraiga el cajón. Asegúrese de que la nueva batería esté insertada correctamente de acuerdo con el diagrama en la base del cajón de la batería. Una vez que la batería esté en su lugar, empuje el cajón

firmemente hacia atrás en el soporte. Se prefiere una pila alcalina, ya que tiene una vida útil más larga. Las baterías recargables pueden utilizarse convenientemente si se requiere un uso portátil prolongado del equipo.

Con el fin de conservar la vida de la batería tanto como sea posible, asegúrese de que las baterías se apagan cuando las unidades no están en uso.

4.2.2 Fuentes de alimentación externas

En el panel frontal se suministran tomas de corriente para aplicaciones que requieren un uso prolongado de las unidades. Se puede conectar una alimentación externa a través de los bornes de terminales (entre el suelo y los bornes de alimentación + ve), o utilizando el conector de 2,5mm. La tensión de alimentación debe estar en el rango + 9V a +15V dc, es importante que el máximo + 15v no se exceda. Los diodos están conectados en serie desde cada una de las tomas de alimentación (y también de la alimentación de la batería) a los circuitos, asegurándose de que la polaridad inversa no dañará el equipo. Estos diodos también aseguran que la corriente no pueda fluir entre las fuentes de energía, y que el equipo extraiga corriente de la fuente con la tensión de alimentación máxima si más de una fuente está conectada. El interruptor on/off de la batería sólo controla la conexión a la batería, y no a las tomas de alimentación externas.

Para utilizar la salida de nivel de tensión RS232 en el receptor, debe conectarse una alimentación negativa entre el terminal -ve y la masa. Esta fuente debe estar en el rango -9V a -15V d.c

Es importante que la magnitud de este voltaje negativo no exceda -15v.

4.3 EDUCADOR DE FIBRA ÓPTICA-APLICACIONES Y DEMOSTRACIONES

4.3.1 Cables y conectores ópticos

Apunte un extremo del cable de fibra óptica a una fuente de luz, como la iluminación de la habitación o la luz de la ventana. Observe que la luz pasa a través del cable y se puede ver en el otro extremo. El efecto se incrementa pasando un dedo repetidamente a través del extremo de la fibra donde entra la luz y observando el haz interrumpido procedente de la fibra.

Encienda la linterna suministrada y coloque la bombilla cerca de un extremo de la longitud más larga del cable. La luz procedente de la fibra es amarilla. Esto es porque la fibra absorbe algunos colores más que otros, y la luz amarilla es absorbida por lo menos de todos los colores presentes en la luz blanca de la linterna. La forma en que el cable está enrollado tiene muy poco efecto sobre la transmisión de luz a través de su longitud. Utilizando el conector de paso provisto, unir los dos cables ópticos empujando los dos extremos en este conector. Encender de nuevo la luz de la antorcha en un extremo de la fibra, y observe que esta luz, aunque ligeramente

reducida en intensidad por el conector, todavía pasa a través de las fibras conectadas.

Si los extremos de las fibras se ensucian, deben limpiarse para minimizar las pérdidas ópticas. Esto se hace fácilmente frotándolos ligeramente con un paño húmedo.

4.3.2 Transmisión analógica

Cuando se usa el Educador en el modo analógico, la intensidad de luz de salida en el transmisor es directamente proporcional a la señal de voltaje de entrada (más un sesgo de voltaje d.c)

4.3.2.1 Señal de radio sobre espacio libre

Encienda el transmisor y el receptor, y cambie ambos a analógico. (El indicador de salida del transmisor y el diodo rojo de alta luminosidad, así como el indicador analógico del receptor, deben estar encendidos).

Encienda la radio FM y sintonice una señal clara (la banda FM normalmente da la mejor recepción dentro de un edificio). Utilizando uno de los cables eléctricos suministrados, conecte el zócalo de salida del auricular de la radio a la toma "Z baja" del transmisor. Ajuste el control analógico de ganancia del transmisor al mínimo (girándolo completamente en sentido anti horario). Ponga la potencia de salida del transmisor en el máximo girando el control de potencia de salida completamente en el sentido de las agujas del reloj. Ajuste el control de volumen de la radio hasta que el indicador de salida del transmisor empiece a parpadear en intensidad y luego reduzca este control de volumen hasta el punto en que esta intensidad se vuelva constante. (Este procedimiento asegura que el transmisor está emitiendo una señal con muy poca distorsión).

Encienda el altavoz / interruptor Z bajo. Coloque el receptor de modo que el zócalo del diodo de recepción esté frente al conector del diodo emisor del transmisor y ajuste la ganancia analógica del receptor hasta que se escuche una salida adecuada del altavoz. Si el sonido está distorsionado, baje el control de volumen de la radio hasta que desaparezca la distorsión. Las unidades receptoras y transmisoras pueden estar separadas por una distancia de unos pocos metros mientras se mantiene la transmisión.

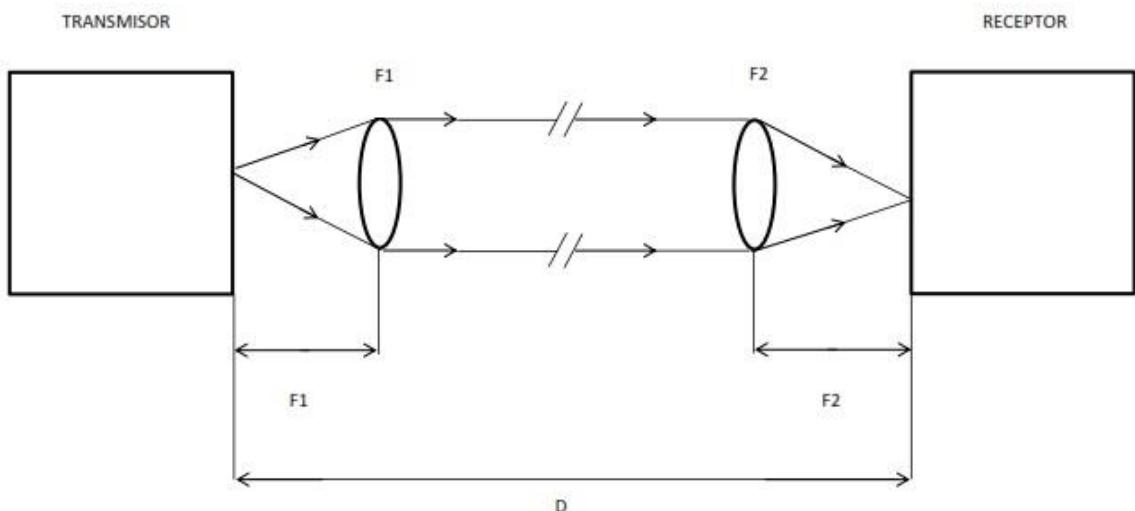
En esta demostración, la señal que se transmite proviene principalmente del diodo emisor de luz infrarroja. Esto se puede demostrar colocando un dedo sobre el diodo rojo de alta luminosidad y observando que el nivel de la señal recibida apenas se ve afectado. (La potencia de salida del diodo de infrarrojos es mayor que la del diodo rojo de alta luminosidad).

Para mostrar que la radiación infrarroja se comporta de forma muy similar a la luz visible, coloque el transmisor y el receptor en ángulos rectos y coloque un espejo o cualquier material reflectante para reflejar la radiación en el diodo receptor cuando el sonido vuelva a producirse en el altavoz.

Es posible transmitir la señal óptica a través de cientos de metros usando un sistema de lentes. Esto se hace colocando una lente convergente a una distancia focal del diodo transmisor produciendo así un haz de luz paralelo y colocando con precisión una lente convergente a una cierta distancia a lo largo del haz de luz enfocando la señal hacia el diodo receptor a una distancia focal de la lente. La figura 3. ilustra esta disposición.

Las demostraciones anteriores pueden llevarse a cabo usando la salida del generador de onda cuadrada digital como la señal transmitida

Figura 3. Transmisión a larga distancia utilizando lentes



D puede ser muchos cientos de metros con un posicionamiento preciso de la lente

4.3.2.2 Señal de radio por fibra óptica

Conecte la radio al transmisor y configure los niveles de señal como en los dos primeros párrafos de la Sección 4.3.2.1 Encienda el altavoz. Tome una longitud de cable óptico y presione los conectores en los zócalos en el transmisor y el receptor. Reduzca la potencia de salida del transmisor (girando la perilla de potencia de salida en el sentido contrario a las agujas del reloj) hasta que la señal recibida suene clara y sin distorsión. (Esta operación se realiza para asegurar que la intensidad de la luz que sale de la fibra no es lo suficientemente alta como para sobrecargar el receptor).

A continuación, ajuste la ganancia analógica del receptor para el nivel de sonido del altavoz más adecuado.

Una buena demostración del hecho de que la señal de audio está realmente pasando por la fibra es la siguiente: usando la configuración descrita en el párrafo anterior, gire tanto la potencia de salida del transmisor como la ganancia analógica del receptor al máximo (completamente a la derecha), conecte el cable óptico más corto al transmisor y el más largo al receptor y colocan los extremos libres del cable cerca uno del otro, la intensidad de la salida del altavoz varía con el posicionamiento de estos dos extremos.

4.3.2.3 Uso del indicador de salida como dispositivo transmisor

El diodo indicador de salida en el transmisor emite la misma señal que los diodos emisores principales, aunque a menor intensidad. Esto puede demostrarse configurando el transmisor y el receptor para la transmisión analógica de la señal de radio. Gire la potencia de salida del transmisor al máximo, y la ganancia analógica del receptor al máximo. Conecte la longitud de fibra más pequeña a la toma de entrada del receptor y coloque el otro extremo de esta fibra cerca del indicador de salida del transmisor. La señal de radio se escuchará en el altavoz.

4.3.2.4 Señal de voz sobre el sistema

Las demostraciones 4.3.2.1 y 4.3.2.2 pueden realizarse utilizando el micrófono conectado en la entrada de alta impedancia 'HIGH Z' del transmisor, con la radio desconectada. Con el fin de evitar el Agudo Silbido causado por la retroalimentación Altavoz al micrófono, separe el altavoz y Micrófono en la medida en que lo permitan los cables ópticos y eléctricos y reduzca la ganancia analógica en el receptor y/o la potencia de salida del transmisor hasta que se detenga el silbido. La ganancia analógica del transmisor debe estar al máximo en estas demostraciones.

4.3.2.5 Señales analógicas generales sobre el sistema

Cualquier señal analógica en el ancho de banda de 25Hz a 25kHz puede pasar a través del sistema. Hay opciones de enchufes de alta y baja impedancia en el transmisor y el receptor.

Siempre hay que tener cuidado al transmitir señales analógicas para asegurarse de que:

1. La ganancia analógica en el transmisor debe ser ajustada para asegurar que la señal en los diodos emisores no sea lo suficientemente alta como para distorsionar la salida óptica a través de "recorte". Si esta señal es demasiado alta, el diodo indicador del transmisor fluctuará en intensidad. La ganancia más alta apropiada de la señal analógica está en una posición apenas inferior a cuando comienza a producirse esta fluctuación de intensidad. (Se puede

realizar una determinación más exacta calculando los niveles usando las cifras dadas en la especificación del transmisor en el Apéndice B). La distorsión de la señal óptica debida a la I.e.d. Respuesta que no es exactamente lineal puede disminuirse al reducir aún más la ganancia analógica.

2. La potencia óptica recibida no debe ser lo suficientemente alta como para sobrecargar los circuitos del receptor. Para establecer un nivel aceptable, realice el siguiente procedimiento:
 - a. Conecte la ruta óptica, ajuste el transmisor a analógico y gire la potencia de salida al máximo (control a la derecha).
 - b. Cambie el receptor a digital y gire el control de sensibilidad del umbral en sentido anti horario (sensibilidad más baja).

Si la luz indicadora digital está apagada, siga la instrucción C1 y, si está encendida, siga C2. Si el indicador digital del receptor está **apagado**:

C1 Deje la potencia transmitida en su posición máxima, y cambie el receptor a analógico. El sistema está ahora configurado para la transmisión de señales analógicas, y la ganancia analógica del receptor puede ajustarse al nivel requerido.

Si el indicador digital del receptor está **encendido**:

C2 Gire el control de potencia de salida del transmisor en el sentido contrario a las agujas del reloj hasta que el indicador este apagado y vuelva a encender el receptor en funcionamiento analógico.

Él está configurado para la transmisión de señales analógicas y la ganancia analógica del receptor puede ajustarse al nivel requerido.

A lo largo del procedimiento de configuración anterior, el zumbador se puede encender y utilizar como indicador en lugar del indicador digital.

(Las características especiales de diseño en los circuitos del receptor para reducir la probabilidad de sobrecarga de la señal, de hecho, permiten que la componente d.c de la señal de entrada esté a un nivel más alto que el permitido por el procedimiento de configuración anterior).

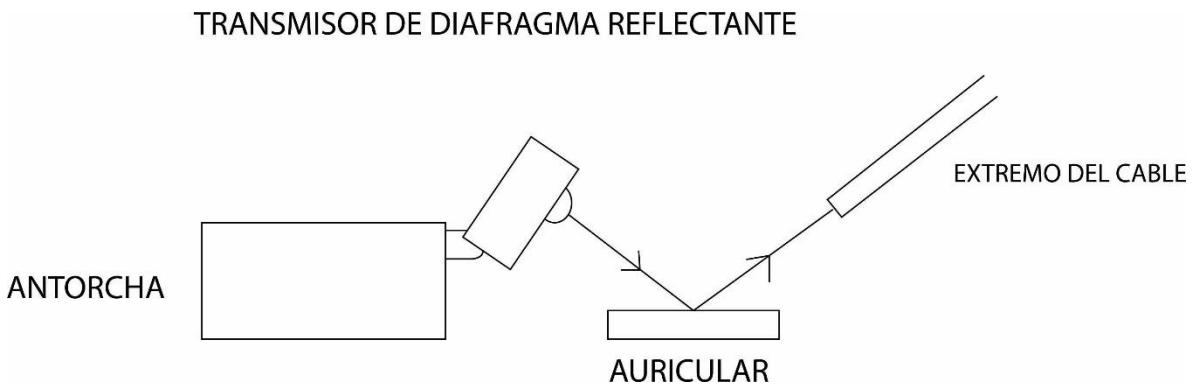
4.3.2.6 Uso de un diafragma reflectante como transmisor

Conecte el auricular con la parte superior quitada (esto se proporciona con el educador) e intodúzcalo en el radio. Gire el control de volumen de la radio hasta un nivel alto. Gire y active el altavoz, cambie el receptor a analógico y gire su ganancia analógica al máximo. Conecte el cable óptico más corto al receptor y coloque la antorcha, y el auricular Como se muestra en la Figura 4.

No coloque la bombilla de la antorcha y el extremo del cable demasiado cerca del auricular, o el receptor puede estar sobrecargado por la señal. Ajuste las posiciones de la antorcha y el cable hasta que el altavoz produzca un sonido fuerte.

El efecto es causado por el diafragma metálico del auricular que modula la luz reflejada, produciendo así un haz de luz en la fibra que varía en intensidad con la señal de audio original.

Figura 4. Transmisor de diafragma reflectante



4.3.2.7 Escuchar la luz

Con el receptor configurado como en la sección 4.3.2.6, apunte el cable óptico que está conectado al receptor en la dirección de una luz eléctrica. El "zumbido" de la red de 100 Hz se escuchará en el altavoz. Este efecto muestra que la luz de una fuente de luz que se ejecuta desde la fuente de alimentación eléctrica está variando en intensidad a 100 Hz, una frecuencia demasiado rápida para que el ojo pueda detectar. (La frecuencia es de 100 Hz en lugar de la frecuencia de la red de 50 Hz, ya que la potencia de salida de una fuente de red está relacionada con el cuadrado de la tensión, que tiene el efecto de duplicar la frecuencia).

4.3.2.8 Retroalimentación óptica

Con el receptor configurado como en la sección 4.3.2.6, coloque el extremo libre del cable óptico cerca del diodo indicador analógico del receptor. Se escuchará un ruido en el altavoz y la frecuencia e intensidad de este sonido se pueden cambiar ajustando la posición del extremo del cable o alterando la ganancia analógica del receptor. Este efecto se debe a la retroalimentación óptica, ya que el indicador analógico es accionado por una señal de voltaje que es producida por el amplificador receptor. Dirigir la luz de este indicador a la fibra de entrada completa el bucle. El efecto es similar al 'silbido' que puede ocurrir en un sistema de micrófono / amplificador / altavoz, donde la retroalimentación es desde el altavoz al micrófono.

Un efecto similar de retroalimentación positiva puede demostrarse conectando la entrada "alta Z" del transmisor a la salida "alta Z" del receptor, con ambas unidades en el modo analógico y el altavoz encendido y alineando los diodos emisores y receptores.

4.3.2.9 Otras señales analógicas

El usuario puede idear una variedad de demostraciones, aplicaciones o experimentos que implican la recepción de señales luminosas analógicas. Las posibilidades incluyen:

1. Utilizar una caja de luz con una señal luminosa modulada en el receptor.
2. medir la frecuencia de un disco giratorio o de un objeto vibrante usando la reflexión de la luz o la transmisión.
3. utilizar la fibra como una "varita óptica" para detectar un código de barras preparado.

Es posible "escuchar" varias fuentes de luz diferentes utilizando la disposición del receptor / altavoz. Ya se ha mencionado la detección del zumbido de 100 Hz de la iluminación de la red. Otro ejemplo es el "siseo" que produce la luz de la antorcha o la luz del día (pero tenga cuidado de no sobrecargar el receptor apuntando el diodo de recepción directamente a una fuente de luz muy brillante). Si se golpea la antorcha, se escucha un sonido agudo en el altavoz, esto es causado por el filamento del bulbo de la antorcha que vibra a alta frecuencia. Es posible "escuchar" las variaciones de intensidad luminosa causadas por la naturaleza, como la alta frecuencia producida por la luz reflejada de las alas de una mosca en movimiento.

Otra demostración efectiva de 'escuchar a la luz' es usar el generador de ondas cuadradas de frecuencia variable en el transmisor como fuente. Cambiar la frecuencia altera el tono del sonido oído en el receptor. Las frecuencias más altas no pueden ser detectadas por el ojo, aunque son fácilmente detectables por el oído. Convirtiendo el transmisor en una fuente de 'señal pseudoaleatoria' que produce un sonido similar al de los juegos de ordenador.

Las demostraciones de la presencia de radiación infrarroja pueden ser llevadas a cabo convincentemente con el Educador. Por ejemplo, un patrón de difracción producido por la fuente infrarroja del transmisor junto con una rejilla de difracción puede ser detectado usando un procedimiento de transmisión de audio similar al descrito en las Secciones 4.3.2.1 y 4.3.2.2, con la onda cuadrada como la señal transmitida.

Si se utiliza la salida de alta impedancia "HIGH Z" del receptor, el interruptor LOUDSPEAKER / LOW Z puede estar apagado para reducir el consumo de energía y para desconectar el altavoz.

4.3.3 Transmisión digital

Cuando se utiliza el educador en el modo digital, la salida óptica del transmisor está en ON u OFF, dependiendo del estado de la señal de tensión de entrada.

4.3.3.1 Comunicaciones morse

Ajuste el transmisor a la operación digital, gire el interruptor giratorio a la TTL / CONTACT / MORSE Y ajuste la potencia de salida al máximo (completamente a la derecha).

En el receptor, ponga el interruptor analógico / digital en digital, ponga el control digital de sensibilidad del umbral en una posición intermedia y active el interruptor del zumbador. Conecte un cable óptico entre el transmisor y el receptor.

Al presionar la tecla Morse, el transmisor emitirá radiación (el indicador de salida se encenderá), y el timbre del receptor y el indicador digital también se encenderán. (El zumbador se puede apagar, si se desea, dejando el diodo indicador digital para mostrar cuando el receptor detecta una señal luminosa). Un mensaje morse puede ser comunicado a través del sistema. Se puede utilizar una llave morse apropiada conectándola entre los terminales TTL / CONTACT y GROUND.

La circuitería del receptor digital también puede ser activada por luz ambiente. El receptor detectará el diodo receptor o la fibra conectada al receptor hacia una fuente de luz de intensidad adecuada. Con el fin de detectar una señal luminosa en presencia de luz de fondo (ambiente), es necesario reducir la sensibilidad de umbral digital (girar el control en el sentido contrario a las agujas del reloj) hasta un nivel en el que la luz de fondo no activa el receptor. (Cuando la sensibilidad del umbral se fija al máximo, el receptor es extremadamente sensible, y disparará un nivel óptico de sólo 50nW, es decir, cincuenta milésimas de un micro-Watt).

Una señal morse puede ser comunicada desde el transmisor al receptor sobre "espacio libre" en lugar de a través de un cable óptico. Esta demostración se lleva a cabo retirando la fibra de interconexión, y colocando las unidades de modo que el diodo transmisor esté frente al diodo receptor. (Véase la sección 4.3.2.1 para la demostración similar de una señal analógica sobre «espacio libre»). La distancia de transmisión está limitada a aproximadamente medio metro incluso con la potencia de salida máxima y con la sensibilidad de umbral digital tan alta como la luz ambiente lo permita (el receptor de puntos se aleja de cualquier fuente externa brillante para obtener los mejores resultados). Esta distancia es más corta que la

alcanzable en la demostración analógica descrita en 4.3.2.1, debido a que la sensibilidad digital del receptor no es tan alta como su sensibilidad analógica.

4.3.3.2 Comunicaciones utilizando un generador de señales digitales internas

En lugar de transmitir una señal morse, puede utilizarse la fuente de señal pseudoaleatoria interna (que puede ser vista como un 'generador automático de código Morse').

Gire el conmutador rotativo del transmisor a "Señal pseudoaleatoria" y reduzca al mínimo el control "Frecuencia del generador de señal". De lo contrario, mantenga la misma configuración descrita en los dos primeros párrafos de la Sección 4.3.3.1. La frecuencia de la fuente de señal interna puede aumentarse girando el control 'Signal Generator Frequency' en el sentido de las agujas del reloj.

4.3.3.3 Señales digitales generadas por el sistema

Tanto el transmisor como el receptor deben ajustarse a 'digital' para el funcionamiento digital.

El ancho de banda digital del sistema es de D.C. a 20kBit / s. Se ofrecen varias interfaces digitales:

- TTL
- CMOS
- Tensión de señal RS232
- Interruptor de Contacto
- Morse

En el transmisor, sólo uno de los TTL, CMOS o RS232 se puede utilizar en cualquier momento. La selección se efectúa mediante el conmutador rotativo multiposición junto con la toma de entrada correspondiente. (La señal se conecta entre el enchufe relevante y el terminal 'tierra'). En el receptor, cualquiera o todas las interfaces TTL, CMOS y RS232 pueden utilizarse simultáneamente, haciendo conexiones a los terminales de salida correspondientes.

Se puede utilizar una interfaz de 'contacto' en el transmisor. Esto se selecciona girando el conmutador giratorio a TTL / CONTACT / MORSE, y conectando los cables a los terminales TTL / CONTACT y de tierra. El valor de Led. Se enciende haciendo contacto entre estos dos hilos, cortocircuitando así los casquillos.

La interfaz morse se describe en la sección 4.3.3.1. La tecla morse puede ser presionada cuando se está utilizando cualquier otra interfaz, ya que la tecla morse anula todas las otras señales. Esta característica es útil para comprobar la integridad del enlace entre el transmisor y el receptor.

En el receptor, el indicador digital (y también el zumbador, si está encendido) se enciende si la señal es un "espacio" (correspondiente a la luz en la entrada) y se apaga si la señal es una "marca" Luz en la entrada).

Para obtener las características de señal necesarias en el receptor, se debe realizar el siguiente procedimiento, que establece los mejores valores de potencia de salida y sensibilidad de umbral, antes de transmitir datos digitales con el fin de minimizar la distorsión de anchura de impulso:

- a. Conecte la ruta óptica, ajuste los controles a digital y gire el diodo emisor a un estado ON continuo. (Esto puede hacerse girando el conmutador rotativo del transmisor a CMOS y dejando el terminal CMOS sin conexión).
- b. Gire el control de potencia de salida del transmisor al máximo (completamente a la derecha).
- c. Gire el control de sensibilidad del umbral digital del receptor a la sensibilidad mínima (completamente a la izquierda).

Si la luz indicadora digital está apagada, siga la instrucción d1, y si está encendida, siga d2. Si el indicador digital del receptor está apagado:

D1 Aumentar la sensibilidad del umbral digital en el receptor (girándolo en sentido horario) hasta que la luz indicadora se encienda. Tenga en cuenta esta posición del control de umbral. Ahora gire el control de umbral hacia la derecha hasta el punto medio entre la posición anotada y la posición completamente a la derecha (es decir, la sensibilidad máxima). (El indicador luminoso debe estar encendido). El sistema está ahora configurado para la transmisión de datos digitales.

En lugar de llevar a cabo la etapa anterior, la sensibilidad del umbral puede ajustarse al máximo (completamente a la derecha). Sin embargo, esto resulta en hasta típicamente 7,5 μ seg. Distorsión de ancho de pulso (equivalente a 15% a una velocidad de transmisión de 20kBit / s, con el porcentaje de distorsión reduciendo en proporción a la velocidad de datos). Ajustar el umbral en la sensibilidad máxima permite que se utilice una amplia gama de niveles de potencia de entrada si el sensor de 7,5 μ seg. La distorsión no es crítica para la aplicación.

Si la luz indicadora permanece apagada cuando la sensibilidad se incrementa hasta su posición máxima, se debe encajar correctamente la señal óptica en el receptor débil para establecer un enlace digital. Si este es el caso, compruebe que todas las conexiones ópticas son buenas y que los extremos de las fibras están limpios. La atenuación de la ruta puede entonces ser medida (véase la sección 4.3.4) para asegurarse de que cae dentro de la especificación del sistema.

Si el indicador digital del receptor está encendido:

D2. Reduzca la potencia de salida del transmisor (gire el control en el sentido contrario a las agujas del reloj) hasta que la luz indicadora se apague (para asegurar que la intensidad óptica no sea lo suficientemente alta como para sobrecargar el receptor). A continuación, siga las instrucciones d1 anteriores.

A lo largo del procedimiento de configuración anterior, el zumbador puede encenderse y utilizarse como indicador en lugar de la luz indicadora digital.

4.3.3.4 Otras señales digitales

El usuario puede idear un gran número de aplicaciones, demostraciones o experimentos que implican la recepción de señales de tipo digital. Algunos ejemplos son:

1. Detección de niveles de señal muy pequeños por el receptor.
2. Construcción de un sistema de alarma basado en la presencia de un signo de luz.
3. Uso del educador como unidades de transmisión y recepción en un sistema de conteo óptico de impulsos para aplicaciones tales como garantía de calidad y experimentos científicos y de ingeniería.

4.3.4 Mediciones de atenuación de fibra óptica

4.3.4.1 Medición estándar 1

El Educador de Fibra Óptica, junto con un voltímetro digital configurado para leer a.c, Se puede utilizar para medir la atenuación (véase la sección 4.4.2.1) de una ruta de fibra óptica. El procedimiento de medición estándar se da en el resto de esta sección, y es aconsejable que el usuario se familiarice con este primer método antes de intentar los otros.

Los pasos a y b deben ser realizados inicialmente para asegurar que no haya sobrecarga óptica en el receptor.

- a. Ajuste el receptor a la operación digital y reduzca la sensibilidad del umbral a Mínimo (control totalmente a la izquierda).
- b. Ajuste el transmisor a la operación digital, y ponga el diodo emisor en ON continuo encendiéndolo en CMOS y dejando el terminal de CMOS sin conectar. Ajuste la potencia de salida en el máximo (control completamente a la derecha). Conecte una longitud corta (aproximadamente un metro) de cable óptico entre el transmisor y el

receptor. Esta longitud de cable debe tener extremos planos y limpios para lograr una buena precisión de medición. Reduzca el nivel de potencia de salida transmitida (gire el control en sentido antihorario) hasta que la luz indicadora digital del receptor se apague. No altere el nivel de potencia de salida durante el resto de la medición.

c. Gire el transmisor a Square Wave y ajuste el control de Frecuencia del Generador de Señal al máximo (completamente a la derecha).

d. Conecte el receptor a analógico y gire la ganancia analógica del receptor hasta el mínimo (MINIMUM completamente a la izquierda), y apague el altavoz. Conecte un voltímetro digital, que puede medir a.c Valores de hasta una décima de mili-voltio, a la "alta Z 'socket del receptor. Un DVM de 3 ½ dígitos con un sensor de 200 mV a.c Es ideal para este fin.

e. Tome la lectura del voltímetro (=V_{REF}), con la longitud del cable corto conectada entre el transmisor y el receptor.

f. Conecte la ruta a medir entre el transmisor y el receptor, en lugar de la longitud corta, y tome la lectura del voltímetro (V_o). (No altere ningún control durante la Etapa f).

Compruebe el nivel de ruido eléctrico apagando el transmisor y anotando la lectura del voltímetro (V_A). V_A será cero si se utiliza el DVM especificado en el paso d.

g. La atenuación (o pérdida de inserción) de la ruta se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{atenuacion} = 10 \log_{10} \frac{V_{REF}}{\sqrt{(V_o^2 - V_A^2)}} \text{ dB} \quad (1)$$

$$\text{con aproximacion a } 10 \log_{10} \frac{V_{REF}}{V_o} \text{ dB} \quad (2)$$

$$\text{Cuando } V_A \text{ es pequeño comparado con } V_o \quad (3)$$

Para la medición de un número de rutas, sólo se deben repetir las dos etapas finales f y g. Sin embargo, si se altera el nivel de potencia de salida del transmisor, se deben realizar los pasos a y e para volver a ajustar un nivel adecuado. Despues de medir un número de rutas, compruebe que V_{REF} es esencialmente el mismo que el valor original.

El rango de atenuación usando el procedimiento anterior es de 25dB, y la precisión está dentro de ± 1dB. Esta cifra de precisión está predominantemente determinada por la inconsistencia de las pérdidas del conector.

4.3.4.2 Medición estándar 2

Si el procedimiento de medición completo (incluyendo los pasos d y e) descritos en la sección 4.3.4.1 se lleva a cabo con el DVM conectado a la toma "baja Z" del receptor (y con el altavoz / conmutador Z bajo encendido), el rango de atenuación se incrementa a 30dB. Sin embargo, VA, La contribución de la tensión de ruido, no puede ser cero y por lo tanto su valor debe tenerse en cuenta en la fórmula de atenuación de 4.3.4.1.g. Si se está midiendo una ruta de pérdida relativamente alta. La precisión está de nuevo dentro de ± 1 dB.

4.3.4.3 Métodos de alta pérdida 1 y 2

Con el fin de aumentar la capacidad de alcance de atenuación del Educador, las etapas f y g del procedimiento descrito en la Sección 4.3.4.1 se sustituyen por lo siguiente (que puede usarse para medir pérdidas mayores de 15dB):

Conecte la ruta a medir entre el transmisor y el receptor, en lugar de la longitud de referencia corta. A continuación, aumente la ganancia analógica del receptor al máximo girando el control completamente a la derecha. Tome la lectura del voltímetro (V1).

Mida el nivel de ruido eléctrico apagando el transmisor y anotando la lectura del voltímetro (VB).

La atenuación de la ruta viene dada por la fórmula:

$$\text{atenuacion} = 10 \log_{10} \frac{V_{REF}}{\sqrt{(V_1^2 - V_B^2)}} + K \text{ dB} \quad (4)$$

Donde el valor aproximado de K =15

Recuerde volver a bajar al mínimo la ganancia analógica del receptor si se vuelve a medir el VREF es requerido.

El intervalo del instrumento que utiliza este método (es decir, el Método de Pérdida Alta 1) es 40dB, mientras que la precisión es de $\pm 2,5$ dB.

Si el método anterior (incluyendo los pasos d y e) se lleva a cabo con el DVM conectado a la toma "Z baja" (y con el altavoz / interruptor Z bajo ON), el rango se incrementa a 50dB y la precisión de medición es ± 3 dB. Este método es Método de alta pérdida 2.

Con el fin de aumentar la precisión de dB de los Métodos de Pérdida Alta, la constante k puede determinarse con exactitud al igualar los resultados de medición de una ruta con una pérdida entre 15 y 25 dB, usando los Métodos Estándar y de

Pérdida Alta. Un valor preciso de k conduce a precisiones de $\pm 1,5\text{dB}$ y $\pm 2\text{dB}$ para los Métodos de Pérdida Alta 1 y 2, respectivamente.

4.3.4.4 Medición con cable diferentes a AMP DNP

La atenuación de una ruta de cable con conectores de extremo distintos de AMP DNP también se puede medir con el Educador de Fibra Óptica. Se utilizan métodos idénticos a los descritos en las secciones 4.3.4.1 a 4.3.4.3, pero con cables de interfaz cortos (un metro o menos) que conectan las unidades educadoras al cable a medir. Los pasos a y e de la sección 4.3.4.1 deben llevarse a cabo con una longitud corta de cable terminado con el mismo tipo de conectores que en la ruta a medir y este cable corto de referencia también está conectado al transmisor y receptor a través de los dos Cables de interfaz.

A pesar de que la compensación del dispositivo / conector / cable es compensada en cierta medida por el ajuste del nivel de potencia transmitida en los pasos a y b de la sección 4.3.4.1, una falta de coincidencia grande resultará en un rango de medición reducido del equipo (La precisión no se verá afectada).

4.3.5 Aplicaciones del equipo de prueba del educador

Las unidades transmisoras y receptoras del entrenador forman piezas útiles de equipos de prueba en un laboratorio de fibra óptica y de óptica general, en una instalación de producción o en un lugar de instalación y pueden utilizarse para muchas otras aplicaciones de ensayo además de la medición de la atenuación de fibra descrita en Las secciones anteriores.

El transmisor puede utilizarse como una fuente óptica versátil para probar receptores ópticos. Las posibles configuraciones de prueba incluyen:

1. Utilizar los generadores pseudoaleatorios y de onda cuadrada internos para proporcionar un formato de datos realista (la salida del generador de señal puede ser monitorizada en el conector RS232 / Sig. Gen. zócalo del Monitor).
2. conectar un generador de señales externo a la entrada TTL para producir trenes de datos hasta una velocidad de 0,5MBit / s.
3. Utilizar un generador de señales analógicas en combinación con el transmisor en modo analógico para producir señales ópticas que correspondan a las formadas por un medio dispersivo para probar receptores digitales. Esta configuración analógica también se puede utilizar para probar receptores ópticos analógicos.

En todas las configuraciones anteriores, el control de potencia de salida, que tiene un alcance de aproximadamente 20dB, proporciona una característica útil para las pruebas de sensibilidad del receptor.

El equipo terminado con conectores distintos de AMP DNP también puede ser probado usando un cable de interfaz apropiado entre el Educador y el equipo bajo prueba, o utilizando el infrarrojo I.e.d.

El receptor del entrenador se puede utilizar en el modo digital o analógico para probar los transmisores ópticos. Además, puede utilizarse en el modo analógico para dar una indicación audible de la presencia de radiación infrarroja en lugares tales como los extremos remotos de enlaces ópticos, roturas de cables, malas juntas y disposiciones de acoplamiento óptico "con pérdidas", si la transmisión Contiene componentes de frecuencia de audio. El circuito digital del receptor con salida de zumbador también proporciona un método conveniente para detectar radiación infrarroja. Se puede utilizar una longitud corta de cable óptico como sonda para fines de detección de radiación óptica.

También es posible medir las propiedades de absorción óptica o reflexión de diversos materiales en las longitudes de onda de los dispositivos emisores detectando el nivel de radiación en el receptor (en modo analógico), con el transmisor ajustado en "onda cuadrada" Actuando como la fuente. El material a ensayar se inserta entre las unidades transmisora y receptora (o entre los extremos del cable unido a ellas) para experimentos de transmisión y con un ángulo adecuado para mediciones de reflexión. Un DVM configurado para a.c. Puede utilizarse para medir con precisión la señal en las salidas analógicas de «alta Z» o «baja Z». Para mediciones precisas sobre el espacio libre, es importante minimizar la contribución a la señal de luz ambiente de la iluminación de la red. Además, cuando se miden niveles de señal muy pequeños, se puede tener en cuenta el efecto del ruido eléctrico del receptor utilizando la raíz cuadrada de la fórmula de diferencia de cuadrados, que se ha utilizado en los pasos f y g de la sección 4.3.4.1, es decir,

$$\text{voltage de señal} = [(\text{voltaje total}^2) - (\text{voltaje de ruido}^2)]^{1/2} \quad (5)$$

4.4 PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA

4.4.1 Introducción a las comunicaciones

Una fibra óptica es una hebra de vidrio o plástico con propiedades ópticas especiales (a describirse en la sección 4.4.2.1) que permiten a la luz recorrer una gran distancia por su longitud. Mediante la conversión de señales eléctricas en luz en un transmisor, enviando esta luz por una longitud de fibra óptica y constituyendo las señales eléctricas en un receptor, se crea un enlace de comunicaciones.

La idea de usar el cristal como medio de transmisión, en lugar de alambre eléctrico, fue colocada muy lejos en la U.K. a principios de los años sesenta. Inicialmente el principal problema de la realización de esta idea fue producir un cristal lo suficientemente claro como para dejar pasar la luz sin sufrir una gran reducción de

intensidad. A mediados de los años setenta, se logró un avance al mejorar la producción de fibra con una atenuación de 3 dB por kilómetro, es decir, la intensidad luminosa se reduce a la mitad de su valor inicial tras pasar un kilómetro de fibra. Para ilustrar la magnitud de este logro, el vidrio de una ventana normal permite que la luz viaje sólo alrededor de un centímetro antes de que su intensidad caiga a la mitad de su valor original.

Los sistemas de comunicación por fibra óptica tienen muchas ventajas sobre los enlaces eléctricos convencionales. La principal ventaja que se está utilizando en las redes nacionales es la de una mayor distancia de transmisión: un cable eléctrico con 2.000 conversaciones telefónicas debe tener un aumento de señal cada 2 km, en comparación con 8 km de los enlaces ópticos de primera generación que transportan el mismo tráfico. El estado actual de la técnica permite la transmisión de más de 100 km con una capacidad de tráfico mucho mayor usando fibra óptica.

Tabla 1. Ventajas y aplicaciones de la Fibra Óptica

VENTAJAS	APLICACIONES
Largas distancias de transmisión	Redes nacionales e internacionales
Alta capacidad de carga de información (=alta tasa de datos)	Comunicaciones informáticas
Sin interferencias electromagnéticas	Enlaces en entornos “eléctricamente ruidosos” por ejemplo ferrocarriles o
Sin bucles de tierra	Cableado telefónico
Es seguro, no hay fugas de energía	Comunicaciones militares
Aislamiento eléctrico completo	Enlaces e instalaciones eléctricas de alta tensión
Material liviano	Comunicaciones intra aeronaves
Ninguna posibilidad de chispas a lo largo del cable	Conexiones e instalaciones de petróleo, gas y minas

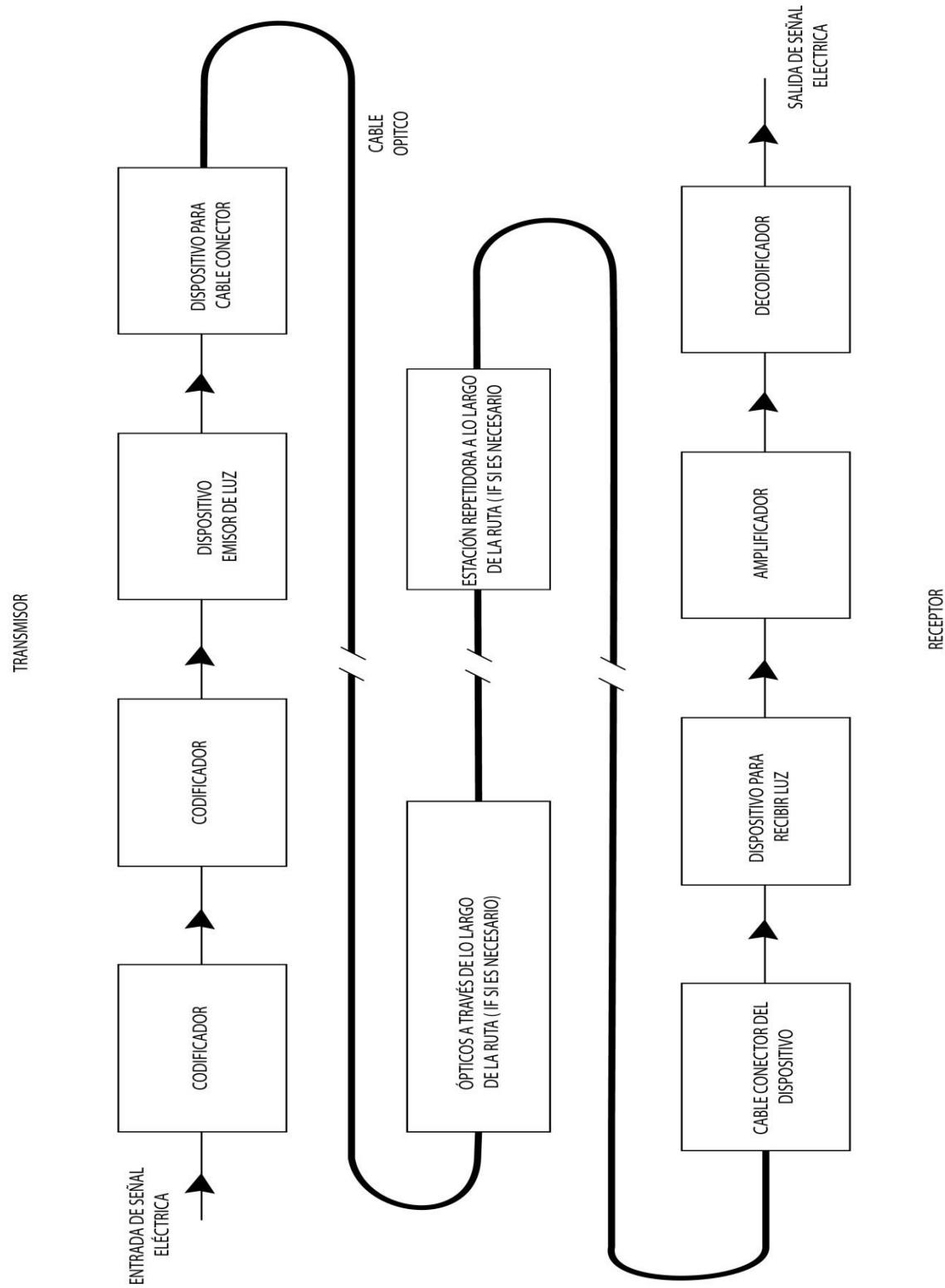
4.4.2 Bloques de construcción de un sistema de fibra óptica

La Figura 5. muestra los principales componentes de un sistema de transmisión de fibra óptica. El codificador convierte la señal eléctrica original en un formato adecuado de transmisión a lo largo del sistema. La amplificación de corriente junto con las funciones ópticas de control de salida se realiza mediante la circuitería de accionamiento que alimenta al dispositivo emisor. Este dispositivo puede ser un diodo emisor de luz por ejemplo un diodo led o un diodo láser. La señal luminosa se lanza a continuación en la fibra que está contenida en un cable de protección externa y a lo largo de la ruta puede haber un número de conectores y estaciones repetidoras. Los conectores pasantes permiten unir juntas las longitudes de cable separadas. Repetidor (o 'Regenerador'). Se requieren estaciones en una ruta larga para aumentar la señal óptica en los puntos antes de que la intensidad luminosa en la fibra descienda por debajo de un cierto nivel mínimo. Un repetidor contiene un receptor que acciona un dispositivo emisor de luz. Los repetidores se utilizan raramente ahora, ya que las distancias de transmisión extremadamente largas ahora son posibles.

Después de que la señal ha pasado a través de la ruta del cable óptico, es detectada por un diodo receptor, y luego amplificada y decodificada para regenerar la señal original. Muchos receptores también contienen circuitos que extraen la información de temporización a partir de los datos y luego regeneran los impulsos de modo que su forma se conforma lo más exactamente posible a la transmitida originalmente.

Las Secciones siguientes describen los componentes principales del sistema de fibra óptica en mayor detalle.

Figura 5. Principales componentes de un sistema de transmisión de fibra óptica



4.4.2.1 Fibras ópticas

El componente fundamental en un sistema de transmisión de fibra óptica es la propia fibra óptica. El tipo básico de fibra se llama "índice de paso", que es la forma de fibra contenida en el Educador Fibra Óptica. La fibra del índice de paso consiste en un núcleo rodeado por un revestimiento concéntrico. El núcleo tiene un índice de refracción ligeramente mayor que el revestimiento y por lo tanto la luz es capaz de viajar a través del núcleo al ser repetidamente reflejada hacia atrás desde el límite núcleo / revestimiento debido a la reflexión interna total. Las figuras 6. y 7. muestran una sección transversal de la fibra y un rayo luminoso que se desplaza a lo largo de la misma.

Figura 6. Corte transversal de la fibra de índice escalonado

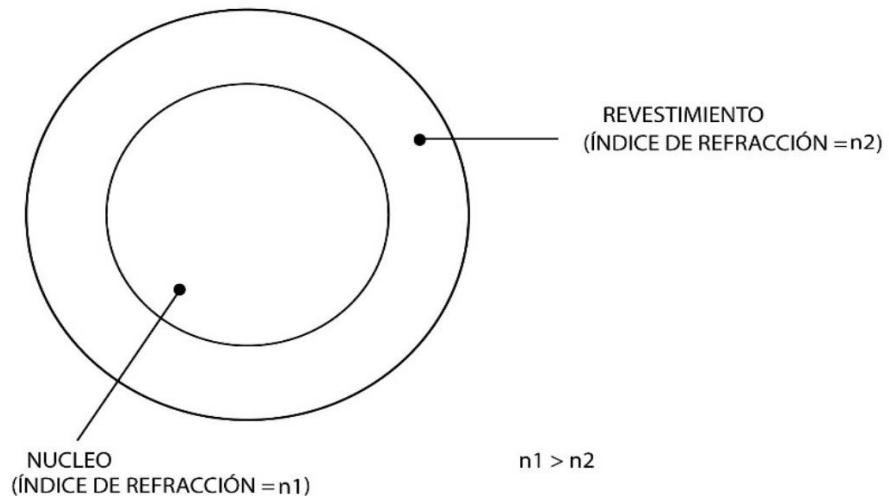
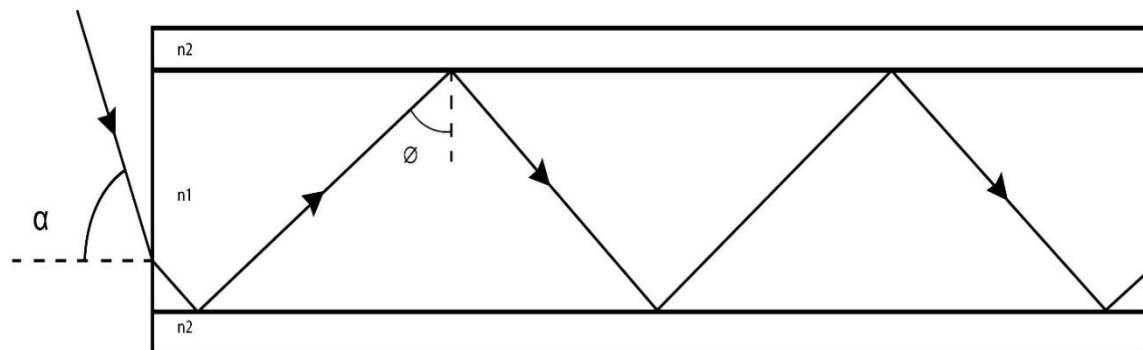


Figura 7. Rayo viajando a lo largo de una fibra



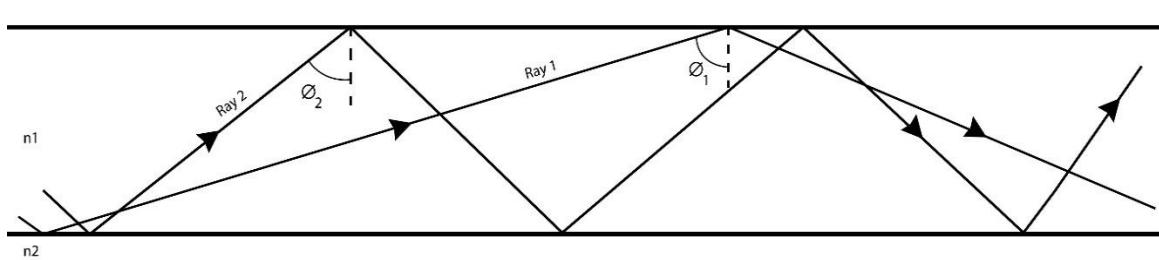
Solamente aquellos rayos que tengan un ángulo Θ (ver Figura 7.) más que el 'ángulo crítico' serán reflejados internamente. Todos los demás rayos se perderán en última instancia después de viajar una corta distancia por la fibra.

El ángulo de aceptación se define como el ángulo máximo con respecto al eje de la fibra en el que un rayo que ingresa en la fibra (ángulo α en la figura 7.) experimentara una reflexión interna total en la fibra. Término comúnmente utilizado en los fibro ópticos, la apertura numérica (N.A) es igual al seno del ángulo de aceptación y es una función de n_1 y n_2 .

A medida que la luz se propaga (es decir, se desplaza) hacia abajo de la fibra, incluso aquellos rayos que están totalmente reflejados interiormente sufrirán una reducción de intensidad llamada "atenuación". La razón principal de esta attenuación es la presencia de impurezas en el material de fibra, que causan que la luz sea absorbida o dispersada en un ángulo aleatorio. Mucho esfuerzo de investigación se ha dedicado a reducir la cantidad de estas impurezas, y se han hecho grandes avances en esta área en los últimos años. La attenuación de la fibra varía con la longitud de onda de la luz, por lo que cada material tiene una longitud de onda óptima que es menos atenuada y, por lo tanto, se utiliza normalmente para transmitir señales. Las fibras de vidrio tienen esta longitud de onda óptima en la región infrarroja del espectro, mientras que las fibras plásticas, como las proporcionadas por el entrenador, muestran una attenuación mínima de longitudes de onda más lejanas en el espectro visible.

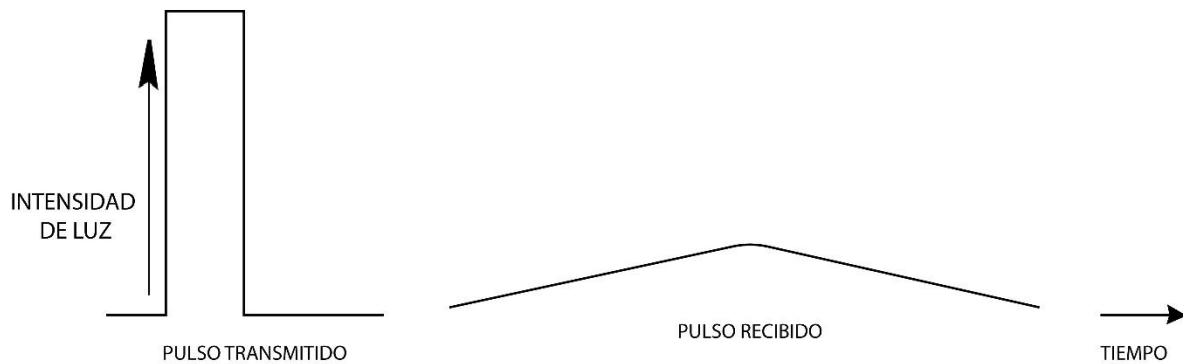
Otro impedimento de la señal, además de la attenuación, se llama dispersión. Este efecto limita la frecuencia más alta que puede transmitirse a través de una cierta longitud de fibra, y una de sus causas (llamada dispersión "modo" *) resulta del hecho de que hay diferentes longitudes de trayecto para cada rayo aquellos rayos con valores mayores de Θ (véase la figura 8.) se desplazan menos que aquellos con valores Θ más pequeños. Puesto que la luz de una fibra contiene rayos con todos los ángulos hasta el ángulo crítico, el tiempo de llegada al receptor de un impulso corto transmitido se extenderá a lo largo de un tiempo que está determinado por las longitudes de trayectoria sobre las que viajan los rayos individuales, la velocidad de la luz es la misma en todas las direcciones (véase la figura 9)

Figura 8. Diferentes ángulos significan diferentes distancias



LA LONGITUD DEL RAYO 1 ES MENOR QUE LA LONGITUD DEL RAYO 2, YA QUE $\Theta_1 > \Theta_2$

Figura 9. Efecto de la dispersión en un pulso de transmisión corto



El término "modo" resulta de aplicar la teoría de ondas electromagnéticas a la fibra, y esta teoría ofrece una imagen más matemáticamente completa que la representación del rayo de luz. Sin embargo, la óptica de rayos se utiliza a lo largo de este texto, ya que son más adecuados para ilustrar los principios básicos de la propagación de la luz en una fibra.

Si dos impulsos cortos se transmiten uno tras otro en rápida sucesión, entonces el ensanchamiento de cada impulso puede hacer que los dos se solapen en el receptor (véase la figura 10.). Este ejemplo ilustra cómo la dispersión limita la frecuencia a la que pueden detectarse los impulsos, ya que la señal recibida en la figura 10. no pudo ser fácilmente identificada como generada a partir de dos pulsos separados. Sin embargo, hay un fenómeno llamado "modo de mezcla", que reduce los efectos de la dispersión de modo. Como su nombre lo indica, la mezcla de modos es el intercambio de modos de orden superior (es decir, rayos con ángulos menores θ en la figura 7.) y modos de orden inferior (rayos con ángulos mayores θ) en la interfaz núcleo / revestimiento debido a la presencia de las imperfecciones de la fibra, reduciendo así la disparidad de tiempo de llegada. (En las figuras 9. y 10, la forma de los impulsos recibidos se ha exagerado en orden para ilustrar mejor los efectos de degradación de la dispersión. Un valor típico del modo de dispersión (D) para una fibra de índice de paso es 25ns/km, lo que resulta en un ancho de banda eléctrico de 3dB (B) de 15MHz.km, como $B=0.375/D$).

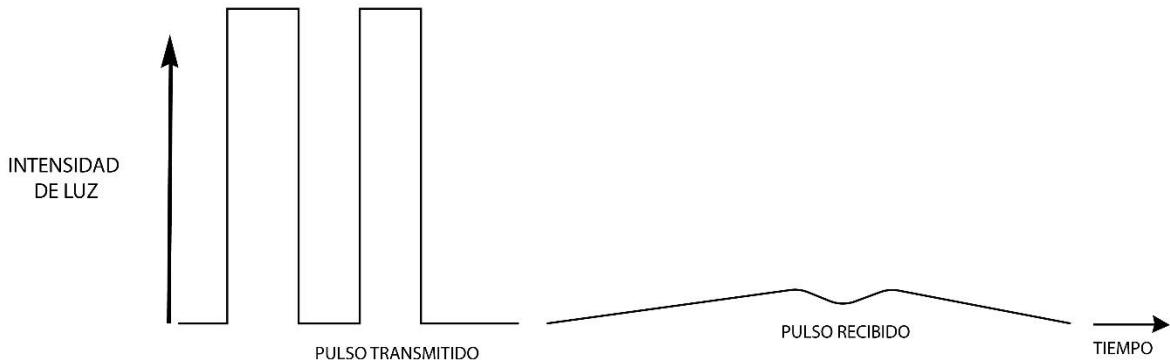
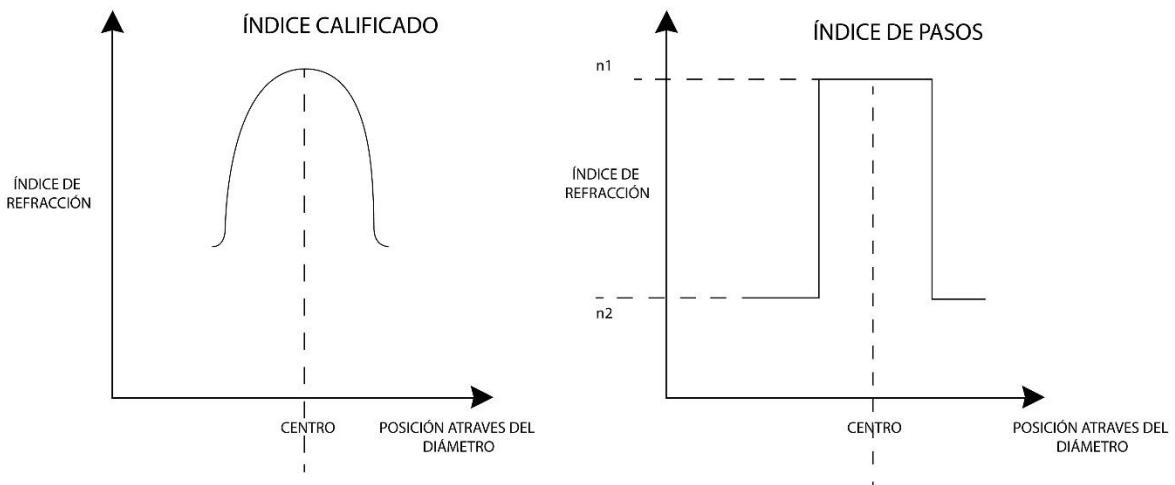


Figura 10. Efectos de la dispersión en dos pulsos sucesivos de transmisión corta

La segunda causa principal de dispersión se debe al hecho de que el índice de refracción de un material y la velocidad de la luz en ese material varía con la longitud de onda de la luz. Puesto que todas las fuentes de luz emiten un intervalo (aunque sea pequeño) de longitudes de onda, entonces un impulso de transmisión corto se extenderá, como en el ejemplo anterior, cuando se desplaza por la fibra, porque los diferentes componentes de longitud de onda del signo luminoso viajarán a velocidades diferentes. Este tipo de dispersión, que se denomina dispersión de material, tiene un efecto comparativamente pequeño en fibras de índice de paso en relación con la dispersión de modo. (La dispersión del material es proporcional al ancho de línea del dispositivo, y es típicamente 80ps / nm / km lejos de una fibra de sílice a 900nm de longitud de onda). En cuanto al tipo de fibra suministrada con el Educador de fibra óptica (es decir, índice de paso, núcleo de plástico / revestimiento de plástico), los efectos de dispersión son insignificantes en relación con la atenuación.

Con el fin de reducir sustancialmente los efectos de la dispersión en modo, se ha desarrollado una fibra de "índice calificado". En este tipo de fibra, el índice de refracción disminuye gradualmente lejos del centro (véase la figura 11.). Esto hace que la fibra actúe como una lente continua, y los rayos de luz viajan en curvas en lugar de líneas rectas (Ver Fig. 12.). Los diámetros de núcleo típicos de esta fibra son más pequeños que los de índice de paso lejano, y están en la región de 50 micras. (Un micrón es igual a una millonésima parte de un metro, y hay aproximadamente 25 micras en una milésima de pulgada). El diámetro general típico de una fibra de índice graduada es 125 micras.

Figura 11. Perfiles de sección transversal de fibras de índice calificado e índices de paso



Puesto que la luz viaja más rápido en regiones de índice de refracción inferior, los rayos que viajan la mayor distancia en una fibra de índice graduada también viajan a la velocidad más alta. Este efecto tiende a igualar el tiempo de desplazamiento de los diferentes rayos, reduciendo así la cantidad de dispersión. (Un valor típico de la dispersión del modo para una fibra de sílice índice graduada es 0.5ns / km, resultando en un ancho de banda eléctrico de 3dB de 750MHz.km). Se utilizaron fibras de índice graduadas en los sistemas de transmisión de larga distancia de "primera generación".

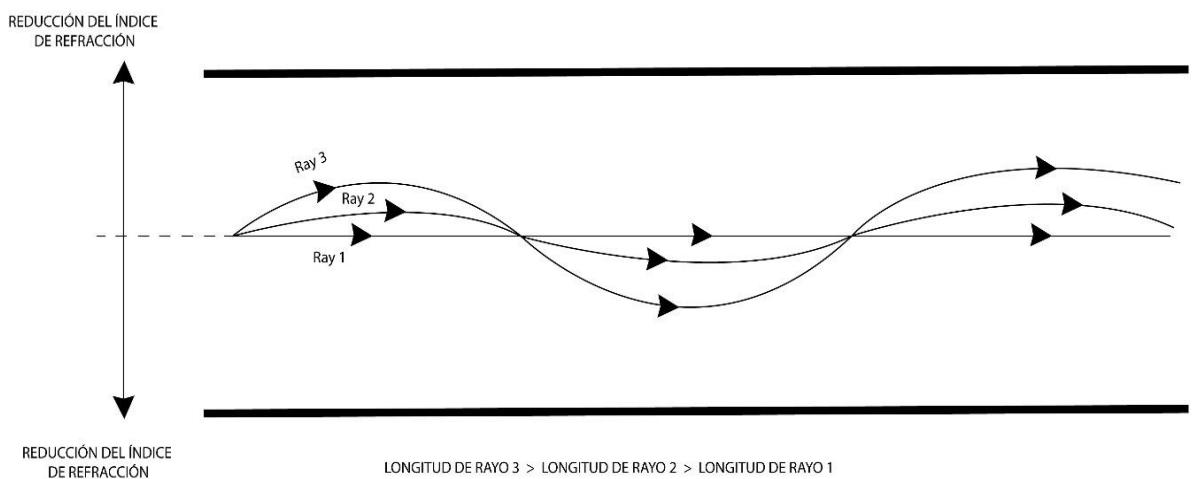


Figura 12. Tres rayos que viajan en una fibra de índice graduado

Un tercer tipo de fibra, llamado "modo singular" (a veces llamado "monomodo"), exhibe una dispersión muy baja. La fibra monomodo tiene un diámetro de núcleo tan pequeño que sólo se permite que un solo "rayo", el central, se desplace por su longitud y, por lo tanto, se elimine la dispersión de modo. Se pueden transmitir altas velocidades de datos y, por lo tanto, grandes cantidades de información, en este tipo de fibra, aunque su pequeño diámetro (típicamente 9 micras) significa que el lanzamiento de luz en la fibra (para la cual se debe usar un láser) requieren técnicas especiales.

Las longitudes de onda que se han utilizado para los sistemas de larga distancia de primera generación región de 900nm (llamada la "primera ventana", ya que es la longitud de onda más corta que se utiliza para transmisión), debido a la pérdida relativamente baja de la fibra y la disponibilidad inmediata de dispositivos de transmisión y recepción adecuados a estas longitudes de onda. Para los sistemas de segunda generación, también se utilizó la región de 1300 nm, ya que la fibra presenta una atenuación muy baja a esta longitud de onda. Los sistemas de tercera y mayor generación operan a longitudes de onda aún más largas, como 1550nm, donde la dispersión del material se aproxima a cero, lo que permite rutas de datos extremadamente largas no repetidas cuando los láseres se usan junto con fibra monomodo. En estos sistemas, a menudo se transmiten varias señales ópticas por una fibra usando técnicas de multiplexación por división de longitud de onda (WDM).

4.4.2.2 Dispositivos emisores de luz

En los sistemas de fibra óptica se usan dos tipos de dispositivos emisores de luz que son: diodos emisores de luz (led) y diodos laser.

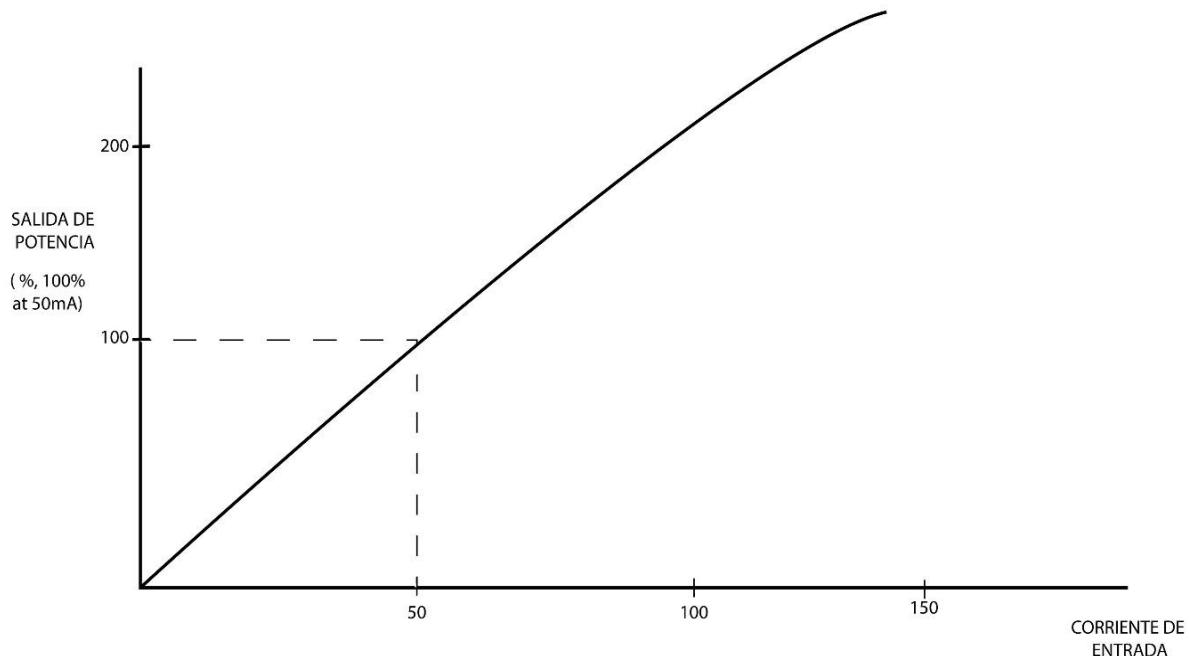
4.4.2.2.1 Diodos led

Los diodos led utilizados para fibra óptica son similares a los utilizados para las aplicaciones de "indicación" de luz, pero tienen dos propiedades especiales:

1. su radiancia (es decir, potencia de salida por ángulo de salida por unidad de área) debe ser alta para lanzar una intensidad de luz adecuada en una fibra.
2. los tiempos de subida y bajada deben ser pequeños si se van a transmitir altas velocidades de datos.

La figura 13. muestra la salida de potencia contra la entrada de corriente para un led típico. Para corrientes pequeñas, la relación potencia corriente es aproximadamente lineal, pero la eficiencia de salida se reduce cuando la corriente se incrementa más allá de un cierto valor. En la transmisión digital, la corriente a través del led se pulsa, dando los impulsos de luz correspondientes en el led de salida.

Figura 13. Potencia contra corriente para led típico

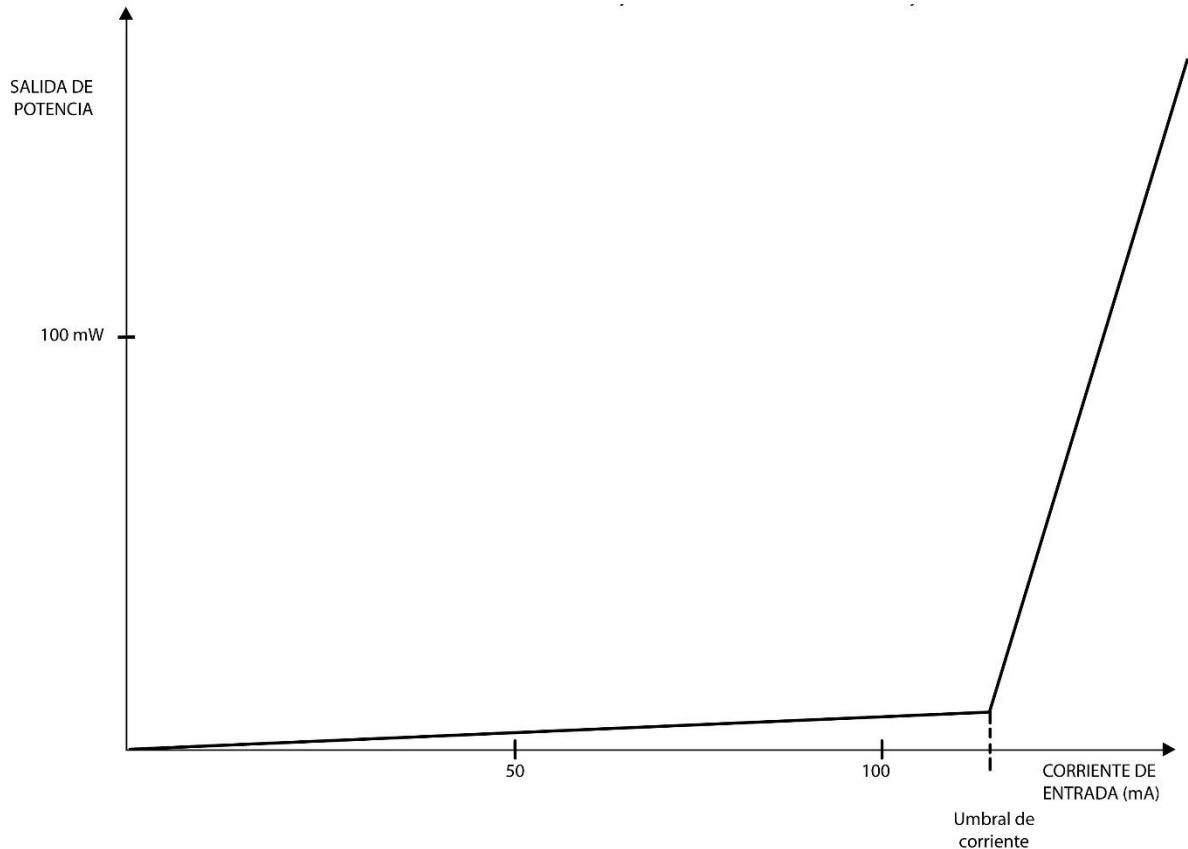


4.4.2.2.2 Lasers

Los diodos láser semiconductores producen una salida de intensidad más alta que los led y pueden normalmente ser modulados a frecuencias más altas. Sin embargo, son más caros y más complicados de conducir que los led y por lo tanto se usan comunicaciones de datos de alta velocidad y / o de larga distancia. La figura 14. muestra una típica curva de potencia / corriente en un diodo láser. Debajo de una cierta corriente, llamada corriente de umbral, la potencia de salida es relativamente pequeña, puesto que el dispositivo está funcionando principalmente como un l.e.d. por encima de la corriente de umbral, comienza a producirse el láser y la potencia de salida aumenta dramáticamente. Un nivel de potencia óptica típico iniciado en una fibra por un láser está en la región de 10 mili Watts (es decir, diez milésimas de vatio).

Dado que la potencia de salida óptica para un láser varía tan bruscamente con la corriente, es esencial proporcionar retroalimentación óptica desde la salida del dispositivo para detectar el valor de la corriente de umbral. Este hecho hace que el diseño del circuito del controlador del láser sea relativamente complejo en comparación con el diseño del conductor led.

Figura 14. Potencia contra corriente para laser semiconductor típico



El ancho de línea espectral de un láser es típicamente un factor de unos pocos cientos menos que el de un led y por lo tanto se reducen los efectos de dispersión de material (véase la Sección 4.4.2.1), lo que hace que los dispositivos láser sean más adecuados que las aplicaciones de alta frecuencia. (Un láser tiene un ancho de línea típico de 0,1 nm en comparación con 50 nm para un led).

4.4.2.3 Dispositivos de recepción de luz

Existen dos tipos principales de dispositivos utilizados en la detección de señales de comunicaciones ópticas diodos y diodos de avalancha. Los fototransistores también se utilizan en un número limitado de aplicaciones.

4.4.2.3.1 Diodos P-i-n

Los diodos pin (diodos pin pronunciados) se llaman así debido a la composición química de los dispositivos: un material "intrínseco" se intercala entre material "positivo" y "dopado negativamente". Un voltaje de polarización inversa típicamente de 5 a 10 voltios se aplica al dispositivo para reducir su capacitancia y asegurar tiempos rápidos de subida y de caída de la señal. Cuando la luz golpea el área

activa, cada fotón de luz libera un electrón que contribuye a la corriente eléctrica a través del diodo. Por lo tanto, la corriente es proporcional a la intensidad de la luz, y una relación de conversión típica es de 0,5 Amperios por vatio a 900 nm de longitud de onda para un dispositivo de silicio. El área activa del diodo de recepción debe ser mayor que el área de núcleo de la fibra para asegurar pérdidas de acoplamiento mínimas.

4.4.2.3.2 Diodos de avalancha

Los diodos de avalancha tienen una mayor sensibilidad que los dispositivos de pin, pero son más complejos de conducir. El término «avalancha» se deriva del hecho de que un fotón de luz entrante libera un electrón (como en el caso del diodo pin), pero este electrón se acelera a una alta velocidad por un campo eléctrico fuerte y se liberan electrones por colisiones con los de alta velocidad. Los diodos de avalancha proporcionan por lo tanto corriente y tienen un factor de conversión típico de 100 amperios por vatio a 900 nm de longitud de onda. Con el fin de producir el campo eléctrico alto, debe aplicarse al dispositivo una tensión del orden de 100 Voltios. Debido al hecho de que la ganancia de un diodo de avalancha es una función que cambia rápidamente con la tensión aplicada, un control de realimentación debe normalmente ser incorporado en el circuito de alta tensión.

Los receptores de diodos de avalancha son típicamente cincuenta veces más sensibles que sus homólogos de diodo pin. A modo de ejemplo, un receptor de diodo de avalancha que funciona a 10Mbit/s (es decir, 10 millones de bits por segundo) puede tener una sensibilidad de hasta 1nW (es decir, una milésima de millonésima de un vatio), mientras que un diseño de diodo pin similar sólo puede funcionar hasta un nivel de potencia óptica recibido de 50nW. Sin embargo, se han diseñado receptores sofisticados basados en diodos con formas especiales de construcción (utilizando tecnología de película gruesa en lugar de componentes discretos) con sensibilidades que se aproximan a las de los circuitos de diodo de avalancha, que se aplican especialmente en receptores de longitud de onda más largas más difícil de fabricar.

4.4.2.3.3 Fototransistores

En un fototransistor, la corriente, es producida por los fotones de luz que caen sobre el material sensible liberando electrones, esta es amplificada por la acción normal del transistor. Esta amplificación interna puede resultar en un circuito receptor más simple que con el diodo pin, pero el fototransistor muestra un rendimiento inferior al diodo pin por las siguientes razones:

- es más 'ruidoso'
- su respuesta en frecuencia es menor

- da una salida significativa incluso si no hay luz cayendo sobre ella (es decir, tiene un alta 'corriente oscura')

Por lo tanto, los fototransistores sólo se utilizan en aplicaciones que impliquen bajas frecuencias y altos niveles de señal óptica recibidos.

4.4.2.4 LED controladores y receptores frontales

4.4.2.4.1 Led conductores

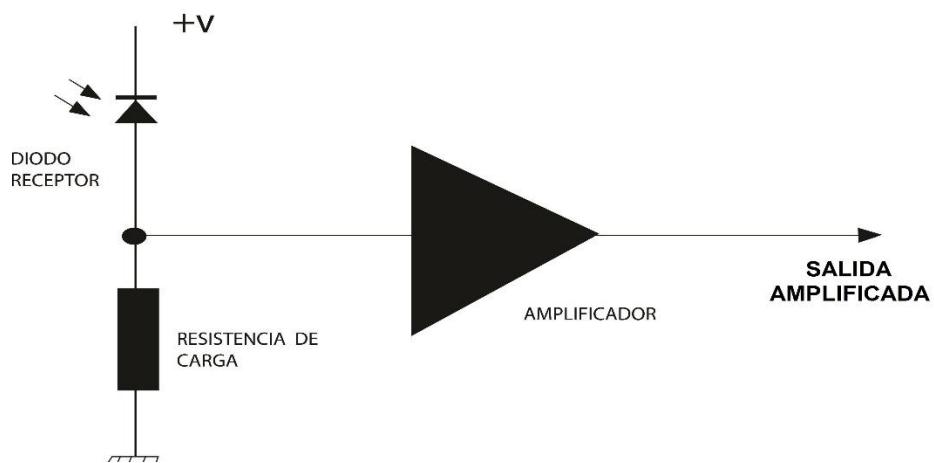
Para pulsar el led para la transmisión digital, puede usarse un controlador periférico TTL estándar (tal como el 75452) o el colector de un transistor discreto. La transmisión analógica se puede implementar usando un transistor en una configuración de 'emisor-seguidor' con el led conectado al colector, y proporcionando un sesgo de corriente al dispositivo.

4.4.2.4.2 Receptores frontales

Existe una variedad de diseños de circuitos receptores front-end, y los dos tipos comúnmente usados son los diseños de "baja impedancia" y "transimpedancia".

El circuito de baja impedancia consiste en una carga resistiva a través de la cual la corriente de diodo genera una tensión (véase la figura 15.). Este voltaje es entonces amplificado por métodos estándar. Una desventaja del circuito de baja impedancia es su respuesta de frecuencia limitada, que resulta de la combinación de la capacitancia de diodo junto con la resistencia de la carga.

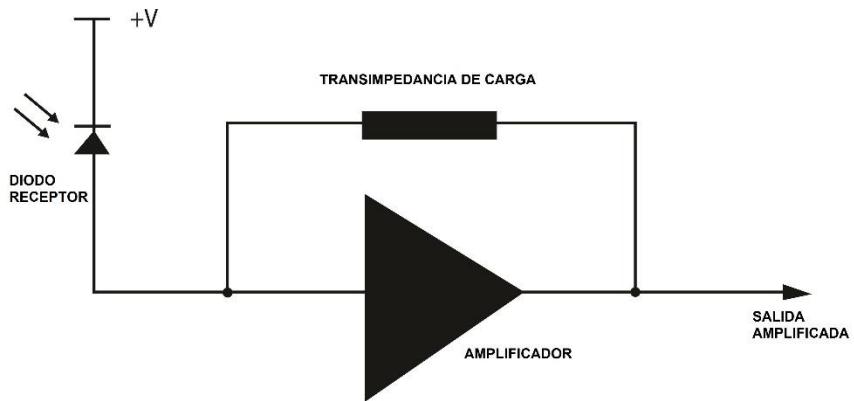
Figura 15. Diseño de receptor de baja impedancia



Para superar el problema de la respuesta de baja frecuencia y también para lograr una sensibilidad relativamente alta, se utiliza un diseño de transimpedancia. Este circuito es similar al circuito de baja impedancia descrito anteriormente, pero la

resistencia de carga forma ahora el bucle de realimentación en un amplificador (véase la figura 16.), y su resistencia efectiva para las consideraciones de ancho de banda se reduce en un factor igual a la ganancia del circuito abierto del amplificador. El valor más alto de resistencia de carga que es posible con el diseño de transimpedancia da como resultado una mayor sensibilidad porque el ruido térmico de la resistencia de carga es proporcional a la raíz cuadrada de R , mientras que la señal varía con R , por lo que la relación (señal / ruido) aumenta con la raíz cuadrada de R .

Figura 16. Diseño de receptor de transimpedancia



Un tercer tipo de receptor frontal se conoce como el diseño de "alta impedancia" y esto también muestra una alta sensibilidad. El circuito de extremo delantero es similar al de la figura 15, el diseño de baja impedancia, pero la resistencia de carga tiene un valor relativamente alto y por lo tanto limita seriamente la respuesta de frecuencia. Sin embargo, el ancho de banda requerido es restaurado por un filtro especial de "ecualización" amplificador.

4.4.2.5 Conectores, cables y componentes pasivos

4.4.2.5.1 Conectores

El principio de todos los conectores de fibra óptica es alinear dos fibras para que una cantidad máxima de luz se transmita de una a la otra. Existe poco problema en conectar fibras de plástico con diámetros relativamente grandes (por ejemplo, la fibra de 1 mm de diámetro suministrada con el entrenador) pero las fibras de vidrio utilizadas para las telecomunicaciones de larga distancia son de aproximadamente 10 μm (igual a un centésimo de mm) de diámetro y requieren métodos de alineación extremadamente precisos.

Los conectores pueden dividirse en dos grupos:

1. Conectores desmontables, que están diseñados para ser conectados y desconectados cuando sea necesario.

2. Conectores permanentes, que están diseñados para ser conectados sólo una vez y permanecen en la posición de forma permanente.

Los conectores ópticos desmontables para fibras de vidrio contienen mecanismos de alineación muy precisos, que incorporan dispositivos tales como férulas de precisión, barras miniatura o rodamientos de bolas. Los conectores permanentes se basan normalmente en juntas de fusión o métodos de alineación mecánicos geométricos tales como un manguito o una ranura en V. las uniones de fusión implican alinear los extremos de la fibra aproximadamente y luego aplicar un arco eléctrico que licua los extremos y los une con precisión utilizando las fuerzas de tensión de la superficie, al tiempo que controla la pérdida de inserción. Las juntas de manguito utilizan un sistema de férula cónico y las juntas de ranura en V se basan en un bloque que contiene una ranura en V de dimensiones transversales similares a la fibra. La fijación de los extremos en posición de estos métodos de alineación mecánica implica el uso de cemento epóxido especial, o puede utilizarse fluido de ajuste de índice para conexiones no permanentes.

Debido a las dificultades de producción de conectores desmontables de precisión, sus pérdidas ópticas (típicamente 0.25dB) son más altas que las de los conectores permanentes estándar (normalmente 0.1dB).

4.4.2.5.2 Cables ópticos

El propósito de un cable es agrupar varias fibras, darles protección mecánica, resistencia y proporcionar, en algunos casos, cables de cobre para alimentar el equipo repetidor. Una consideración importante en el diseño de cable es asegurar que la atenuación de las fibras no sea aumentada significativamente por la presión de las paredes de cable en el exterior de las fibras. Esta presión puede causar pequeñas distorsiones a la fibra, llamada micro-flexión, resultando en la pérdida de luz.

Los cables de telecomunicaciones típicamente contienen varias fibras y a menudo usan acero o un material no metálico resistente especial llamado Kevlar para mejorar la de resistencia.

4.4.2.5.3 Componentes ópticos pasivos

Los equivalentes ópticos de las uniones eléctricas "T" y "Estrella" se utilizan ahora ampliamente en redes de comunicaciones ópticas. También se utilizan ampliamente acopladores / filtros ópticos para aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) y demultiplexación. La transmisión de dos vías por una única fibra es común y esto puede llevarse a cabo utilizando un acoplador filtro (Y) y dos longitudes de onda, tales como 1310nm y 1550nm o alternativamente 850nm y 1310nm, con una longitud de onda para cada dirección de transmisión.

4.4.3 Aplicaciones no relacionadas con las telecomunicaciones de fibra óptica

La tecnología de fibra óptica se puede utilizar para muchos tipos de aplicaciones fuera del campo de las telecomunicaciones. Éstas incluyen:

1. Iluminación, es decir, el transporte de luz de una fuente a una o más localizaciones con fines de iluminación;
2. Transmisión de imagen "coherente", mediante la cual se transmite una imagen producida por lente a través de un haz de fibras.
3. Detección de fenómenos físicos tales como vibraciones o campos electromagnéticos, utilizando sus efectos sobre la transmisión de luz a través de una fibra.

Éstos se describen con más detalle en las siguientes secciones.

4.4.3.1 Iluminación

Existen muchos ejemplos del uso de fibra óptica para fines de iluminación:

1. iluminación del panel del automóvil, donde se usan haces de fibra para canalizar la luz desde una fuente de luz central a varios puntos en el panel frontal.
2. sensores de luz de freno en el coche que incorporan enlaces de fibra de las luces de freno a los puntos en el panel del conductor. Con este sistema el conductor puede detectar fácilmente si las luces de freno del coche están trabajando.
3. las lámparas que estén diseñadas para iluminar objetos situados en posiciones incómodas. Estos sistemas de iluminación contienen un haz de fibras encerrado dentro de un brazo flexible, lo que permite un posicionamiento preciso del haz de luz.

Prácticamente todas las aplicaciones de iluminación de la fibra óptica utilizan haces de fibras, que están formados por muchos hilos de fibra óptica estrechamente empaquetados que permiten transmitir una intensidad de luz relativamente alta desde un extremo de haz a otro. Las pérdidas ópticas de estas fibras pueden ser relativamente altas, ya que las longitudes de haz típicas son pequeñas (usualmente menos de 5 metros).

4.4.3.2 Transmisión de imágenes "coherente"

El principal ejemplo de un sistema de transmisión de imágenes "coherente" es un endoscopio, un instrumento utilizado en el campo médico para observaciones de órganos internos que son normalmente inaccesibles. El endoscopio utiliza una

forma especial de haz de fibra óptica, en el que todas las fibras mantienen sus posiciones relativas a lo largo de toda la longitud del haz, de ahí el término «coherente». Una imagen se proyecta en un extremo del tubo de luz del endoscopio usando un sistema de lentes, y esta imagen mantiene su forma a medida que pasa a través del haz y se ve en el otro extremo a través de un ojo. El endoscopio también utiliza un haz de fibras para transportar luz desde una fuente en el extremo de visualización, para proporcionar iluminación al objeto.

4.4.3.3 Detección de fenómenos físicos

Algunas excitaciones modifican las señales ópticas y estas excitaciones pueden detectarse mediante el control de la luz afectada que emana de un extremo de la fibra. Por ejemplo, la vibración de una longitud de fibra hace que la atenuación y por lo tanto la intensidad de la luz recibida, oscilen a la frecuencia de vibración. Además, someter materiales especiales a un campo eléctrico o magnético fuerte causará cierta rotación del eje de polarización de la luz transmitida y si esta luz se lanza a un tipo especial de polarización manteniendo fibra mono modo, los cambios pueden ser detectados en el receptor. Estos efectos pueden ser utilizados en los diseños de instrumentos científicos.

4.4.3.4 Otras aplicaciones no relacionadas con las telecomunicaciones

Se están implementando varios tipos de aplicaciones de la fibra óptica. Los ejemplos son:

1. sistemas de alarma antirrobo, donde la ruptura de un enlace de fibra activa una alarma. Las fibras tienen la ventaja de ser extremadamente difíciles de "pasar", mientras que esto puede hacerse con bastante facilidad con un sistema eléctrico.
2. Medición de magnitudes ópticas, tales como transmisión, reflexión, intensidad y fosforescencia.

Los productos de fibra óptica se han convertido en una característica común en numerosas aplicaciones, tanto en las áreas de telecomunicaciones como de no telecomunicaciones.

4.4.4 Tecnología de la información-introducción

Tecnología de la Información (T.I) es el nombre dado a los sistemas modernos usados para procesar y comunicar datos. En los últimos años, los dos principales componentes que se incluyeron en esta definición fueron las grandes empresas y la red telefónica pública. Estas computadoras centrales y minicomputadoras, sólo fueron utilizados por grandes empresas industriales y organizaciones para aplicaciones como bases de datos, contabilidad y procesamiento científico.

Durante las últimas décadas, se han producido importantes innovaciones en el diseño y la producción de los dispositivos electrónicos, los bloques de construcción fundamentales de sistemas T.I. son más eficientes debido a su tamaño significativamente menor, operan a velocidades mucho más altas, consumen cantidades menores de energía eléctrica y cuestan mucho menos que los dispositivos de años atrás. Los resultados de estos avances han sido dramáticos: sistemas electrónicos más pequeños, como ordenadores portátiles y teléfonos móviles, se han convertido en objetos de uso común y los pequeños procesadores están ahora incluidos en una amplia variedad de productos.

T.I., La combinación de la tecnología y las telecomunicaciones está teniendo ahora un gran impacto en la industria, el gobierno y el hogar, especialmente a través de las aplicaciones de Internet.

4.5 Apéndices

4.5.1 Apéndice A. Entrenador transmisor y receptor-breve descripción técnica

4.5.1.1 Transmisor

La figura 17. muestra un diagrama de bloques de los circuitos de transmisión de la fibra óptica del entrenador.

Cuando el transmisor está en el modo analógico, la intensidad de luz de los diodos emisores es directamente proporcional a la señal de tensión de entrada (más un sesgo de CC). En el modo digital, la salida óptica es ON u OFF, dependiendo del estado de la señal de voltaje de entrada.

La amplificación analógica es proporcionada por amplificadores operacionales MOS, alimentados por una sola tensión de alimentación. Ambas entradas analógicas están en la misma fase.

El led Conductor produce una corriente a través de los diodos emisores que es proporcional a la tensión de entrada. Esto se logra utilizando una configuración seguidora de emisor, con los diodos conectados en serie en el colector del transistor de salida.

En la sección digital, cada entrada tiene un disparador Schmitt y la entrada de tensión RS232 es opuesta en fase a las entradas TTL y CMOS. El generador pseudoaleatorio contiene un registro de desplazamiento de 7 bits pulsado en la salida de la sexta y séptima etapas. Estos grifos están conectados a una puerta OR exclusiva, cuya salida es alimentada a la primera etapa del registro.

El detector de umbral es un dispositivo que tiene una salida de dos estados, dependiendo de la tensión de entrada. Cuando la tensión de entrada está por debajo

de un umbral, entonces la salida es LOW, y cuando la entrada es mayor que este voltaje umbral, la salida se convierte en HIGH.

4.5.1.2 Receptor

La figura 18. Muestra un diagrama de bloques del receptor del educador de fibra óptica.

Cuando el receptor está en el modo analógico, las señales de salida analógicas son directamente proporcionales a la señal de entrada a. Señal óptica. En el modo digital, las señales digitales de salida están en ON u OFF, dependiendo del nivel de la señal óptica recibida y también del ajuste del control digital de sensibilidad de umbral.

El amplificador de transimpedancia (véase la sección 4.4.2.4.2) incorpora un conmutador CMOS en la trayectoria de realimentación, que cierra la corriente continua. Cuando el receptor está en modo analógico, reduciendo así la probabilidad de sobrecarga del receptor.

Se utiliza un amplificador de potencia de clase B para accionar el altavoz y también la salida de baja impedancia. Cuando se conecta esta salida, el altavoz se apaga automáticamente.

La salida de tensión RS232 es opuesta en fase a las salidas CMOS y TTL. Para que los niveles de tensión RS232 funcionen, debe conectarse la alimentación de tensión negativa. Si este suministro adicional no está presente, la tensión en el zócalo RS232 corresponderá a una señal de salida CMOS invertida.

La sensibilidad variable en la parte digital de la circuitería se consigue mediante un control de umbral de tensión en el comparador digital. (El comparador, es muy similar al detector de umbral del transmisor, que se describe brevemente en la sección 4.5.1.1).

El ruido eléctrico en las salidas analógicas (que resulta en un silbido de nivel bajo en el altavoz con una ganancia analógica alta) se debe principalmente al ruido térmico de la resistencia de transimpedancia de $5M\Omega$. Este ruido no es, sin embargo, un factor importante en la determinación de la sensibilidad de los circuitos digitales. Dado que el circuito digital funciona a una frecuencia de d.c, está acoplado en d.c y las causas dominantes que limitan su sensibilidad son los amplificadores de corriente continua y los diodos receptores de corriente oscura.

Figura 17. Diagrama de bloques del transmisor del educador de fibra óptica

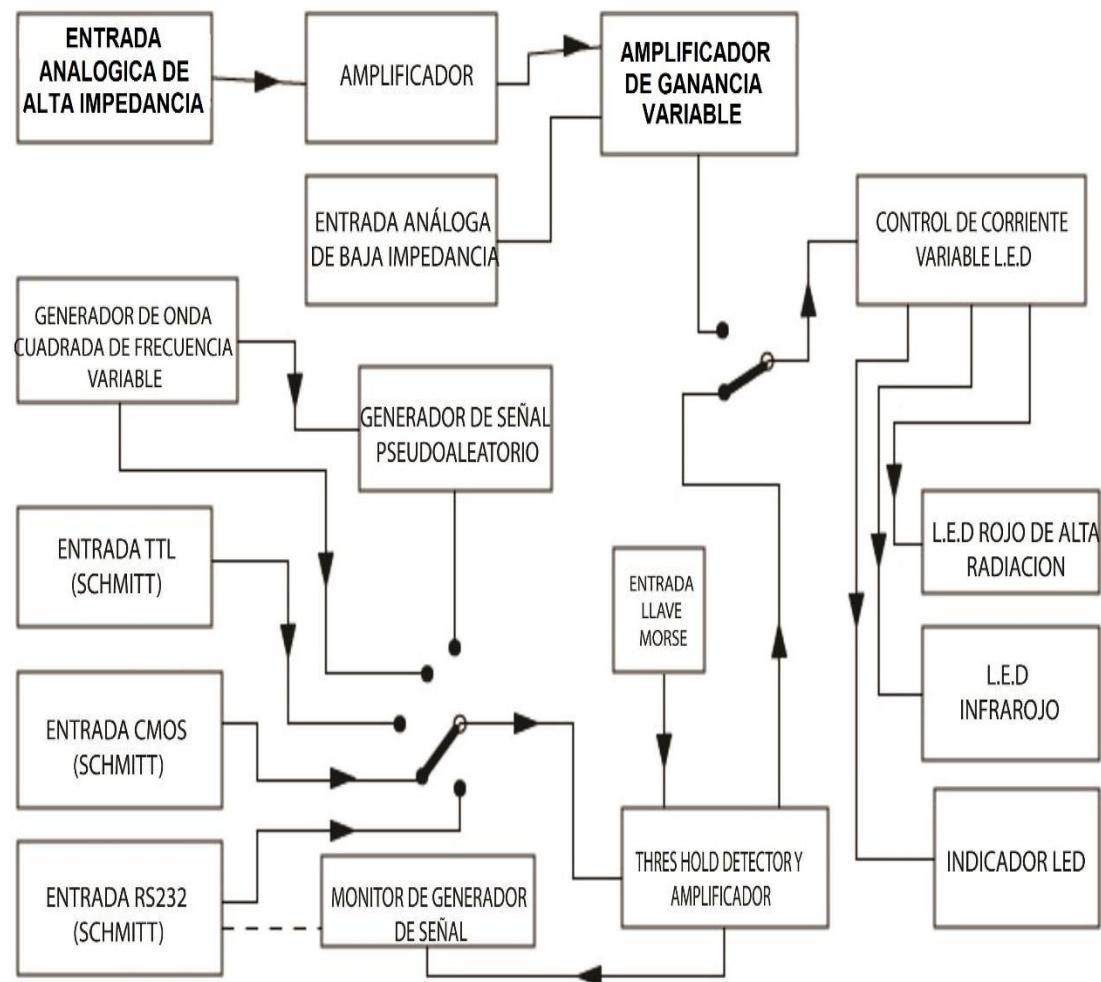
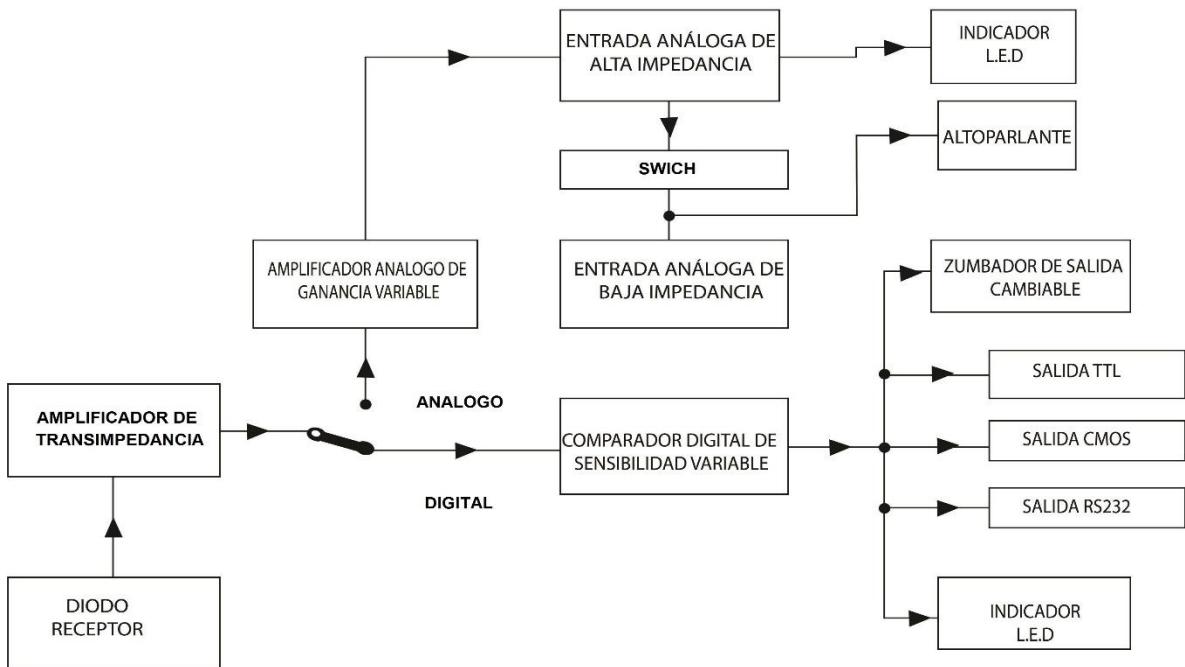


Figura 18. Diagrama de bloques del receptor del educador de fibra óptica



4.5.2 Apéndice B. especificaciones del educador

4.5.2.1 Combinación transmisor /receptor

Ancho de Banda

Analógico: 25Hz a 25kHz (3dB puntos)

Digital: d.c para 20kBit / s

Rango para transmisión analógica (mejor que 40dB S.N.R.): 25dB

Rango para transmisión digital (mejor que 1 en 10^9 tasa de error): 25dB

(Los intervalos de transmisión anteriores son para un enlace de fibra, con el alto brillo rojo, es decir que se utiliza para encender la luz en una fibra de plástico de 1 mm).

Medida de Rango de Atenuación

Método estándar 1: 25 dB

Método estándar 2: 30dB

Método de pérdida alta 1: 40dB

Método de pérdida alta 2: 50dB

Temperatura de funcionamiento Distancia: 0 ° C a 50 ° C

Conectores ópticos: AMP OPTIMIZADO * D N P

4.5.2.2 Transmisor

Energía típica lanzada en fibra plástica de 1 mm de alto resplandor rojo led: pico de 20 μ W (en el ajuste máximo) a la fuente de 9V.

Potencia de salida típica de infrarrojos led: 2 mW (en el ajuste máximo) a 9 V de alimentación.

Control variable de l.e.d: rango de 20dB (\pm 3dB), para alta luminosidad roja l.e.d.

Longitud de onda de salida máxima:

Rojo alto brillo l.e.d: 660 nm

Infrarrojo l.e.d: 940nm

Niveles de umbral de Schmitt:

TTL: 1.2V y 1.6V

CMOS: 2.8V y 3.8V

RS232: 0.35V y 0.8V (fase de salida óptica opuesta a TTL y CMOS)

Impedancia de entrada:

TTL: 4.7k Ω a + 3 V

CMOS: 5.2 k Ω a tierra

RS232: 4k Ω a tierra

Fase de Señal Digital:

Entrada 'marca' no da luz en la salida

Entrada 'espacio' da luz a la salida

Generador de señales:

- Generador pseudoaleatorio de 127 bits de longitud.

- Velocidad de bloqueo variable: 20Hz a 4.5kHz (para señal de onda cuadrada y pseudoaleatoria)

Velocidad de transmisión de datos máxima para menos del 10% de distorsión de ancho de pulso:

TTL: 0.5 MBit /s

CMOS: 100kBit /s

RS232: 0.5 MBit /s

Tiempos ópticos de subida y caída:

Rojo alto brillo led: Menos de 200 ns

Infrarrojo led: Menos de 1 μ s

Monitor de generador de señal:

- Nivel de tensión de aprox. 200mVpp

- Señal invertida

- Impedancia de salida 6kΩ. (El monitor puede terminar con una capacitancia de 1nF para minimizar el avance del reloj)

Ganancia de voltaje analógico:

Entrada de baja impedancia: 1 a 25

Entrada de alta impedancia: 4 a 100

Voltaje máximo en I.e.d. Sin recorte: 1vpp

Impedancia de entrada en tomas analógicas:

baja Z: 8Ω a tierra

Alta Z: 2 0kΩ, acoplada capacitivamente

Las entradas High Z y Low Z están en la misma fase y se invierten en relación con la salida óptica.

Respuesta de frecuencia analógica: 15Hz a 35kHz

* OPTIMATE es una marca registrada de AMP Incorporated

4.5.2.3 Receptor

Respuesta del amplificador de transimpedancia frontal (típica):

1 V por μ W a 660 nm

2V por μ W a 940nm

Tipo de fotodiodo: Silicon p-i-n

Ancho de banda digital: d.c a 20kBit / s (la tasa superior se puede extender a 100kBit / s a costa de ajustes de umbral más críticos)

Potencia mínima para una tasa de error superior a 1 en 10^9 : pico de 50nW a 660 nm
Voltaje de umbral digital variable: 30mV a 1.25V (correspondiente a 30 nW y 1.2 μ W respectivamente a 660nm)

Salidas digitales:

- TTL

- CMOS (nivel positivo determinado por la tensión de alimentación)

- RS232 (niveles positivos y negativos determinados por voltajes de alimentación).

La fase de RS232 es opuesta a TTL y CMOS.

Fan Out:

TTL: Fuente 1.5 mA, Lavabo 5mA

CMOS: Fuente 0.5mA, Sink 5mA

RS232: 470Ω impedancia de salida

Fase de Señal Digital:

La luz en la entrada da 'espacio' en la salida

Ninguna luz en la entrada da 'marca' en la salida

Respuesta de frecuencia analógica: Salida de alta Z: 15Hz a 35kHz

Salida de Z baja en más de 36Ω: 25Hz a 30kHz

Salida de Z baja en 8Ω: 90Hz a 30kHz

Potencia mínima para la relación señal / ruido de 40 dB:

50nWpp a 660nm

25nWpp a 940nm

Respuesta analógica típica a una longitud de onda de 660 nm con ganancia mínima:
Alta Z: 0.2 V / μ W, señal no invertida en relación con la entrada del transmisor. Bajo Z: 1.1 V / μ W, señal invertida en relación con la entrada del transmisor

Ganancia de voltaje analógico: rango de 30 dB

Impedancia de salida analógica: Alta Z: 1kΩ

Bajo Z: menos de 1Ω

Fase de Señal Analógica:

La salida Z alta se invierte respecto a la entrada óptica

La salida de Z baja no está invertida en relación con la entrada óptica

Potencia máxima en 8Ω (y en el altavoz) desde la entrada de salida baja: 0.25W con fuente de alimentación de 15V

Señal máxima a baja salida de Z a corriente de carga cero: 2.5Vpp

Señal máxima en salida High Z: 400 mVpp

Sobrecarga óptica a 660 nm:

sobrecarga en digital: 1.5 μ W

A.C. sobrecarga en analógico: 3 μ Wpp

D.C. sobrecarga en analógico: 30 μ W con fuente de alimentación de 9V

55 μ W con fuente de alimentación de 15V

(En la sobrecarga en modo analógico, el nivel de ruido aumenta significativamente)

4.5.2.4 Fuente de alimentación

Batería tipo PP3 de 9V

Opción de suministro externo d.c:

1) Transmisor + 9V a + 15V (corriente de 25 mA típico a 9V)

2) Receptor + 9V a + 15V (la corriente es de 25 mA típica a 9V)

y -9V a -15V (5mA) para la interfaz RS232

4.5.2.5 Características físicas

Dimensiones: 200 x 130 x 90 mm aprox. para cada unidad

Peso

Transmisor: 750 gramos aproximadamente.

Receptor: 900 gramos aproximadamente.

Si bien la información proporcionada es verdadera en el momento de la impresión, los pequeños cambios en la producción afectan el curso de la política de mejora de la compañía a través de la investigación y el diseño no puede estar indicado en las especificaciones.

4.6 MEDIDOR DE POTENCIA DE FIBRA ÓPTICA

4.6.1 Introducción

El medidor de potencia de fibra óptica Ellmax mide la potencia óptica media que emana de un cable con terminación SMA * y tiene un rango de medición de menos 1nW a 1mW y de -60dBm a 0dBm. Un puntero del medidor indica el nivel de potencia óptica recibido y este medidor tiene escalas lineales y dBm. Ejemplos del tipo de mediciones ópticas que se pueden hacer con el medidor son:

- a) niveles de potencia transmitida
- b) niveles de potencia recibidos mínimos y reales
- c) Medidas de atenuación de las rutas de cable
- d) monitoreo a largo plazo de la atenuación de la ruta, Utilizando la toma de salida del medidor.

Una escala de puntero se ha incorporado en el equipo a favor de una lectura digital, ya que una escala tiene una serie de ventajas:

- 1. es más fácil de leer de un vistazo
- 2. los niveles ópticos cambiantes se interpretan fácilmente en una escala de puntero
- 3. dBm y escalas lineales se pueden combinar en una escala de metro.

La ventaja principal de una lectura digital sobre una escala de puntero es que la precisión de lectura es mayor. Esta ventaja también se puede obtener con el medidor Ellmax conectando un DVM, ajustado a d.c, a la toma de salida del medidor, donde la lectura lineal a escala completa =1.00V.

El medidor está calibrado a una longitud de onda de 820nm, y la respuesta es relativamente plana entre 800nm y 850nm, variando menos del 4% entre estas longitudes de onda.

4.6.2 Equipo incluido con el medidor

El medidor de potencia de fibra óptica contiene los siguientes elementos:

- medidor
- 2.5mm conector libre
- cable con conector de 3.5mm a caimán. batería
- manual de instrucciones
- estuche de transporte

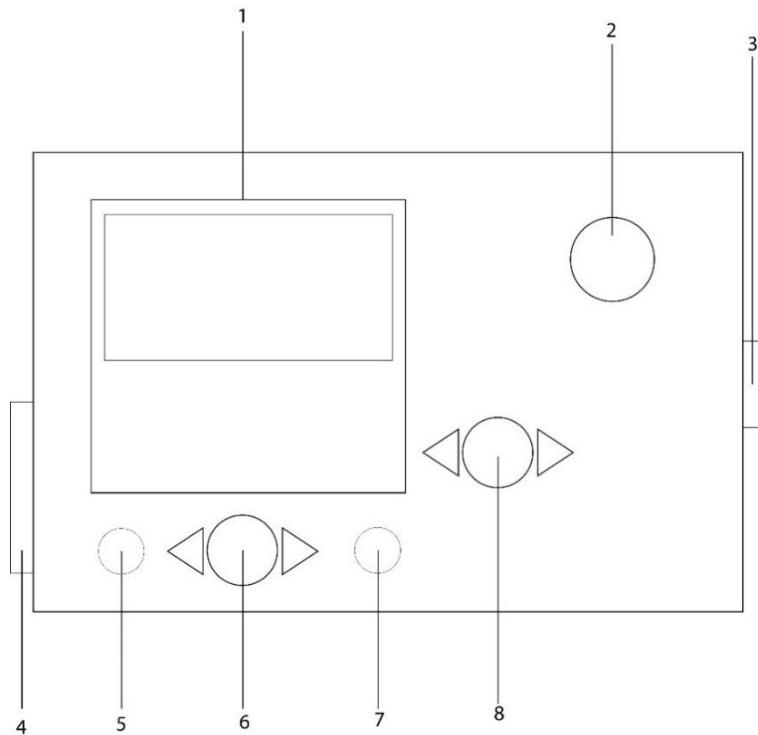
Figura 19. Equipo incluido con el medidor de potencia de fibra óptica



Fuente: Manual de Fibra Óptica ELLMAX

4.6.3 Medidor de Potencia de Fibra Óptica

Figura 20. Medidor de potencia y sus partes



1. Medidor analógico que muestra el nivel de potencia óptica recibido, con escalas dBm y de potencia lineal. También tiene indicador de comprobación de la batería.

2. Interruptor de rango rotatorio con seis ajustes de marcación:

dBm: -50, -40, -30, -20, -10, 0

escala completa lineal en vatios: 10nW, 100nW, 1µW, 10µW, 100µW, 1mW.

Para la lectura en dBm, añada el ajuste del interruptor a la escala dBm de la lectura del medidor.

Para la lectura en Watts, el ajuste del interruptor es la lectura lineal del medidor de escala completa.

3. área de alojamiento del diodo con conector SMA * (Standard 9mm), para entrada óptica.

4. Soporte para batería alcalina de 9V. La duración típica es de 500 horas.

5. Salida hembra, 3,5mm, 5kΩ de impedancia de salida.

Escala completa lineal = 1.00V. Máxima señal sin Sobrecarga = 2V. El resultado es para aplicaciones de monitoreo a largo plazo, o una alta precisión de lectura usando DVM ajustado a d.c

6. Interruptor de batería ON/OFF, no controla el suministro externo.

7. Conector de 2,5 mm para alimentación externa opcional de + 7V a +15V d.c para aplicaciones de monitoreo a largo plazo (la corriente es típicamente de 1,0 mA a 9V).

8. Interruptor de conmutación momentáneo para la precisión óptima de la lectura de la escala. Dos rangos de +3dBm, Watts x2 y -3dBm, Watts x 1/2.

4.6.4 Conexión de fuentes de alimentación

4.6.4.1 Baterías

El medidor de potencia de fibra óptica funciona con una sola batería de 9V tipo PP3, ubicada en el compartimiento de la batería en el lateral del equipo. El medidor se suministra con la batería ya instalada.

Para cambiar la pila, empuje la cubierta frontal del porta pilas en la dirección de la flecha de la tapa (con un clavo o moneda en la ranura provista) para soltar el pestillo y luego extraiga el cajón. Asegúrese de que la nueva batería esté insertada correctamente según el diagrama en la base del compartimento de la batería. Una vez que la batería está en su lugar, empuje firmemente el cajón hacia atrás en el soporte. Se prefiere una pila alcalina, ya que tiene una vida útil más larga. Una batería recargable de níquel-cadmio puede usarse convenientemente si se requiere un uso portátil prolongado del equipo.

Con el fin de conservar la vida de la batería tanto como sea posible, asegúrese de que la batería se apaga cuando la unidad no está en uso.

El interruptor de comprobación de la batería en el panel frontal permite una lectura de la tensión de la batería bajo condiciones de carga en la escala lineal del medidor. Este voltaje no debe ser menor que el mínimo de la banda de "comprobación de batería" mostrada en la escala del medidor. La duración típica de la batería de una pila alcalina es de 500 horas

4.6.4.2 Fuentes de alimentación externas

En el panel frontal hay una toma de corriente (2,5 mm) para aplicaciones que requieren un uso prolongado de la unidad. La tensión de alimentación debe estar en el rango + 7V a + 15V d.c - ES IMPORTANTE QUE EL MÁXIMO + 15V NO SE

EXCEDA. Los diodos se conectan en serie desde la toma de alimentación y también desde la alimentación de la batería a la circuitería, asegurándose de que la polaridad inversa no dañará el equipo. Estos diodos también aseguran que la corriente no pueda fluir entre las fuentes de alimentación y que el equipo extraiga corriente de la fuente con la tensión de alimentación máxima si hay más de una fuente conectada. El interruptor ON / OFF / BATTERY CHECK de la batería sólo controla la conexión a la batería y no a la toma de alimentación externa.

4.6.5 Uso del medidor de fibra óptica

4.6.5.1 Tomar una medida

Para medir el nivel de potencia óptica en un cable con terminación SMA *, utilice primero el conmutador de comprobación de batería para asegurarse de que la batería está en O.K. a continuación Conecte el cable con terminación SMA * a medir SMA * en el lado del medidor. Coloque el interruptor giratorio en la posición máxima de la escala de la deflexión del medidor,

Escale y posicione el interruptor en dBm o Watts, según sea necesario y combínelos adecuadamente Siguiendo instrucciones:

(i) dBm:

Agregar el ajuste dBm a la lectura de la escala dBm del medidor. Por ejemplo, un ajuste de interruptor de (-30dBm) y una lectura de la escala de -2,4dBm, arroja una medida de -32,4dBm.

(i i) Vatios:

La configuración del interruptor del medidor en la escala vatios es lineal. Por ejemplo, un ajuste de $1\mu\text{W}$, y una lectura de la escala de 7.3 da una medida de $0.73\mu\text{W}$ (puesto que la escala completa de lectura es de 10 unidades y es equivalente a $1\mu\text{W}$, según lo establecido por la posición del interruptor).

Para maximizar la exactitud de lectura en la escala, debe usarse el conmutador de palanca de acuerdo a las instrucciones dadas, esto es sumando o restando 3dBm para la escala de atenuación y en la escala de vatios dividir o multiplicar por 2 el ajuste de deflexión de la escala.

Multiplicando el ajuste de los vatios por el resultado combinado de la lectura de la escala/ajuste del interruptor giratorio. Con el fin de obtener una precisión de lectura digital, un voltímetro digital (DVM) ajustado a d.c puede conectarse a la toma de salida. La lectura lineal del medidor de escala completa, según la posición del interruptor, es igual a 1.00V en el DVM. Por ejemplo, un ajuste de interruptor de $10\mu\text{W}$ y una lectura DVM de 0.655V da una medida de $6.55\mu\text{W}$ (ya que la lectura a escala completa de 1.00V es equivalente a $10\mu\text{W}$, según lo establecido por la

posición del interruptor). La lectura DVM es esencialmente una medición lineal en Watts, pero puede convertirse a dBm usando la fórmula dada en la siguiente sección.

Para medir niveles de potencia extremadamente bajos (a continuación, 200pW), la lectura "oscura" (es decir, la lectura de DVM con el tapón anti polvo en la carcasa del diodo) se debe sustraer de la lectura DVM del nivel de potencia medido, con el medidor ajustado en su rango más sensible de 10nW. De esta manera, es posible medir los niveles de potencia por debajo de 50pW.

4.6.5.2 dBm o vatios

Tanto dBm como Watts pueden utilizarse como unidades en mediciones de potencia óptica, y la elección queda a cargo del usuario del equipo. Las unidades de dBm se prefieren a menudo en las mediciones de pérdida o atenuación de inserción óptica, ya que las pérdidas de dB se añaden a través de una ruta óptica. Las unidades de potencia lineales se utilizan con frecuencia en la medición de los niveles de potencia de salida transmitida y los niveles de potencia mínima recibidos, ya que los equipos terminales se especifican a menudo en estas unidades. Es fácil convertir de una unidad a otra usando la fórmula que define dBm: $-dBm = 10 \log_{10} P$, donde P es la potencia en mW y, por el contrario, $P = \text{anti-log}_{10} (dBm / 10)$, o 10 a la potencia de $(dBm / 10)$.

Además, a veces se usan las unidades de dB μ , con $dB\mu = 10 \log_{10} P_0$, donde P_0 es la potencia en μW . Se deduce que $dB\mu = dBm + 30$.

4.6.5.3 Medidas de atenuación del cable óptico

El medidor de fibra óptica, junto con un transmisor óptico (que puede ser el transmisor del sistema u otra unidad transmisora, como el transmisor de monitor de fibra óptica Ellmax), puede utilizarse para medir o supervisar (durante un período de tiempo) la atenuación (o pérdida de inserción) de una ruta óptica que termina en conectores SMA *. Para medir la atenuación, se toman lecturas de los niveles de potencia óptica en la ruta (por ejemplo, la potencia lanzada por el transmisor a través de una longitud de referencia corta del mismo tipo de fibra que el cable de ruta) y fuera de la longitud de la ruta del transmisor de luz de lanzamiento directamente en la ruta). El cálculo de la pérdida de ruta desde los niveles de potencia dentro y fuera de la ruta se lleva a cabo como sigue:

dBm: Si dBm1 es el nivel de potencia en la ruta y dBm2 es el nivel de potencia fuera de la ruta, entonces la pérdida de ruta en $dB = dBm1 - dBm2$.

Lineal: Si P1 es el nivel de potencia en la ruta y P2 es el nivel de potencia fuera de la ruta, entonces la pérdida de ruta en $dB = 10 \log_{10} P1 / P2$ donde P1 y P2 están en las mismas unidades. Tenga en cuenta que la pérdida de ruta tiene las unidades

dB (no dBm o dB μ), ya que la pérdida no es relativa a ningún nivel de potencia absoluta.

4.6.5.4 Procedimiento de monitorización de la atenuación

El Medidor de Fibra Óptica tiene un coeficiente de temperatura bajo ($\pm 0,1\% / {}^\circ C$ o $\pm 0,005dB / {}^\circ C$), por lo que puede utilizarse para monitorizar (durante un largo período de tiempo) la atenuación de una ruta óptica, se utiliza junto con un transmisor altamente estable, como el transmisor de monitor de fibra óptica Ellmax. Para un monitoreo a largo plazo, puede ser conveniente usar fuentes de alimentación externa (vea la sección de Fuentes de Alimentación) y también alimentar la señal de Salida del Medidor a un dispositivo de grabación como un registrador gráfico.

4.6.5.5 Cambios

Por supuesto, los cambios en la atenuación de la ruta pueden calcularse sin recurrir al nivel de la señal de referencia, utilizando las dos fórmulas anteriores para dar el cambio de atenuación, donde las dos lecturas del nivel de potencia son dos lecturas, separadas en el tiempo, de la ruta óptica.

4.6.5.6 Notas adicionales para todas las mediciones de atenuación

Para mediciones de atenuación de rutas muy precisas de fibra de núcleo pequeño, es necesario mantener las mismas condiciones de lanzamiento en el transmisor tanto para lecturas de ruta como de referencia. Esto se logra midiendo primero el nivel de potencia de la ruta y luego cortando la cerca del transmisor y midiendo la señal fuera de esta longitud de referencia. Para ello, conecte el extremo de la fibra cortada a una junta temporal de baja perdida, cuyo otro extremo es una fibra similar terminada en un conector SMA, o alternativamente, utilice un adaptador de fibra sintética

También debe observarse que, para medir la pérdida por unidad de longitud de una ruta sin incluir los efectos de una distribución de luz de no equilibrio en la fibra de referencia, entonces se debe usar una longitud de referencia de unos pocos cientos de metros y la diferencia de la longitud entre la ruta y las fibras de referencia debe entonces tenerse en cuenta en el cálculo de pérdida por unidad de longitud. Alternativamente, se puede usar un simulador de modo de equilibrio y un separador de modo de revestimiento en el extremo de transmisión para producir artificialmente una distribución de equilibrio en el lanzamiento.

4.6.5.7 Mediciones en otras longitudes de onda

El medidor de potencia de fibra óptica puede utilizarse para medir la potencia óptica en longitudes de onda distintas de 820nm, la longitud de onda de calibración del medidor. Esto se hace haciendo referencia al cuadro del Apéndice A, que da la

respuesta típica frente a la longitud de onda del Fotodiodo del medidor y, a continuación, utilizando la relación de la respuesta a 820 nm con respecto a la longitud de onda a ser medido, de acuerdo con el Ejemplo de Cálculo dado al final del Apéndice A.

4.6.6 Mediciones con conectores AMP DNP (usados con el kit de fibra óptica Ellmax)

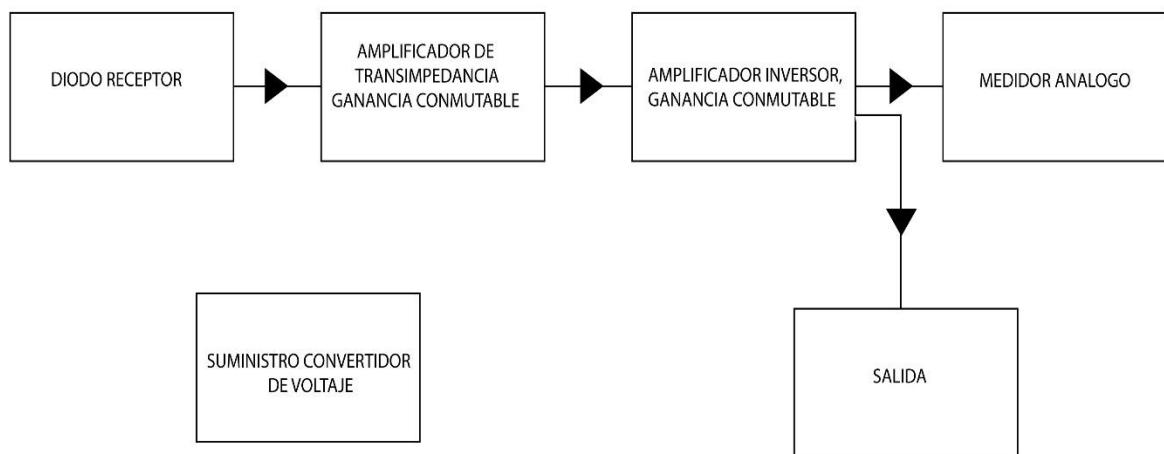
El medidor de potencia de fibra óptica puede utilizarse directamente para medir la luz procedente de cables poliméricos terminados con conectores AMP DNP (así como conectores SMA). No se necesitan cables de interfaz (a los que se hace referencia en la sección titulada «Mediciones de atenuación del cable óptico»). Por ejemplo, el medidor se puede utilizar directamente con el educador de la fibra óptica de Ellmax, que tiene conectores de DNP de AMP y que transmite en 660nm. Los conectores DNP de AMP encajan perfectamente en el receptáculo del conector SMA del medidor y la luz ambiente se apaga en esta conexión. Toda la luz del extremo del cable polimérico terminado por DNP de AMP es recogida por el diodo de recepción del medidor si el conector DNP de AMP es empujado lo más posible dentro de la carcasa del conector SMA.

Aunque el educador de fibra óptica transmite a 660nm y el medidor de potencia de Fibra-Óptica se calibra a 820nm, la lectura del medidor de potencia de salida del educador puede usarse directamente con una precisión de -20%

Para mediciones más exactas, la lectura del medidor necesita ser convertida usando el método dado en la página MEDIDAS DE OTRAS LONGITUDES DE ONDA. El ejemplo del cálculo dado en el final del apéndice A, utiliza de hecho longitudes de onda reales.

4.6.7 BREVE DESCRIPCION TECNICA DEL MEDIDOR

Figura 21. Diagrama de bloques medidor de potencia



El diodo de recepción de área grande montado en la carcasa del conector está conectado en el modo fotovoltaico al amplificador de transimpedancia, de manera que el ruido y la corriente oscura se minimizan.

Ambos amplificadores el de transimpedancia y el amplificador inversor están estabilizados y tienen un voltaje y corriente de polarización muy bajo.

4.6.8 Especificaciones del medidor

Rango de medición Lineal: 200pW para 1mW
dBm: -60dBm para 0dBm

exactitud: Respuesta: +/-5% o +/-0.2dB (a 820nm)
Entre rangos: +/-1%
Escala de lectura: +/-1.5% a escala completa

Calibración de longitud de onda: 820nm (menos del 2% de variación de 800nm a 850nm)

Rango de longitud de onda para respuesta superior al 20% de la respuesta de 820 nm: 400 nm a 1.000nm

Fotodiodo: Silicio p-i-n (típicamente 0,50 A/W a 820 nm -ver Apéndice A para la respuesta típica v. Longitud de onda).

15 mm área sensible
1.4 mm distancia óptica

Aceptación completa de la luz por el área sensible del diodo para la fibra hasta:

Diámetro: 1mm

N.A: 0.5

Conecotor Óptico: SMA* (Standard, 9mm)

Socket de salida: 5kΩ impedancia de salida

Escala lineal completa = 1.00V

Máximo voltaje sin sobrecarga = 2V

Tiempo de establecimiento de la salida con 1%: Menos de 3 segundos.

Rango de temperatura de funcionamiento: 0 ° C a 50 ° C

Coeficiente de temperatura para 820 nm: ± 0,1% / ° C

Fuente de alimentación: batería de 9V PP3-tipo

Suministro opcional d.c: +7V a +15V d.c

La corriente es de 1,0 mA típica a 9V

La duración típica de la batería alcalina es de 500 horas

Características físicas: Dimensiones: 175 x 112 x 60mm aprox.

Peso: 600gm aprox.

* SMA u otra opción de conector.

Si bien la información es cierta en el momento de la impresión, es posible que los cambios de pequeña producción en el curso de la política de mejora de la empresa a través de la investigación y el diseño no estén indicados en las especificaciones.

4.6.9 Apéndice A

4.6.9.1 respuesta calibrada del diodo de referencia usado con el medidor

Tabla 2. Respuestas calibradas del diodo de referencia usado con el medidor

LONG. ONDA (nm)	RESPUESTA (A/W)
450	0.279
460	0.283
480	0.306
500	0.328
520	0.345
540	0.357
560	0.366
580	0.373
600	0.407
620	0.414
640	0.426
660	0.437
680	0.446
700	0.455
720	0.471
740	0.489
760	0.499
780	0.512
800	0.520
820	0.498
840	0.509
860	0.516
880	0.516
900	0,494
920	0,487
940	0,468
960	0,423
980	0,369
1000	0,319
1020	0,261
1040	0,184
1060	0,074
1080	0,070
1100	0,068

Ejemplo de cálculo: Para calcular el nivel de potencia de la luz a una longitud de onda de 660nm con el medidor de potencia de fibra óptica, que se calibra a 820nm, multiplique la lectura lineal por 0,504/0,437, es decir, 1,15 (O agregar 0,6dB a la lectura dBm).

5 GUIAS DE LABORATORIO

5.1 GUÍAS DEL DOCENTE

5.1.1 Guía 1. Señal de Radio sobre el espacio libre

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
LABORATORIO DE COMUNICACIONES

PRACTICA No. 1

SEÑAL DE RADIO SOBRE "ESPAZIO LIBRE"

ELEMENTOS TEÓRICOS

NATURALEZA DE LA LUZ

Antes de iniciar el siglo XIX, la luz era considerada un flujo de partículas que eran emitidas por un objeto observado o emanaba de los ojos del observador. Newton, principal arquitecto del modelo de las partículas de la luz, afirmaba que éstas eran emitidas por una fuente luminosa y que estimulaban el sentido de la vista al entrar en los ojos del observador. Con esta idea pudo explicar la reflexión y la refracción.

La mayoría de los científicos aceptó esta teoría. De cualquier modo, durante su vida Newton se propuso otra idea que sostenía que la luz podría ser una clase de movimiento ondulatorio. En 1678, el físico y astrónomo holandés Christian Huygens demostró que una teoría de ondas de luz podría también explicar la reflexión y la refracción.

En 1801, Thomas Young (1773 -1829) dio la primera demostración clara de la naturaleza ondulatoria de la luz. Demostró que, bajo condiciones apropiadas, los rayos de luz se interfieren unos con otros de acuerdo con el modelo de interferencia de ondas, al igual que con las ondas mecánicas. Tal comportamiento no podía ser explicado en aquel tiempo por una teoría de partículas porque no había forma imaginable en que dos o más partículas pudieran unirse y cancelarse entre sí.

Desarrollos adicionales durante el siglo XIX condujeron a la aceptación general del modelo de onda de la luz, el resultado más importante de la obra de Maxwell, quien en 1873 afirmó que la luz era una forma de onda electromagnética de alta frecuencia. Hertz proporcionó información experimental de la teoría de Maxwell en 1887 al producir y detectar ondas electromagnéticas.

Aun cuando el modelo ondulatorio y la teoría clásica de electricidad y magnetismo podían explicar la mayoría de las propiedades de la luz, no podían explicar ciertos experimentos consecutivos. El más notable de éstos es el efecto fotoeléctrico, también descubierto por Hertz: cuando incide luz sobre una superficie metálica, a veces se expulsan electrones de la superficie. Como ejemplo de las dificultades que surgieron, algunos experimentos demostraron que la energía cinética de un electrón expulsado es independiente de la intensidad de la luz. Este hallazgo contradijo el modelo de onda, que sostenía que un haz luminoso más intenso adiciona más energía al electrón. Einstein propuso una explicación del efecto fotoeléctrico en 1905 aplicando un modelo de acuerdo con el concepto de cuantización desarrollado por Max Planck (1858 -1947) en 1900. El modelo de cuantización supone que la energía de una onda luminosa está presente en partículas llamadas fotones; por tanto, se dice que la energía está cuantizada. Según la teoría de Einstein, la energía de un fotón es proporcional a la frecuencia de la onda electromagnética:

$$E=h.f \quad \text{energía de un fotón}$$

donde la constante de proporcionalidad $h= 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ es la constante de Planck.

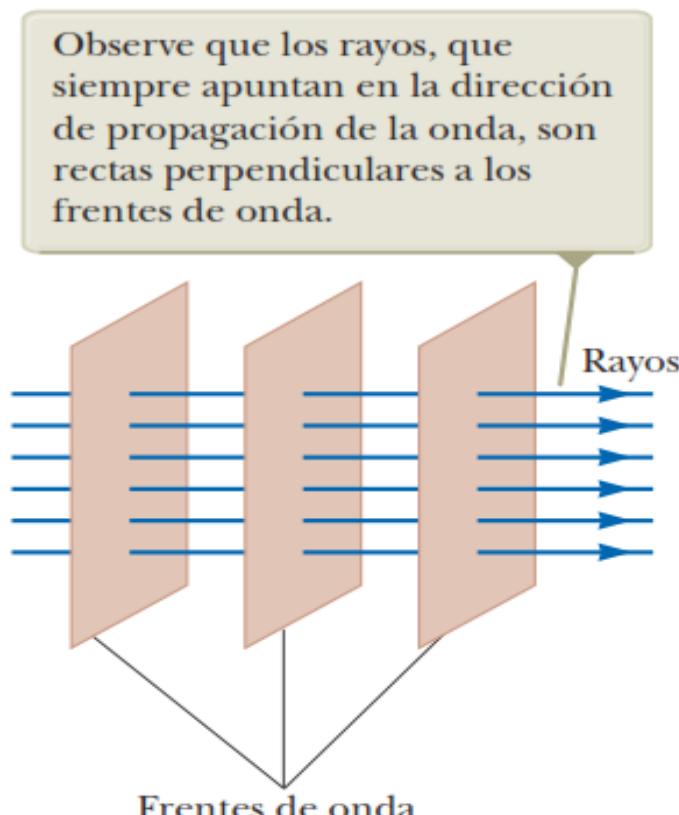
En vista de estos desarrollos, debe considerar que la luz tiene doble naturaleza: en algunos casos exhibe características de una onda y en otras de una partícula. La luz es luz, esto es seguro. De cualquier modo, la pregunta “¿se trata de una onda o de una partícula?” es inapropiada. A veces la luz actúa como onda y otras veces como partícula.

APROXIMACIÓN DE UN RAYO EN ÓPTICA GEOMÉTRICA

El campo de la óptica geométrica abarca el estudio de la propagación de la luz a partir del supuesto de que la luz se desplaza en una dirección fija y en línea recta cuando pasa por un medio uniforme, y cambia su dirección en el momento en que se encuentra con la superficie de un medio diferente o si las propiedades ópticas del medio no son uniformes, ya sea en espacio o en tiempo.

Para comprender esta aproximación, primero observe que los rayos de una onda determinada son líneas rectas perpendiculares a los frentes de onda, como se ilustra en la figura 22. para una onda plana. En la aproximación de un rayo, una onda que se mueve en un medio se desplaza en línea recta en la dirección de sus rayos.

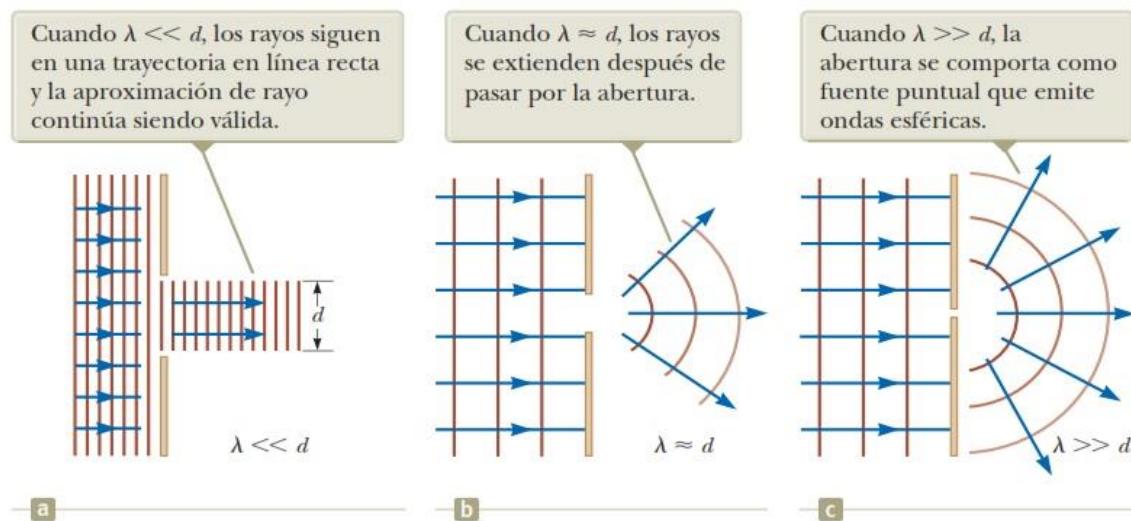
Figura 22. Onda plana que se propaga a la derecha



Fuente: Serway Tomo II. Capítulo 35 Naturaleza de la luz

Si la onda se encuentra con una barrera en la que hay una abertura circular cuyo diámetro es mucho mayor que la longitud de onda, como se ve en la figura 23a, la onda que emerge de la abertura continúa moviéndose en línea recta (además de algunos pequeños efectos de borde); por tanto, la aproximación de rayo es válida. Si el diámetro de la abertura es del orden de una longitud de onda, como en la figura 23b, las ondas se extienden desde la abertura en todas direcciones. Este efecto se llama difracción. Por último, si la abertura es mucho menor que la longitud de onda, la abertura se approxima como una fuente puntual de ondas, como muestra la figura 23c.

Figura 23. Una onda plana con longitud de onda λ incide sobre una barrera en la que hay una abertura de diámetro d



Fuente: Serway Tomo II. Capítulo 35 Naturaleza de la luz

La aproximación de un rayo y la óptica geométrica es muy buena para el estudio de espejos, lentes, prismas e instrumentos ópticos asociados, por ejemplo, telescopios, cámaras y anteojos.

Reflexión de la luz

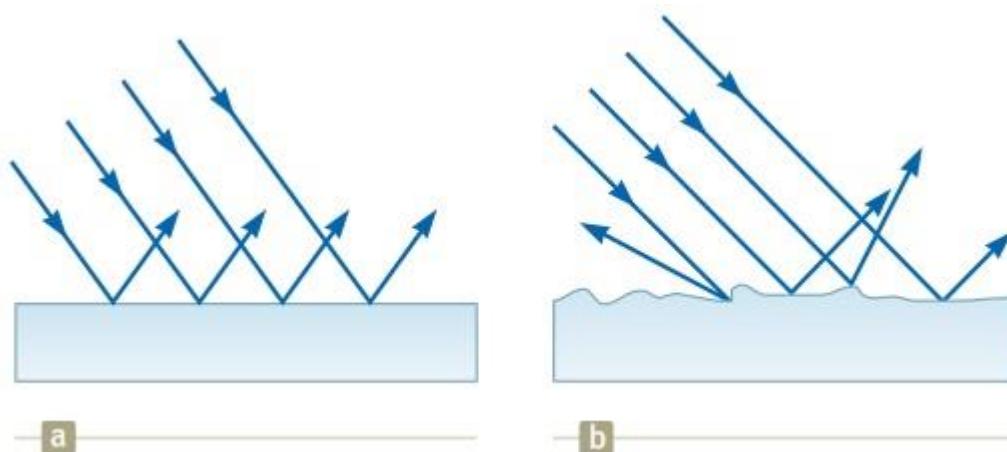
Cuando un rayo de luz que se desplaza en un medio encuentra una frontera con otro medio, parte de la luz incidente se refleja, las ondas de luz reflejadas pueden estar en direcciones distintas de la dirección de las ondas incidentes.

La figura 24a muestra varios rayos de un haz de luz incidente en una superficie reflectora lisa, semejante a un espejo. Los rayos reflejados son paralelos entre sí, como se indica en la figura. La dirección de un rayo reflejado está en el plano perpendicular a la superficie reflectora que contiene al rayo incidente. La reflexión de luz desde esta superficie lisa se denomina **reflexión especular**.

Si la superficie reflectora es rugosa, como se ve en la figura 24b, la superficie refleja los rayos no como un conjunto paralelo, sino en varias direcciones. La reflexión desde cualquier superficie rugosa se conoce como **reflexión difusa**, una superficie se comporta como superficie lisa mientras las variaciones de superficie son mucho menores que la longitud de onda de la luz incidente.

La diferencia entre estas dos clases de reflexión explica por qué le es más difícil ver cuando circula en auto durante una noche lluviosa. Si el pavimento está mojado, la superficie lisa del agua refleja en forma especular casi toda la luz de los faros del auto y los aleja de éste (quizá hacia los ojos de conductores que circulan en sentido contrario). Cuando el pavimento está seco, su superficie rugosa refleja en forma difusa parte de los rayos de luz de los faros hacia el conductor, lo cual permite ver con más claridad la carretera.

Figura 24. Representación esquemática de (a) reflexión especular, donde todos los rayos reflejados son paralelos entre sí, y (b) reflexión difusa, donde los rayos reflejados viajan en direcciones aleatorias.



Fuente: Serway Tomo II. Capítulo 35 Naturaleza de la luz

Objetivos de la práctica

1. Aprender el concepto de la naturaleza de la luz
2. Comprender como un rayo de luz viaja en un medio
3. Aprender el concepto de reflexión de la luz
4. Transmitir una señal de radio por medio de luz infrarroja

EQUIPO REQUERIDO

➔ Instrumentos: Kit entrenador de Fibra Óptica “ELLMAX ELECTRONICS”

➔ Componentes:

1. Modulo Transmisor ELLMAX
2. Modulo Receptor ELLMAX
3. Radio FM
4. Baterías 2AA x 2

5. Cable con terminales 3.5mm
6. Espejo
7. Baterías PP3 alcalinas o cables de alimentación externos 3.5mm

PROCEDIMIENTO

A. CONFIGURACION DE LOS MODULOS TRANSMISOR Y RECEPTOR

1. Verificar que los módulos transmisor y receptor contengan en sus compartimientos de baterías la batería adecuada tipo PP3 y en caso de no contar con ellas los cables con terminal 3.5mm para alimentación externa del elemento transmisor y elemento receptor.
2. Ajuste el control analógico de ganancia del transmisor (ANALOGUE GAIN) al mínimo, girándolo completamente en sentido anti horario.
3. Ajuste la salida de potencia del transmisor (OUTPUT POWER) al máximo, girándolo todo en sentido de las manecillas de reloj.
4. Encienda la radio FM y sintonice una emisora con una señal fuerte y clara.
5. Utilizando el cable con terminal de audio 3.5mm a lado y lado conecte la salida del auricular del radio a la entrada de baja impedancia (INPUT LOW Z) del transmisor.
6. Encienda el transmisor y seleccione el modo analógico. El indicador de salida del transmisor (OUTPUT INDICATOR) y el diodo rojo de alta luminosidad deben estar encendidos).
7. Ubique el receptor de modo que el zócalo del diodo de recepción este frente al conector del diodo emisor del transmisor como lo muestra la figura 25.
8. Ajuste el control analógico de ganancia del receptor (ANALOGUE GAIN) al mínimo, girándolo completamente en sentido anti horario.
9. Encienda el receptor y seleccione el modo analógico (ANALOGUE), el indicador analógico del receptor (ANALOGUE INDICATOR) debe estar encendido.
10. En el módulo receptor encienda el altavoz cambiando la posición del interruptor OFF a (SPEAKER LOW Z ON).

Figura 25. Transmisor y receptor transmitiendo en espacio libre



B. PRUEBAS

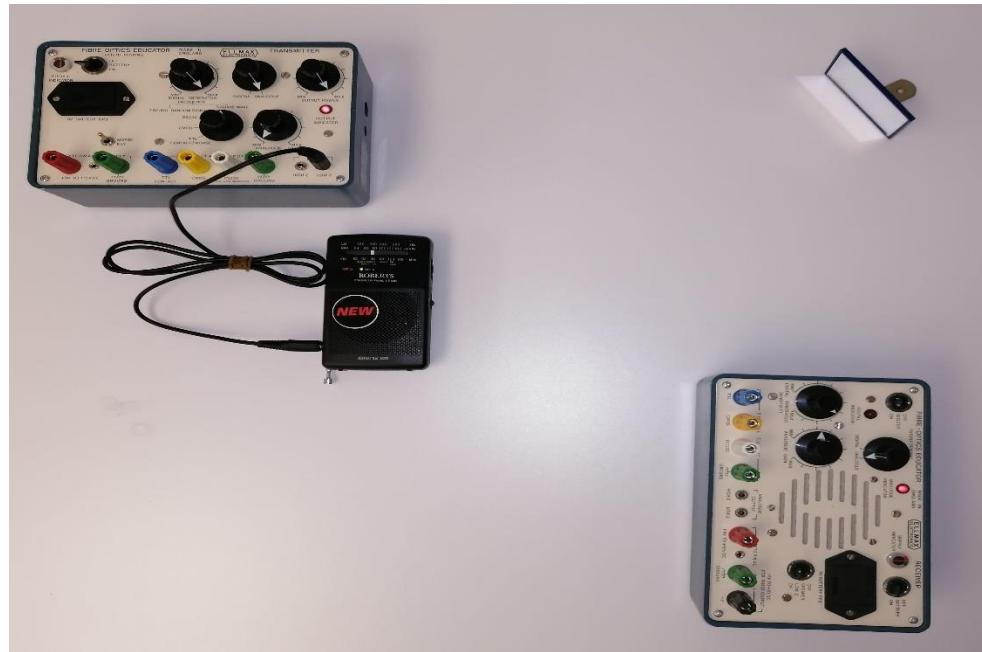
1. Gire en el transmisor y en el receptor los controles de ganancia (ANALOGUE GAIN) hasta que se escuche una salida adecuada de voz, si el sonido esta distorsionado, baje el control de volumen de la radio hasta que desaparezca la distorsión. Las unidades “receptor y transmisor” pueden estar separadas por una distancia de unos pocos metros mientras se mantiene la transmisión.

En esta demostración determine entre los dos diodos “DIOODO DE ALTA LUMINOSIDAD Y DIOODO EMISOR INFRAROJO” de cuál de ellos se percibe principalmente la señal, esto lo puede realizar poniendo un objeto que sirva de obstáculo en cada diodo o en ambos diodos.

2. Para demostrar que la luz infrarroja se comporta de una manera muy similar a la luz visible, coloque el transmisor y el receptor en ángulos rectos como lo muestra la figura 26 y coloque el espejo o cualquier superficie reflectante para reflejar la radiación en el diodo receptor y reanudar la transmisión volviendo a producirse el sonido en el altavoz.

En esta demostración varíe la posición del módulo transmisor y receptor respecto a la superficie de reflectante y compruebe el fenomeno de reflexion del rayo de luz incidente transmitiendo la señal de audio generada por el transmisor.

Figura 26. Modulo transmisor y receptor formando un Angulo recto para reflejar la luz por medio de un espejo.



5.1.2 Guía 2. Señal de radio sobre "Fibra óptica"

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
LABORATORIO COMUNICACIONES

PRACTICA No. 2

Señal de radio sobre "Fibra óptica"

ELEMENTOS TEORICOS

El componente fundamental en un sistema de transmisión de fibra óptica es la propia fibra óptica. El tipo básico de fibra se llama "índice de paso", que es la forma de fibra contenida en el Educador Fibra Óptica. La fibra del índice de paso consiste en un núcleo rodeado por un revestimiento concéntrico. El núcleo tiene un índice de refracción ligeramente mayor que el revestimiento y por lo tanto la luz es capaz de viajar a través del núcleo al ser repetidamente reflejada hacia atrás desde el límite núcleo / revestimiento debido a la reflexión interna total. Las figuras 27. y 28. muestran una sección transversal de la fibra y un rayo luminoso que se desplaza a lo largo de la misma.

Figura 27. Corte transversal de la fibra de índice escalonado

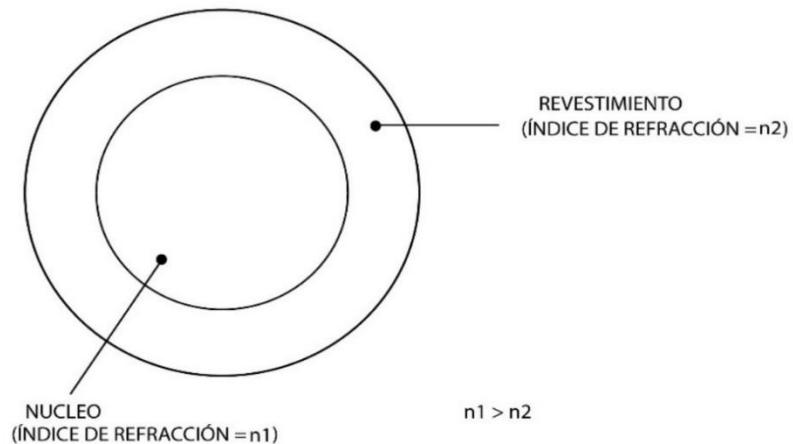
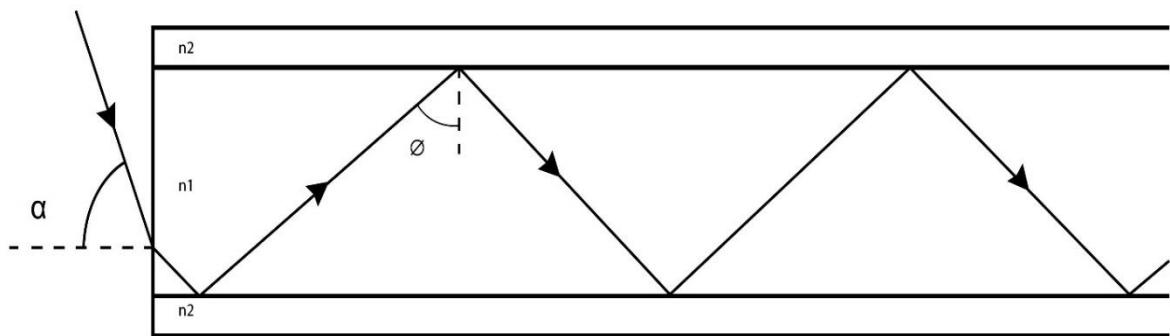


Figura 28. Rayo viajando a lo largo de una fibra



Solamente aquellos rayos que tengan un ángulo Θ (ver Figura 28.) más que el 'ángulo crítico' serán reflejados internamente. Todos los demás rayos se perderán en última instancia después de viajar una corta distancia por la fibra.

El ángulo de aceptación se define como el ángulo máximo con respecto al eje de la fibra en el que un rayo que ingresa en la fibra (ángulo α en la figura 28.) experimentara una reflexión interna total en la fibra. Término comúnmente utilizado en los fibro ópticos, la apertura numérica (N.A) es igual al seno del ángulo de aceptación y es una función de n_1 y n_2 .

A medida que la luz se propaga (es decir, se desplaza) hacia abajo de la fibra, incluso aquellos rayos que están totalmente reflejados interiormente sufrirán una reducción de intensidad llamada "atenuación". La razón principal de esta attenuación es la presencia de impurezas en el material de fibra, que causan que la luz sea absorbida o dispersada en un ángulo aleatorio. Mucho esfuerzo de investigación se ha dedicado a reducir la cantidad de estas impurezas, y se han hecho grandes avances en esta área en los últimos años. La attenuación de la fibra varía con la longitud de onda de la luz, por lo que cada material tiene una longitud de onda óptima que es menos atenuada y, por lo tanto, se utiliza normalmente para transmitir señales. Las fibras de vidrio tienen esta longitud de onda óptima en la región infrarroja del espectro, mientras que las fibras plásticas, como las proporcionadas por el entrenador, muestran una attenuación mínima de longitudes de onda más lejanas en el espectro visible.

¿Cuáles son los principios físicos por los que la fibra óptica funciona?

Los dos principios físicos por los que la fibra funciona son la Reflexión y la Refracción.

Reflexión: es el cambio de dirección de la onda, pero hacia el origen. Esto sería lo que sucede cuando nos miramos en el espejo sin la reflexión, no podríamos peinarnos o afeitarnos frente al espejo.

Refracción: es el cambio de dirección que llevan las ondas cuando pasan de un medio a otro. Sencillamente y para mejor comprensión, esto se experimenta cuando metemos una varilla en un tanque con agua y pareciera que esta se doblara.

¿Qué tipos de fibra hay y para qué sirve cada una?

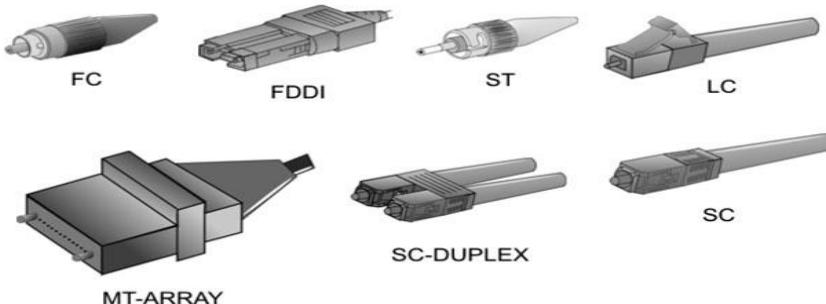
Monomodo: se transmite un sólo haz de luz por el interior de la fibra. Tienen un alcance de transmisión de 300 km en condiciones ideales, siendo la fuente de luz un láser.

Multimodo: se pueden transmitir varios haces de luz por el interior de la fibra. Generalmente su fuente de luz son IODOS de baja intensidad, teniendo distancias cortas de propagación (2 o 3 Km), pero son más baratas y más fáciles de instalar.

¿Qué tipos de conectores de fibra óptica que van en las puntas de los cables existen?

1. FC: se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
2. FDDI: se usa para redes de fibra óptica.
3. LC y MT-Array: se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos, más que nada usado en servers o clúster storage.
4. SC y SC Dúplex: se utilizan para la transmisión de datos.
5. ST o BFOC: se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.

Figura 29. Tipos de conectores de fibra óptica



Fuente: <https://www.fibraopticahoy.com/tipos-de-conectores-para-fibra-optica/>

¿defina y explique qué tipos de dispositivos emisores de luz se usan con la fibra óptica?

Dos tipos principales de dispositivos emisores se utilizan en sistemas de fibra óptica, diodos emisores de luz (I.e.d.s) y láseres.

Dispositivos I.e.d.s

Los I.e.d.s utilizados para fibra óptica son similares a los utilizados para las aplicaciones de "indicación" de luz, pero tienen dos propiedades especiales:

1. su radiancia (es decir, potencia de salida por ángulo de salida por unidad de área) debe ser alta para lanzar una intensidad de luz adecuada en una fibra.
2. los tiempos de subida y bajada deben ser pequeños si se van a transmitir altas velocidades de datos.

¿Qué tipos de dispositivos de recepción de luz se usan con la fibra óptica?

Existen dos tipos principales de dispositivos utilizados en la detección de señales de comunicaciones ópticas diodos y diodos de avalancha. Los fototransistores también se utilizan en un número limitado de aplicaciones.

Diodos P-i-n

Los diodos pin (diodos pin pronunciados) se llaman así debido a la composición química de los dispositivos: un material "intrínseco" se intercala entre material "positivo" y "dopado negativamente". Un voltaje de polarización inversa típicamente de 5 a 10 voltios se aplica al dispositivo para reducir su capacitancia y asegurar tiempos rápidos de subida y de caída de la señal. Cuando la luz golpea el área activa, cada fotón de luz libera un electrón que contribuye a la corriente eléctrica a través del diodo. Por lo tanto, la corriente es proporcional a la intensidad de la luz, y una relación de conversión típica es de 0,5 Amperios por vatio a 900 nm de longitud de onda para un dispositivo de silicio. El área activa del diodo de recepción debe ser mayor que el área de núcleo de la fibra para asegurar pérdidas de acoplamiento mínimas.

Diodos de avalancha

Los diodos de avalancha tienen una mayor sensibilidad que los dispositivos de pin, pero son más complejos de conducir. El término «avalancha» se deriva del hecho de que un fotón de luz entrante libera un electrón (como en el caso del diodo pin), pero este electrón se acelera a una alta velocidad por un campo eléctrico fuerte y se liberan electrones por colisiones con los de alta velocidad. Los diodos de avalancha proporcionan por lo tanto corriente y tienen un factor de conversión típico de 100 amperios por vatio a 900 nm de longitud de onda. Con el fin de producir el

campo eléctrico alto, debe aplicarse al dispositivo una tensión del orden de 100 Voltios. Debido al hecho de que la ganancia de un diodo de avalancha es una función que cambia rápidamente con la tensión aplicada, un control de realimentación debe normalmente ser incorporado en el circuito de alta tensión.

Los receptores de diodos de avalancha son típicamente cincuenta veces más sensibles que sus homólogos de diodo pin. A modo de ejemplo, un receptor de diodo de avalancha que funciona a 10Mbit/s (es decir, 10 millones de bits por segundo) puede tener una sensibilidad de hasta 1nW (es decir, una milésima de millonésima de un vatio), mientras que un diseño de diodo pin similar sólo puede funcionar hasta un nivel de potencia óptica recibido de 50nW. Sin embargo, se han diseñado receptores sofisticados basados en diodos con formas especiales de construcción (utilizando tecnología de película gruesa en lugar de componentes discretos) con sensibilidades que se aproximan a las de los circuitos de diodo de avalancha, que se aplican especialmente en receptores de longitud de onda más largas más difícil de fabricar.

Fototransistores

En un fototransistor, la corriente, es producida por los fotones de luz que caen sobre el material sensible liberando electrones, esta es amplificada por la acción normal del transistor. Esta amplificación interna puede resultar en un circuito receptor más simple que con el diodo pin, pero el fototransistor muestra un rendimiento inferior al diodo pin por las siguientes razones:

- Es más 'ruidoso'
- Su respuesta en frecuencia es menor
- Da una salida significativa incluso si no hay luz cayendo sobre ella (es decir, tiene un alta 'corriente oscura')

Por lo tanto, los fototransistores sólo se utilizan en aplicaciones que impliquen bajas frecuencias y altos niveles de señal óptica recibidos.

Dispositivos Laser

Los diodos láser semiconductores producen una salida de intensidad más alta que los I.e.d.s y pueden normalmente ser modulados a frecuencias más altas. Sin embargo, son más caros y más complicados de conducir que los I.e.d.s y por lo tanto se usan comunicaciones de datos de alta velocidad y / o de larga distancia.

Objetivos

1. Aprender como viaja un rayo de luz a través de un medio como es la fibra óptica
2. Desarrollar el cuestionario
3. Aprender el concepto de reflexión y refracción de la luz

4. Conocer los dispositivos emisores y receptores de luz
5. Aprender que tipos de fibras hay y sus conectores
6. Transmitir una señal de audio a través de fibra óptica

EQUIPO REQUERIDO

→ Instrumentos: Kit entrenador de Fibra Óptica “ELLMAX ELECTRONICS”

→ Componentes:

1. Modulo Transmisor ELLMAX
2. Modulo Receptor ELLMAX
3. Radio FM
4. Baterías 2AA x 2
5. Cable con terminales 3.5mm
6. Espejo
7. Baterías PP3 alcalinas o cables de alimentación externos 3.5mm
8. Cables de fibra óptica de longitud 1 metro y 5 metros
9. Micrófono

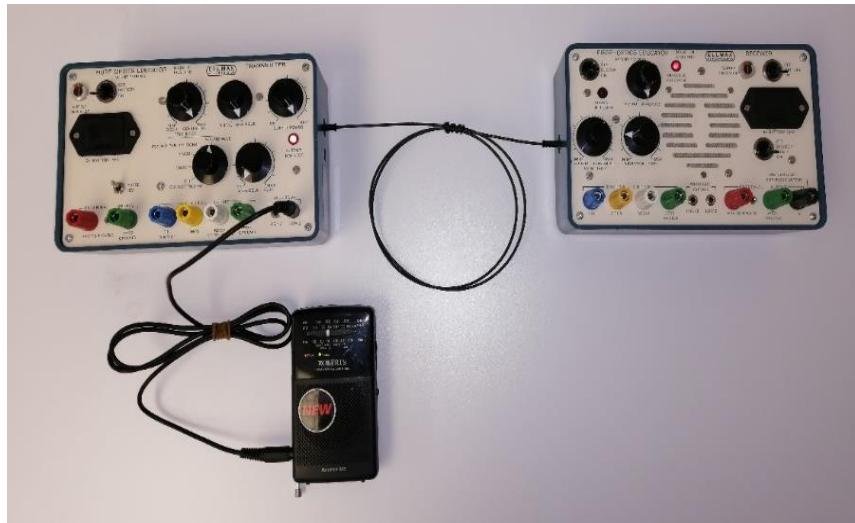
PROCEDIMIENTO

A. CONFIGURACION DE LOS MODULOS TRANSMISOR Y RECEPTOR

1. Verificar que los módulos transmisor y receptor contengan en sus compartimientos de baterías la batería adecuada tipo PP3 y en caso de no contar con ellas los cables con terminal 3.5mm para alimentación externa del elemento transmisor y elemento receptor.
2. Ajuste el control analógico de ganancia del transmisor (ANALOGUE GAIN) al mínimo, girándolo completamente en sentido anti horario.
3. Reduzca la salida de potencia del transmisor (OUTPUT POWER) al mínimo, girándolo todo en sentido anti horario (esta operación se realiza con el fin de que la intensidad de la luz que sale de la fibra no sea lo suficientemente alta como para sobrecargar el receptor).
4. Encienda la radio FM y sintonice una emisora con una señal fuerte y clara.
5. Utilizando el cable con terminal de audio 3.5mm a lado y lado, conecte la salida del auricular del radio a la entrada de baja impedancia (INPUT LOW Z) del transmisor.
6. Encienda el transmisor y seleccione el modo analógico. El indicador de salida del transmisor (OUTPUT INDICATOR) y el diodo rojo de alta luminosidad deben estar encendidos).

7. Tome la longitud de cable óptico más corta (longitud 1 metro) y presione los conectores de sus extremos en los zócalos del transmisor y receptor como lo ilustra la imagen 30.
 8. Ajuste el control analógico de ganancia del receptor (ANALOGUE GAIN) al mínimo, girándolo completamente en sentido anti horario.
 9. Encienda el receptor y seleccione el modo analógico (ANALOGUE), el indicador analógico del receptor (ANALOGUE INDICATOR) debe estar encendido.
- 10. En el módulo receptor encienda el altavoz cambiando la posición del interruptor OFF a (SPEAKER LOW Z ON).**

Figura 30. Modulo transmisor y receptor conectados por un hilo de fibra



B. PRUEBAS

1. **SEÑAL DE RADIO SOBRE FIBRA OPTICA:** Gire en el transmisor y en el receptor los controles de ganancia (ANALOGUE GAIN) hasta que se escuche una salida adecuada de voz, si el sonido esta distorsionado, baje el control de volumen de la radio hasta que desaparezca la distorsión.
2. Ahora vamos a comprobar el hecho de que la señal de audio si está pasando en realidad por la fibra, giramos la potencia de salida del transmisor (OUTPUT POWER) y la ganancia analógica del receptor (ANALOGUE GAIN) al máximo ósea completamente a la derecha, conectamos un extremo del cable óptico más corto al transmisor y el largo al receptor, los dos extremos

libres de los cables ópticos los acercamos y los ponemos uno cerca del otro enfrentándolos como se ilustra en la imagen 31.

Figura 31. Módulos transmisor y receptor conectados por medio de dos hilos de fibra enfrentados



5.1.3 Guía 3. Escuchar la voz captada por un micrófono

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
LABORATORIO COMUNICACIONES

PRACTICA No. 3

"ESCUCHAR LA VOZ CAPTADA POR UN MICROFONO"

ELEMENTOS TEORICOS

Para esta práctica vamos a transmitir la señal de voz utilizando el micrófono conectado en la entrada de alta impedancia 'HIGH Z' del transmisor, con la radio desconectada. Con el fin de evitar el Agudo Silbido causado por la retroalimentación del altavoz al micrófono, se debe separar el altavoz y Micrófono en la medida en que lo permitan los cables ópticos y eléctricos y reduciendo la ganancia analógica en el receptor y/o la potencia de salida del transmisor hasta que se detenga el silbido. La ganancia analógica del transmisor debe estar al máximo en estas demostraciones.

Cualquier señal analógica en el ancho de banda de 25Hz a 25kHz puede pasar a través del sistema. Hay opciones de enchufes de alta y baja impedancia en el transmisor y el receptor.

Con el receptor configurado para esta práctica podemos apuntar los cables de fibra hacia diferentes fuentes de luz y experimentar la modulación que cada fuente puede manifestar de acuerdo a su frecuencia por medio del sonido que genere el receptor, en el desarrollo de la práctica usaremos el diodo indicador de salida del transmisor como fuente de audio.

Objetivos

1. Transmitir una señal de voz por medio de un micrófono contenido en el kit entrenador.
2. Usar el diodo indicador de salida del transmisor como una fuente de audio

EQUIPO REQUERIDO

➔ Instrumentos: Kit entrenador de Fibra Óptica “ELLMAX ELECTRONICS”

➔ Componentes:

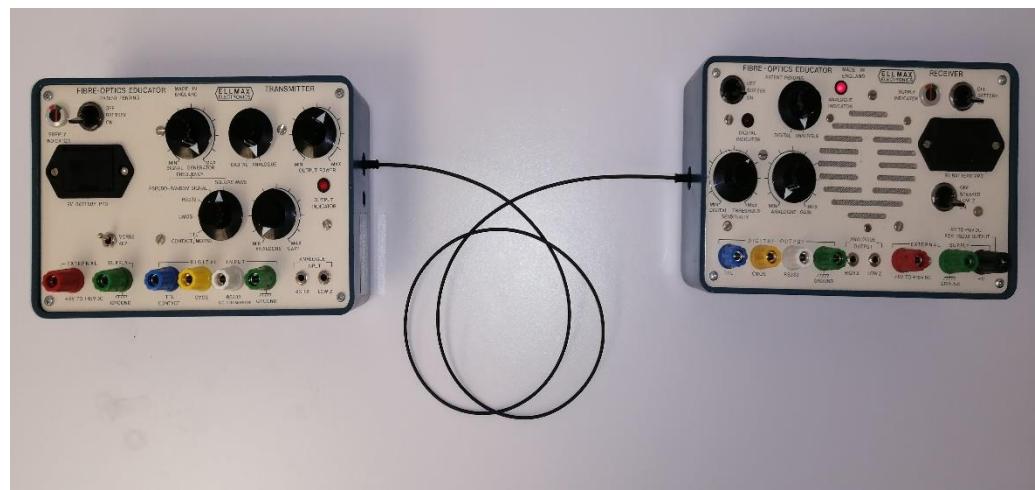
1. Modulo Transmisor ELLMAX
2. Modulo Receptor ELLMAX
3. Radio FM
4. Baterías 2AA x 2
5. Cable con terminales 3.5mm
6. Baterías PP3 alcalinas o cables de alimentación externos 3.5mm
7. Cables de fibra óptica de longitud 1 metro y 5 metros
8. Micrófono

PROCEDIMIENTO

A. CONFIGURACION DE LOS MODULOS TRANSMISOR Y RECEPTOR

1. Verificar que los módulos transmisor y receptor contengan en sus compartimientos de baterías la batería adecuada tipo PP3 y en caso de no contar con ellas los cables con terminal 3.5mm para alimentación externa del elemento transmisor y elemento receptor.
2. Ajuste el control analógico de ganancia del transmisor (ANALOGUE GAIN) al mínimo, girándolo completamente en sentido anti horario.
3. Reduzca la salida de potencia del transmisor (OUTPUT POWER) al mínimo, girándolo todo en sentido anti horario (esta operación se realiza con el fin de que la intensidad de la luz que sale de la fibra no sea lo suficientemente alta como para sobrecargar el receptor).
4. Encienda la radio FM y sintonice una emisora con una señal fuerte y clara.
5. Utilizando el cable con terminal de audio 3.5mm a lado y lado, conecte la salida del auricular del radio a la entrada de baja impedancia (INPUT LOW Z) del transmisor.
6. Encienda el transmisor y seleccione el modo analógico. El indicador de salida del transmisor (OUTPUT INDICATOR) y el diodo rojo de alta luminosidad deben estar encendidos).
7. Tome la longitud de cable óptico más corta (longitud 1 metro) y presione los conectores de sus extremos en los zócalos del transmisor y receptor como lo ilustra la imagen 32.

Figura 32. Módulos transmisor y receptor unidos por un hilo de fibra



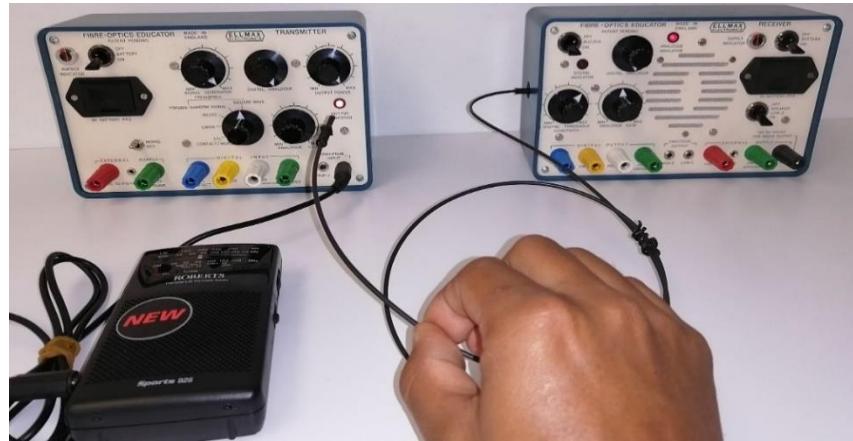
8. Ajuste el control analógico de ganancia del receptor (ANALOGUE GAIN) al mínimo, girándolo completamente en sentido anti horario.
9. Encienda el receptor y seleccione el modo analógico (ANALOGUE), el indicador analógico del receptor (ANALOGUE INDICATOR) debe estar encendido.
10. En el módulo receptor encienda el altavoz cambiando la posición del interruptor OFF a (SPEAKER LOW Z ON)

B. PRUEBAS

1. USO DEL INDICADOR DE SALIDA COMO TRANSMISOR

El indicador de salida en el transmisor emite la misma señal que los diodos emisores principales, aunque en menor intensidad, para comprobar esto conectamos la longitud óptica corta al receptor y coloque el otro extremo de esta fibra cerca del indicador de salida del transmisor como lo muestra la imagen 33.

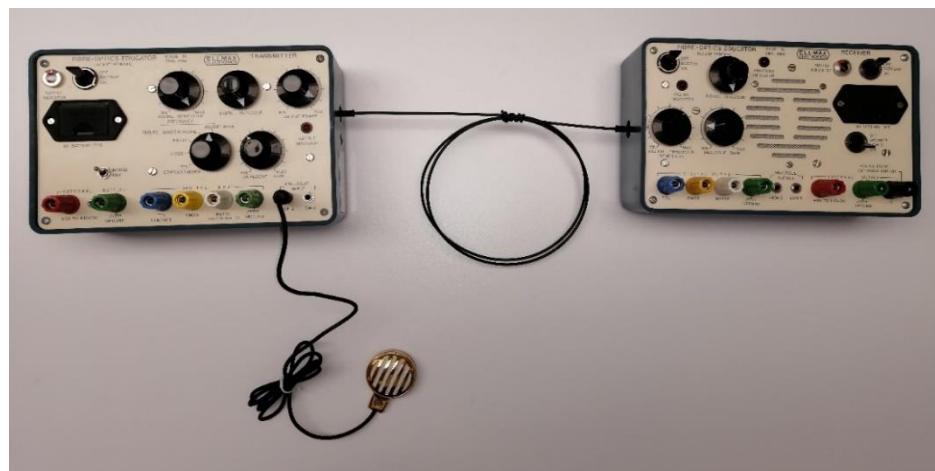
Figura 33. Hilo de fibra óptica tomando una señal del led indicador de salida del transmisor



2. SISTEMA DE SEÑAL DE VOZ (Micrófono):

usamos el micrófono para esta demostración conectándolo a la entrada de alta impedancia (HIGH Z) y unimos con una longitud de fibra óptica sea la corta o la larga el transmisor y el receptor como lo muestra la imagen 4. Debemos garantizar que la configuración del transmisor y receptor estén configurados para transmisión analógica, gire la potencia de la salida del transmisor (OUT POWER) al máximo y la ganancia analógica (ANALOGUE GAIN) del receptor al máximo, encienda los equipos y si escucha que se genera un silbido agudo separe el altavoz y el micrófono en la medida que lo permitan los cables ópticos y eléctricos y reducir la ganancia analógica en el receptor y/o la potencia de salida del transmisor hasta que se detenga el silbido. La ganancia analógica del transmisor debe estar al máximo.

Figura 34. Modulo transmisor recibiendo una señal desde un micrófono



5.1.4 Guía 4. Uso del medidor de fibra óptica

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
LABORATORIO COMUNICACIONES

PRACTICA No. 4

“USO DEL MEDIDOR DE FIBRA OPTICA”

ELEMENTOS TEORICOS

Como hemos visto en el estudio de la fibra óptica los rayos q están totalmente reflejados al interior de la fibra sufren una reducción de intensidad llamada atenuación debida a las impurezas del material, el medidor de potencia (figura 35.) mide la potencia media que emana una longitud de fibra con terminación SMA y tiene un rango de medición de 1nW a 1mW y de -60dBm a 0dBm.

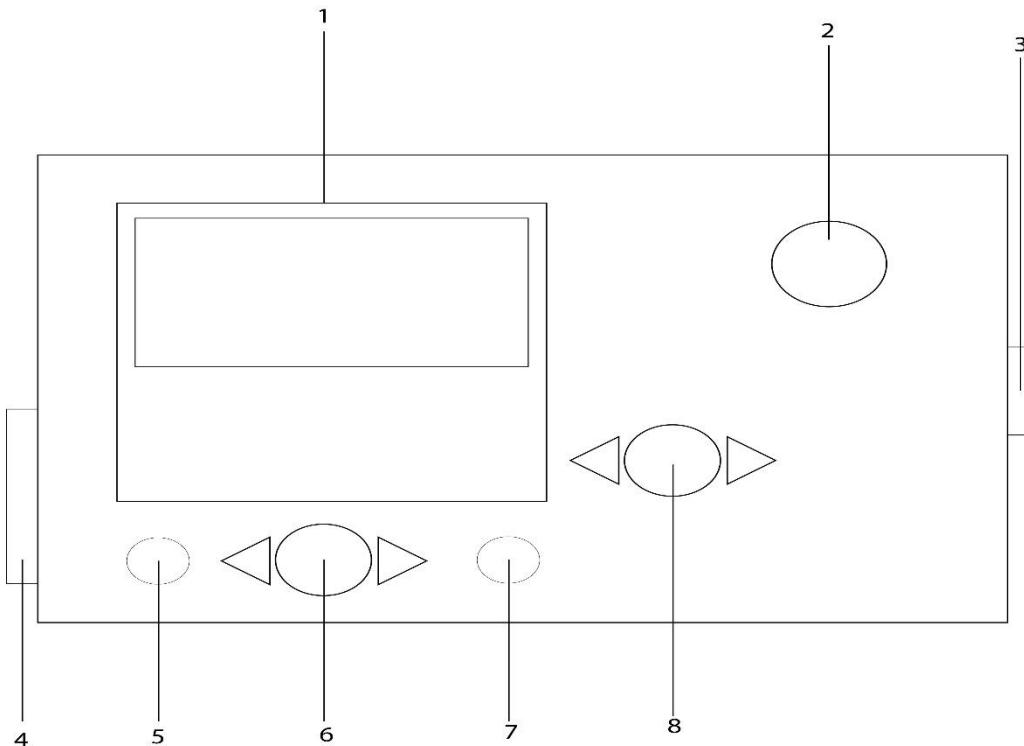
El medidor de potencia del entrenador esta calibrado a una longitud de onda de 800nm y la respuesta es relativamente plana entre 800nm y 850nm, variando menos del 4% entre estas longitudes de onda.

Figura 35. Medidor de Potencia ELLMAX



Descripción del medidor de potencia y sus partes

Figura 36. Esquema modulo transmisor y sus partes



1. Medidor analógico que muestra el nivel de potencia óptica recibido, con escalas dBm y de potencia lineal. También tiene indicador de comprobación de la batería.
2. Interruptor de rango rotatorio con seis ajustes de marcación:
dBm: -50, -40, -30, -20, -10,
Watts en escala completa lineal: 10nW, 100nW, 1µW, 10µW, 100µW, 1mW.
Para la lectura dBm, añada el ajuste del interruptor a la escala dBm de la lectura del medidor. Para la lectura de Watts, el ajuste del interruptor es la lectura lineal del medidor de escala completa.
3. Área de alojamiento de diodo con conector SMA * (Standard 9mm), para entrada óptica.
4. Soporte para batería alcalina de 9V. La duración típica es de 500 horas.

5. Salida hembra, 3,5mm, 5kΩ de impedancia de salida. Escala completa lineal = 1.00V. Máxima señal sin sobrecarga = 2V. El resultado es para aplicaciones de monitoreo a largo plazo, o una alta precisión de lectura usando DVM ajustado a d.c
6. INTERRUPTOR DE BATERIA. ON/OFF. No controla el suministro externo. Conector de 2,5 mm para alimentación externa opcional de + 7V a +15V d.c Para aplicaciones de monitoreo a largo plazo (la corriente es típicamente de 1,0 mA a 9V).
7. Conector de 2,5 mm para alimentación externa opcional de + 7V a +15V d.c Para aplicaciones de monitoreo a largo plazo (la corriente es típicamente de 1,0 mA a 9V).
8. Interruptor de commutación momentáneo para la precisión óptima de la lectura de la escala. Dos rangos de + 3dBm, Watts x2 y -3dBm, Watts x 1/2.

Objetivos

1. Conocer y aprender el manejo del medidor de potencia del entrenador de fibra óptica
2. Medir la potencia y atenuación de los cables de fibra óptica de 1 metros y 5 metros suministrados con el entrenador
3. Realizar una tabla para cada una de las longitudes de cable óptico con los valores obtenidos en cada medición
4. Analizar los datos obtenidos en cada medición

EQUIPO REQUERIDO

→ Instrumentos: Kit entrenador de Fibra Óptica “ELLMAX ELECTRONICS”

→ Componentes:

1. Modulo Transmisor ELLMAX
2. Medidor de potencia ELLMAX
3. Baterías PP3 alcalinas o cables de alimentación externos 3.5mm
4. Cables de fibra óptica de longitud 1 metro y 5 metros

PROCEDIMIENTO

A. CONFIGURACION DE LOS MODULOS TRANSMISOR Y MEDIDOR DE POTENCIA

MODULO TRANSMISOR

Para esta práctica el módulo transmisor usará la salida de alta luminosidad en conjunto con los cables de fibra óptica suministrados por el entrenador, el transmisor se usará en modo análogo “ANALOGUE” y su salida OUTPUT POWER tiene 11 posiciones desde la salida mínima a la máxima como muestra la figura 37.

Figura 37. Selector de nivel de potencia del diodo de alta luminosidad



Este control de perilla debe irse variando a cada posición para ir aumentando la potencia de luminosidad que vamos a medir.

MONTAJE DEL TRANSMISOR Y MEDIDOR DE POTENCIA LISTOS PARA HACER LA PRACTICA

B. TOMA DE MEDIDAS

Los dispositivos transmisor y receptor deben estar dispuestos como se aprecia en la figura

1. Para empezar a medir compruebe que la batería del medidor de potencia esté en condiciones óptimas de carga, para esto debe usar el conmutador de comprobación de batería CHECK ubicado en el interruptor ON/OFF.
2. Conecte el cable con terminación SMA en el lado del medidor.

3. Coloque el interruptor giratorio en la posición máximo de escala de la deflexión del medidor
4. Escale y posicione el interruptor giratorio en dBm o Watts, según sea necesario y combínelos adecuadamente para cada nivel de potencia transmitido.
5. Organice el montaje de la figura 38 donde el transmisor y el medidor de potencia están listos para empezar a medir, en este caso nuestra salida de potencia OUT POWER está en posición MIN y nuestro posicionador giratorio del medidor de potencia está en la posición -30dBm/1μW donde observamos que la escala de deflexión del medidor está mostrando una lectura de -8dBm para la atenuación y 1.6 Watts para la potencia

Tabla 3. Medida tomada con el medidor de potencia para la posición MIN de la salida OUTPUT POWER del transmisor

LONGITUD LA FIBRA (METROS)	POSICION POWER OUT/TRANSMISOR	LECTURA EN dBm	LECTURA EN WATTS	ESCALA dBm/Watts	LECTURA REAL dBm/Watts
1	1	-8	1,6	-30	1μW
				-38	0,16

Figura 38. Medidor de potencia registrando una lectura desde la escala mínima



6. Agregue el ajuste a la lectura de escala dBm del medidor, por ejemplo, para la lectura en el enunciado anterior, un ajuste de interruptor de -30dBm y la lectura de -8dBm arrojan una lectura de -38dBm y en la escala de Watts por ser lineal un ajuste de 1 μ W y una lectura de 1.6 Watts arroja una media de 0.16 μ W puesto que la escala completa de lectura es 10 unidades y es equivalente a 1 μ W según lo establece la posición del interruptor.
7. Realice la toma de las lecturas para las longitudes de fibra óptica de 1 metro y 5 metros, consigne los resultados en una tabla ajustando los valores de acuerdo a las indicaciones en el punto 6

Desarrollo de la practica

1. Toma de medidas para la longitud de 1 metro

Tabla 4. Medidas tomadas con longitud de fibra de 1 metro

LONGITUD LA FIBRA (METROS)	POSICION POWER OUT/TRANSMISOR	LECTURA EN dBm	LECTURA EN WATTS	ESCALA dBm/Watts		LECTURA REAL dBm/Watts	
1	1	-8	1.6	-30	1 μ w	-38	0.16
	2	-8	1.6	-30	1 μ w	-38	0.16
	3	-7.6	1.8	-30	1 μ w	-37.6	0.18
	4	-6.8	2.2	-30	1 μ w	-36.8	0.22
	5	-6	2.6	-30	1 μ w	-36	0.26
	6	-4.8	3.4	-30	1 μ w	-34.8	0.34
	7	-3.2	4.8	-30	1 μ w	-33.2	0.48
	8	-1.4	7	-30	1 μ w	-31.4	0.7
	9	-9	1.4	-20	10 μ w	-29	1.4
	10	-4.6	3.4	-20	10 μ w	-24.6	3.4
	11	-3.2	2.4	-10	100 μ w	-13.2	24

2. Toma de medidas para la longitud de 5 metros

Tabla 5. Medida tomada con longitud de fibra 5 metros

C. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS TABLAS

1. Podemos concluir que las medidas de atenuación de la longitud de 1 metro son menores que las tomadas con la longitud de fibra de 5 metros aplicándose una misma potencia de luminosidad, esto se debe a que la luz debe viajar una mayor distancia y los efectos de reflexión y refracción al interior de la fibra cuando se viaja una mayor distancia tiene consecuencias de este tipo.
2. Las medidas de potencia registradas para la longitud más corta, son mayores cuando se les aplica una misma potencia de luminosidad respecto a la

longitud más larga, lo que nos indica que, a mayor longitud de la fibra, la atenuación es mayor y la potencia lumínica transmitida es menor.

5.2 GUÍAS DEL ALUMNO

5.2.1 Guía 1. Señal de Radio sobre el espacio libre

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
LABORATORIO DE COMUNICACIONES**

PRACTICA No. 1

Señal de radio sobre "espacio libre"

ELEMENTOS TEÓRICOS

NATURALEZA DE LA LUZ

Antes de iniciar el siglo XIX, la luz era considerada un flujo de partículas que eran emitidas por un objeto observado o emanaba de los ojos del observador. Newton, principal arquitecto del modelo de las partículas de la luz, afirmaba que éstas eran emitidas por una fuente luminosa y que estimulaban el sentido de la vista al entrar en los ojos del observador. Con esta idea pudo explicar la reflexión y la refracción.

La mayoría de los científicos aceptó esta teoría. De cualquier modo, durante su vida Newton se propuso otra idea que sostenía que la luz podría ser una clase de movimiento ondulatorio. En 1678, el físico y astrónomo holandés Christian Huygens demostró que una teoría de ondas de luz podría también explicar la reflexión y la refracción.

En 1801, Thomas Young (1773 -1829) dio la primera demostración clara de la naturaleza ondulatoria de la luz. Demostró que, bajo condiciones apropiadas, los rayos de luz se interfieren unos con otros de acuerdo con el modelo de interferencia de ondas, al igual que con las ondas mecánicas. Tal comportamiento no podía ser explicado en aquel tiempo por una teoría de partículas porque no había forma imaginable en que dos o más partículas pudieran unirse y cancelarse entre sí.

Desarrollos adicionales durante el siglo XIX condujeron a la aceptación general del modelo de onda de la luz, el resultado más importante de la obra de Maxwell, quien en 1873 afirmó que la luz era una forma de onda electromagnética de alta frecuencia. Hertz proporcionó información experimental de la teoría de Maxwell en 1887 al producir y detectar ondas electromagnéticas.

Aun cuando el modelo ondulatorio y la teoría clásica de electricidad y magnetismo podían explicar la mayoría de las propiedades de la luz, no podían explicar ciertos experimentos consecutivos. El más notable de éstos es el efecto fotoeléctrico, también descubierto por Hertz: cuando incide luz sobre una superficie metálica, a veces se expulsan electrones de la superficie. Como ejemplo de las dificultades que surgieron, algunos experimentos demostraron que la energía cinética de un electrón expulsado es independiente de la intensidad de la luz. Este hallazgo contradijo el modelo de onda, que sostenía que un haz luminoso más intenso adiciona más energía al electrón. Einstein propuso una explicación del efecto fotoeléctrico en 1905 aplicando un modelo de acuerdo con el concepto de cuantización desarrollado por Max Planck (1858 -1947) en 1900. El modelo de cuantización supone que la energía de una onda luminosa está presente en partículas llamadas fotones; por tanto, se dice que la energía está cuantizada. Según la teoría de Einstein, la energía de un fotón es proporcional a la frecuencia de la onda electromagnética:

$$E=h.f \quad \text{energía de un fotón}$$

donde la constante de proporcionalidad $h= 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ es la constante de Planck.

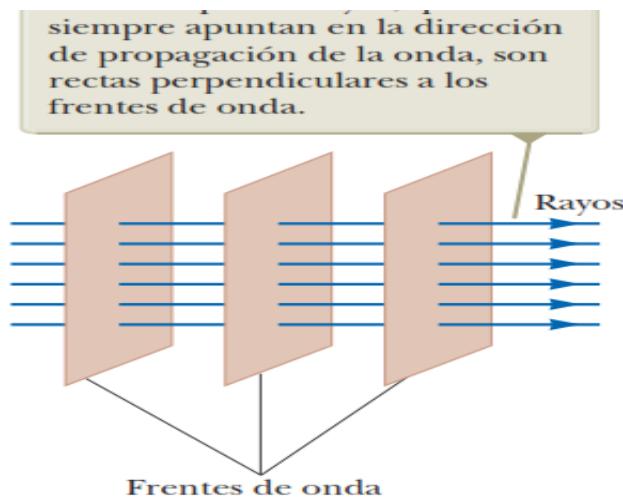
En vista de estos desarrollos, debe considerar que la luz tiene doble naturaleza: en algunos casos exhibe características de una onda y en otras de una partícula. La luz es luz, esto es seguro. De cualquier modo, la pregunta “¿se trata de una onda o de una partícula?” es inapropiada. A veces la luz actúa como onda y otras veces como partícula.

APROXIMACIÓN DE UN RAYO EN ÓPTICA GEOMÉTRICA

El campo de la óptica geométrica abarca el estudio de la propagación de la luz a partir del supuesto de que la luz se desplaza en una dirección fija y en línea recta cuando pasa por un medio uniforme, y cambia su dirección en el momento en que se encuentra con la superficie de un medio diferente o si las propiedades ópticas del medio no son uniformes, ya sea en espacio o en tiempo.

Para comprender esta aproximación, primero observe que los rayos de una onda determinada son líneas rectas perpendiculares a los frentes de onda, como se ilustra en la figura 39. para una onda plana. En la aproximación de un rayo, una onda que se mueve en un medio se desplaza en línea recta en la dirección de sus rayos.

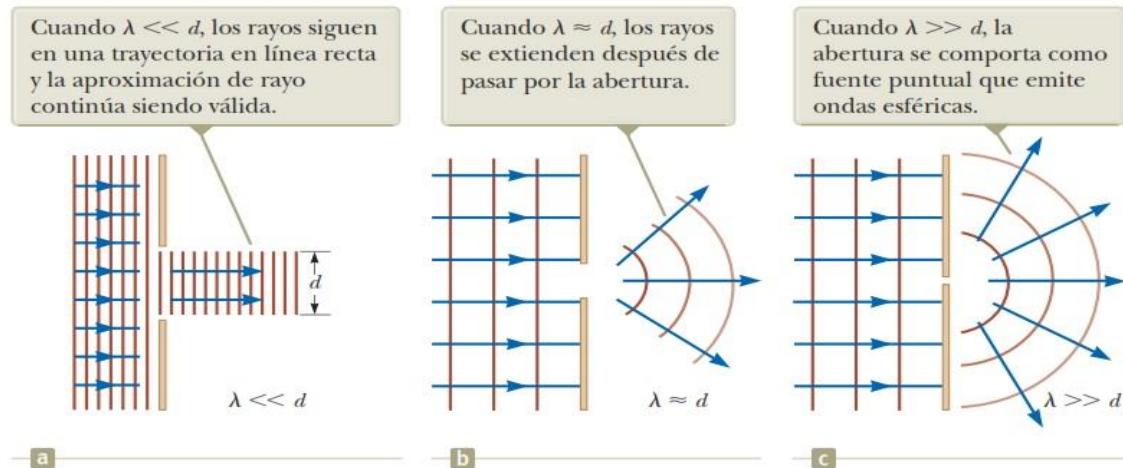
Figura 39. Onda plana que se propaga a la derecha



Fuente: Serway Tomo II. Capítulo 35 Naturaleza de la luz

Si la onda se encuentra con una barrera en la que hay una abertura circular cuyo diámetro es mucho mayor que la longitud de onda, como se ve en la figura 40a, la onda que emerge de la abertura continúa moviéndose en línea recta (además de algunos pequeños efectos de borde); por tanto, la aproximación de rayo es válida. Si el diámetro de la abertura es del orden de una longitud de onda, como en la figura 40b, las ondas se extienden desde la abertura en todas direcciones. Este efecto se llama difracción. Por último, si la abertura es mucho menor que la longitud de onda, la abertura se approxima como una fuente puntual de ondas, como muestra la figura 40c.

Figura 40. Una onda plana con longitud de onda λ incide sobre una barrera en la que hay una abertura de diámetro d



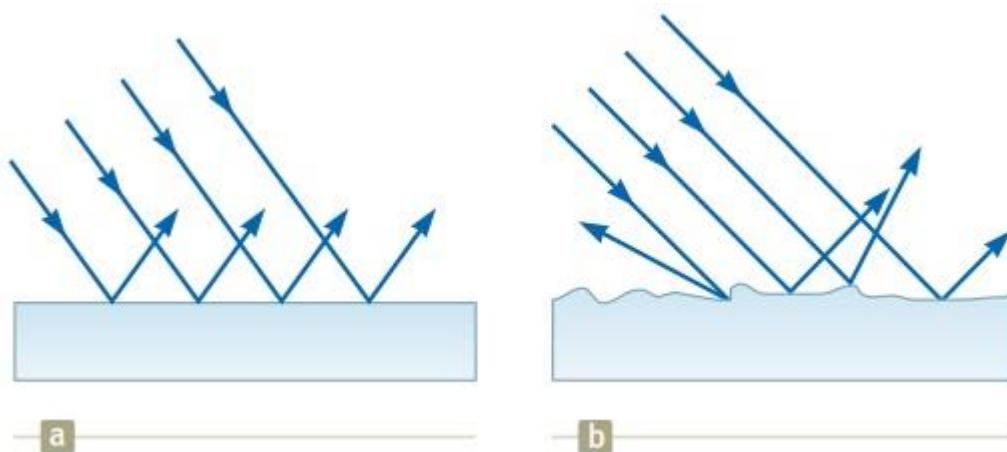
Fuente: Serway Tomo II. Capítulo 35 Naturaleza de la luz

La aproximación de un rayo y la óptica geométrica es muy buena para el estudio de espejos, lentes, prismas e instrumentos ópticos asociados, por ejemplo, telescopios, cámaras y anteojos.

Reflexión

cuando un rayo de luz que se desplaza en un medio encuentra una frontera con otro medio, parte de la luz incidente se refleja, las ondas de luz reflejadas pueden estar en direcciones distintas de la dirección de las ondas incidentes. La figura 41a muestra varios rayos de un haz de luz incidente en una superficie reflectora lisa, semejante a un espejo. Los rayos reflejados son paralelos entre sí, como se indica en la figura. La dirección de un rayo reflejado está en el plano perpendicular a la superficie reflectora que contiene al rayo incidente. La reflexión de luz desde esta superficie lisa se denomina reflexión especular. Si la superficie reflectora es rugosa, como se ve en la figura 41b, la superficie refleja los rayos no como un conjunto paralelo, sino en varias direcciones. La reflexión desde cualquier superficie rugosa se comporta como superficie lisa mientras las variaciones de superficie son mucho menores que la longitud de onda de la luz incidente.

Figura 41. Representación esquemática de (a) reflexión especular, donde todos los rayos reflejados son paralelos entre sí, y (b) reflexión difusa, donde los rayos reflejados viajan en direcciones aleatorias



Fuente: Serway Tomo II. Capítulo 35 Naturaleza de la luz

Objetivos de la práctica

1. Aprender el concepto de la naturaleza de la luz
2. Comprender como un rayo de luz viaja en un medio
3. Aprender el concepto de reflexión de la luz
4. Transmitir una señal de radio por medio de luz infrarroja

EQUIPO REQUERIDO

➔ Instrumentos: Kit entrenador de Fibra Óptica “ELLMAX ELECTRONICS”

➔ Componentes:

1. Modulo Transmisor ELLMAX
2. Modulo Receptor ELLMAX
3. Radio FM
4. Baterías 2AA x 2
5. Cable con terminales 3.5mm
6. Espejo
7. Baterías PP3 alcalinas o cables de alimentación externos 3.5mm

PROCEDIMIENTO

A. CONFIGURACION DE LOS MODULOS TRANSMISOR Y RECEPTOR

1. Verificar que los módulos transmisor y receptor contengan en sus compartimientos de baterías la batería adecuada tipo PP3 y en caso de no contar con ellas los cables con terminal 3.5mm para alimentación externa del elemento transmisor y elemento receptor.
2. Ajuste el control analógico de ganancia del transmisor (ANALOGUE GAIN) al mínimo, girándolo completamente en sentido anti horario.
3. Ajuste la salida de potencia del transmisor (OUTPUT POWER) al máximo, girándolo todo en sentido de las manecillas de reloj.
4. Encienda la radio FM y sintonice una emisora con una señal fuerte y clara.
5. Utilizando el cable con terminal de audio 3.5mm a lado y lado conecte la salida del auricular del radio a la entrada de baja impedancia (INPUT LOW Z) del transmisor.
6. Encienda el transmisor y seleccione el modo analógico. El indicador de salida del transmisor (OUTPUT INDICATOR) y el diodo rojo de alta luminosidad deben estar encendidos).
7. Ubique el receptor de modo que el zócalo del diodo de recepción este frente al conector del diodo emisor del transmisor como lo muestra la imagen 42.

Figura 42. Transmisor y receptor transmitiendo en espacio libre



8. Ajuste el control analógico de ganancia del receptor (ANALOGUE GAIN) al mínimo, girándolo completamente en sentido anti horario.
9. Encienda el receptor y seleccione el modo analógico (ANALOGUE), el indicador analógico del receptor (ANALOGUE INDICATOR) debe estar encendido.
10. En el módulo receptor encienda el altavoz cambiando la posición del interruptor OFF a (SPEAKER LOW Z ON).

B. PRUEBAS

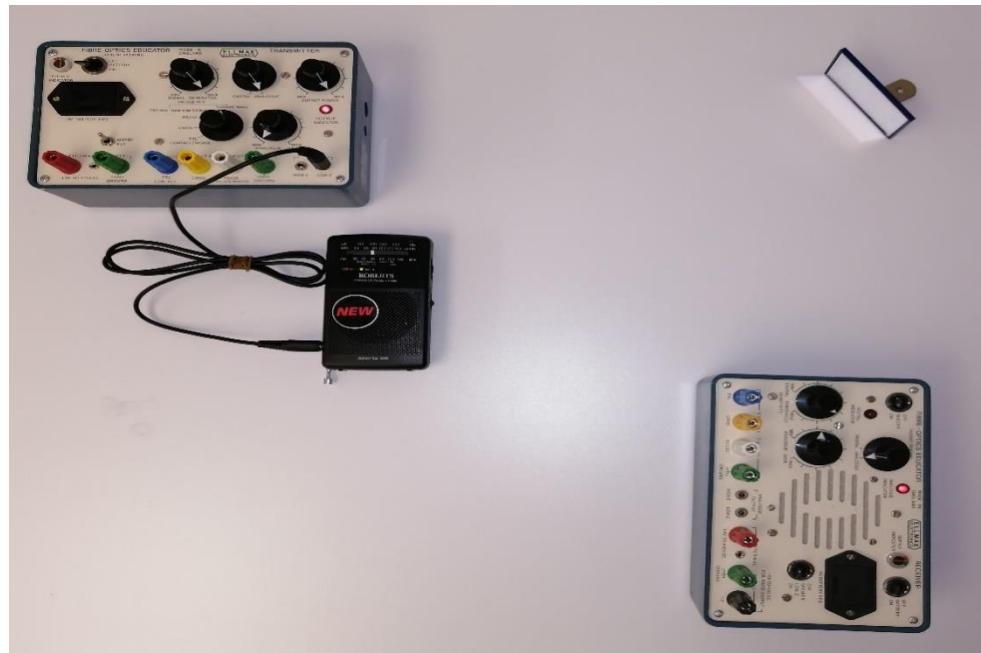
1. Gire en el transmisor y en el receptor los controles de ganancia (ANALOGUE GAIN) hasta que se escuche una salida adecuada de voz, si el sonido esta distorsionado, baje el control de volumen de la radio hasta que desaparezca la distorsión. Las unidades “receptor y transmisor” pueden estar separadas por una distancia de unos pocos metros mientras se mantiene la transmisión.

En esta demostración determine entre los dos diodos “DIODO DE ALTA LUMINOSIDAD Y DIODO EMISOR INFRAROJO” de cuál de ellos se percibe principalmente la señal, esto lo puede realizar poniendo un objeto que sirva de obstáculo en cada diodo o en ambos diodos.

2. Para demostrar que la luz infrarroja se comporta de una manera muy similar a la luz visible, coloque el transmisor y el receptor en ángulo recto como lo

muestra la imagen 43. y coloque el espejo o cualquier superficie reflectante para reflejar la radiación en el diodo receptor y reanudar la transmisión volviendo a producirse el sonido en el altavoz.

Figura 43. Modulo transmisor y receptor formando un Angulo recto para reflejar la luz por medio de un espejo.



5.2.2 Guía 2. Señal de radio sobre "Fibra óptica"

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
LABORATORIO COMUNICACIONES

PRACTICA No. 2

Señal de radio sobre "Fibra óptica"

Fibras ópticas

El componente fundamental en un sistema de transmisión de fibra óptica es la propia fibra óptica. El tipo básico de fibra se llama "índice de paso", que es la forma de fibra contenida en el Educador Fibra Óptica. La fibra del índice de paso consiste en un núcleo rodeado por un revestimiento concéntrico. El núcleo tiene un índice de refracción ligeramente mayor que el revestimiento y por lo tanto la luz es capaz de viajar a través del núcleo al ser repetidamente reflejada hacia atrás desde el límite núcleo / revestimiento debido a la reflexión interna total. Las figuras 44. y 45. muestran una sección transversal de la fibra y un rayo luminoso que se desplaza a lo largo de la misma.

Figura 44. Corte transversal de la fibra de índice escalonado

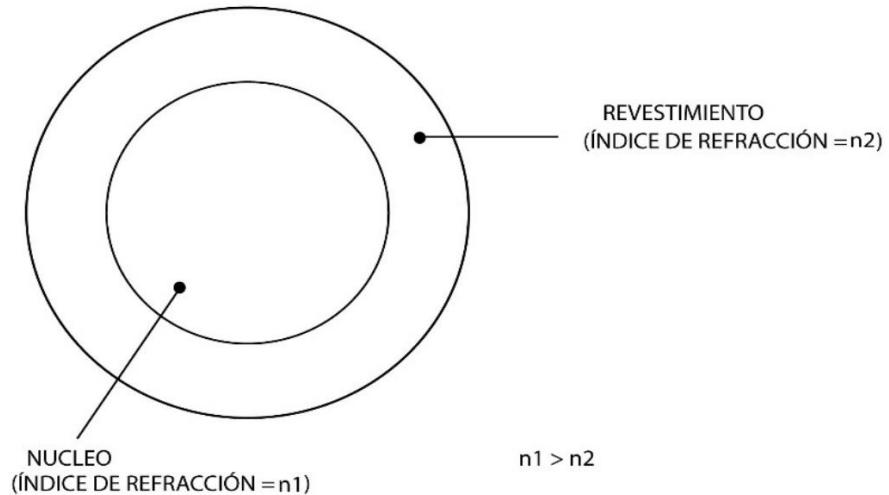
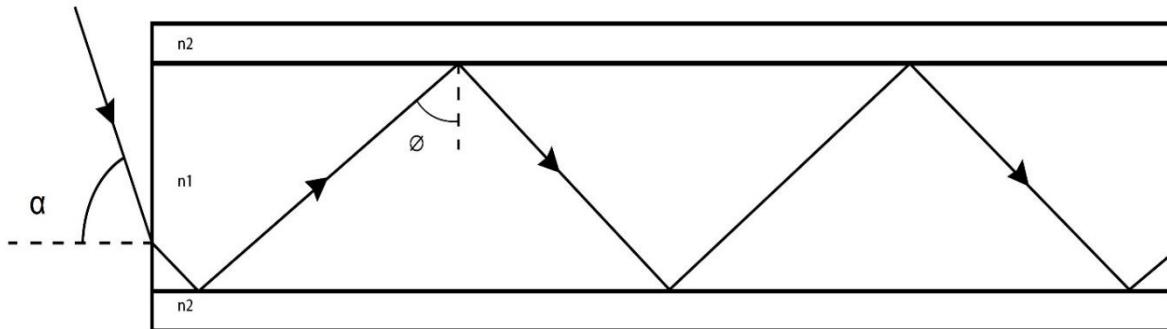


Figura 45. Rayo viajando a lo largo de una fibra



Solamente aquellos rayos que tengan un ángulo θ (ver Figura 45.) más que el 'ángulo crítico' serán reflejados internamente. Todos los demás rayos se perderán en última instancia después de viajar una corta distancia por la fibra.

El ángulo de aceptación se define como el ángulo máximo con respecto al eje de la fibra en el que un rayo que ingresa en la fibra (ángulo α en la figura 45.) experimentara una reflexión interna total en la fibra. Término comúnmente utilizado en los fibro ópticos, la apertura numérica (N.A) es igual al seno del ángulo de aceptación y es una función de n_1 y n_2 .

A medida que la luz se propaga (es decir, se desplaza) hacia abajo de la fibra, incluso aquellos rayos que están totalmente reflejados internamente sufrirán una reducción de intensidad llamada "atenuación". La razón principal de esta attenuación es la presencia de impurezas en el material de fibra, que causan que la luz sea absorbida o dispersada en un ángulo aleatorio. Mucho esfuerzo de investigación se ha dedicado a reducir la cantidad de estas impurezas, y se han hecho grandes avances en esta área en los últimos años. La attenuación de la fibra varía con la longitud de onda de la luz, por lo que cada material tiene una longitud de onda óptima que es menos atenuada y, por lo tanto, se utiliza normalmente para transmitir señales. Las fibras de vidrio tienen esta longitud de onda óptima en la región infrarroja del espectro, mientras que las fibras plásticas, como las proporcionadas por el entrenador, muestran una attenuación mínima de longitudes de onda más lejanas en el espectro visible.

Cuestionario

¿Cuáles son los principios físicos por los que la fibra óptica funciona?

¿Qué tipos de fibra hay y para qué sirve cada una?

¿Qué tipos de conectores de fibra óptica que van en las puntas de los cables existen?

¿defina y explique qué tipos de dispositivos emisores de luz se usan con la fibra óptica?

objetivos

1. Aprender como viaja un rayo de luz a través de un medio como es la fibra óptica
2. Resolver el cuestionario de la practica
3. Aprender el concepto de reflexión y refracción de la luz
4. Conocer los dispositivos emisores y receptores de luz
5. Aprender que tipos de fibras hay y sus conectores
6. Transmitir una señal de audio a través de fibra óptica

EQUIPO REQUERIDO

→ Instrumentos: Kit entrenador de Fibra Óptica “ELLMAX ELECTRONICS”

→ Componentes:

1. Modulo Transmisor ELLMAX
2. Modulo Receptor ELLMAX
3. Radio FM
4. Baterías 2AA x 2
5. Cable con terminales 3.5mm
6. Espejo
7. Baterías PP3 alcalinas o cables de alimentación externos 3.5mm
8. Cables de fibra óptica de longitud 1 metro y 5 metros
9. Micrófono

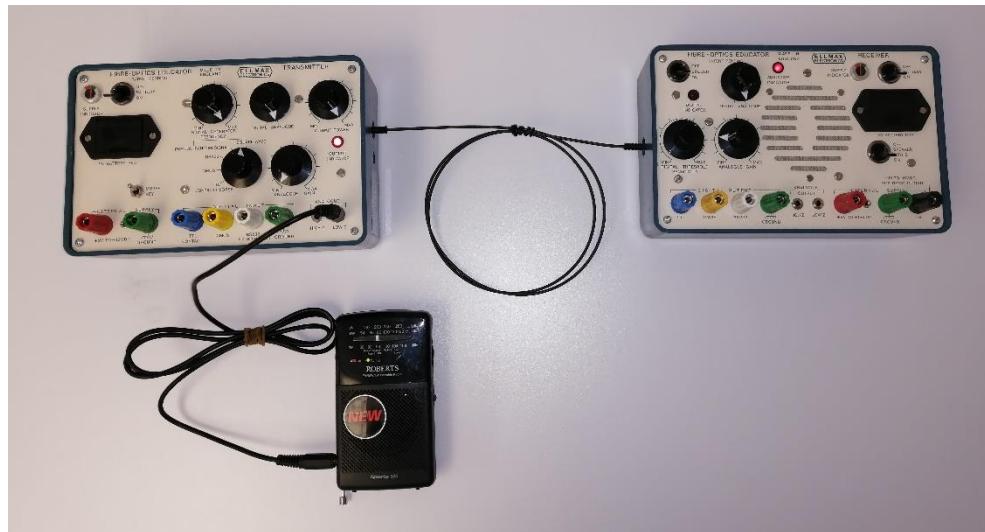
PROCEDIMIENTO

A. CONFIGURACION DE LOS MODULOS TRANSMISOR Y RECEPTOR

1. Verificar que los módulos transmisor y receptor contengan en sus compartimientos de baterías la batería adecuada tipo PP3 y en caso de no contar con ellas los cables con terminal 3.5mm para alimentación externa del elemento transmisor y elemento receptor.

2. Ajuste el control analógico de ganancia del transmisor (ANALOGUE GAIN) al mínimo, girándolo completamente en sentido anti horario.
3. Reduzca la salida de potencia del transmisor (OUTPUT POWER) al mínimo, girándolo todo en sentido anti horario (esta operación se realiza con el fin de que la intensidad de la luz que sale de la fibra no sea lo suficientemente alta como para sobrecargar el receptor).
4. Encienda la radio FM y sintonice una emisora con una señal fuerte y clara.
5. Utilizando el cable con terminal de audio 3.5mm a lado y lado, conecte la salida del auricular del radio a la entrada de baja impedancia (INPUT LOW Z) del transmisor.
6. Encienda el transmisor y seleccione el modo analógico. El indicador de salida del transmisor (OUTPUT INDICATOR) y el diodo rojo de alta luminosidad deben estar encendidos).
7. Tome la longitud de cable óptico más corta (longitud 1 metro) y presione los conectores de sus extremos en los zócalos del transmisor y receptor como lo ilustra la imagen 46.

Figura 46. Modulo transmisor y receptor conectados por un hilo de fibra



8. Ajuste el control analógico de ganancia del receptor (ANALOGUE GAIN) al mínimo, girándolo completamente en sentido anti horario.
9. Encienda el receptor y seleccione el modo analógico (ANALOGUE), el indicador analógico del receptor (ANALOGUE INDICATOR) debe estar encendido.
10. En el módulo receptor encienda el altavoz cambiando la posición del interruptor OFF a (SPEAKER LOW Z ON).

B. PRUEBAS

1. **SEÑAL DE RADIO SOBRE FIBRA OPTICA:** Gire en el transmisor y en el receptor los controles de ganancia (ANALOGUE GAIN) hasta que se escuche una salida adecuada de voz, si el sonido esta distorsionado, baje el control de volumen de la radio hasta que desaparezca la distorsión.
2. Ahora vamos a comprobar el hecho de que la señal de audio si está pasando en realidad por la fibra, giramos la potencia de salida del transmisor (OUTPUT POWER) y la ganancia analógica del receptor (ANALOGUE GAIN) al máximo ósea completamente a la derecha, conectamos un extremo del cable óptico más corto al transmisor y el largo al receptor, los dos extremos libres de los cables ópticos los acercamos y los ponemos uno cerca del otro enfrentándolos como se ilustra en la imagen 47.

Figura 47. Módulos transmisor y receptor conectados por medio de dos hilos de fibra enfrentados



5.2.3 Guía 3. Escuchar la voz captada por un micrófono

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
LABORATORIO COMUNICACIONES

PRACTICA No. 3

"ESCUCHAR LA VOZ CAPTADA POR UN MICROFONO"

Para esta práctica vamos a transmitir la señal de voz utilizando el micrófono conectado en la entrada de alta impedancia 'HIGH Z' del transmisor, con la radio desconectada. Con el fin de evitar el Agudo Silbido causado por la retroalimentación del altavoz al micrófono, se debe separar el altavoz y Micrófono en la medida en que lo permitan los cables ópticos y eléctricos y reduciendo la ganancia analógica en el receptor y/o la potencia de salida del transmisor hasta que se detenga el silbido. La ganancia analógica del transmisor debe estar al máximo en estas demostraciones.

Cualquier señal analógica en el ancho de banda de 25Hz a 25kHz puede pasar a través del sistema. Hay opciones de enchufes de alta y baja impedancia en el transmisor y el receptor.

Con el receptor configurado para esta práctica podemos apuntar los cables de fibra hacia diferentes fuentes de luz y experimentar la modulación que cada fuente puede manifestar de acuerdo a su frecuencia por medio del sonido que genere el receptor, en el desarrollo de la práctica usaremos el diodo indicador de salida del transmisor como fuente de audio.

Objetivos

1. Transmitir una señal de voz por medio de un micrófono contenido en el kit entrenador.
2. Usar el diodo indicador de salida del transmisor como una fuente de audio

EQUIPO REQUERIDO

- ➔ Instrumentos: Kit entrenador de Fibra Óptica "ELLMAX ELECTRONICS"
- ➔ Componentes:
1. Modulo Transmisor ELLMAX
 2. Modulo Receptor ELLMAX

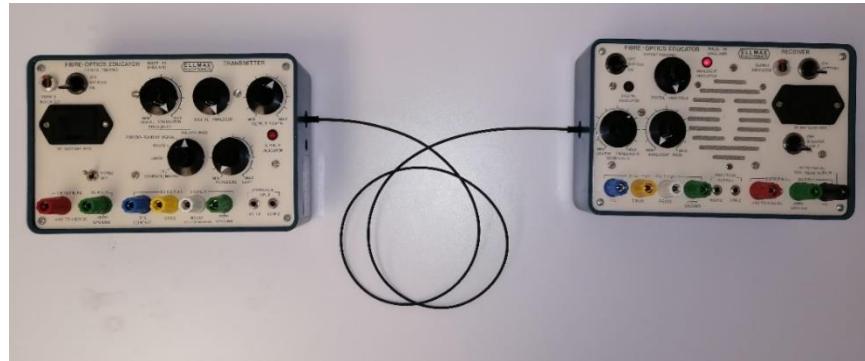
3. Radio FM
4. Baterías 2AA x 2
5. Cable con terminales 3.5mm
6. Espejo
7. Baterías PP3 alcalinas o cables de alimentación externos 3.5mm
8. Cables de fibra óptica de longitud 1 metro y 5 metros
9. Micrófono
10. Audífono
11. Audífono con diafragma reflectante

PROCEDIMIENTO

A. CONFIGURACION DE LOS MODULOS TRANSMISOR Y RECEPTOR

1. Verificar que los módulos transmisor y receptor contengan en sus compartimientos de baterías la batería adecuada tipo PP3 y en caso de no contar con ellas los cables con terminal 3.5mm para alimentación externa del elemento transmisor y elemento receptor.
2. Ajuste el control analógico de ganancia del transmisor (ANALOGUE GAIN) al mínimo, girándolo completamente en sentido anti horario.
3. Reduzca la salida de potencia del transmisor (OUTPUT POWER) al mínimo, girándolo todo en sentido anti horario (esta operación se realiza con el fin de que la intensidad de la luz que sale de la fibra no sea lo suficientemente alta como para sobrecargar el receptor).
4. Encienda la radio FM y sintonice una emisora con una señal fuerte y clara.
5. Utilizando el cable con terminal de audio 3.5mm a lado y lado, conecte la salida del auricular del radio a la entrada de baja impedancia (INPUT LOW Z) del transmisor.
6. Encienda el transmisor y seleccione el modo analógico. El indicador de salida del transmisor (OUTPUT INDICATOR) y el diodo rojo de alta luminosidad deben estar encendidos).
7. Tome la longitud de cable óptico más corta (longitud 1 metro) y presione los conectores de sus extremos en los zócalos del transmisor y receptor como lo ilustra la imagen 48.

Figura 48. Módulos transmisor y receptor unidos por un hilo de fibra



8. Ajuste el control analógico de ganancia del receptor (ANALOGUE GAIN) al mínimo, girándolo completamente en sentido anti horario.
9. Encienda el receptor y seleccione el modo analógico (ANALOGUE), el indicador analógico del receptor (ANALOGUE INDICATOR) debe estar encendido.
10. En el módulo receptor encienda el altavoz cambiando la posición del interruptor OFF a (SPEAKER LOW Z ON).

B. PRUEBAS

1. USO DEL INDICADOR DE SALIDA COMO TRANSMISOR

El indicador de salida en el transmisor emite la misma señal que los diodos emisores principales, aunque en menor intensidad, para comprobar esto conectamos la longitud óptica corta al receptor y coloque el otro extremo de esta fibra cerca del indicador de salida del transmisor como lo muestra la imagen 49.

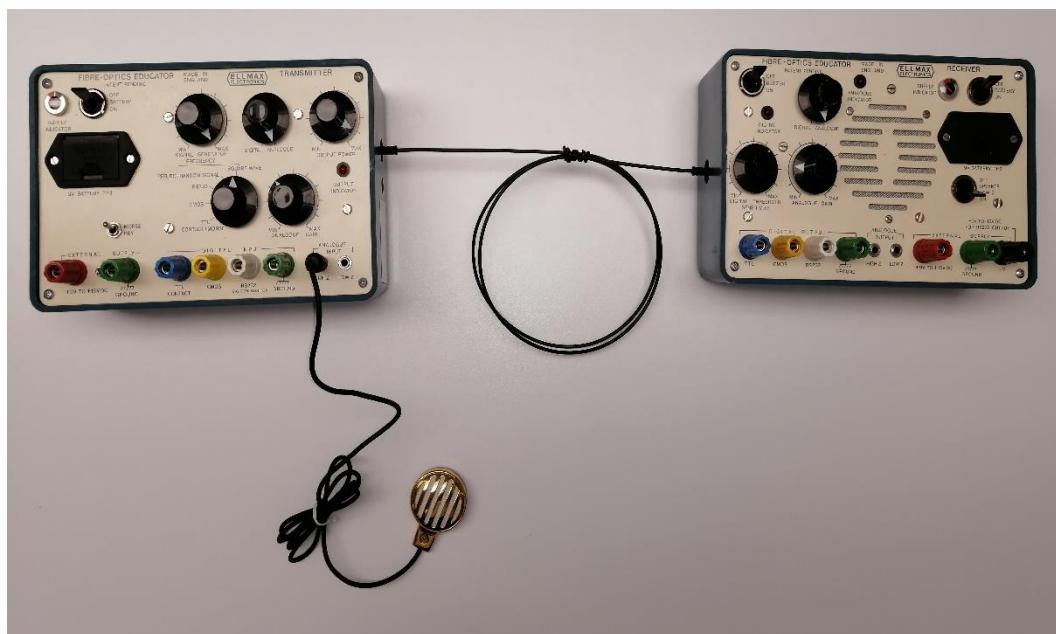
Figura 49. Hilo de fibra óptica tomando una señal del led indicador de salida del transmisor



2. SISTEMA DE SEÑAL DE VOZ (Micrófono):

Usamos el micrófono para esta demostración conectándolo a la entrada de alta impedancia (HIGH Z) y unimos con una longitud de fibra óptica sea la corta o la larga el transmisor y el receptor como lo muestra la imagen 50. Debemos garantizar que la configuración del transmisor y receptor estén configurados para transmisión analógica, gire la potencia de la salida del transmisor (OUT POWER) al máximo y la ganancia analógica (ANALOGUE GAIN) del receptor al máximo, encienda los equipos y si escucha que se genera un silbido agudo separe el altavoz y el micrófono en la medida que lo permitan los cables ópticos y eléctricos y reducir la ganancia analógica en el receptor y/o la potencia de salida del transmisor hasta que se detenga el silbido. La ganancia analógica del transmisor debe estar al máximo.

Figura 50. Modulo transmisor recibiendo una señal desde un micrófono



5.2.4 Guía 4. Uso del medidor de fibra óptica

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
LABORATORIO COMUNICACIONES

PRACTICA No. 4

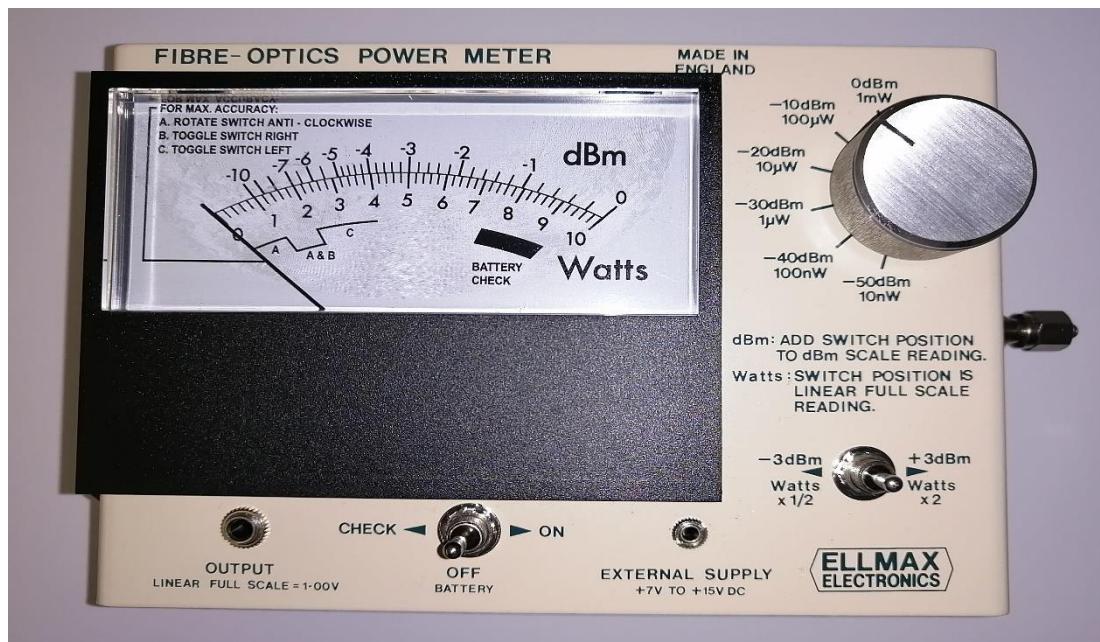
“USO DEL MEDIDOR DE FIBRA OPTICA”

ELEMENTOS TEORICOS

Como hemos visto en el estudio de la fibra óptica los rayos q están totalmente reflejados al interior de la fibra sufren una reducción de intensidad llamada atenuación debida a las impurezas del material, el medidor de potencia (figura 51.) mide la potencia media que emana una longitud de fibra con terminación SMA y tiene un rango de medición de 1nW a 1mW y de -60dBm a 0dBm.

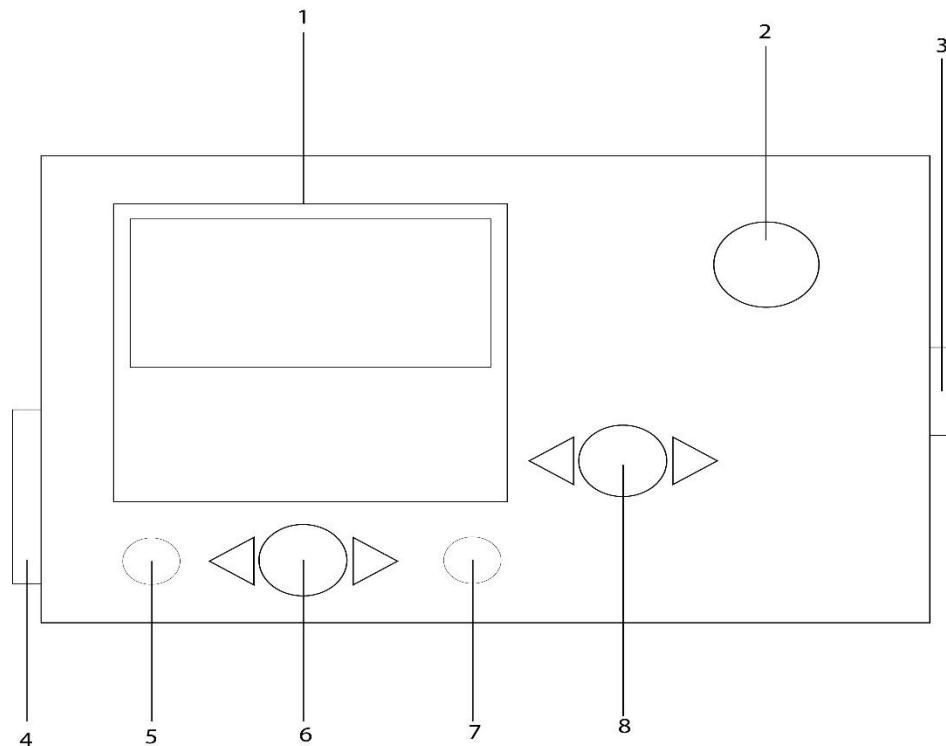
El medidor de potencia del entrenador esta calibrado a una longitud de onda de 800nm y la respuesta es relativamente plana entre 800nm y 850nm, variando menos del 4% entre estas longitudes de onda.

Figura 51. Medidor de Potencia ELLMAX



Descripción del medidor de potencia y sus partes

Figura 52. Esquema medidor de potencia y sus partes



1. Medidor analógico que muestra el nivel de potencia óptica recibido, con escalas dBm y de potencia lineal. También tiene indicador de comprobación de la batería.
2. Interruptor de rango rotatorio con seis ajustes de marcación:
dBm: -50, -40, -30, -20, -10,
Watts en escala completa lineal: 10nW, 100nW, 1μW, 10μW, 100μW, 1mW.
Para la lectura dBm, añada el ajuste del interruptor a la escala dBm de la lectura del medidor. Para la lectura de Watts, el ajuste del interruptor es la lectura lineal del medidor de escala completa.
3. Área de alojamiento de diodo con conector SMA * (Standard 9mm), para entrada óptica.
4. Soporte para batería alcalina de 9V. La duración típica es de 500 horas.
5. Salida hembra, 3,5mm, 5kΩ de impedancia de salida. Escala completa lineal = 1.00V. Máxima señal sin sobrecarga = 2V. El resultado es para aplicaciones

- de monitoreo a largo plazo, o una alta precisión de lectura usando un DVM ajustado a d.c
6. INTERRUPTOR DE BATERIA. ON/OFF. No controla el suministro externo. Conector de 2,5 mm para alimentación externa opcional de + 7V a +15V d.c Para aplicaciones de monitoreo a largo plazo (la corriente es típicamente de 1,0 mA a 9V).
 7. Conector de 2,5 mm para alimentación externa opcional de + 7V a +15V d.c Para aplicaciones de monitoreo a largo plazo (la corriente es típicamente de 1,0 mA a 9V).
 8. Interruptor de commutación momentáneo para la precisión óptima de la lectura de la escala. Dos rangos de + 3dBm, Watts x2 y -3dBm, Watts x 1/2.

Objetivos

1. Conocer y aprender el manejo del medidor de potencia del entrenador de fibra óptica
2. Medir la potencia y atenuación de los cables de fibra óptica de 1 metros y 5 metros suministrados con el entrenador
3. Realizar una tabla para cada una de las longitudes de cable óptico con los valores obtenidos en cada medición
4. Analizar los datos obtenidos en cada medición

EQUIPO REQUERIDO

➔ Instrumentos: Kit entrenador de Fibra Óptica “ELLMAX ELECTRONICS”

➔ Componentes:

1. Modulo Transmisor ELLMAX
2. Medidor de potencia ELLMAX
3. Baterías PP3 alcalinas o cables de alimentación externos 3.5mm
4. Cables de fibra óptica de longitud 1 metro y 5 metros

PROCEDIMIENTO

A. CONFIGURACION DE LOS MODULOS TRANSMISOR Y MEDIDOR DE POTENCIA MODULO TRANSMISOR

Para esta práctica el módulo transmisor usará la salida de alta luminosidad en conjunto con los cables de fibra óptica suministrados por el entrenador, el transmisor se usará en modo análogo “ANALOGUE” y su salida OUTPUT POWER tiene 11 posiciones desde la salida mínima a la máxima como muestra la figura 53.

Figura 53. Selector de nivel de potencia del diodo de alta luminosidad



Este control de perilla debe irse variando a cada posición para ir aumentando la potencia de luminosidad que vamos a medir.

MONTAJE DEL TRANSMISOR Y MEDIDOR DE POTENCIA LISTOS PARA HACER LA PRACTICA

B. TOMA DE MEDIDAS

Los dispositivos transmisor y receptor deben estar dispuestos como se aprecia en la figura

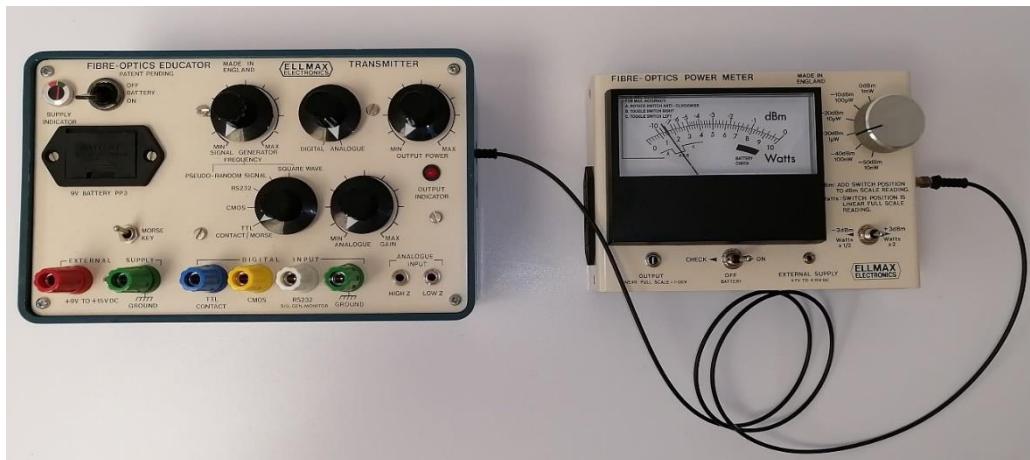
1. Para empezar a medir compruebe que la batería del medidor de potencia esté en condiciones óptimas de carga, para esto debe usar el conmutador de comprobación de batería CHECK ubicado en el interruptor ON/OFF.
2. Conecte el cable con terminación SMA en el lado del medidor.

3. Coloque el interruptor giratorio en la posición máximo de escala de la deflexión del medidor
4. Escale y posicione el interruptor giratorio en dBm o Watts, según sea necesario y combínelos adecuadamente para cada nivel de potencia transmitido.
5. Organice el montaje de la figura 54. donde el transmisor y el medidor de potencia están listos para empezar a medir, en este caso nuestra salida de potencia OUT POWER está en posición MIN y nuestro posicionador giratorio del medidor de potencia está en la posición -30dBm/1μW donde observamos que la escala de deflexión del medidor está mostrando una lectura de -8dBm para la atenuación y 1.6 Watts para la potencia

Tabla 6. Medida tomada con el medidor de potencia para la posición MIN de la salida OUTPUT POWER del transmisor

LONGITUD LA FIBRA (METROS)	POSICION POWER OUT/TRANSMISOR	LECTURA EN dBm	LECTURA EN WATTS	ESCALA dBm/Watts	LECTURA REAL dBm/Watts
1	1	-8	1,6	-30 1μW	-38 0,16

Figura 54. Medidor de potencia registrando una lectura desde la escala mínima



6. Agregue el ajuste a la lectura de escala dBm del medidor, por ejemplo, para la lectura en el enunciado anterior, un ajuste de interruptor de -30dBm y la lectura de -8dBm arrojan una lectura de -38dBm y en la escala de Watts por ser lineal un ajuste de 1μW y una lectura de 1.6 Watts arroja una media de 0.16μW puesto que la escala completa de lectura es 10 unidades y es equivalente a 1μW según lo establece la posición del interruptor.

7. Realice la toma de las lecturas para las longitudes de fibra óptica de 1 metro y 5 metros, consigne los resultados en una tabla ajustando los valores de acuerdo a las indicaciones en el punto 6

C. Desarrollo de la practica

1. Toma de medidas para la longitud de 1 metro

Tabla 7. Medida tomada con longitud de fibra 5 metros

LONGITUD LA FIBRA (METROS)	POSICION POWER OUT/TRANSMISOR	LECTURA EN dBm	LECTURA EN WATTS	ESCALA dBm/Watts		LECTURA REAL dBm/Watts	
1	1	-8	1,6	-30	1 μ w	-38	0,16
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						

2. Toma de medidas para la longitud de 5 metros

Tabla 8. Medida tomada con longitud de fibra 5 metros

LONGITUD LA FIBRA (METROS)	POSICION POWER OUT/TRANSMISOR	LECTURA EN dBm	LECTURA EN WATTS	ESCALA dBm/Watts		LECTURA REAL dBm/Watts	
5	1	-8,5	1,4	-30	1 μ w	-38,5	0,14
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						

3. Resultados análisis de las tablas

6 CONCLUSIONES

- Con este trabajo los estudiantes de ingeniería electrónica, podrán experimentar y aprender el manejo de señales que se puede transmitir en un medio sea de aire o fibra óptica, la traducción de los manuales aportara los conocimientos necesarios para que cualquier persona con conocimientos básicos de comunicaciones y electrónica se familiarice y haga uso adecuado de los equipos.
- Es de carácter muy importante que al estudiante de ingeniería electrónica se le brinden conceptos físicos de la naturaleza de la luz y sus fenómenos, como la reflexión y refracción, para que puedan comprender de una forma más adecuada la manera en que la luz transporta información a través de un medio como la fibra óptica.
- El módulo transmisor posee entradas y salidas análogas y digitales de diferentes tipos, lo que brinda una amplia posibilidad de idear nuevas prácticas, diferentes a las propuestas en este trabajo, por ejemplo, en estas prácticas se pudo interactuar con el módulo transmisor y un osciloscopio para analizar una señal introducida por un generador de ondas y en la salida del equipo receptor observar la señal de salida que debería ser igual a la que se aplicó originalmente.
- El cálculo de las atenuaciones en una fibra óptica se puede aproximar por medio de métodos matemáticos expuestos en la traducción del manual en la sección 4.3.4, donde se explica que al medir los voltajes de referencia y los de salida con un voltímetro de precisión por medio de ecuaciones obtenemos valores que podemos comparar con los obtenidos en las tablas.
- El entrenador de fibra óptica es una herramienta de gran importancia para el programa de ingeniería electrónica, es un equipo muy completo, didáctico y versátil al momento de enseñar, el permitirá capacitar a los futuros ingenieros en el área de las comunicaciones, entregando conceptos claros y con los que podrán enfrentarse a la oferta laboral.

RECOMENDACIONES

- Las configuraciones de los módulos para cada práctica son de mucha importancia, si estas instrucciones no se siguen de forma adecuada es posible no conseguir resultados de transmisión de las señales o se puede sobrecargar la entrada de alta luminosidad del receptor lo cual no es adecuado, porque generaría una salida de ruido no deseable para el oído, o cuando se hace la prueba con el micrófono y los módulos transmisor y receptor están muy cerca se puede acoplar el sonido generando un silbido agudo.
- El entrenador se puede usar para medir y analizar como varía la potencia a en un largo periodo de tiempo, para estos casos es recomendable usar una fuente de corriente externa y no usar las baterías.
- Es necesario verificar la limpieza de las puntas de los cables de fibra óptica con el fin de no introducir atenuaciones adicionales a las normales por causa de impurezas.

7 BIBLIOGRAFÍA

ELLMAX ELECTRONICS LTD, THE FIBRE-OPTICS EDUCATOR, Unit 29, Layton Business Centre, Etloe Road, Leyton, London E10 7bt, England.

ELLMAX ELECTRONICS LTD, FIBRE-OPTICS POWER METER, Unit 29, Layton Business Centre, Etloe Road, Leyton, London E10 7bt, England.

SERWAY, RAYMOND A, JHON W. Jewett, Jr. Física para ciencias e ingeniería, volumen 2, Novena edición, una compañía de Cengage learning 2014

<http://www.ellmaxelec.com/>

<https://www.fibraopticahoy.com/tipos-de-conectores-para-fibra-optica/>