

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**Diseño de un sistema de radiodifusión comercial  
sobre un enlace de fibra óptica**

**Autor: Eddy Alejandro Girado Díaz**

**Tutor: Ing. Rolando Pérez Versón**

**Santa Clara**

**2013**

**"Año 55 de la Revolución"**

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

### **Diseño de un sistema de radiodifusión comercial sobre un enlace de fibra óptica**

**Autor: Eddy Alejandro Girado Díaz**

e-mail: [eddy@cmhw.icrt.cu](mailto:eddy@cmhw.icrt.cu)

**Tutor: Ing. Rolando Pérez Versón**

e-mail: [rpverson@uclv.edu.cu](mailto:rpverson@uclv.edu.cu)

**Santa Clara**

**2013**

**"Año 55 de la Revolución"**



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Firma del Autor

---

Firma del Jefe de Departamento  
donde se defiende el trabajo

---

Firma del Responsable de  
Información Científico-Técnica

## **PENSAMIENTO**

**La ciencia sin amor, es como bastón de ciego, que ayuda a andar pero no a ver.**

**Manuel Cofiño**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado está dedicado principalmente a Dios, ya que sin su fortaleza y respaldo, no hubiese sido posible, el desarrollo y culminación de esta carrera.

A mi familia que con su inmenso amor y dedicación me han apoyado en todas las situaciones de la vida.

A mis amigos más queridos los que siempre me inspiración y me ayudaron en todo.

A mis compañeros de la CMHW por su confianza y a mi colectivo de trabajo del taller donde nació este proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ingeniero Rolando Evelio Pérez Versón por brindarme su asesoría incondicional y todo su tiempo en aclarar todas las interrogantes planteadas en la realización de este trabajo.

Al personal técnico del CMT de ETECSA en Santa Clara por compartir sus experiencias y colaboración incondicional.

A la Ingeniera Laslinda Mondeja por su constante apoyo en la realización de este proyecto

A mi papá, a mi tía, por confiar en mi

## TAREA TÉCNICA

1. Revisión bibliográfica y estudio de los temas relacionados con la generación de las señales de audio en los estudios de radiodifusión comercial.
2. Análisis crítico de los bloques que conforman un enlace óptico propuesto para el transporte de señales de audio en tiempo real.
3. Selección del equipamiento técnico que se pudiera utilizar para la construcción de cada uno estos.
4. Simulación del comportamiento del enlace diseñado utilizando la herramienta OptiSystem v.7
5. Confección del informe del trabajo de diploma.

---

Firma del Autor

---

Firma del Tutor

## RESUMEN

La Radio es uno de los medios de difusión de información más populares de todos los tiempos, solamente superado por la televisión en la segunda mitad del Siglo XX. Al final de la segunda guerra mundial se popularizaron las emisiones de radio en frecuencia modulada (FM), en este tipo de modulación las señales de audio modifican la frecuencia de la portadora. Una de las diferencias que destaca la transmisión de ondas de radio con este tipo de modulación es el menor el nivel de interferencia generado por la cercanía de otra estación de radio, la ocurrencia de relámpagos o ruidos de los motores de los vehículos automotores, además que la calidad de la emisión de las señales en transmisiones de frecuencia modulada es muy superior a las emisiones de amplitud modulada (AM). En la provincia Villa Clara existen varias emisoras de Radio, unificadas en un Sistema Provincial de la Radio, donde se destacan la CMHW y Estéreo Centro ambas de la Ciudad de Santa Clara. Uno de los problemas principales que afectan el desempeño de la emisión, radica en que la Estación de Transmisión se encuentra separada una distancia de varios kilómetros, trayendo consigo una serie de deficiencias a la hora de transportar la señal generada. El objetivo principal de este trabajo consiste en diseñar un sistema de radiodifusión comercial para transportar la señal de la emisora Estéreo Centro de la ciudad de Santa Clara hasta el Centro de Transmisión local, utilizando un enlace de fibra óptica.



## TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
TAREA TÉCNICA .....	iv
RESUMEN .....	v
INTRODUCCIÓN .....	1
Organización del informe .....	4
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1 Introducción a la Radiodifusión .....	5
1.2 Estructura técnica de una Emisora de Radio .....	7
1.2.1 Estudio de grabacion de voces.....	7
1.2.2 Estudio Master .....	8
1.2.3 Unidad de Control Remoto .....	9
1.3 Estructura ampliada de un Estudio de Radio .....	9
1.3.1 Diseño del estudio.....	12
1.3.2 Consideraciones acústicas dentro del estudio .....	17
1.3.3 Afectaciones por ruido y distorsion .....	20
1.4 Audio Digital.....	21

1.4.1	Ventajas de la producción de audio digital .....	23
1.4.2	Procesamiento digital de audio .....	24
1.5	Técnicas modernas de distribución .....	26
1.6	Conclusiones del Capítulo.....	29
<b>CAPÍTULO 2. DISEÑO DEL ENLACE ÓPTICO .....</b>		<b>30</b>
2.1	Introducción a la Fibra óptica .....	30
2.1.1	Cable de fibra óptica .....	31
2.1.2	Reflexiones Internas .....	33
2.1.3	Modos de propagación.....	33
2.1.4	Afectaciones típicas de un enlace óptico .....	34
2.2	Esquema de la arquitectura propuesta.....	35
2.3	Diseño físico del enlace óptico .....	36
2.3.1	Características de la fibra optica G652 .....	37
2.4	Selección del equipamiento.....	39
2.4.1	Transmisor Óptico OTA 1303X2-E .....	40
2.4.2	Transmisor Óptico OTD 1304X-E .....	42
2.4.3	Receptor Óptico ORM 22E.....	44
2.4.4	Transceptor Óptico OTR910 E-3.....	45
2.4.5	Transceptor Óptico926E-C11-C12 .....	48
2.5	Análisis económico .....	50
2.6	Conclusiones del Capítulo.....	51
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>52</b>
3.1	Herramienta de simulación OptiSystem v.7.....	52
3.2	Simulación del enlace óptico .....	54

3.2.1	Modelación de la red.....	54
3.2.2	Configuración de los parámetros de los dispositivos.....	55
3.2.3	Resultados de la simulación.....	58
3.3	Conclusiones del Capítulo.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		63
Conclusiones .....		63
Recomendaciones .....		63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		65
ANEXOS .....		68
Anexo I	Cables y conectores de Fibra Óptica.....	68
Anexo II	Equipos de Mediciones Ópticos.....	75

## INTRODUCCIÓN

La Radiodifusión surgió como un nuevo medio de transmisión de información en la segunda década del siglo XX, aumentando enormemente el tamaño de su audiencia y sus beneficios hasta llegar a nuestros días. En aquellos primeros momentos, era costumbre que una empresa patrocinara un programa de radio durante una media hora, con la colocación de sus anuncios al principio y al final del programa. Esto está en contraste con el patrón que se desarrolló a finales del siglo 20 en la televisión y la radio, donde los pequeños pedazos de tiempo se vendieron a muchos patrocinadores y ninguna corporación solicitaba o quería patrocinio de todo el espectáculo, salvo en casos excepcionales. Estos anuncios posteriormente también completaron una porción mucho mayor del tiempo total del programa que tenían en los inicios de la radio.(Reese, Gross et al. 2006)

De forma comparativa con el teléfono e incluso con el telégrafo, la radio era una manera genial e innovadora de comunicación, el envío de estas señales al espectro radial eran silenciosas e invisibles sin la necesidad del uso de cables eléctricos. Con el transcurso de los años se descubrió la manera de transmitir sin el uso de hilos de cobre señales audibles al oído humano, como señales de voz y música. Las ondas de radio transportaban la información del sonido utilizando de forma básica el método de superposición de las señales sonoras en las ondas de radio por la modulación de amplitud (AM), a las ondas sonoras se le varia la amplitud de la señal, este tipo de modulación aún es muy común en la transmisión de los transmisores de radio. Esto es notable ya que dependiendo de la longitud de onda, las emisiones de radio-difusión podrían ser de ondas corta (SW), media (MW) o largas (LW).

Al final de la segunda guerra mundial se popularizaron las emisiones de radio en frecuencia modulada (FM), aquí, en este tipo de modulación las señales de audio modifican la

frecuencia de la portadora. Una de las diferencias que destaca la transmisión de ondas de radio con este tipo de modulación es el menor el nivel de interferencia generado por otra estación de radio, relámpagos o motores de los vehículos automotores, además que la calidad de emisión de las señales en transmisiones de FM son obvias con respecto a emisiones de AM.(McLeish 1978)

Cualquiera que sea el tipo de modulación empleado para transmitir señales de audio, esta se emite desde la antena transmisora, para que la antena ubicada en el receptor de radio sea capaz de recibir las señales y este convertirla en señales eléctricas que el receptor sintoniza para escuchar la estación deseada, siendo esta amplificada por el circuito amplificador del receptor, reproduciendo la generada desde el estudio de radio-difusión. Por lo general las estaciones de radio emite señales de radio de forma continua, por ejemplo para la emisión de música y voz, se compone la señal sonora para modular la amplitud o la frecuencia, así es como se producen las transmisiones de Amplitud Modulada y las de Frecuencia Modulada.

Con el desarrollo de la industria electrónica para la década de 1970 se fueron sustituyendo todos los elementos valvulares que existían en aquel entonces, reduciendo de forma significativa el tamaño de los equipos empleados en la transmisión y recepción de las ondas radio. Este desarrollo en la reducción del tamaño de los componentes electrónicos facilitó aún más en el desarrollo de este medio en la era digital de las señales de audio, todo esto fue mejorando la calidad en las emisiones de radio, gracias al envío y propagación de señales cada vez más bajas en índices de ruido y desfasaje hasta el salto hacia la fibra óptica como soporte básico para en transporte de estas señales, las cuales ya se transmiten de forma digital gracias al desarrollo de esta tecnología.(Reese, Gross et al. 2006)

En la provincia Villa Clara existen varias emisoras de Radio, unificadas en un Sistema Provincial de la Radio, donde se destacan la CMHW y Estéreo Centro ambas de la Ciudad de Santa Clara. La CMWH transmite en AM y FM, en las frecuencias 840 KHz y 101.5 MHz respectivamente. Esta emisora es la más desarrollada tecnológicamente y cuenta en la actualidad con un complejo sistema de Estudios que permiten la generación de una señal de audio de alta calidad. Uno de los problemas principales que afectan el desempeño de la emisión, radica en que la Estación de Transmisión se encuentra separada una distancia de

varios kilómetros, trayendo consigo una serie de deficiencias a la hora de transportar la señal generada. Como medio de enlace entre las partes se han utilizado diversos soportes: Cable de cobre, Radio-Enlace y Fibra Óptica.

El servicio de transporte se contrata a la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA), la cual es la encargada de la instalación y mantenimiento del enlace, lo cual trae como consecuencia que ante la ocurrencia de algún imprevisto el nivel de respuesta no sea el más adecuado que este tipo de servicio requiere, debido fundamentalmente a que la emisión ocurre en tiempo real y de manera continua. Por este motivo el objetivo principal de nuestro trabajo radica en diseñar un sistema de radiodifusión comercial para transportar la señal de la emisora Estéreo Centro de la ciudad de Santa Clara hasta el Centro de Transmisión local, utilizando un enlace de fibra óptica.

Para dar cumplimiento al objetivo general nos trazamos los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre los diferentes sistemas de radiodifusión, específicamente lo relacionado con la modulación en FM.
2. Estudiar las características de la transmisión de señales analógicas sobre enlaces de fibra óptica, poniendo énfasis en su utilización para soportar señales de audio.
3. Seleccionar los elementos que componen dentro del sistema, la sección de generación y digitalización de la señal de audio para ser transmitidas por el soporte de fibra óptica.
4. Diseño del enlace que une el bloque de generación de la señal de radio con el centro de difusión, para garantizar una transmisión en tiempo real.
5. Simular el modelo propuesto utilizando herramientas de software para validar su funcionamiento en un entorno real.

Con la ejecución de este proyecto se obtendrá un modelo que podrá usarse para enlazar las emisoras Estéreo Centro y CMHW de la Cuidad de Santa Clara con el centro de Transmisión, ubicado en la periferia de la misma. Además de sentar las bases para la introducción de nuevos servicios en el futuro: Radio Digital, Radio IP, Streaming de Audio; elevando de forma significativa la calidad de las señal difundida. Este trabajo deberá contribuir al desarrollo de futuras investigaciones relacionadas con el tema.

## **Organización del informe**

El informe de la investigación se estructurará en introducción, capitulario, conclusiones, referencias bibliográficas, bibliografía y anexos.

**Introducción:** Aborda tópicos como la importancia, actualidad y necesidad del tema que se desarrolla.

## **Desarrollo**

**CAPITULO I:** En este capítulo se analiza todo lo relacionado con una estación de Radiodifusión Comercial: su definición, características, su estructura, evolución y su influencia sobre la población. Se incluyen una breve introducción a las técnicas de modulación FM y a los tipos de receptores convencionales.

**CAPITULO II:** En este capítulo se trata todo lo referente al enlace óptico a implementar: su estructura y descripción de cada uno de sus componentes, así como la utilización de herramientas en cada uno de ellos para lograr la mejor calidad de servicio posible con los medios existentes.

**CAPITULO III:** En este capítulo se realiza la evaluación de los Resultados y la validación del diseño mediante la utilización de herramientas profesionales de simulación.

**Conclusiones:** Se exponen las consideraciones finales sobre la problemática investigada.

**Recomendaciones:** Se solicita la profundización y ampliación de los estudios sobre la temática.

**Referencias Bibliográficas:** Originan la conformación del cuerpo investigativo.

## **Anexos**

## CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se muestran algunos de los principales conceptos relacionados con los sistemas de radio. Se puntualizan los componentes de una emisora profesional de radiodifusión comercial, destacando el *Estudio* como su célula básica. Se describe la infraestructura técnica y las características de los centros en la producción de las señales de audio en un estudio de grabación, así como también las nuevas tendencias en el sector. Se explican las consideraciones necesarias para hacer un adecuado diseño y dimensionamiento de este, además de los factores que influyen en la acústica y la calidad de la grabación del contenido a difundir.

### 1.1 Introducción a la Radiodifusión

Una estación de radio es una empresa u organización que distribuye contenidos de audio a través de un medio de transmisión determinado, cuya función es garantizar la generación y procesamiento de una señal de audio con calidad, certificando que la transmisión y recepción de las señales de radio son exitosas.

Un programa de radio es un conjunto de emisiones transmitidas en formato para radio difusión, agrupadas bajo un título, en las que a modo de bloque se incluye la mayor parte de los contenidos que se ofrecen para la radio difusión comercial y de estaciones de radio difusión pública, existen varios tipos de programas como por ejemplo: informativo, de debates, educativo, infantil, entrevistas, de concursos, de deportes, radionovelas y de tipo religioso entre otros. A estos programas se les adiciona otros contenidos de audio que no son considerados programas, tales como: las autopromociones, jingles y la publicidad convencional, para juntos conformar un solo bloque de contenidos a transmitir. Una cadena de radio es una red de telecomunicaciones para la distribución de contenidos de programas



de radio a través de la cual un control centralizado proporciona una programación para varias estaciones de radio.

La unidad básica de un centro de generación de contenidos radiales se conoce como *Estudio de Producción*. Una *Emisora de Radio* es una estación que transmite audio hasta los receptores de radiofónicos en un área de cobertura concreta. Una *Emisora de Radio*, de acuerdo a su dimensionamiento, puede tener uno o varios *Estudios de Producción* internos. Tradicionalmente, las emisoras de radio hacen sus transmisiones enviando señales radioeléctricas empleando el aire como medio, este proceso es normado nacionalmente por lo cual se conceden licencias a cada estación, para usar una parte determinada del espectro radioeléctrico a través del cual se envían sus señales.(Hausman, Messere et al. 2011)

Hoy en día, un estudio digital puede ser simplemente una estación de trabajo, con una mezcla de equipos informáticos y de audio. Tradicionalmente, la generación en la producción de radio será producida en un estudio completo y en la mayoría de las instalaciones profesionales se deben incluir al menos dos estudios. Uno de los estudio generalmente es utilizado como el estudio en el aire y en este se produce en audio para la radiodifusión en vivo el día adía. Los otros son estudios de producción, que se utilizan para la elaboración de material de programación que se graba para la reproducción en un momento posterior. En otras palabras, la producción de la radio es lo que no se transmite en vivo. Esto incluye artículos tales como anuncios publicitarios, reportajes, anuncios de servicio público, y los puntos de promoción o imagen de la estación. Sin importar el tamaño o la forma física, la planta de producción es el centro creativo para una estación de radio o de producción propia. A menudo, el Estudio de Producción refleja el Estudio en el aire con el mismo o muy similar configuración del equipamiento y sirve como respaldo del estudio de transmisión en vivo.(Reese, Gross et al. 2006)

Algunas estaciones de radio también tienen un estudio que se considera un estudio de dramatización para la producción de series infantiles, radio novelas y otros, adaptados para la radio. Por lo general, este espacio es más pequeño que los otros locales destinados para los estudios y donde solo hay micrófonos, mesas y sillas. El resultado final de este se envía normalmente a un estudio de producción para ser procesada, aunque a veces es enviado directamente al estudio máster para la emisión en directo. Un estudio de dramatización se

puede utilizar para la grabación de voz, para las entrevistas grabadas para las discusiones que implican varios invitados, o para poner un pequeño grupo musical en el aire.

Dos de las mayores preocupaciones en el estudio en cuanto a diseño son la acústica y la ergonomía. La acústica se refiere a cómo el sonido se comporta dentro de un espacio cerrado, y la ergonomía se refiere a las consideraciones de diseño que ayudan a reducir la fatiga del operador y el malestar dentro del local. Aun cuando se puede construir o remodelar un estudio de transmisión, la comprensión de las características de la sala de producción puede ayudar a evaluar su instalación y sugerir maneras de mejorar el entorno en el cual se trabajará.

## 1.2 Estructura técnica de una Emisora de Radio

Una Emisora de Radio, tiene la función de generar y procesar las señales de audio con el máximo nivel de calidad posible, asegurando de esta forma una transmisión y recepción exitosas. En general una estación de radiodifusión comercial podría estar compuesta por varias etapas según el diseño de la misma. En la Figura 1.1 se muestra el diagrama en bloques de una Emisora de Radio.

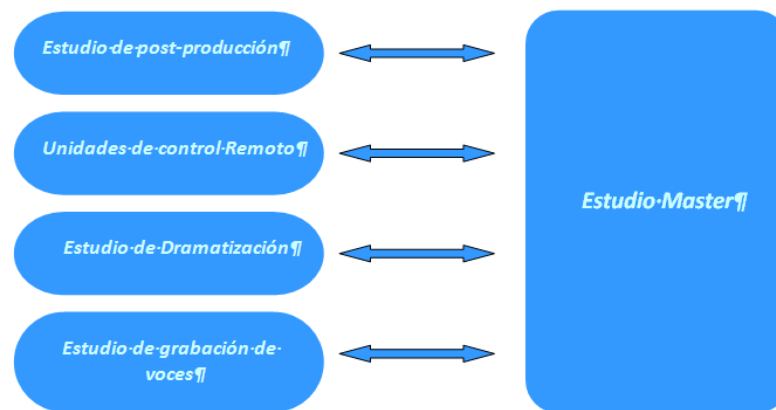


Figura 1.1: Estructura de una estación de radiodifusión

### 1.2.1 Estudio de grabacion de voces

Este no es contemporáneo con los inicios de la radio difusión, ya que surge por la necesidad de grabar los jingles, promociones y spots, producto que las emisiones de estos era en vivo y en directo desde el estudio máster, inicialmente se utilizaron en la producción radial

platos profesionales, grabadoras de cintas y caseteras los cuales formaron parte del estudio de grabaciones por muchos años, siendo la grabación en soportes magnéticos la de mayor preferencia por lo cual trascendieron su uso hasta la actualidad, en sus proyecciones futuras y en correspondencia con el desarrollo en la producción radial la era digital fue el gran salto por tener una gran capacidad de almacenamiento, fácil manejo en la edición y montaje de los programas grabados en formato digital. Uno de los principales equipos que intervienen en la producción de programas de radio es el uso de las computadoras adaptadas para un mejor desempeño en las grabaciones de audio.(Hausman, Messere et al. 2011)

Es apreciable las diferentes técnicas de grabaciones empleadas, pero también es destacable el constante cambio de estas en la búsqueda de encontrar la forma de mejorar la calidad de las grabaciones digitales, esta evolución produce un consumo elevado de recursos, porque mientras mayor es la calidad de nuestro sistema de grabación, más caro es este en el mercado.

### **1.2.2 Estudio Master**

Este es el lugar más importante en el sistema de radio difusión cuya función principal consiste en el control de los parámetros técnicos de las señales de audio que van a ser transmitidas hasta los receptores de radio. Estos estudios pueden variar su diseño estructural pero están provistos de varios equipos comunes que pueden variar de un diseño de a otro, como son: los monitores de estudio, micrófonos dinámicos o capacitivos, mezcladores de audio, procesadores de audio, computadoras, reproductores de discos compactos, etc.

El elemento principal que interviene en la producción radial es la consola de audio o mezcladora de control maestro capaz de sincronizar las señales recibidas, con tres funciones principales básicas como: amplificar, enrutar y mezclar el audio.

En otras palabras, primero se debe determinar que la señal proviene de: un micrófono, un reproductor de CD o una grabadora de audio por ejemplo. Las consolas de audio hacen referencia a veces a la mezcla de audio, debido a su capacidad para seleccionar y tener varias entradas operativas al mismo tiempo. Gran parte del trabajo de producción lo hace

porque habrá una combinación de voz, música y efectos de sonido a través de la consola de audio.

La segunda función de la tarjeta de control es amplificar la señal de audio de entrada a un nivel adecuado. A pesar que todas las fuentes de sonido se amplifican en un grado, algunas fuentes de sonido (especialmente los micrófonos o tocadiscos) producen una pequeña corriente eléctrica tal que tenga que amplificarse aún más para ser utilizado. Lo que se entiende también por "amplificar" es que el volumen de una señal de audio que va a través de la consola se puede subir o bajar y finalmente la tercera función de la consola de audio es para permitir al operador enrutar estas entradas a un número de salidas, tales como los monitores de estudio, el transmisor, o una grabadora de audio.(Clayton 2001)

### **1.2.3 Unidad de Control Remoto**

Dada la necesidad de realizar transmisiones en directo desde el mismo lugar en que ocurren los eventos deportivos, sucesos políticos y manifestaciones culturales, además de efectuar la grabación de estos para una transmisión diferida, y de realizar la grabación de programas variados fuera de los estudios, en ambientes interiores o exteriores y para una posterior edición y transmisión, es necesario la existencia de las denominadas unidades móviles de control remoto para cubrir las exigencias de las situaciones citadas. Estas unidades tienen una estructura básica muy parecida o casi igual a la de un estudio de grabaciones o un estudio máster porque está compuesta por una mezcladora de audio, varios micrófonos, monitores de audio, híbrida telefónica o hasta incluso un pequeño transmisor de FM para enviar las señales de audio producidas hasta la estación de radio.

Las unidades de control remoto son una de las etapas más importantes en la producción de la radio, debido al nivel de profesionalidad que estas aportan a las estaciones de radio difusión, por el interés de la audiencia de eventos en directo, desde los más remotos lugares y debido a esta inmediatez, ha aumentado con el transcurso de los años su empleo.

### **1.3 Estructura ampliada de un Estudio de Radio**

En el estudio con un mínimo de equipos empleados, es donde se producen las señales de audio que transformadas se convierten en impulsos eléctricos moldeados y adaptados para la recepción en el radio receptor con la mayor fidelidad posible, transmitiendo a la

audiencia la esencia de la situación generado en el estudio. Un esquema general simplificado de un típico estudio para la producción de radio sería el mostrado en la Figura 1.2, no siendo el mismo en todas las estaciones, porque esta estructura depende del tipo de estandarización determinado para cada estación. (Hausman, Messere et al. 2011)

Esto a menudo se llama una cadena de audio debido a que los distintos componentes del equipo están literalmente unidos entre sí.

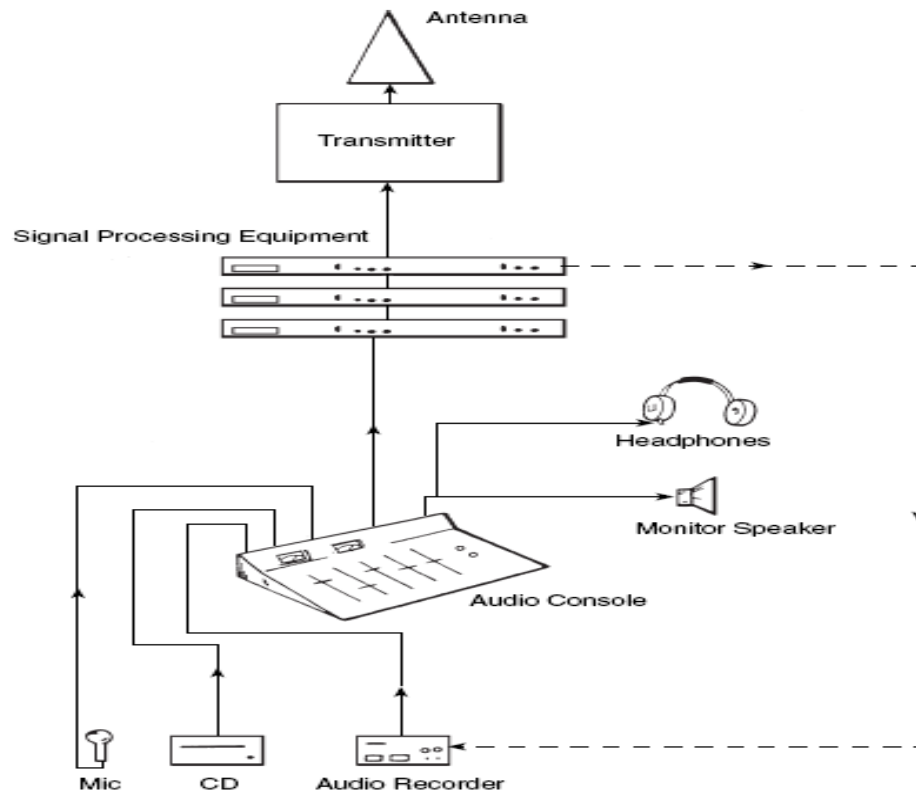


Figura 1.2: Cadena de audio de un Estudio de Producción

El viaje puede ser complicado ya que el sonido puede pasar por varios cambios a lo largo del camino. Las líneas continuas muestran el recorrido del sonido que debe ser enviado a la consola de audio a partir de una variedad de fuentes de audio. A continuación, se pasa a través de equipos de procesamiento de señal y finalmente al sistema de transmisión, lo que sería normal para un estudio en el aire. Las líneas discontinuas muestran el sonido que debe ser enviado de nuevo a una grabadora de audio después de procesamiento de la señal, lo que sería común para un estudio de producción. En ambos casos, el sonido es escuchado en el estudio a través de los monitores ubicados en el estudio y en los audífonos.

El equipamiento muestra de forma representativa de lo que se puede encontrar en el típico estudio de producción de radio. Un micrófono que convierte la voz del locutor en una señal de audio y es muy común encontrar en el estudio varios micrófonos auxiliares para el trabajo de producción que requiere dos o más voces. (Reese, Gross et al. 2006)

En la mayoría de las salas de producción (Figura 1.3) también se puede encontrar dos reproductores de discos compactos (CD), lo que permite la reproducción de los distintos tipos de CD que desea reproducir. Muchos estudios de grabaciones aún albergan una plataforma giratoria para discos de vinilo, pero algunos han eliminado este equipo. Estudios modernos utilizan equipos digitales, como el MiniDisc, editor de audio personal, CD-R (grabadora de discos compactos), o una estación de trabajo de audio digital controlada.



Figura 1.3: Salas de producción

Todos estos equipos están entrelazados con la consola de audio, lo que permite al operador manipular las fuentes de sonido en varias maneras. Los equipos de procesamiento de señal, tales como un ecualizador, el sistema de reducción de ruido, o unidad de reverberación, por lo general se integran en la cadena de audio entre el mezclador de audio y el equipo de transmisión o grabación. La supervisión del sonido durante el trabajo de producción se lleva a cabo con altavoces o auriculares de estudio.

Casi toda la mueblería utilizada en un estudio de radio utiliza un diseño en forma de U, o con alguna variación de la misma, con el objetivo de que el operador pueda alcanzar a manejar todos los equipos que están en su entorno de trabajo, además de permitirle a este la inmediata ubicación de estar de frente a la consola de audio.

Hoy en día la mayoría del trabajo dentro de un estudio se realiza de forma combinada, es decir que el locutor es también el operador de los equipos de audio. Debido a esto, los equipos y el operador están ubicados en el mismo local o sea en un único estudio, ya sea una sala de post producción o un estudio maestro. En el pasado, en las estaciones de radio, el locutor se encontraba en una habitación separada del operador, esta habitación estaba localizada una al lado de la otra donde la segunda era el estudio donde estaban los equipos de transmisión. El contacto visual y la comunicación era mantenida a través de un cristal de vidrio que separa los dos locales, además en este tipo de diseño intervienen dos personas, un ingeniero para la manipulación de los equipos y el locutor que aporta la voz. (McLeish 1978; Goeringer 2004)

Existen muchos elementos importantes en un estudio de radio, pero sin duda alguna la acústica representa un papel destacado, como se ha visto anteriormente la señal de audio y el resultado final de la producción de un programa de radio están directamente relacionadas, por lo tanto un inadecuado diseño en la acústica del estudio provocaría una señal deformada que dañaría el resultado final del programa que se va a ser transmitido. Es por esta razón es que un correcto diseño acústico de un estudio es el que permite obtener la calidad deseada.

### **1.3.1 Diseño del estudio**

La mayoría de los diseños de estudio controlan las reflexiones por una combinación de absorción y técnicas de difusión, tales como un diseño común con técnicas de estudio LEDE (Live End-Dead End) o Non-Environment, siendo estas unas de las tendencias más utilizadas en el diseño de los estudios de grabación.

El concepto LEDE (LIVE END - DEADEND) fue desarrollado por Don Davis y Chips Davis que aunque comparten apellidos no tienen vínculos familiares hacia 1978. La idea básica consiste en evitar que la llegada de reflexiones con excesivo nivel produzca el típico efecto de filtrado en peine (comb-filter) que se genera cuando a una señal se le suma la

réplica suya retardada, con la consiguiente alteración de la respuesta de frecuencias. Desde un punto de vista temporal, imaginemos que estamos grabando la voz de un solista en nuestra sala de grabación y que a cierta distancia de ésta hay una superficie reflectante. El sonido de la voz rebotará en esta superficie y regresará al micrófono con un pequeño retardo de tiempo y con un nivel inferior. Si en la sala de control tenemos alguna superficie reflectante a una distancia más cercana que la del estudio al micrófono, ésta nos producirá una reflexión con un retardo inferior. Así pues, si ésta última es suficientemente fuerte, nos va a enmascarar la reflexión del estudio, con lo que no estaremos oyendo la acústica del estudio sino la del control y por lo tanto tomando decisiones erróneas a la hora de ecualizar, mezclar, etc.(Goeringer 2004)

El concepto Non-Environment es bastante simplista. Se trata de ejecutar una sala semianecóica de forma que la única pared reflectante sea la que soporte los altavoces. De esta forma el filtro de los modos propios en baja frecuencia es tan ancho que prácticamente desaparecen y la respuesta tonal de la sala es más uniforme. La pared rígida que soporta los altavoces es necesaria para una correcta radiación hemisférica de los altavoces.

Para conseguir gran absorción a bajas frecuencias, sin tener que emplear grosores exagerados de absorbente, se utiliza un sistema a base de "guías de onda" formado por paneles absorbentes alineados en la dirección de propagación. Para mejorar la efectividad del sistema, los paneles absorbentes contienen una lámina (normalmente un elastómero) de gran masa que actúa como barrera antirretorno. Además, se construye una triple pared de densidad creciente: madera, lámina de alta densidad y placa de yeso (tipo Pladur) que mejora la adaptación de impedancias antes de llegar al muro estructural (se presupone que éste es rígido y de gran masa). La madera y el Pladur añaden absorción en bajas frecuencias por vía diafragmática (resonancia). Con todo esto se consigue un doble efecto de absorción.(Hurst 2003)

En primer lugar, los paneles junto con la triple pared actúan como un adaptador de impedancias (al igual que las cuñas de una cámara anecóica) ya que el frente de ondas va perdiendo energía progresivamente conforme avanza. Primero pierde muy poca, ya que los paneles están separados entre sí, a continuación cede un poco más al atravesar 2 veces antes y después del rebote la triple pared. Por último, la onda reflejada, que se encuentra ahora



propagándose perpendicularmente a los paneles, se ve obligada a atravesar varios de estos paneles antes de conseguir "volver" a la sala prácticamente sin energía.(Millerson and Owens 2012)

En segundo lugar el doble recorrido del frente de ondas sobre los paneles duplica la profundidad efectiva de los mismos con lo que se consigue que la absorción resistiva se pueda producir a frecuencias bastante bajas. En definitiva el sistema emplea todos los sistemas disponibles para disipar la energía acústica posible. Evidentemente, si lo consigue para bajas frecuencias por medios básicamente disipativos, también lo hará para el resto de frecuencias.

Para los precursores del concepto Non-Environment el sistema presenta bastantes ventajas. La escucha es más consistente entre diversos estudios (en el sentido de que la misma grabación suena aproximadamente igual con independencia del estudio) y los graves son más "potentes" que los de grabaciones realizadas en estudios menos absorbentes, ya que en éstos últimos existe exceso de energía acústica en bajas frecuencias que el ingeniero de sonido tiende a contrarrestar mediante ecualización. Además, los controles diseñados con este sistema son mucho más tolerantes respecto a su forma geométrica, detalle que se debe cuidar sobremanera si emplean técnicas LEDE mejoradas.(Mukherjee 1991)

Para realizar esta actividad no solo se necesita personal especializado para el montaje de los paneles acústicos, sino también el empleo de equipos profesionales para la grabación de las señales de audio, tales como: Micrófonos NEUMANN TLM102, los cuales en su interior tienen una cápsula de gran diafragma recién desarrollada con un nivel de presión sonora máximo de 144 dB, que permite la grabación de percusión, batería, amplificadores y otras fuentes de sonido muy alto, por ejemplo. Instrumentos que no son especialmente fuertes también se benefician de la rápida respuesta transitoria del TLM 102.(Hausman, Messere et al. 2011) Sin embargo sus aplicaciones más importantes están en el ámbito de la voz y de la palabra; un ligero aumento por encima de 6 KHz proporciona una excelente presencia de la voz en la mezcla global. Hasta 6 KHz la respuesta en frecuencia es extremadamente lineal, asegurando mínima coloración y un claramente definido margen en graves. La cápsula está montada elásticamente para la supresión de ruido estructural. Una pantalla anti-pop

integrada en la rejilla sirve para suprimir sonidos explosivos en grabaciones vocales y de la palabra. (Figura 1.4)



Figura 1.4: Micrófono Neumann

Los monitores de audio profesionales permiten realizar las importantes funciones de control subjetivo de la calidad del sonido y ajuste de los elementos del sistema, fundamentalmente el de las fuentes de audio. Estos monitores profesionales poseen una respuesta de frecuencias adecuada para el monitoreo de las señales captadas con un nivel de detalle máximo para el oído humano. Asimismo, los circuitos de audio que constituyen el monitor están diseñados para cumplir estrictos requerimientos de precisión y confiabilidad en su funcionamiento. (Figura 1.5)



Figura 1.5: Monitores de Audio

Otro de los elementos importantes que forman parte de un estudio es la mezcladora de audio principal o consola de audio (Figura 1.6), esta controla las señales de audio que pasan

a través de la consola de audio, que poseen varias funciones básicas (por ejemplo: amplifican la señal recibida, ajustan el nivel de volumen de cada una de las fuentes de audio, monitorean las fuentes individuales y la mezcla de audio total).



Figura 1.6: Consola de Audio

Además, las consolas más sofisticadas permiten la manipulación de sonido, incluyendo la "ubicación" de izquierda a derecha de fuentes de estéreo, el moldeo de las curvas de frecuencia de los sonidos, añadir reverberación al audio, entre otras. Las fuentes de audio más comunes son las procedentes de micrófonos y los elementos que forman parte de la cadena de audio, ubicada dentro del estudio.

### **Tamaño y forma del estudio**

El tamaño y la forma de un estudio de producción también pueden determinar qué tanto refleja el sonido el estudio. Como se ha señalado, el estudio de producción de radio no debe ser demasiado reflexivo porque el sonido producido o grabado sería demasiado brillante e incluso estridente.

De alguna forma, la construcción de una habitación estándar a menudo va en contra de un buen diseño de un estudio de transmisión. Por ejemplo, los estudios con paredes paralelas (la habitación normal en forma de caja) producen un sonido más reflejado de estudios de forma irregular.

Las ondas sonoras que se reflejan de ida y vuelta dentro de un área limitada, como por ejemplo entre paredes del estudio que son paralelas, pueden producir ondas estacionarias. En términos básicos, una onda estacionaria es una combinación de una onda de sonido que va en una dirección y su onda reflejada es la que va en la dirección opuesta. Si la distancia entre las paredes es la misma que la longitud de onda (o un múltiplo de la misma), las

ondas interactúan y producen un sonido combinado indeseable que tiende a ser desigual, como se mencionó anteriormente.(Goeringer 2004)

El tamaño real de la instalación de producción está determinada parcialmente por el equipo que debe ser alojada en ella. Sin embargo, en la construcción de la sala de producción de radio, se debe considerar el hecho de que cuando las habitaciones están construidas con la altura, anchura, y las dimensiones de longitud que son múltiplos iguales o exactos el uno del otro, ciertas frecuencias de sonido tienden a ser reforzadas, y otras frecuencias del sonido tienden a ser canceladas.

Dado que este (picos y valles) sonido no es deseable en la sala de producción de radio, la construcción cúbica se debe evitar siempre que sea posible.

### **1.3.2 Consideraciones acústicas dentro del estudio**

El estudio de producción de radio es un espacio único en el que las propiedades físicas del local tendrá un impacto en el sonido producido dentro del mismo. Debido a esto, varias características de sonido necesitan ser consideradas en el diseño del estudio, incluyendo el aislamiento de sonido, control de ruido, las vibraciones, y la acústica de la sala.

Sin embargo, si la superficie es irregular, esta divide y dispersa las ondas sonoras provocando reflexiones dentro del local, generándose entonces un fenómeno conocido como la difusión. El sonido que es absorbido en la superficie es disipado y el efecto de penetración ocurre cuando el sonido se desplaza a través de la superficie y este es transmitido en el espacio de un lado a otro. Por otro lado las características del sonido dentro de un estudio radio están determinados por los fenómenos de penetración, absorción, reflexión y difusión, este conjunto ayuda a determinar la calidad del sonido producido dentro del estudio(Reese, Gross et al. 2006). Estos fenómenos se muestran en la Figura 1.7.

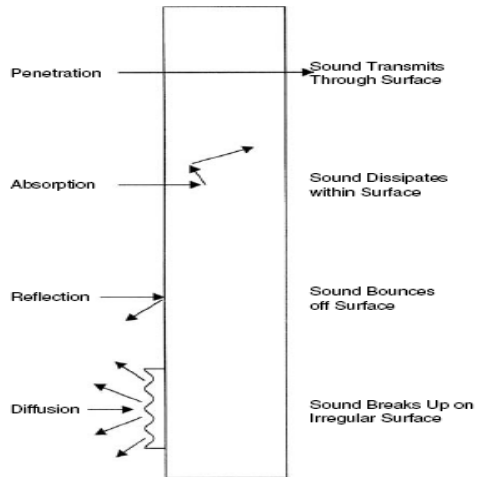


Figura 1.7: Fenómenos del Sonido

Cuando se produce un sonido (por ejemplo, la voz de un locutor), el sonido directo es el sonido principal que se oye. En una situación de producción, es el sonido que va desde el locutor (la fuente de sonido) directamente al micrófono. Por otra parte, el sonido indirecto o reflejado alcanza las fracciones del micrófono un segundo después de que el sonido directo llega al micrófono, el producto que hace que este sonido llegue con retraso es, porque este viajado en una ruta ondulada dentro del estudio (Hurst 2003). El sonido reflejado consiste en el eco y reverberación. Este sonido indirecto ha rebotado y ha sido reflejado desde una superficie (eco) o de dos o más superficies (reverberación) antes de llegar al micrófono. Esto se muestra en la Figura 1.8.

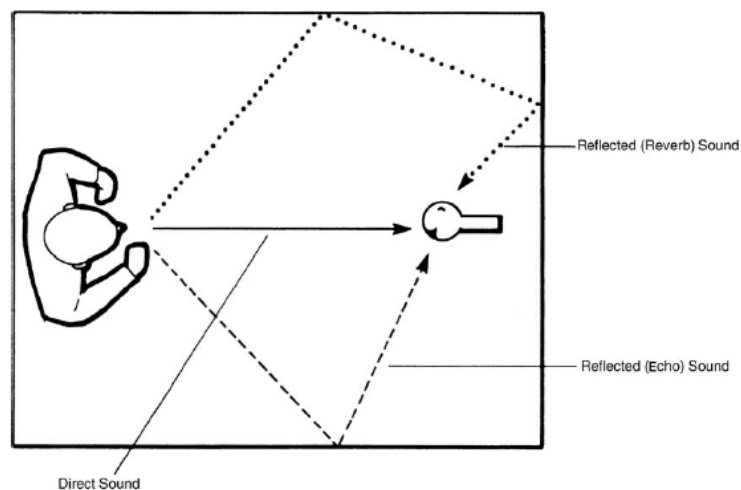


Figura 1.8: Reflexiones del Sonido

En el diseño del estudio de radio, el objetivo es manipular estas características de sonido para crear un ambiente de sonido adecuado para el trabajo en producción del sonido. Cuando se considera el sonido reflejado, pensamos en términos de reverberación en anillo y ruta de la reverberación, con los mismos conceptos aplicados al efecto del eco, pero en menor medida.

Reverberación en anillo (o tiempo de reverberación) es el tiempo que tarda el sonido en desaparecer o ir de un nivel de volumen máximo hasta el total silencio. La ruta de la reverberación es el camino que traslada el sonido desde su fuente hasta una superficie reflectante y de nuevo retorna a la fuente original. El sonido reflejado de forma excesiva tiende a acentuar las altas frecuencias y las frecuencias de rango medio, lo que produce un sonido estridente, provocando una deformación desigual en las señales de audio estero. Tanto la absorción como la difusión se utilizan para controlar el sonido reflejado. Parte del sonido reflejado se puede absorber en la alfombra, cortinas, y las paredes del estudio. La absorción del sonido dentro del estudio reduce el tiempo de reverberación para evitar la reflexión excesiva.(McLeish 1978)

La absorción proporciona al estudio una rápida disipación de las señales de audio, con un anillo de reverberación muy corto, por lo que sonido se extingue rápidamente, también una ruta de reverberación más larga hace que el sonido producido sea más suave. También una absorción excesiva del sonido hace que el estudio sea totalmente sin reflexiones, lo que proporciona un sonido seco que es diferente a cualquier espacio acústico normal y no es muy deseable. En contraste, un estudio en vivo que tiene un anillo de reverberación más largo y una ruta de reverberación más corta que genera un sonido más fuerte, o más brillante.

La difusión de las señales de sonido utiliza las superficies más irregulares del local para romper las reflexiones del sonido. Esto disminuye la intensidad de las reflexiones, que las hace menos perceptible y lo que puede amortiguar el sonido tanto como sea posible, porque las reflexiones del sonido son dirigidas en diferentes direcciones hasta que son absorbidas totalmente Figura 1.9.

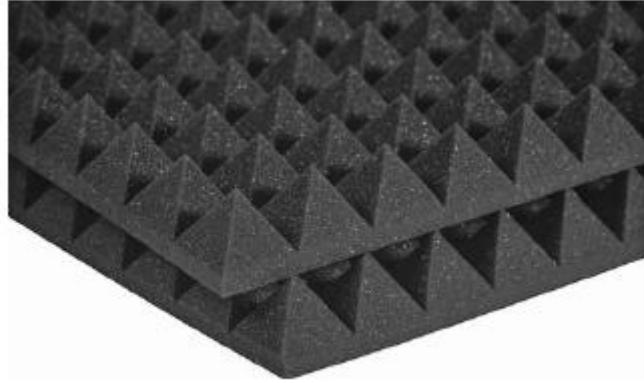


Figura 1.9: Paneles Irregulares

### 1.3.3 Afectaciones por ruido y distorsion

Estos parámetros están relacionados con algunos dispositivos montados en los estudios de audio, ya que algunos de estos son capaces de generar ruido. El término ruido se refiere a cualquier elemento de un sonido no deseado introducido en el proceso de producción que no estaba presente en la señal de sonido original. Por ejemplo, un micrófono que emplea un cable extremadamente largo puede añadir ruido a la señal de audio. Platos de discos y grabadoras pueden introducir ruido de engranajes mecánicos o simplemente a través de los circuitos electrónicos utilizados en la amplificación o grabación de la señal. (Hausman, Messere et al. 2011)

En la producción de las señales de radio, el nivel de ruido debe mantenerse lo más bajo posible. En su mayoría el equipamiento para la producción de radio está diseñado para producir una relación de señal-a-ruido (S/N) de al menos 60 a 1. La relación de la seña a ruido es una medición de audio, generalmente expresado en decibeles, que toma nota de la cantidad por la cual una señal a un nivel estándar de prueba supera el nivel de ruido producido por un componente electrónico. Cuanto más alto sea el nivel de señal-ruido, mejor. Para la mayoría de los equipos analógicos, una S/N de alrededor de 60 dB se considera de buena calidad, los modernos equipos digitales, como un reproductor de CD, puede tener una relación señal-ruido de 98 dB. La relación señal-a-ruido da una indicación de la capacidad del equipo para reproducir el sonido de forma limpia.

La distorsión en el audio es un cambio no deseado en esta señal debido a la reproducción inexacta del sonido original. Un ejemplo es la distorsión de volumen, lo que puede ocurrir cuando una señal es registrada en un nivel que es demasiado alto en el manejo de un equipo. (Goeringer 2004)

El nivel de una señal muy fuerte suena distorsionada, por lo que la señal reproducida no tiene la misma claridad o nitidez que la original, usted debe ser consciente del ruido y distorsión generada cuando se trabaja con equipos de audio y de alguna forma los equipos de audio analógicos. Un Equipamiento de audio digital con frecuencia se hace notable que estos reducen el riesgo de la introducción de ruido o distorsión en su trabajo de producción, pero a menudo este trabajo se lleva a cabo mediante la combinación de los equipos analógicos y digitales.

#### **1.4 Audio Digital**

En los últimos años, la tecnología digital ha revolucionado la forma en la producción de radio ya que se puede grabar, editar y manipular con los medios necesarios una señal de audio.

Los días de apretar botones para iniciar una grabadora de cintas han sido prácticamente sustituidos por la manipulación de un ratón o un teclado y por la visualización del monitor de la computadora para realizar las tareas de producción de audio. Pero desde la llegada del reproductor de discos compactos a principios de 1980 y contando con un estudio de producción digital en los inicios del año 2000, desde entonces, la radio ha abrazado con entusiasmo la tecnología digital.

Una de las formas más sencillas en la introducción para la producción de radio digital es poder utilizar un editor de audio digital de bajo costo, que utiliza un método de audio informático estándar, además de algunos equipos especializados, para hacer un sistema de edición de audio. A menudo se refiere como "la radio de escritorio", porque este tipo de sistema de producción tiene el potencial de reemplazar casi un estudio de producción entero. Hay dos tipos principales de los editores de audio: los de dos pistas y los multipista. Si queremos editar sólo las llamadas telefónicas, es recomendable un sistema de dos pistas simple que puede ser más que suficiente para este tipo de trabajo, o si el plan es hacer una



producción comercial más compleja, deberíamos escoger un sistema de multipista, aunque en muchos programas de edición de audio se incorporan ambos tipos de editores en un solo programa.

Además de la computadora, el equipo especializado necesario para la edición digital incluye una tarjeta de procesamiento de señales digitales de audio (DSP), una tarjeta de sonido estándar para computadoras puede ser utilizada en los procesos de ediciones, pero el hardware de audio profesional por lo general ofrece una capacidad más alta de frecuencia de muestreo, mayor resolución de bits y conectores de tipo empleados en las emisoras de radio.

En la mayoría de los estudios de producción de radio, una salida de la consola de audio se conecta a la entrada de la tarjeta de audio de tal forma que la mezcla producida dentro del mezclador de audio es enviado a la entrada de grabación de la tarjeta de sonido. El último componente de un sistema de radio de mesa es el programa o software utilizado en la computadora para realizar la grabación y edición de audio digital. Hay varios programas de software que pueden convertir una computadora de mesa en un potente editor de audio digital, algunos de los más empleados son, tales como: Pro Tools, SAW Studio, VoxPro e2, SoundForge, y Adobe Audition, por solo nombrar algunos. Entre los programas profesionales utilizados en el estudio de transmisión estos estarán dentro de un rango de 300\$ a 900\$ con una inversión inicial relativamente barata, sin dejar de mencionar que algunos son de uso libre. Usando los software de edición digital, el audio puede ser editado, procesado y almacenado en el disco duro como un archivo de sonido digital.(Hausman, Messere et al. 2011)

Una de las extensiones de la tecnología digital en la producción de radio son las llamadas estaciones de trabajo de audio digital (DAW) por sus siglas en ingles.

Esta técnica de edición digital aplicada en el estudio de radio es el desarrollo de aplicaciones de audio, ya que estos sistemas están basados en el almacenamiento directo de la señal de audio en el disco duro, incorporado con una técnica informática propietaria capaz de convertir las señales originales a la forma digital, que luego pueden ser almacenadas, manipuladas, y editadas usando la estación de trabajo (DAW).

Mientras que algunas estaciones de trabajo de audio digital son muy similares a los sistemas de radio de escritorio como se mencionó anteriormente, algunos no se parecen físicamente a los equipos en absoluto. En cualquier caso, debido a que la estación de trabajo se ha desarrollado como una grabadora de audio dedicado al editor de audio digital, a menudo tiene características y funciones especializadas para la edición digital. Figura 1.10.



Figura 1.10: Estación de Trabajo Digital.

#### 1.4.1 Ventajas de la producción de audio digital

El formato digital ofrece especificaciones técnicas superiores en el ámbito de la respuesta de frecuencia, el rango dinámico y la relación señal-ruido. Los efectos de Wow, flutter, y otras formas de distorsión de audio son esencialmente inexistentes con la tecnología digital. Esto no sólo proporciona una señal de audio inicial mayor, además el proceso digital no acumula ningún ruido añadido durante la grabación, o transmisión.(Watkinson 2012)

Algo importante es la fácil y rápida operación del equipamiento digital reduciendo el trabajo de edición a un menor tiempo dedicado a las funciones básicas de producción y el empleo de más tiempo en el aspecto creativo del proceso de producción radial.

Otra ventaja de la tecnología digital es que hay menos problemas de mantenimiento, tales como cabezales sucios o problemas de alineación. La mayoría del equipamiento digital promete un intervalo más largo entre las averías en comparación con los equipos

analógicos, y cuando hay un problema técnico, el equipamiento digital suele tardar menos tiempo para la reparación de estos. Puesto que hay menos piezas en el funcionamiento interno, y en muchos casos la reparación es una simple sustitución de una placa, circuito o componente. A menudo, los equipos digitales son más pequeños que el equipo analógico, estos están diseñados para ofrecer un ahorro del espacio que puede ser importante en el estudio de radio más pequeño.

Originalmente, el alto costo de los equipos digitales fue una desventaja definitiva, sin embargo, el factor de costo se ha reducido con el desarrollo continuo de la tecnología digital, y hoy en día la mayoría de los equipos digitales son menos costosos o al menos tienen el mismo precio que el equipo analógico que fue sustituido en el estudio en el pasado.

Sólo los sistemas DAW en toda regla o grabadoras multipista digitales de gama alta, con costos de varios miles de dólares, serían considerados caro para algunas estaciones. También algunos de los sistemas informáticos aplicado en las computadoras vendidas en casi todo el mercado de consumidores, ofrece posibilidades en el enfoque hacia la producción digital, para estaciones con bajo presupuesto económico.(Zölzer 2008)

#### **1.4.2 Procesamiento digital de audio**

La mayoría del equipamiento digital, software de edición de audio y sobre todo las estaciones de trabajo de audio digital, también incluye funciones que permiten el procesamiento de la señal sonora. Por lo general, el procesamiento de señales consiste en la manipulación de la respuesta de frecuencia (equilibrio tonal), una imagen estéreo, o el rango dinámico de la señal de sonido.

Varios dispositivos de procesamiento de señales se refieren a los términos "wet" y "dry". El, señal de audio entrante, o sin procesar se considera una señal dry, y la señal de audio de salida que ha sido procesado se considera la señal wet. Sin embargo, la cantidad de equipo disponible para el procesamiento de la señal en cualquier instalación de producción puede variar ampliamente, desde esencialmente nada a un verdadero paquete de equipos electrónicos.(Zölzer 2008)

## **Ecuallizadores de audio**

Uno de los procesadores de señal más comúnmente utilizados es el ecualizador. Un ecualizador permite la manipulación de la respuesta de frecuencia mediante el ajuste del volumen de las frecuencias seleccionadas y puede ser pensado como un control de tono de afinación. La mayoría de los ecualizadores que se encuentran en el estudio de producción de radio son dispositivos de ganancia unitaria. Los dos tipos principales de ecualizadores empleados en la producción de radio son el ecualizador gráfico y el ecualizador paramétrico.

### **Ecuallizador Gráfico**

El ecualizador gráfico es más común y debe su nombre a la gráfica aproximada de la respuesta de frecuencia de alteración de un sonido formado por los ajustes de control deslizante en la placa frontal del ecualizador. Los ecualizadores gráficos vienen en diferentes diseños, pero todos ellos dividen el rango de respuesta de frecuencia en bandas de frecuencia separadas.

### **Ecuallizador Paramétrico**

El ecualizador paramétrico proporciona al operador un mayor control sobre el sonido, ya que permite no sólo el control de volumen de las frecuencias especificadas, sino también el control sobre la frecuencia real y ancho de banda seleccionado. En otras palabras, el ecualizador paramétrico se utiliza para un control más preciso de las frecuencias dentro de un sonido que el control de amplio ofrecido por ecualizadores gráficos.

Ya sea una característica de un programa de edición de audio o una unidad independiente, el uso general de un ecualizador es alterar o cambiar el carácter del sonido de una señal de audio.

## **Compresores Limitadores**

El compresor es uno de los dos dispositivos de procesamiento de señales más comunes utilizados para manejar el rango dinámico de la señal de audio y el limitador es el otro para este uso. A pesar de que son los más utilizados para procesar la señal entre el estudio y el transmisor y por lo tanto no son dispositivos que se encuentran en la sala de producción, ellos fueron los primeros dispositivos de procesamiento utilizados en radio, y prácticamente

todas las estaciones de radio los utiliza. También se utilizan ocasionalmente en la sala de producción para procesar la señal antes de que sea enviado a una grabadora de audio.

El compresor funciona como un control automático de volumen y reduce el rango dinámico de una señal de audio puesto a través de la unidad. En el estudio de la producción contemporánea, el compresor se utiliza si la señal de audio es demasiado alta para bajar automáticamente los niveles de volumen.

### **1.5 Técnicas modernas de distribución**

Sin embargo, una forma relativamente nueva de la radiodifusión que distribuye directamente de los satélites a los receptores de radio ha comenzado a crear una seria competencia para las tradicionales emisiones en AM y FM. Este servicio de radio satelital, a menudo llamado servicio de radio de audio digital (DARS), con una programación de radio directamente desde un satélite a un receptor del hogar o un automóvil. Con este servicio las señales se distribuyen a nivel nacional, sin necesidad de estaciones locales que transmiten a un área determinada, con una cobertura más amplia en cualquier situación geográfica específica, abarcando áreas urbanas con altos índices de población. Gracias a que el DARS transmite señales de audio en formato digital sus señales tienen una mayor calidad respecto a la transmisión de radio en FM.(Hausman, Messere et al. 2011)

La tecnología digital ha cambiado no sólo las técnicas de producción de radio pero si la propia naturaleza de la propia industria. Muchas estaciones de radio han encontrado que con el fin de mantenerse al día con los tiempos, deben alinearse para transmitir en la Internet. Muchas redes radiales pueden emitir su señal en vivo a través de Internet, ampliando su público potencialmente en todo el mundo, así como permitir que los trabajadores de oficina puedan escuchar la emisora de radio a lo largo de la jornada laboral.

Mientras que muchos oyentes de programas de radio sobre Web accederán directamente a través de un reproductor de medios, tales como Real One o el Media Player de Microsoft, lo más probable es que en algún momento u otro, van a querer visitar la página web de la estación en el navegador de internet.(Figura 1.11)

La página web oficial de cualquier emisora ofrece información sobre el contenido de la estación, así como el de tener vínculos al contenido adicional. Sin embargo, además de los

contenidos en directo, muchas estaciones proporcionan servicios de contenidos previamente grabados o incluso materiales grabados que nunca son transmitidos en vivo.

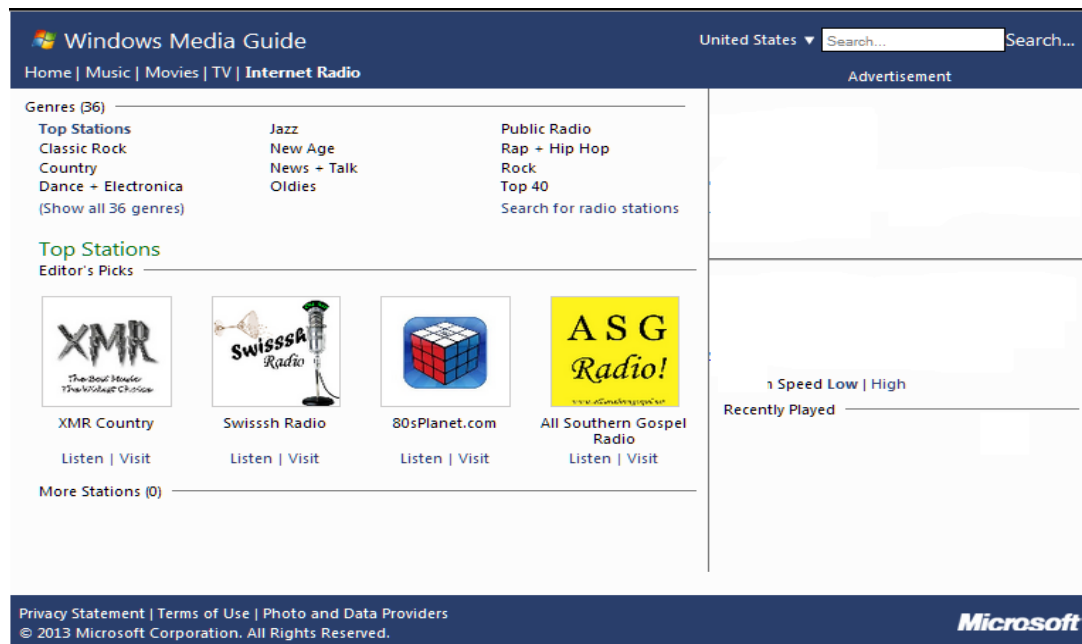


Figura 1.11: Guía de Radio de Microsoft

Los principales software en la actualidad son el Real de RealNetworks, Windows Media de Microsoft y QuickTime. Otros de los software proveedores son Winamp, MusicMatch e iTunes de Apple (Figura 1.12)

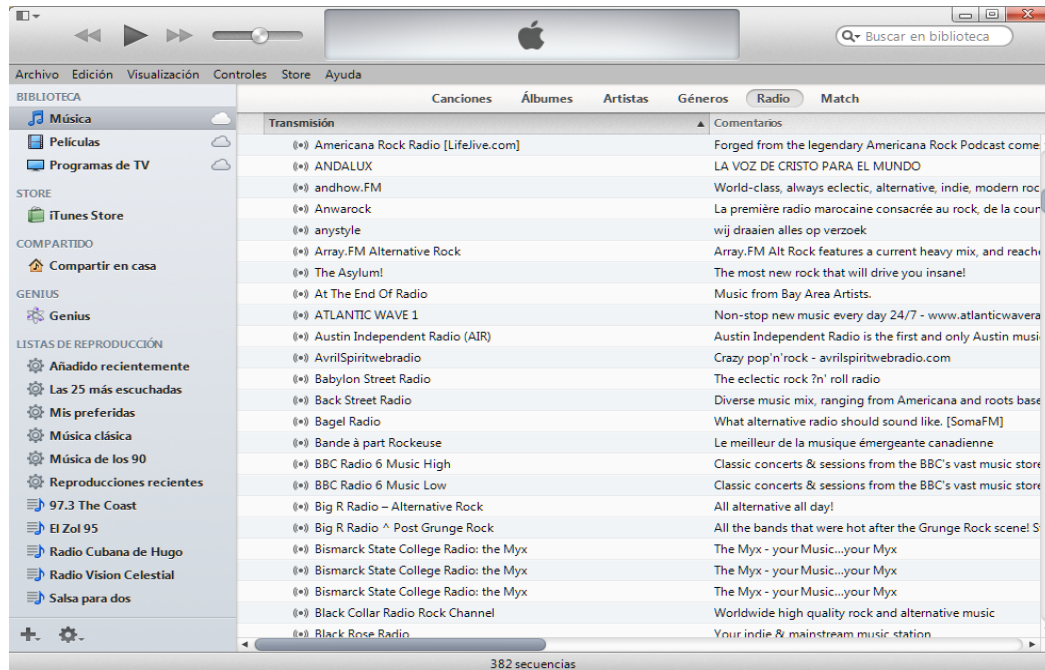


Figura 1.12: Guía de Radio de iTunes

RealNetworks, siendo el primer reproductor de audio entra en el mercado en 1995, y este siguió dominando el mercado de contenidos de streaming, a mediados de la década de los 90, pero comenzó a perder cuota en el mercado de forma significativa cuando Microsoft incluyó su propio reproductor, conocido como Windows Media Player, incorporando su presencia con su sistema operativo, Windows, pero el hecho es que Windows Media Player con su formato propietario de audio (.wma) ha venido desde atrás para llegar a ser bastante popular.

Muchos sitios de radio por Internet ofrecen ahora corrientes en los tres formatos propietarios de reproducción: Windows, Real e iTunes. Otros se limitan a dos formatos o sólo uno, por lo general ya sea real o Microsoft.

Las nuevas técnicas de distribución, tales como Internet, no son inusuales en la programación de radio. A medida que cada nueva forma se afianza, los viejos métodos de difusión sufren cambios, pero la necesidad en la programación de radio permanece constante. Independientemente de cómo se distribuye el material, debe ser producido de tal manera que satisfaga las necesidades de entretenimiento y de información del público.

## **1.6 Conclusiones del Capítulo**

En este capítulo se realizó un recorrido por los diferentes componentes de una emisora de radiodifusión comercial, poniendo énfasis en el estudio de radio como su unidad básica. Dentro de un estudio se pueden realizar todas las funciones necesarias para generar una emisión radial completa, pero en las variantes profesionales se pueden agregar varios estudios alternativos que se especializan en tareas específicas como la grabación y la edición. Una emisora puede generar una o varias emisiones y con una mayor o menor calidad en función de su alcance.



## **CAPÍTULO 2. DISEÑO DEL ENLACE ÓPTICO**

En este capítulo se describe el enlace diseñado para unir la emisora CMHW con el centro de transmisión que se encuentra en la periferia de la ciudad. La longitud total del enlace es de aproximadamente 4.93 Km dividido en tres secciones de diferentes tamaños y utilizando fibra Monomodo entre ellos. Se realiza la valoración del equipamiento a utilizar además de un análisis consecuente del costo total de la inversión a realizar. Se incluye un epígrafe relacionado con las características de la fibra óptica y de los efectos negativos a los que pudieran estar expuestas las redes de este tipo.

### **2.1 Introducción a la Fibra óptica**

Ante la susceptibilidad y al debilitamiento que presenta el medio de propagación de las ondas de radio y al limitado espectro de frecuencias y ancho de banda en la transmisión de señales, a partir mediados del Siglo XX se desarrolló una técnica para la transmisión de señales digitales mediante la propagación de la luz, esta se conoce como fibra óptica. La fabricación de la fibra óptica se hace con bajo presupuesto económico y son capaces de soportar con facilidad las interferencias externas, sin reflejar un debilitamiento en las señales que porta, se puede decir entonces, que las comunicaciones sobre estos soportes ópticos son fiables y seguras. Este tipo de soporte sustituye los viejos pares de cobre, ya que permite soportar mayor capacidad de transmisión de datos y disminuir la cantidad de cableado existente. En general, un sistema de fibra óptica presente un esquema funcional equivalente a los de microondas en varios aspectos, con diferentes excepciones: como el medio de transmisión y forma de propagación de la onda.

### 2.1.1 Cable de fibra óptica

Un cable de fibra óptica está formado por hilos de vidrio u otro material transparente con un alto índice de refracción, constituido por un material dieléctrico sin conductividad, capaz de guiar, concentrar y transmitir los haces de luz con un bajo índice de pérdidas aún cuando el cable se coloca de forma curva. La estructura del cable de Fibra Óptica, se puede apreciar en la Figura 2.1

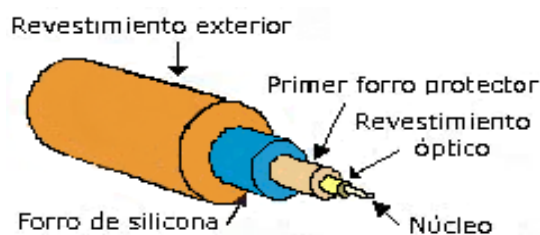


Figura 2.1: Estructura del cable de Fibra Óptica

Su diseño se compone de dos cilindros concéntricos, uno colocado en el centro (*núcleo*), construido con un alto índice de pureza con el propósito de lograr las más mínima atenuación, con filamentos de vidrio o plástico flexibles, con un diámetro típico de  $125\mu\text{m}$  y uno exterior (*recubrimiento externo*) que cubre y protege el núcleo (Agrawal 2010). El extra delgado hilo de vidrio está cubierto por una capa plástica que le brinda la protección necesaria, aunque normalmente un gran conjunto de fibras se unen entre sí para obtener mayor seguridad.

Por el cable de fibra óptica viajan haces de luz que atraviesan a este de un extremo a otro, estos filamentos o cables de vidrio son flexibles facilitando el cableado incluso en lugares de acceso difícil como curvas y esquinas sin interrupción en la transmisión de las señales ópticas. Las principales potencialidades de los cables de fibra óptica, además del gran ancho de banda en el envío de señales a altas velocidades de transmisión, son su gran sensibilidad a la curvatura en el montaje del mismo, la micro curvatura, su gran resistencia mecánica, y además sus características de envejecimiento. A continuación se muestran algunos datos técnicos en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Características técnicas de la fibra Multimodo

Aspecto	Valor
Diámetro	3.0 mm
Tensión máx. en instalación	50 kg
Tensión máx. permanente	30 kg
Radio de curvatura	3 cm <sup>2</sup>
Temperatura	-550°C a +125°C

Cuando se comenzó a utilizar la fibra óptica como medio de transmisión, se consideraba como un medio de transmisión ideal, producto al gran ancho de banda permitido por este soporte, sin embargo con el desarrollo de las nuevas aplicaciones (Telefonía IP, emisión Internet Radio y Televisión en Alta Definición) se superaron los límites tolerados. (BOB 2004)

La concepción de los sistemas de comunicaciones por ondas de luz se ha dado a conocer por muchos años. Pero no fue hasta mediados de los años setenta que fueron publicados los resultados de un arduo trabajo teórico a lo largo de esos años. Esto aportó numerosos índices de que era posible orientar un haz luminoso en una fibra de vidrio transparente flexible y aportar un análogo óptico de las señales eléctricas por un cable de cobre. Uno de los problemas que existía para el desarrollo de la fibra óptica, residía en las fibras mismas por el reducido avance de las ondas de luz dificultando el proceso de propagación de las ondas luminosas. En la práctica, la comunicación por fibra óptica emite las señales o haces de luz que deben ser detectados en una distancia de cientos de kilómetros. Físicamente en un vidrio ordinario el haz luminoso tiene un alcance de pocos metros, pero con el desarrollo de esta rama los fabricantes desarrollaron cristales más eficientes con una mayor transparencia con respecto a la del vidrio ordinario.

Básicamente en la construcción de las fibras ópticas los materiales que se utilizan son la arena sílice y otras materias primas abundantes. La estructura de la fibra óptica es relativamente sencilla, aunque la mayor complejidad radica en su fabricación. Consiste en

una o varias hebras delgadas de vidrio o de plástico con diámetro de 50 a 125 micras, el revestimiento es la parte que rodea y protege al núcleo. El conjunto de núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento, los roedores, y otros riesgos del entorno. (DeCusatis 2008)

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre. Con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica. Los dos 5 constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. El núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz. Ambos componentes son formas diferentes de vidrio, que se elabora a su vez de los componentes antes mencionados. (Chacín 2010)

### 2.1.2 Reflexiones Internas

La fibra óptica está compuesta por dos capas de vidrio, cada una con distinto índice de refracción. El índice de refracción del núcleo es mayor que el del revestimiento, por lo que debido esta diferencia de valores, la luz introducida al interior de la fibra se mantiene y propaga a través del núcleo. Se produce, como consecuencia, el efecto denominado de Reflexión Interna Total, como se observa en la Figura 2.2. (Agrawal 2000)

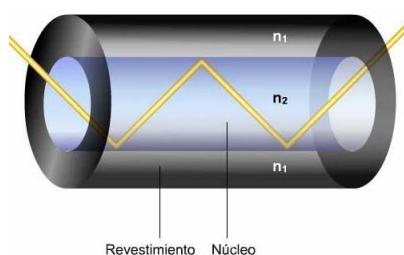


Figura 2.2: Reflexión Interna Total

### 2.1.3 Modos de propagación

En la actualidad esta tecnología soporta dos modos de propagación por ondas de luz conocidas como Multimodo y Monomodo, en cada caso se requiere una fibra con diferentes características físicas. El modo Multimodo puede ser implementado de dos formas: de índice gradual y de índice abrupto o escalonado:

- **Monomodo:** Este tipo tiene mayores potencialidades por tener una mayor capacidad para el transporte de información. Con un ancho de banda 100 GHz/km considerando esta mejor para un mayor número de posibilidades en el flujo de datos, a pesar de ser la más compleja para su implementación. Este tipo de Fibra Óptica tiene un diámetro en el núcleo que se relaciona en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales transmitidas, entre 5 y 8 nanómetros.
- **Multimodo:** Este es llamado así porque tiene la facilidad de transportar varios haces de luz en diferentes direcciones con un número limitado de recorridos ópticos dentro o a través del núcleo de la fibra. En un cable de fibra óptica Multimodo de índice gradual, el nivel de densidad permanece constante desde el centro del núcleo de vidrio hasta la cubierta del cable.

#### 2.1.4 Afectaciones típicas de un enlace óptico

Un enlace de fibra óptica esta propenso a la ocurrencia de una serie de afectaciones relacionadas fundamentalmente con la dispersión, atenuación y la no linealidad cubica de la fibra. La dispersión en la fibra óptica puede ser por polarización o por la ocurrencia de procesos de scattering no lineal

La dispersión es el fenómeno por el cual un pulso se deforma a medida que se propaga a través de la fibra óptica, debido a que las distintas componentes de la señal viajan a distintas velocidades llegando al receptor en distintos instantes de tiempo. Sin embargo, existen varios tipos de dispersión:

- **Dispersión modal:** La dispersión modal se debe a que los distintos modos de una fibra óptica tienen distintas velocidades de grupo, como se deduce al observar la constante de propagación, que es distinta para cada modo. Por tanto este efecto puede solucionarse empleando fibras Monomodo de índice gradual.
- **Dispersión por polarización de modo:** Cuando una fibra es perfectamente circular la constante de propagación entre las polarizaciones es la misma y por tanto también lo es la velocidad de propagación de cada polarización. En el caso de una fibra

Monomodo cuando no es perfectamente circular, la velocidad de propagación de cada polarización tiende a ser distinta produciéndose el fenómeno de la dispersión por polarización del modo PMD. En general se puede decir que la PMD varía con la longitud y en las fibras actuales este valor suele ser del orden de los  $0.1\text{ps/km}^{1/2}$ .

- **Dispersión cromática:** El fenómeno de la dispersión cromática surge debido a dos razones:
  - a. **Dispersión material:** es el principal causante de la dispersión, y consiste en que el índice de refracción del silicio, material usado para fabricar las fibras ópticas, depende de la frecuencia. Por ello, las componentes de distinta frecuencia, viajan a velocidades diferentes por él.
  - b. **Dispersión por guiado de onda:** para comprender esta componente hay que recordar que la potencia de un modo se propaga parcialmente por el núcleo y parcialmente por el revestimiento. El índice efectivo de un modo se sitúa entre el índice de refracción del núcleo y del revestimiento, acercándose más a uno u otro dependiendo de cuál sea el porcentaje de la potencia que se propaga por ellos (si la mayor parte de la potencia está contenida en el núcleo, el índice efectivo estará más cerca del índice de refracción del núcleo). Como la distribución de la potencia de un modo entre el núcleo y el revestimiento depende de la longitud de onda, si la longitud de onda cambia, la distribución de potencia también cambia, provocando un cambio en el índice efectivo o constante de propagación del modo.

La dispersión supone una reducción del ancho de banda pues al ensancharse los pulsos se reduce la tasa de transmisión. La dispersión se caracteriza mediante el parámetro D ( $\text{ps/nm}\cdot\text{km}$ ), que indica el ensanchamiento del pulso. Este ensanchamiento aumenta con la longitud recorrida y con el ancho espectral de la fuente óptica.

## 2.2 Esquema de la arquitectura propuesta

El objetivo principal de este trabajo es diseñar un enlace óptico para interconectar la Emisora Estéreo Centro con el transmisor provincial, que se encuentra en la periferia de la

ciudad a una distancia aproximada de 10 Km. En nuestro caso el diseño se dividió en tres bloques principales: Sección de Generación/Transmisión; Sección de Transporte y Sección de Recepción/Conversión. En la Figura 2.3 se muestra el esquema de diseño propuesto.



Figura 2.3: Esquema en bloques del enlace propuesto.

Una de las principales razones para el empleo de la fibra óptica como enlace, es la necesidad de mantener una óptima calidad en la transmisión de las señales. Los equipos seleccionados para integrar nuestro diseño son: el conversor electro-óptico, el enlace de fibra óptica, el convertidor opto eléctrico, los bloques de generación y transmisión de señales se explican más adelante en este capítulo.

### 2.3 Diseño físico del enlace óptico

El enlace entre la emisora CMHW y el centro transmisor tiene una distancia aproximada de 4.93 Km. La trayectoria propuesta está dividida en tres secciones principales, debido a las características físicas del terreno, la ubicación espacial de los postes de cableado exterior dentro de la ciudad y la distribución del Backbone principal de la empresa de telecomunicaciones local. En nuestro proyecto no se puede considerar un enlace dedicado por las características socio-políticas que no permiten enlaces independientes dentro de la zona urbana.

En la Figura 2.4, se muestra una vista satelital de la Ciudad de Santa Clara con la disposición del enlace propuesto.

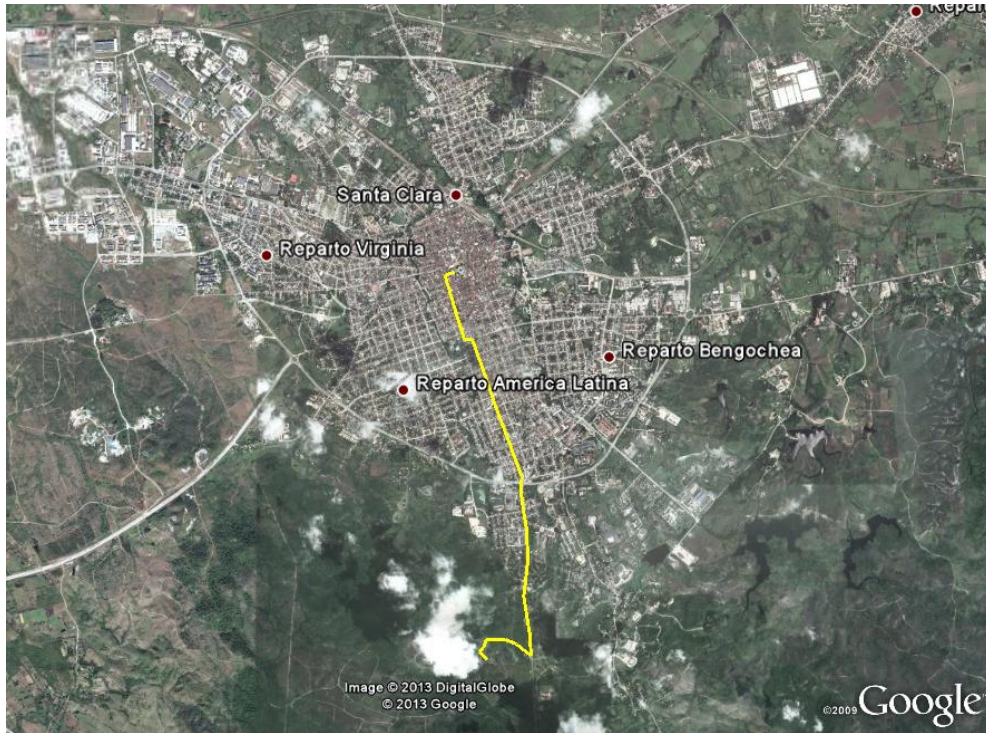


Figura 2.4: Vista satelital del enlace de Fibra Óptica

La división de las secciones de cableado se realizó de la siguiente forma:

- **Primera sección:** Parte desde Sala de Control de la emisora CMHW para incorporarse al Backbone de la empresa de telecomunicaciones local (ETECSA) que está a una distancia aproximada de 35 m, para este enlace se escogió la Fibra Monomodo G652
- **Segunda sección:** Corresponde al Backbone principal, del enlace, tiene una distancia aproximada de 4.15 Km a través de la Avenida Paseo de la Paz y la carretera de Manicaragua con una Fibra Monomodo G652.
- **Tercera Sección:** Esta última sección es una derivación hacia la red que pertenece a la empresa Radio Cuba y que llega directamente a la base del transmisor con una distancia aproximada de 0.75 Km, con una Fibra Monomodo G655.

### 2.3.1 Características de la fibra optica G652

La Fibra Óptica Monomodo G.652 está optimizada para su utilización en torno a 1310 nm, aunque también pueden transmitir en otras longitudes de onda. Se encuentran en varios



tipos: en el caso de las versiones G.652.A y B presentan un pico de atenuación por la presencia de OH<sup>-</sup> en torno a los 1383 nm, mientras que las G.652.C y D están libres de este pico. En las tablas 2.2 y 2.3 se muestran las características técnicas principales de esta familia de cables de fibra.

Tabla 2.2: Características técnicas de la fibra óptica G652.B

Característica	Parámetros	Valor
	Longitud de onda	1310 nm
Diámetro de campo modal	Rango	8,6 - 9,5 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Coefficiente de dispersión cromática de 1530 - 1565 nm	0,092 ps/nm <sup>2</sup> .km	1310 nm, 1550 y 1625
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
	Max a 1310 nm	0,40 dB/Km
	Max a 1550 nm	0,35 dB/Km
Coefficiente de atenuación	Max a 1625 nm	0,40 dB/Km
Coefficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	Max PMDq	0,20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Tabla 2.3: Características técnicas de la fibra óptica G.655.A

Característica	Parámetros	Valor
	Longitud de onda	1550 nm
Diámetro de campo modal	Rango	8 - 11 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 0,7 \mu\text{m}$
	$\lambda_{\text{min}}$ y max	1530 - 1565 nm
Coefficiente de dispersión cromática de 1530 - 1565 nm	D <sub>min</sub>	0,1 ps/nm.km
	D <sub>max</sub>	6,0 ps/nm.km

Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1450 nm
Coeficiente de atenuación	Max a 1550 nm	0,35 dB/Km
	M	20 cables
	Q	0,01%
Coeficiente de PMD	Max PMDq	0,50 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

En la Figura 2.5 se muestran los límites de dispersión cromática para las fibras G.652 en función de la longitud de onda. Se define únicamente en las bandas O (1260-1360 nm) y C (1530-1565 nm), estas fibras pueden ser usadas en bandas L (1565-1625 nm), para DWDM y S+C+L (1460-1625 nm), en sistemas CWDM.

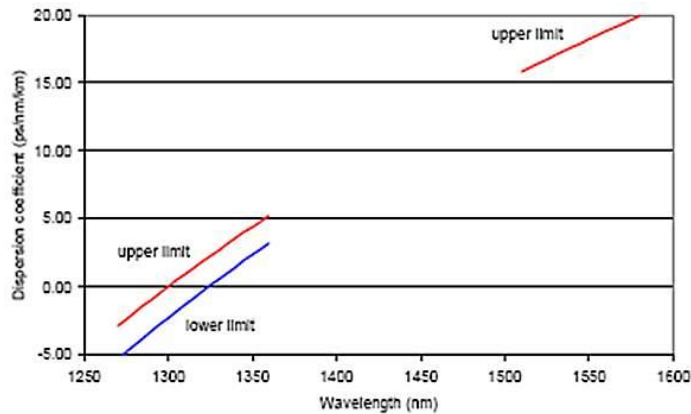


Figura 2.5: Dispersión cromática para fibra G.652

## 2.4 Selección del equipamiento

Para seleccionar el hardware que compone nuestro diseño utilizamos el Catálogo de equipamiento de la empresa alemana *Kathrein* la cual posee relaciones comerciales con nuestro país, lo que facilita la adquisición de sus productos y su colaboración en función del soporte técnico.

### 2.4.1 Transmisor Óptico OTA 1303X2-E

El Transmisor Óptico OTA 1303X2-E (Figura 2.6) soporta el envío de señales de CATV (AM-VSB), DVB-C, DOCSIS y de FM, permite la conversión electro-óptica, siendo uno de los equipos más adecuados para formar parte de una cabecera de transmisión de una red HFC.



Figura 2.6: Transmisor Óptico OTA 1303X2-E

Este transmisor incluye un modulador interno y utiliza una longitud de onda de 1310 nm, para el envío de las señales por la interfaz óptica. Entre las características principales que describe el fabricante podemos mencionar:

- Laser lineal con atenuación de ruido y tecnología de pre-distorsión.
- Nivel de potencia óptica de salida: 3 a 14 dBm
- Nivel de salida óptico ajustable: 0 a -3 dB
- Control automático de carga constante.
- Interface RS 485
- Interface Óptica: E-2000, 0.1 dB
- Señal de referencia de entrada.

El diagrama en Bloque del Transmisor Óptico OTA 1303X2-E se puede ver en la Figura 2.7.

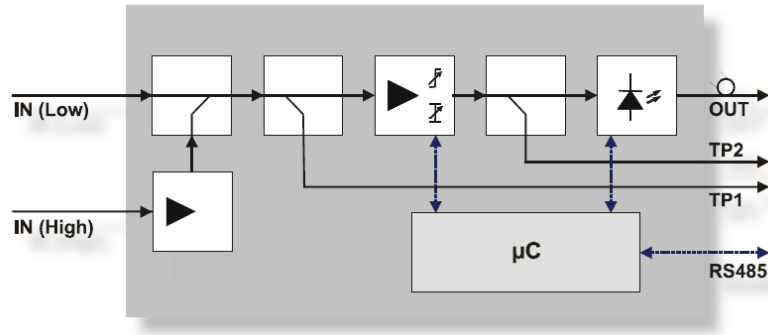


Figura 2.7: Diagrama en Bloque del Transmisor Óptico OTA 1303X2-E

En la Figura 2.8 se muestra una tabla con un resumen de las características técnicas del dispositivo.

Type		OTA 1303X2-E	OTA 1305X2-E	OTA 1308X2-E	OTA 1311X2-E	OTA 1313X2-E	OTA 1314X2-E
Order no.		24610353	24610354	24610355	24610356	24610357	24610358
Nominal output level optical	dBm	3	5	8	11	13	14
Wave length	nm	1310					
Optical output level range (relative)	dB	0 to -3					
Optical return loss	dB	> 45					
RF frequency range	MHz	5-1000					
Nominal input level (5 % OMI, Broadcast)	dBµV	80					
Nominal input level (5 % OMI, Narrowcast)	dBµV	80					
Level range (BC), in relation to nominal input level, electronically settable	dBµV	73 ... 97					
Slope range (BC), electronically settable	dB	-3 ... +16					
Level range (NC), electronically settable	dBµV	80 ... 92					
Decoupling between BC and NC input	dB	> 50					
Return loss at 47 MHz	dB	20 -1.5/oct., > 15					
Return loss 5-65 MHz	dB	> 18					
Impedance	Ω	75					
Power consumption (operation)	W	12					
Power consumption (stand-by)	W	4					
CSO (CENELEC 42)	dBc	65					
CTB (CENELEC 42)	dBc	66					

Figura 2.8: Características Técnicas del Transmisor Óptico OTA 1303X2-E

### 2.4.2 Transmisor Óptico OTD 1304X-E

El transmisor de banda ancha óptico OTD 1304X-E es un doble transmisor económico para uso en redes más pequeñas con longitudes de onda 1310 nm para sistemas de fibra óptica más cortos. (Figura 2.9)



Figura 2.9: Transmisor óptico de banda ancha OTD 1304X-E

El OTD 1304X-E contiene dos transmisores ópticos independientes con la supervisión y el control compartido. Entre las características principales que describe el fabricante podemos mencionar:

- Conversión opto-eléctricas de las señales
- Bajo Nivel De Ruido Laser Con Tecnología De Pre-Distorsión
- Potencia De Salida Óptica: 2 X 4 dbm
- Transmisor dual con dos enlaces de RF independientes y dos diodos láser independientes
- Empleo de Elementos De Ajuste Electrónico Para La Atenuación,
- Índice De Modulación Óptica (Omi), Etc
- Control automático de carga de constante
- Interfaz Rs 485 Permite El Monitoreo
- Interfaz Óptico: E-2000, De 0,1 DbType
- Interfaces De Rf: Tomas De Tipo F
- Enchufe De Prueba De Tipo F Para chequeo del Nivel De Entrada

El diagrama en Bloque del Transmisor óptico de banda ancha OTD 1304X-E se puede ver en la Figura 2.10.

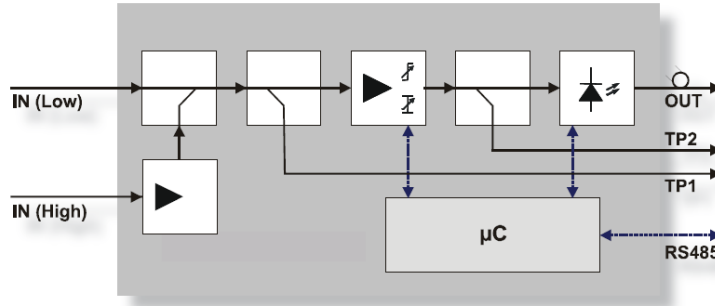


Figura 2.10: Diagrama en Bloque del Transmisor Óptico OTD 1304X-E

En la Figura 2.11 se muestra una tabla con un resumen de las características técnicas del dispositivo.

Type		OTD 1304X-E
Order no.		24610391
Optical interface		E-2000
Optical wave length	nm	1310 ± 20 nm
Nominal optical output power	dBm	4
Optical output power tolerance	dB	-1 ... +2 dB
Optical return loss	dB	> 45
RF frequency range	MHz	5-1000
CNR with OMI = 4.1 %, P <sub>rx</sub> = 0 dBm, CENELEC	dB	51
CSO with OMI = 4.1 %, P <sub>rx</sub> = 0 dBm, CENELEC	dBc	62
CTB with OMI = 4.1 %, P <sub>rx</sub> = 0 dBm, CENELEC	dBc	63
Input level for OMI = 5 %	dBµV	75
Attenuation range, electronically settable	dB	0-10
Transmitter decoupling 47 ... 862 MHz	dB	55
Return loss at 47 MHz	dB	18 -1.5/oct., > 15
Return loss 5-65 MHz	dB	> 18
Impedance	Ω	75
Power consumption	W	6
Test socket (output)	dB	-20
Weight	kg	1.3

Figura 2.11: Características Técnicas Transmisor óptico de banda ancha OTD 1304X-E

### 2.4.3 Receptor Óptico ORM 22E

El receptor óptico ORM 22E (Figura 2.13) tiene dos interfaces de entrada óptica que usualmente se utilizan para mantener activo un canal de redundancia en redes de alta disponibilidad. Cada entrada es independiente lo cual facilita el trabajo con señales de audio multicanal, como es el caso de sonido estéreo.



Figura 2.13: Receptor Óptico ORM 22E

Cada ORM 22E permite la conversión de las señales de retorno opto-eléctricas, posee dos receptores de entrada con apagado automático y dos salidas independientes, además de un punto de prueba para el monitoreo de la señal de entrada. Entre las características principales que describe el fabricante podemos mencionar:

- Operación redundante posible
- Control de potencia de entrada óptica en todas las entradas
- Amplio rango óptico de potencia de entrada
- Interface RS 485
- Modo de espera para los receptores que están sin usar para reducir el consumo de potencia
- Bajo consumo de potencia
- Interface Óptica: E-2000, 0.1 dB

El diagrama en Bloque del receptor óptico ORM 22E se puede ver en la Figura 2.14.

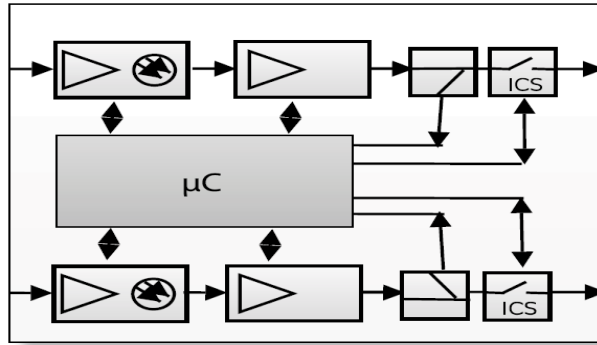


Figura 2.14: Diagrama en Bloque del Receptor Óptico ORM 22E

En la Figura 2.15 se muestra una tabla con un resumen de las características técnicas del dispositivo.

Type		ORM 22E	ORM 22SC
Order no.		24710026	24710046
Optical interface		E-2000	SC/APC
Wave lengths	nm	1280-1610	
Optical input level range	dBm	-16 to +2	
Optical return loss	dB	> 40	
RF frequency range	MHz	5-160	
RF output level at OMI = 5 %	dBμV	90	
Frequency response	dB	± 0.75	
Return loss	dB	> 19	
Pilot control range	dB	36	
Optical modulation index pilot	%	5	
Test sockets	dB	20	
Impedance	Ω	75	
Power consumption normal operation	W	3.5	
Power consumption stand-by	W	1.5	

Figura 2.15: Características Técnicas del Receptor Óptico ORM 22E

#### 2.4.4 Transceptor Óptico OTR910 E-3

El transceptor óptico OTR 910E-3se (Figura 2.16) utiliza para amplificar señales ópticas en diferentes puntos de una fibra de vidrio. Este módulo convierte las señales opto-eléctricos en un solo sentido de propagación y además hace la conversión electro-óptica de las señales de retorno.





Figura 2.16: Transceptor óptico OTR 910E-3

Este emplea un láser DFB para fibra óptica de 1310 nm con aislador óptico y potencia de 3 dBm. Entre las características principales que describe el fabricante podemos mencionar:

- Muy bajo nivel de ruido del receptor óptico con nivel de salida RF configurable por software
- Transmisor óptico configurable con toma de pruebas
- Nivel de salida óptica controlada y el índice de modulación óptica servo asistida
- Interruptor de control de entrada (ICS)
- Variedad de funciones de administración: Entrada óptica y control del nivel de salida, identificación de código de línea para transmisor óptico.
- LON y RS 485 interfaz para control de señales (bus doble)

El diagrama en Bloque del Transceptor óptico OTR 910E-3 se puede ver en la Figura 2.17.

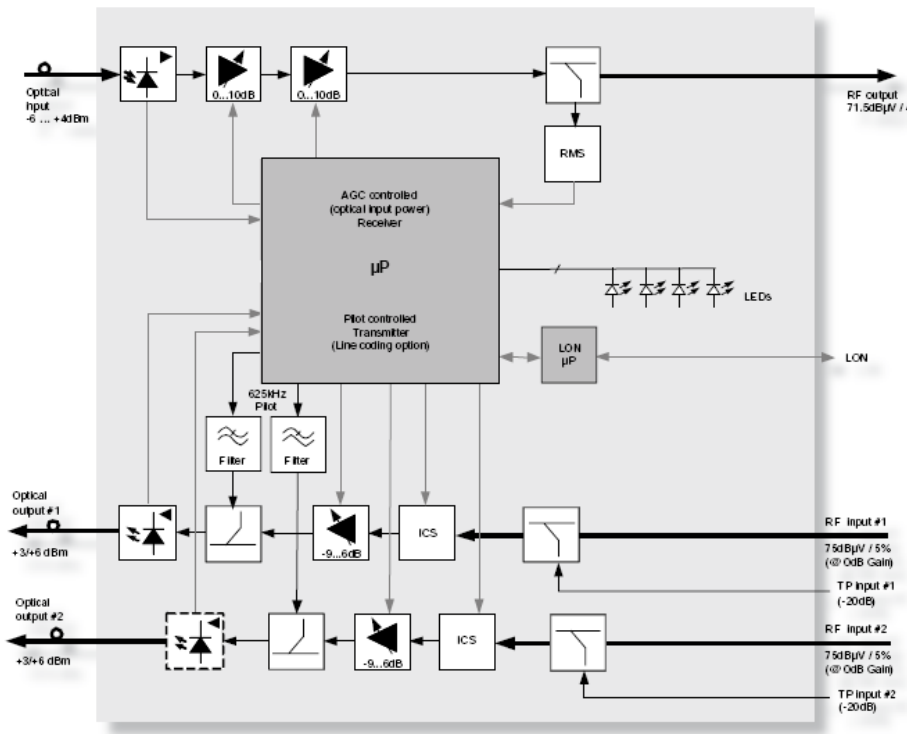


Figura 2.17: Diagrama en Bloques del transceptor óptico OTR 910E-3

En la Figura 2.18 se muestra una tabla con un resumen de las características técnicas del dispositivo.

Type		OTR 910E-3
Order no.		24610110
Optical interface		E-2000
OPTICAL RECEIVER		
Wave length range	nm	1280-1610
Optical input level	dBm	-6 to +4
Optical return loss	dB	> 45
Equivalent input noise current at $P_{opt\ in} = -4\ dBm$	pA/ $\sqrt{Hz}$	6.0
RF frequency range	MHz	47-870
Nominal output level (4 % OMI)	dB $\mu$ V	71.5
Return loss at 85 MHz	dB	> 19 -1/oct., > 16 min.
Impedance	$\Omega$	75
OPTICAL TRANSMITTER		
Wave length	nm	1310 $\pm$ 30
Optical output level	dBm	3
RF frequency range	MHz	5-160
Nominal input level (5 % OMI)	dB $\mu$ V	75 ( $\pm$ 6 configurable using software)
Relative intensity noise (RIN)	dB/Hz	-149
Impedance	$\Omega$	75
Return loss	dB	18
Test socket	dB	-20 $\pm$ 1.5
Pilot frequency	kHz	625
Power consumption	W	8.5

Figura 2.18: Características Técnicas del transceptor óptico OTR 910E-3

#### 2.4.5 Transceptor Óptico 926E-C11-C12

El Transceptor Óptico 926E-C11-C12 (Figura 2.19) tiene dos salidas de transmisión con potencia de 6 dB Este transceptor óptico se utiliza para amplificar señales ópticas en diferentes puntos de una fibra de vidrio. Este módulo además convierte las señales opto-eléctricas en un solo sentido de propagación y realiza la conversión electro-óptica de las señales de retorno.



Figura 2.19: Transceptor óptico 926E-C11-C12

Otra característica especial de este transceptor que lo destaca es la presencia de dos transmisores ópticos de salida. Entre las características principales descritas por el fabricante podemos mencionar:

- CWDM láser DFB con aislador óptico, 6 dBm
- Muy bajo nivel de ruido en el receptor óptico y cuenta con software configurable para nivel de salida de RF
- Transmisores ópticos configurable, cada uno equipado con una toma de prueba de entrada
- Nivel de salida óptica controlada y índice de modulación óptica servo asistida
- Interruptor de control de entrada (ICS)
- Variedad de funciones de administración: Entrada óptica y control del nivel de salida, identificación de código de línea para los transmisores ópticos
- LON e interfaz RS 485 para control (bus doble)

El diagrama en Bloque del Transceptor Óptico 926E-C11-C12 3 se puede ver en la Figura 2.20.

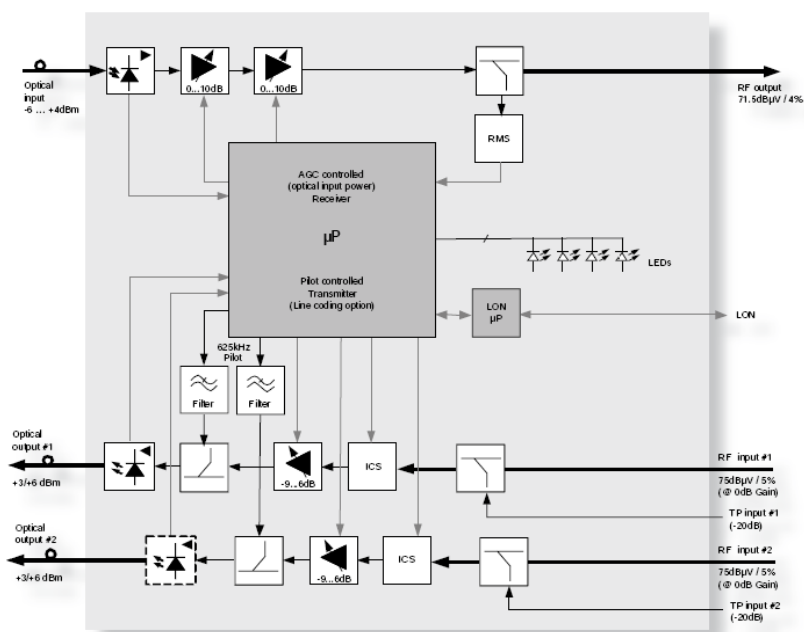


Figura 2.20: Diagrama en Bloques del Transceptor Óptico 926E-C11-C12

En la Figura 2.21 se muestra una tabla con un resumen de las características técnicas del dispositivo.

Type		OTR 926E-C11-C12/-C13-C14/-C15-C16/-C17-C18
Order no.		2461013x
Optical interface		E-2000
<b>OPTICAL RECEIVER</b>		
Wave length range	nm	1280-1610
Optical input level	dBm	-6 to +4
Optical return loss	dB	> 45
Equivalent input noise current at $P_{opt, in} = -4$ dBm	pA/√Hz	6.0
RF frequency range	MHz	47-870
Nominal output level (4 % OMI)	dBμV	71.5
Return loss at 85 MHz	dB	> 19 -1/oct., > 16 min.
Impedance	Ω	75
<b>OPTICAL TRANSMITTERS</b>		
Wave lengths	nm	1471-1491/1511-1531/1551-1571/1591-1611 ± 3
Optical output level	dBm	6
RF frequency range	MHz	5-160
Nominal input level (5 % OMI)	dBμV	75 (± 6 configurable using software)
Relative intensity noise (RIN)	dB/Hz	-149
Impedance	Ω	75
Return loss	dB	18
Test socket (per transmitter)	dB	-20 ± 1.5
Pilot frequency	kHz	625
Power consumption	W	9

Figura 2.22: Características Técnicas del Transceptor Óptico 926E-C11-C12 3

## 2.5 Análisis económico

Para el diseño de nuestra propuesta es de suma importancia conocer el costo de cada uno de los elementos que lo conforma, para cumplir con este objetivo en la Tabla 2.4 se presenta el desglose detallado de los precios de cada dispositivo y del costo total de la inversión.

Tabla 2.3: Análisis económico del enlace propuesto

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>
Transmisor óptico de banda ancha OTD 1304X-E	2	\$ 370.00
Receptor óptico ORM 22E	2	\$ 290.00
Transceptor Óptico 926E-C11-C12	2	\$ 248.00
Fibra Óptica Monomodo G.652 (km/unidad)	1	\$ 200.00
<b>Total</b>		<b>\$ 2016.00</b>

## 2.6 Conclusiones del Capítulo

En este capítulo se analizaron las principales características de la fibra óptica y algunos de los parámetros que pudieran afectar el enlace, especialmente el fenómeno de la dispersión. Se mostró el diagrama en bloques del sistema propuesto y se comentaron varias de sus funciones. Para la realización de este trabajo se escogieron los dispositivos de la firma alemana *Kathrein*, los cuales se adaptan perfectamente a las necesidades de nuestro diseño, además de presentarse un análisis económico que recoge la valoración objetiva del costo de la inversión.

## **CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En este capítulo se comprueba de forma experimental el diseño realizado, se utiliza la herramienta de simulación OptiSystem. El escenario implementado se corresponde con las características de los elementos de hardware de la firma la red, pero al ser un software tan versátil se pudieran representar prácticamente cualquier tipo de dispositivo. OptiSystem posee módulos de visualización que nos muestran gráficas precisas del comportamiento del enlace, además de agregar la posibilidad de incorporar modelos matemáticos para incluir los efectos negativos de la dispersión y otros fenómenos que pudiera afectar contra la calidad del servicio a transportar.

### **3.1 Herramienta de simulación OptiSystem v.7**

OptiSystem v.7 es una suite de diseño de software profesional integrada, que permite planificar, probar y simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de las redes ópticas modernas. Posee la capacidad de simular las diversas técnicas de división de código de acceso múltiple óptico (OCDMA), para las arquitecturas OCDMA-PON, BPON, EPON y GPON.

El simulador está diseñado con un modelo matemático que emplea la ecuación no lineal de Schrödinger para calcular los efectos lineales y no lineales en la propagación de la señal a través de la fibra óptica de los enlaces de la red. El software, implementa el estándar UML 2.0, para el modelamiento y diseño de enlaces SCM-WDM de una red óptica, creando los componentes que la conforman, definiendo sus parámetros e integrándolos para crear un enlace. OptiSystem puede desarrollar soluciones para un sistema con arquitecturas de 100Gb usando la detección coherente y el procesamiento de señales digitales con la complejidad de los formatos de modulación avanzados, tales como DP-QPSK y QPSK,

facilitando el diseño de sofisticadas redes de comunicación óptica. (Liva, Sharma et al. 2010)

Posee una interfaz gráfica (Figura 3.1) que simula instrumentos de medición como los de un laboratorio. Soporta integración con herramientas de terceros como *MATLAB*, *Cadente Spectre*, *Lieki Application Designer* y *Luna Optical Vector Analyzer*. Incluye una librería de componentes predefinidos de fabricantes reales, que facilita modelar dispositivos disponibles comercialmente.

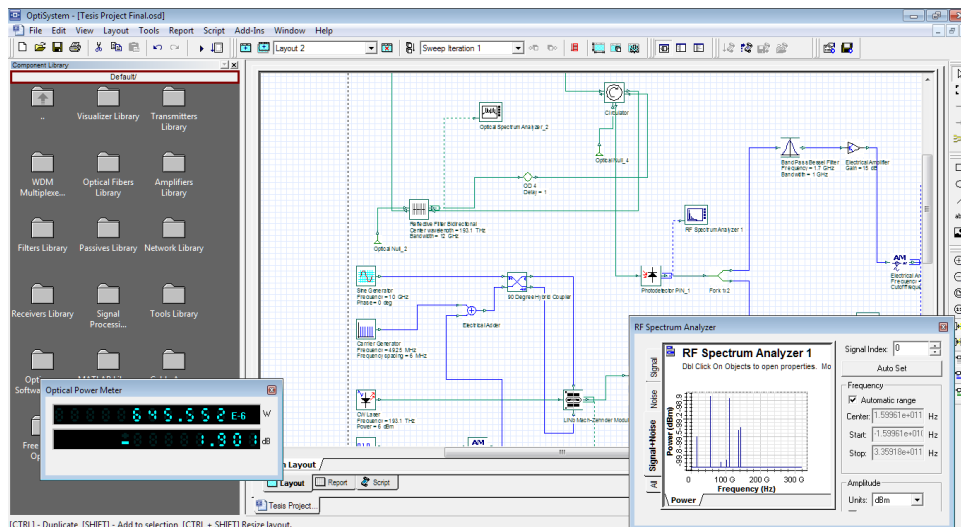


Figura 3.1: Interfaz gráfica de OptiSystem

Entre las potencialidades más relevantes podemos mencionar:

- Modelos de procesamiento de señal mejorada. Fuentes ópticas y características completas
- Mezcla ondas: estimulación de Brillo, Scattering, modulación Auto-fase y modulación de fase cruzada.
- Estimulación por Dispersión Raman, y las capacidades bidireccionales completas. MLSE (Máxima Secuencia Estimación de Probabilidad), el componente avanzado utilizando el algoritmo de Viterbi.
- Óptica más avanzada, la biblioteca agregó a la colección amplificadores para cubrir los anchos de banda de 1460-1530 nm y 1650-2050nm.
- Componente de usuario flexible definido, que permite al usuario especificar el número de entradas, salidas y parámetros.



- Motor de 64 bits.

Como herramientas de análisis, OptiSystem, incluye el *Modelo BER*, *Q-Factory* y el *Modelo de Distorsión de la Señal*. Otros aspectos que nos muestra pueden ser: el Estado de polarización, los diagramas de constelación, la Potencia de la señal, la ganancia, figura de ruido y el OSNR, además de permitir la generación de informes.

### **3.2 Simulación del enlace óptico**

Para la simulación del escenario que modela el enlace propuesto se incluyeron dos señales de prueba que representan los canales L y R de la señal estéreo generada en la Emisora de Radio, dos bloques conversores electro-ópticos que simulan los dos transmisores OTA 1303X2-E que se encuentran en la cabecera del enlace y un receptor opto-eléctrico que recibe y combina las señales antes de ser moduladas en la sección de transmisión.

#### **3.2.1 Modelación de la red**

En la Figura 3.2 se muestra el escenario de simulación de la arquitectura propuesta, en este se incluyen una serie de herramientas de monitoreo como pueden ser: Osciloscopios, Medidores ópticos de potencia, Visualizadores ópticos de dominio y tiempo, Analizadores de espectro y Analizadores BER. Los resultados de las mediciones procedentes de estos instrumentos se describen en epígrafes posteriores.

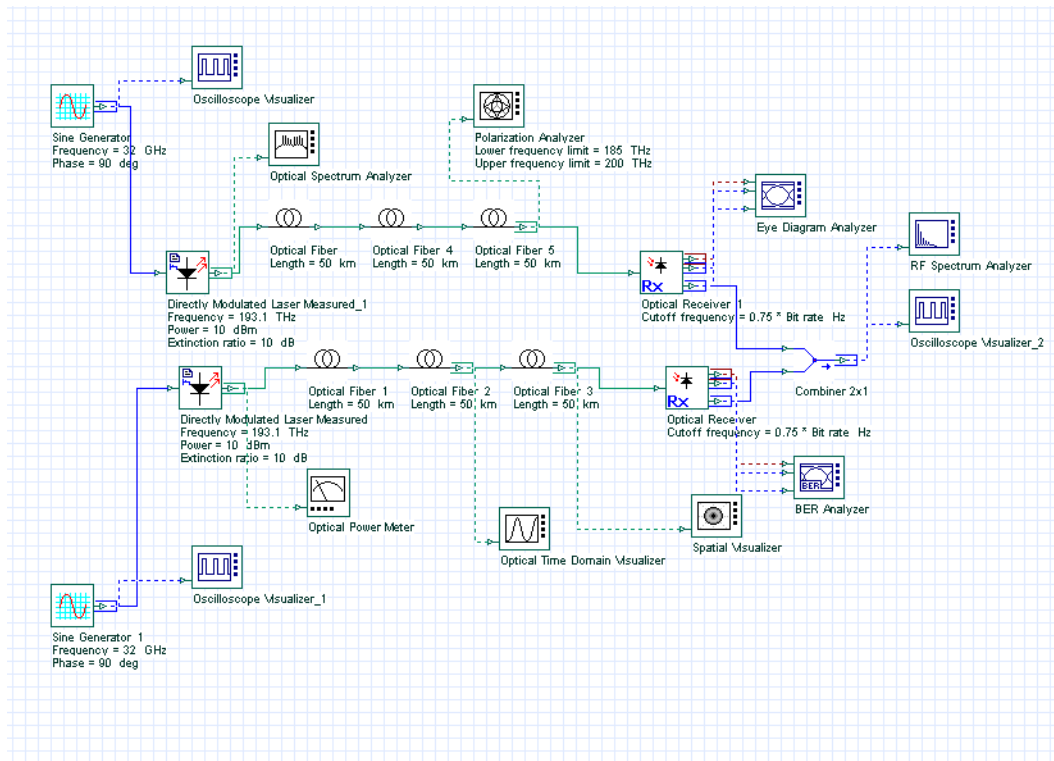


Figura 3.2: Modelación del enlace óptico

### 3.2.2 Configuración de los parámetros de los dispositivos

Dentro de la simulación es necesario modificar algunos parámetros para representar con mayor fidelidad lo que ocurre con los dispositivos reales. En nuestro caso se modificaron los transmisores ópticos para emular al OTA 1303X2-E y los valores de las secciones de la fibra óptica que conforma el enlace.

Para la configuración de transmisor óptico OTA 1303X2-E ubicado en el inicio del enlace se tienen las opciones: Frecuencia, Potencia de salida, Frecuencia de resonancia, Parámetros Alfa ( $\alpha$ ) y Ruido. Para acceder a la configuración de los parámetros se debe abrir la ventana Directly Modulated Laser Measured\_1, se encuentra en la sección *Main* como se muestra en la Figura 3.3.

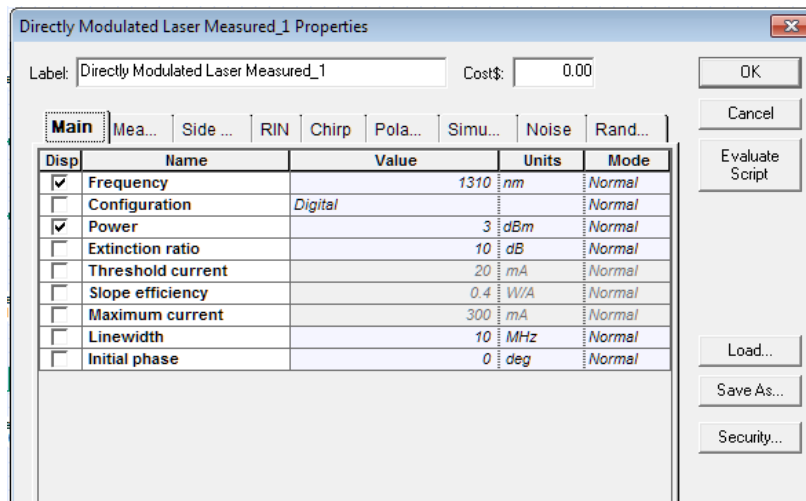


Figura 3.3: Modificación de los parámetros Frecuencia y Potencia del transmisor

Para acceder a la configuración de la Frecuencia de resonancia se debe abrir la ventana Directly Modulated Laser Measured\_1, que se encuentra en la sección *Measurements* como se muestra en la Figura 3.4.

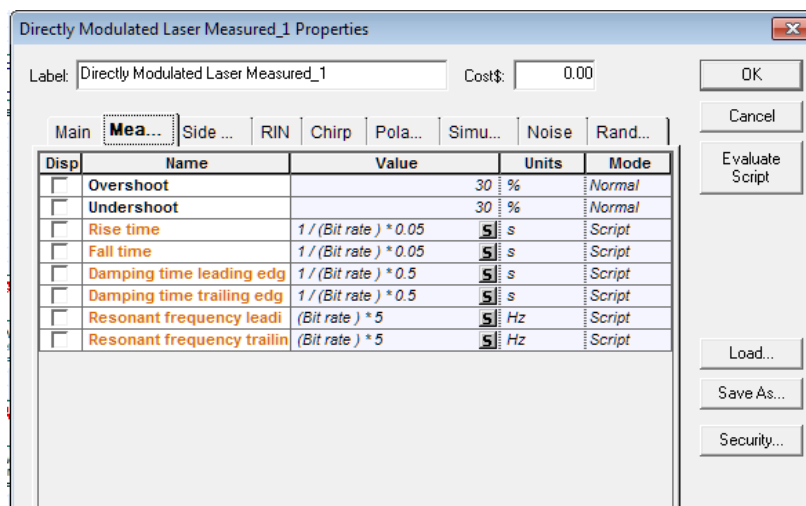


Figura 3.4: Modificación de la Frecuencia de Resonancia.

Para configurar el tipo de simulación, OptiSystem permite escoger tres opciones: Script, Sweet y Normal. La diferencia entre estas opciones radica en la complejidad con la que se ejecuta la simulación. Los valores del parámetro de ruido se modifican en la sección *Noise* como se muestra en la Figura 3.6.

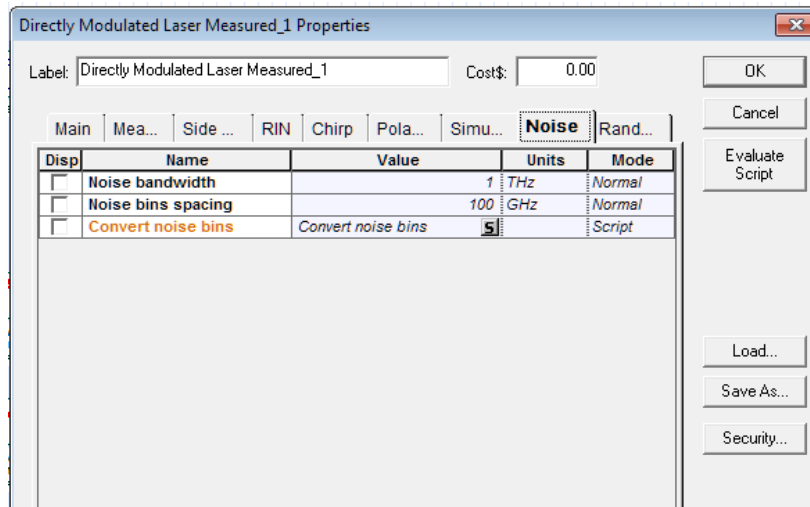


Figura 3.6: Configuración de los parámetros de Ruido

Otro de los elementos que pueden ser modificados son los segmentos del cable de fibra óptica. Los parámetros principales que se pueden variar en este elemento son: Longitud de onda, Distancia, Atenuación y Dispersión. En nuestro caso, la fibra está dividida en tres secciones de diferentes longitudes, por lo cual se debe hacer modificaciones a cada una de ellas.

Los parámetros Longitud de onda, Distancia, Atenuación y Dispersión se modifican en la sección *Main* de la ventana *Optical Fiber\_1* como se muestra en la Figura 3.7.

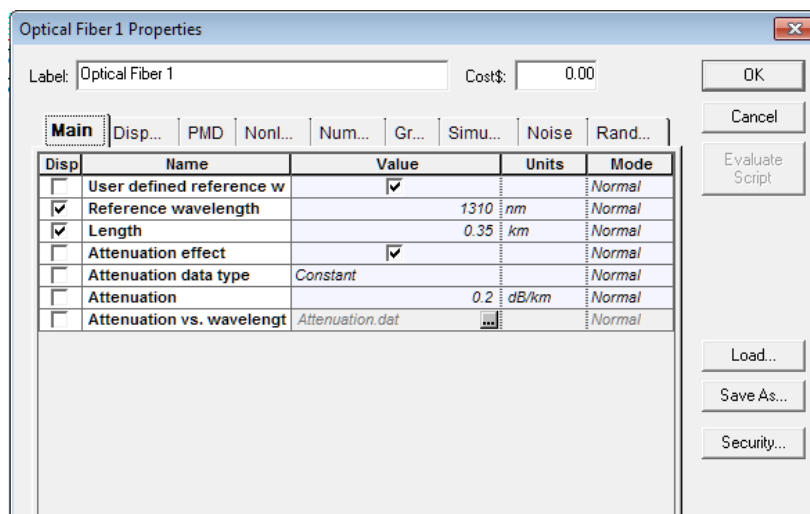


Figura 3.7 Modificación de los parámetros Longitud de onda, Distancia y Atenuación

Los efectos de dispersión pueden ser modificados en la pestaña *Dispersion* dentro de la ventana *Optical Fiber\_1* como se muestra en la Figura 3.8.

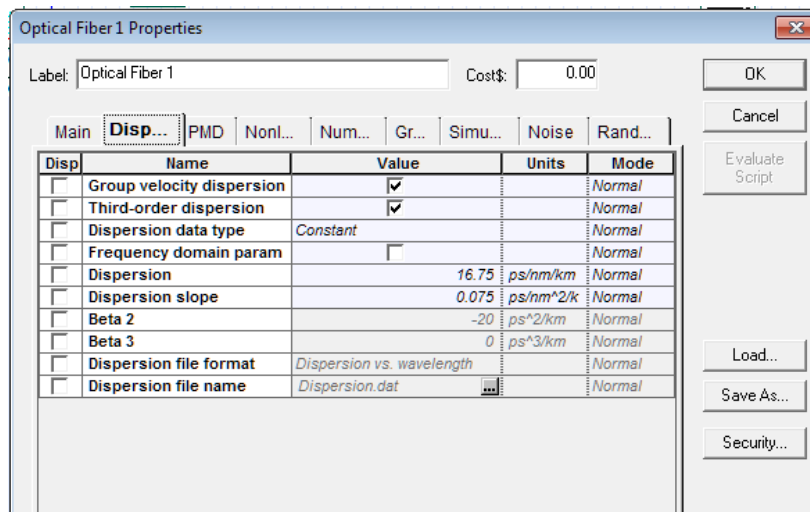


Figura 3.8: Modificación de los parámetros de Dispersión

### 3.2.3 Resultados de la simulación

OptiSystem incluye una serie de elementos que permite obtener una referencia precisa de lo que está ocurriendo en cada sección del enlace. Una vez corrida la simulación se obtuvieron los siguientes resultados.

La Figura 3.9 muestra un Analizador de espectro que está monitoreando la señal de salida del transmisor óptico. Es importante destacar que como los dos canales viajan de forma independiente las gráficas espectrales son equivalentes.

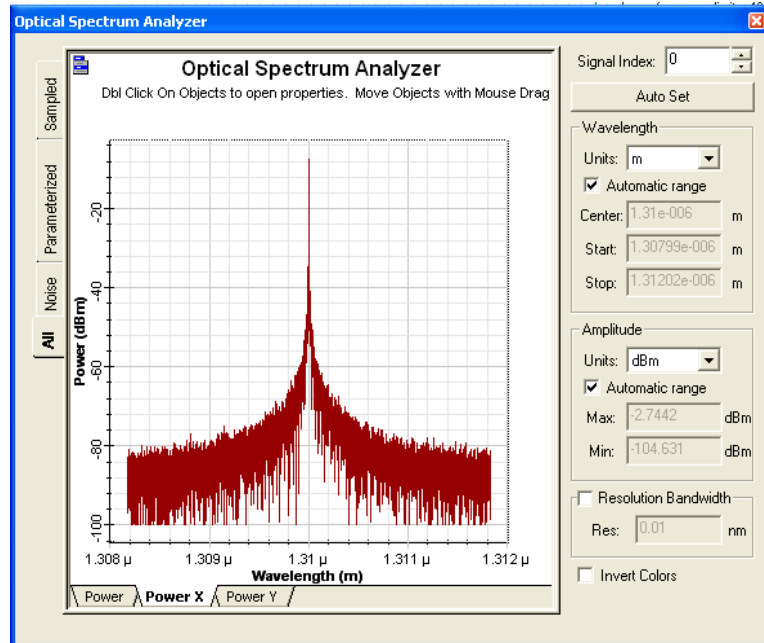


Figura 3.9 Espectro óptico de salida del transmisor

La Figura 3.10 muestra el valor de potencia óptica a la salida del transmisor, utilizando un medidor de potencia óptica.

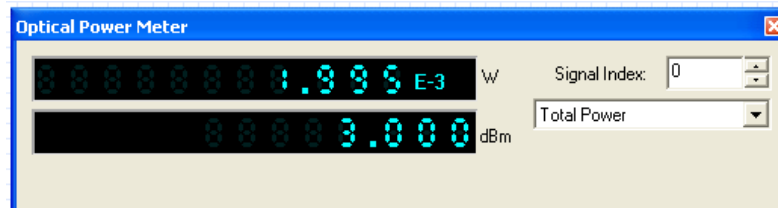


Figura 3.10 Potencia de salida del transmisor

Si queremos tener una referencia en el dominio del tiempo sobre una sección del cable de fibra óptica, se puede utilizar el Visualizador Óptico de Dominio en el Tiempo. En la Figura 3.11 se muestra un visualizador óptico conectado en el empalme correspondiente a la segunda sección del enlace diseñado.

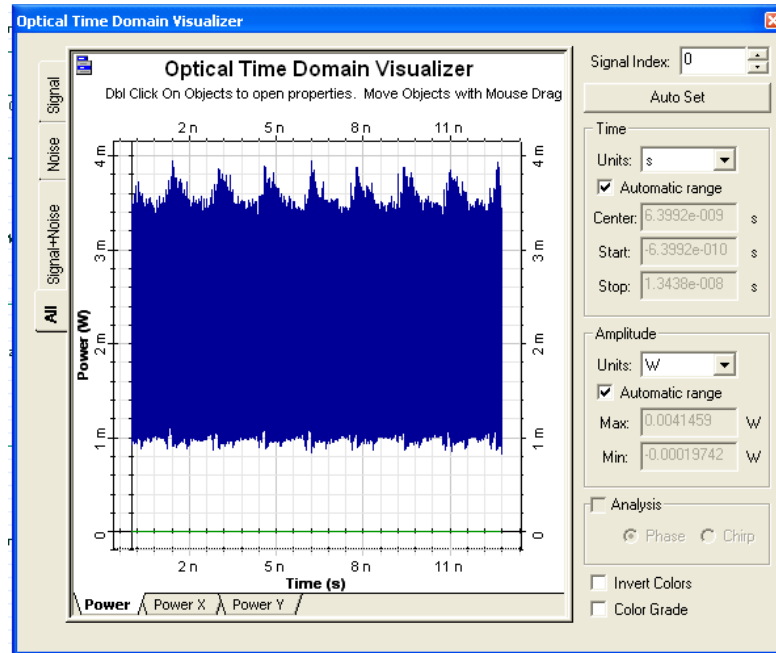


Figura 3.11 Visualizador Óptico de Dominio en el Tiempo.

La Figura 3.12 muestra el analizador de espectro colocado a la salida del enlace donde se ve el ancho de banda de la señal recibida la cual corresponde con la parte baja del espectro, lo cual coincide con el valor esperado.

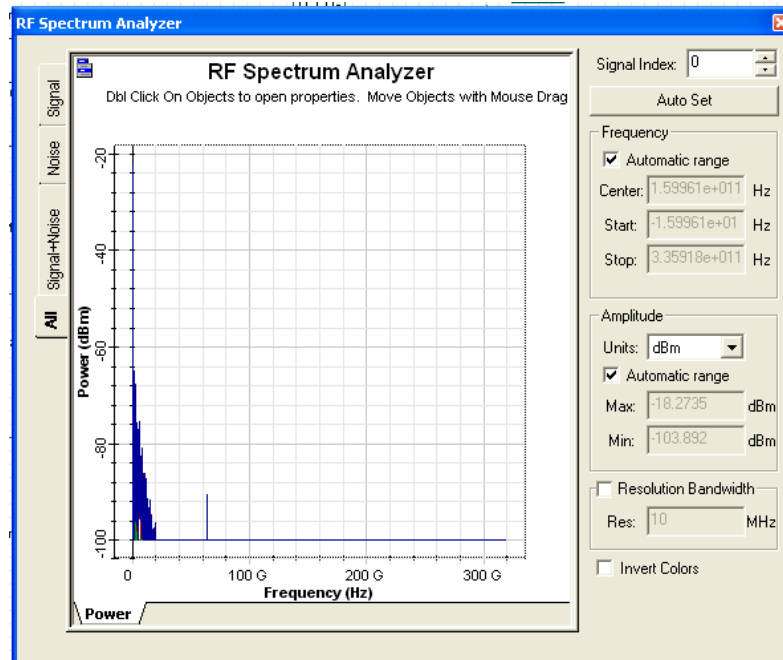


Figura 3.12 Espectro de Frecuencia de la señal recibida.

OptiSystem tiene entre sus potencialidades un analizador BER, lo cual es de suma importancia cuando se necesita conocer el comportamiento de este parámetro para hacer modificaciones que influyan en un comportamiento más estable en el enlace. La Figura 3.13 muestra el analizador BER, colocado en la sección de recepción.

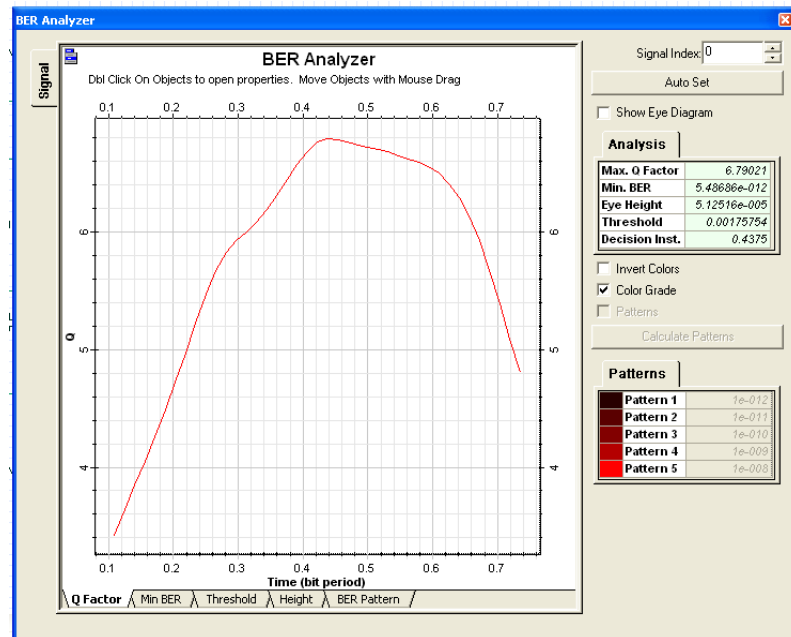


Figura 3.13: Analizador BER de la salida del receptor.

Si necesitamos analizar el comportamiento de los enlaces de transmisión dentro del cable de fibra, lo más conveniente es utilizar un analizador de diagrama de ojo. Este permite analizar las formas de ondas de los pulsos que se propagan en el enlace y poder observar las formas de onda, desfase, niveles de ruido y potencia. En la Figura 3.14 se muestra un diagrama de ojo correspondiente al segundo canal de audio ubicado en el bloque recepción de las señales ópticas, antes de ser entregado al transmisor para su posterior modulación.



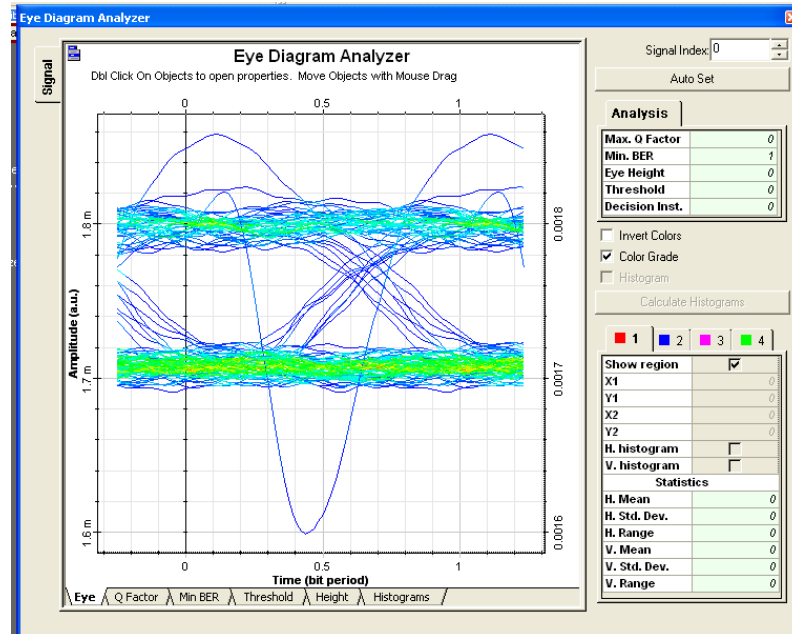


Figura 3.14: Analizador de diagrama de Ojo

### 3.3 Conclusiones del Capítulo

En este capítulo se comprobó las potencialidades de una herramienta de simulación profesional como el OptiSystem, para representar entornos reales antes de realizar su implementación física. Se utilizó un escenario de simulación semejante al de la arquitectura diseñada y mediante una serie de elementos de visualización se pudieron obtener gráficas que representan el estado del enlace y los principales parámetros de la fibra óptica. Se tuvieron en cuenta los valores originales de los equipos del fabricante *Kathrein*, y de los tres empalmes necesarios para llegar al centro de transmisión provincial.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. En la actualidad es necesario el empleo de cables de fibra para la transmisión de las señales de radiodifusión ya que este soporte se recomienda como enlace de una cadena de transmisión de audio. La fibra óptica ofrece ventajas indiscutibles, tales como su elevada tasa de transferencia, así como su inmunidad al ruido e interferencia, reducida dimensiones y peso, y sobre todo su compatibilidad con la tecnología digital.
2. En una pequeña emisora de radio difusión es imprescindible la presencia de tres bloques como mínimo: un Estudio de transmisión de tiempo real (Estudio Principal), un Estudio de grabación/edición y una sala de control/supervisión de las señales de audio generadas.
3. Cuando se requiere transportar señales audio por un enlace de fibra óptica, no es necesario incluir conversores análogos/digitales porque en ocasiones puede provocar un retardo en la sincronización de los canales, lo cual se aprecia como una distorsión en la señal desmodulada.
4. La utilización de herramientas de simulación profesionales como OptiSystem garantiza el diseño de enlaces de fibra óptica de una forma precisa antes de ser llevado a un montaje real, lo cual representa un ahorro de tiempo y de recursos.

### Recomendaciones

1. Continuar con el desarrollo de los sistemas ópticos para el empleo de las nuevas tendencias buscando una mejor complejidad del sistema planteado.

2. Buscar nuevas propuestas con el objetivo de optimizar el uso de los equipos necesarios para la disminuir gastos económicos innecesarios.
3. Es necesario el montaje del sistema propuesto ya que este aporta nuevos índices de calidad en la recepción de la señal generada desde la estación de radio local.
4. Adquirir un conocimiento básico de la tecnología digital y de los equipos digitales, ya que esto ha sido el suceso o el eje fundamental para la transmisión de la radio difusión moderna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrawal, G. P. (2000). Nonlinear fiber optics, Springer.

Agrawal, G. P. (2010). Fiber-optic communication systems, Wiley.

Bergman, L. A. (1989). Fiber optic voice/data network, Google Patents.

BOB, C. (2004). "Instalaciones de Fibra Óptica Fundamentos, Técnicas y Aplicaciones." Editorial McGrawHill.

Clayton, J. (2001). McGraw-Hill illustrated telecom dictionary, McGraw-Hill.

Couch, L. W., M. Kulkarni, et al. (1997). Digital and analog communication systems, Prentice Hall.

Chacín, R. B. (2010). BRICEÑO Márquez, José E.(2000) Principios de las Comunicaciones, Venezuela.

DeCusatis, C. (2008). Handbook of Fiber Optic Data Communication. C. DeCusatis, Elsevier Academic Press.

Forouzan, A. B. (2007). Data Communications & Networking (sie), Tata McGraw-Hill Education.

Goeringer, S. L. (2004). "The Sound Studio: Audio Techniques for Radio, Television, Film and Recording, (review)." Computer Music Journal **28**(3): 81-83.

Hausman, C., F. Messere, et al. (2011). Modern radio production: Production programming and performance, Wadsworth Publishing Company.

Hoeg, W. and T. Lauterbach (2000). "Digital Audio Broadcasting." Principles and Applications.

Hurst, C. (2003). Wired for Sound, Creative Teaching Press.

Liva, V., A. Sharma, et al. (2010). Methods and apparatus for transmission of analog channels over digital packet networks, Google Patents.

McLeish, R. (1978). The Technique of Radio Production: A Manual for Local Broadcasters, Focal Press.

Millerson, G. and J. Owens (2012). Television production, Focal Press.

Mukherjee, B. (1991). "Integrated voice-data communication over high-speed fiber optic networks." Computer **24**(2): 49-58.

Mukherjee, B. and J. Meditch (1988). "Integrating voice with the persistent protocol for unidirectional broadcast bus networks." Communications, IEEE Transactions on **36**(12): 1287-1295.

Nisbett, A. (1970). "The Technique of the Sound Studio: Radio, Record Production, Television, and Film."

Olson, H. F. (1947). Elements of acoustical engineering, D. Van Nostrand Co.

Reese, D., L. Gross, et al. (2006). Radio production worktext: studio and equipment, Focal Press.

Tanenbaum, A. S. (1988). "Computer networks." Prentice H all PTR (ECS Professional) **1**(99): 6.

Watkinson, J. (2012). Art of digital audio, Focal Press.

Zölzer, U. (2008). Digital audio signal processing, Wiley.

## ANEXOS

### Anexo I Cables y conectores de Fibra Óptica

#### Cables

**KATHREIN**

##### Coaxial cables

LCM 33	271623
LCM 50	271622
LCM 96	271624
LCM 52	271600

- LCM 33, LCM 50, LCM 96:  
Frequency range: 0.15-2400 MHz, impedance: 75 Ω
- LCM 52: Frequency range: 50-2050 MHz, impedance: 50 Ω
- Conform to EN 50117



LCM 33



LCM 50

##### Power supply cables

TVK 04	236900
TVK 05	236924
TVK 01	236914

- TVK 04 and TVK 05 power supply cables are used to distribute the remote-feed voltage inside BK or GGA amplifier points
- Connections: blade terminals acc. to DIN 46247
- Colour: black
- Available in the following lengths:
  - TVK 04: 210 mm
  - TVK 05: 500 mm
  - TVK 01: 700 mm



TVK 04

Type		LCM 33	LCM 50	LCM 96	LCM 52
Order no.		271623	271622	271624	271600
		Underground cable	Underground cable	Underground cable	Underground cable
Halogen-free		Yes	Yes	Yes	Yes
Diameter inner conductor	mm	3.3 Cu	2.2 Cu	1.1 Cu	4.0 Cu
Diameter isolation on inner conductor	mm	13.5 PE (bamboo)	8.8 PE (bamboo)	7.3 PE (cell rim)	8.6 PE (helix)
Diameter outer conductor	mm	14 Cu welded	9.3 Cu welded	7.8 Cu welded	12.3 Cu (corrugated tube)
Diameter of cable	mm	17.0	12.5	11.0	15.7
Material used for outer isolation		PE black	PE black	PE black	PE black
Max. dynamic power	N	550	350	300	1000
Copper content	kg/km	194	109	58	-
Bending radius <sup>1)</sup>	mm	> 280	> 150	> 150	> 50
Impedance	$\Omega$	75	75	75	50
Attenuation at 20 °C and dB/100 m					
f = 50 MHz		1.2	1.8	3.6	2
f = 100 MHz		1.7	2.6	5.2	3
f = 200 MHz		2.4	3.9	7.6	4
f = 300 MHz		3.1	4.9	9.5	5
f = 450 MHz		4.0	6.0	12.0	6
f = 800 MHz		5.5	8.7	16.4	9
f = 1000 MHz		7.0	10.0	19.0	10
f = 1750 MHz		9.2	14.4	26.1	13
f = 2050 MHz		10.3	15.9	28.8	14
f = 2400 MHz		11.5	17.7	31.7	14.6
Return loss (dB)					
5-450 MHz		> 28	> 28	> 28	> 26
450-1000 MHz		> 26	> 26	> 26	> 26
1000-2400 MHz		> 22	> 22	> 22	> 26
Coupling resistance					
5-30 MHz	m $\Omega$ /m	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
DC resistance	$\Omega$ /km	4.5	8.6	25.5	1.5
Screening factor (dB)					
30-100 MHz		> 120	> 120	> 120	> 120
100-500 MHz		> 120	> 120	> 120	> 120
500-1000 MHz		> 120	> 120	> 120	> 120
1000-2000 MHz		> 110	> 110	> 100	> 120
2000-2400 MHz		> 100	> 100	> 100	> 120
Temperature range	°C	-20 to +50	-20 to +50	-20 to +50	0 to +60
Weight	kg/100m	35.0	18.5	15.0	37

<sup>1)</sup> Value for non-recurring bending; for repeated bending:  $\times 2.5$



## Cables

**KATHREIN**

### RF connection cables (green and white)

TVK 901G	25210014
TVK 901W	25210015
TVK 904G	25210016
TVK 904W	25210017
TVK 927W	25210033

- TVK 90x RF connection cables for internal RF cabling in BK and GGA amplifier points
- The cables are UV resistant, halogen-free and flame-retardant
- Connector: IEC angled connector
- Impedance: 75 Ω
- Screening factor: > 85 dB
- Frequency range: 1-1000 MHz
- Available in the following lengths and colours:
  - TVK 901G: 150 mm, green
  - TVK 901W: 150 mm, white
  - TVK 927W: 270 mm, white
  - TVK 904G: 350 mm, green
  - TVK 904W: 350 mm, white
- Other lengths on request



TVK 904G

### Power supply cables

TVK 04	236900
TVK 05	236924
TVK 01	236914

- TVK 04 and TVK 05 power supply cables are used to distribute the remote-feed voltage inside BK or GGA amplifier points
- Connections: blade terminals acc. to DIN 46247
- Colour: black
- Available in the following lengths:
  - TVK 04: 210 mm
  - TVK 05: 500 mm
  - TVK 01: 700 mm



TVK 04

## Cable fittings and plugs

**KATHREIN**

### KES connectors

EMP 03	275273
EMP 07	25010006
EMP 08	25010010
EMP 10	275267

- Cable end plugs:

EMP 07 (Order no. 25010006): for cable nKx (LCM 50)  
 EMP 08 (Order no. 25010010): for cable qKx (LCM 33)

- KES/KES connecting sleeve:

EMP 10 (Order no. 275267)

- Adapters:

EMP 03 (Order no. 275273):  
 housing duct KES socket to IEC



EMP 07



EMP 10



EMP 03

### Ingress test socket

EVK 74	25010012
--------	----------

- Duct: PG 11
- Adapter: IEC socket to F-type socket
- Impedance: 75 Ω
- Waterproof termination unit with protective cap
- External contact point to a unit-internal test socket in an amplifier housing (GMG 51/GMG 52)



## Cable fittings and plugs

**KATHREIN**

### Cable transfer point/housing duct

EVK 76                    25010037

- Retaining clip for PG 11 housing connection
- Can be screwed on
- To prevent accidental unplugging of IEC angled connectors



### 5/8" connectors

EMP 47                    275312  
 EMP 49                    275314  
 EMP 51                    275315  
 EMP 52                    275316

- Adapters:
  - EMP 47 (Order no. 275312): 5/8" plug to IEC socket (M14) angled
  - EMP 49 (Order no. 275314): 5/8" plug to F-type socket angled
  - EMP 51 (Order no. 275315): 5/8" plug to F-type socket
- Remote feeding connector:
  - EMP 52 (Order no. 275316): remote feeding connector for cables with an inner conductor diameter up to 2.3 mm



EMP 47



EMP 52

### N-type connector

EMK 53                    273249

- Cable end plug N-type plug
- For Flexwell cables 3/8"
- Impedance: 50 Ω



## Taps with flexible connection cables

**KATHREIN**

2-way taps with flexible connection cables,  
KES design



EAU 80	272147
EAU 81	272624
EAU 85	272148
EAU 86	272625
EAU 90	272149
EAU 91	272626

EAU 80, EAU 85 and EAU 90

- Connection cable length: 180 mm

EAU 81, EAU 86 and EAU 91

- Connection cable length: 390 mm
- Suitable for underground and above-ground installation
- Connection type: 4/20 (KES)
- Capacitive separation of inner conductor
- Accessories:
  - Cable end plugs (KES): EMP 06, EMP 07 and EMP 08
  - KES terminating resistor: EMK 92
  - Heat shrink tubing: ESO 61



Type		EAU 80	EAU 81	EAU 85	EAU 86	EAU 90	EAU 91
Order no.		272147	272624	272148	272625	272149	272626
Frequency range	MHz	4-862		4-862		4-862	
Impedance	$\Omega$	75		75		75	
Tap loss	dB	10		15		20	
Through loss	dB	< 3.0		< 2.1		< 1.8	
Decoupling tap	dB			> 30			
Decoupling output	dB			> 20			
Return loss	dB			> 15			
Screening factor	dB			> 75			

## Splitters with flexible connection cables

**KATHREIN**

2-way splitters with flexible connection cables,  
KES design



EBU 30                    272598  
EBU 31                    24510022

### EBU 30

- Connection cable length: 180 mm

### EBU 31

- Connection cable length: 390 mm
- Suitable for underground and above-ground installation
- Connection type: 4/20 (KES)
- Capacitive separation of the inner conductors
- Accessories:
  - Cable end plugs (KES): EMP 06, EMP 07 and EMP 08
  - KES terminating resistor: EMK 92
  - Heat shrink tubing: ESO 61



Type		EBU 30	EBU 31
Order no.		272598	24510022
Frequency range	MHz	4-862	
Impedance	$\Omega$	75	
Distribution loss	dB	< 3.7	
Decoupling of outputs	dB	> 17	
Return loss	dB	> 20 <sup>1)</sup>	
Screening factor	dB	> 80	

<sup>1)</sup> Up to 47 MHz > 10 dB



## Anexo II Equipos de Mediciones Ópticos

# Fuentes de Luz



Las Fuentes de Luz de Fibra Óptica resultan herramientas poderosas cuando se utilizan en conjunto con un Medidor de Potencia para verificar la pérdida por atenuación en los enlaces de cables de fibra óptica. Nuestras fuentes de luz de fibra óptica pueden utilizarse también como generadores de tono para utilizar en conjunto con un Identificador de Fibra Óptica, con propósitos de identificación de fibra óptica. Los tonos se generan en las siguientes frecuencias: 270Hz, 1kHz y 2kHz.

La Fuente de Luz de Fibra Óptica Yamasaki TLD1 es una fuente de luz de fibra óptica de longitud de onda cuádruple de precisión. Esta unidad de mano presenta un diseño resistente y una pantalla de LCD ultra brillante, lo que la hace muy fácil de operar. Presenta adaptadores universales, una caja amarilla de alta visibilidad, una funda protectora para cinturón y cómoda correa, es perfecta para virtualmente cualquier condición de pruebas de fibra óptica. Opera en 850nm, 1300nm, 1310nm y 1550nm.

### Otros Modelos

Yamasaki ofrece una amplia variedad de fuentes de luz para fibra óptica para adecuarse a cada situación. La TLO2 es fuente de luz para fibra óptica multimodo con longitud de onda dual que opera sobre 850nm y 1300nm. Las fuente de luz para fibra óptica TLO3 & TLO4 operan en longitudes de onda monomodo (TLO3 - 1310/1550nm y TLO4 -1310/1550/1625nm).

### Detalles de Pedido

#### Fuente de Luz para Fibra Óptica

<b>TL01</b>	Fuente de Luz Óptica	4. SM/MM (850/1300/1310/1550nm)
<b>TL02</b>	Fuente de Luz Óptica	2. MM (850/1300nm)
<b>TL03</b>	Fuente de Luz Óptica	2. SM (1310/1550nm)
<b>TL04</b>	Fuente de Luz Óptica	3. SM (1310/1550/1625nm)

# Medidor de Potencia PON



El medidor de Potencia PON para Fibra Óptica Yamasaki TP31 es un rápido y preciso medidor de potencia óptica que ha sido diseñado específicamente para las condiciones de instalación y pruebas de FTTH / FTTx. Puede medir simultáneamente longitudes de onda de 1310/1490/1550nm y mostrar los resultados en tiempo real en su pantalla de LCD ultrabrillante.

Los indicadores de Aprobado / Desaprobado / Aviso permiten una evaluación instantánea de los valores de potencia. El puerto USB en la parte superior del TP31 permite descargar, guardar, imprimir resultados, modificar el umbral de aprobación/desaprobación y auto calibrar utilizando el software de PC y cable USB incluidos. Esta resistente unidad de mano incluye una tapa removible recubierta en goma, iluminación ultra brillante, función de auto apagado, amplio rango de medición, modo de ráfaga upstream y un conector universal SC.

## Buscador de Fibra



El Buscador de Fibra Yamasaki TS21 es uno de los nuevos desarrollos de Yamasaki, diseñado como una solución simple y económica para identificar fallas y probar la longitud de fibras monomodo. En muchos casos, este dispositivo amigable al usuario puede utilizarse como una alternativa a un OTDR, lo cual le ahorra dinero.

Este equipo de pruebas liviano, resistente, resistente al polvo y al agua, puede mostrar hasta 8 resultados a la vez. Presenta un control de potencia automático, selección automática de amplitud de pulso e incluso un VFI incorporado.