



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"

COMUNICACIONES. TRANSMISIÓN DE SEÑAL DE TELEVISIÓN POR FIBRA OPTICA

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

MARIO MERAZ MORENO

ASESOR: ING. JORGE RAMÍREZ RODRÍGUEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR

DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Comunicaciones. Transmisión de Señal de Televisión por Fibra Optica.

que presenta el pasante: Mario Meraz Moreno

con número de cuenta: 7844666-5 para obtener el título de
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 7 de enero de 2004

| MODULO | PROFESOR | FIRMA |
|------------|-------------------------------------|----------------|
| <u>III</u> | <u>Ing. Jorge Ramírez Rodríguez</u> | <u>[Firma]</u> |
| <u>II</u> | <u>Ing. Juan González Vega</u> | <u>[Firma]</u> |
| <u>I</u> | <u>Ing. Vicente Maqaña González</u> | <u>[Firma]</u> |

A CRISTO POR DARMER LA VIDA Y EL PENSAMIENTO.

*A MIS PADRES MARIA TERESA Y JOSE ANTONIO POR LOS CUIDADOS ,
APOYO, COMPRENSIÓN Y AMOR QUE SOLO ELLOS SABEN DAR.*

*A MIS HERMANOS MARICELA Y ANTONIO COMO EJEMPLO DE LA
PERSEVERANCIA Y LA TENACIDAD QUE PROFESAN.*

A MIS SOBRINOS RICARDO Y VANESA COMO EL EJEMPLO DEL PROGRESO.

*A MI ASESOR ING. JORGE RAMÍREZ MAS QUE UN PROFESOR UN GRAN
AMIGO.*

*A LA UNIVERSIDAD Y A MIS PROFESORES POR HABERME DADO LA
OPORTUNIDAD DE APRENDER DE SU CONOCIMIENTO.*

*A MIS AMIGOS, COMPAÑEROS Y PERSONAS QUE DE ALGUNA MANERA ME
HAN APOYADO.*

ESTOY ETERNAMENTE AGRADECIDO

INDICE

| | |
|---|----|
| Introducción | 1 |
| I Sistemas de comunicaciones | 3 |
| Sistemas de radiocomunicación | 5 |
| Sistemas de comunicaciones por fibras ópticas | 7 |
| II Características y aplicaciones de los Sistemas de Comunicaciones por fibras ópticas | 8 |
| Tipos de fibra óptica | 12 |
| Fibra multimodo de índice abrupto | 12 |
| Fibra multimodo de índice gradual | 14 |
| Fibra monomodo de índice abrupto | 15 |
| Ancho de banda | 21 |
| Transmisores y receptores ópticos | 23 |
| Fuentes | 23 |
| Detectores | 28 |
| Conectores y empalmes | 31 |
| Conectores | 31 |
| Empalmes | 32 |
| Modulación | 34 |
| Modulación de pulsos | 35 |
| Televisión por cable | 36 |
| Red de banda ancha | 36 |
| III Señal de televisión | 39 |
| Señal de televisión análoga | 39 |

| | |
|--|-----------|
| Exploración | 41 |
| Borrado horizontal y vertical | 43 |
| Sincronización | 44 |
| Colorimetría | 47 |
| Primarios substractivos y primarios aditivos | 49 |
| Subportadora y sincronía del color | 50 |
| Señal de video compuesto | 51 |
| Señal de luminancia | 54 |
| Señales de crominancia | 56 |
| Señal de audio | 57 |
| Características del sonido | 58 |
| T.V. digital | 60 |
| Componentes y compuestos | 61 |
| Muestreo y cuantización | 64 |
| Normas de video digital | 66 |
| CCIR 601 | 66 |
| Componentes digitales en paralelo | 67 |
| Normas del audio digital | 70 |
| | |
| IV Transmisión de TV por fibra óptica | 72 |
| | |
| Conversión del formato | 72 |
| TV digital por cable | 73 |
| Redes de cable de banda ancha HFC | 74 |
| Canal de retorno | 75 |
| | |
| Conclusión | 77 |
| | |
| Glosario | 79 |

INTRODUCCION

Al comprobar que las ondas luminosas se propagan a idéntica velocidad que las de origen electromagnético se evidenció la posibilidad de su aprovechamiento para la transmisión , y más concretamente al ponerse de manifiesto que era posible su difusión mediante cables de material vítreo que ofrecen indudables ventajas sobres los de tipo metálico habitualmente empleados a los espera, tan sólo, de resolver el problema comercial de sustitución o de instalación.

Es innegable que la fibra óptica ofrece incontables ventajas con respecto al cable metálico dado que, además de constituir un excelente medio para el transporte de señales, se halla totalmente exenta de la introducción de perturbaciones electromagnéticas y tampoco se halla afectada por la indeseable influencia de conductores cercanos, puesto que la luz no produce el campo magnético causante del ruido de fondo perturbador del sonido de comunicación a larga distancia.

Si consideramos también que las fibras ópticas ofrecen tanta resistencia a la tracción como el cobre y no son alteradas por los efectos de la corrosión ambiental, ni por los de origen químico que actúan sobre los conductores metálicos, es apreciable que no existe contraindicación de ninguna clase en su empleo.

Consideramos que las fibras ópticas pesan el uno por ciento de los cables metálicos que se precisa para idéntica capacidad de transmisión. Además, los cables ópticos hacen posibles los enlaces a muy largas distancias, pudiendo precisarse que se ha llegado ya a la realización de tramos que sobrepasan los cien kilómetros, sin requerir la agregación de regeneradores.

Otro importante factor, de tipo económico, es que la materia prima requerida para la obtención de las fibras ópticas es extremadamente

abundante y no cabe la posibilidad de su extinción, en tanto que el cobre es cada vez más escaso y su tratamiento implica inversiones más elevadas.

Cualquier modalidad para obtener la fibra óptica es más simple que la requerida por los conductores metálicos, resultando también digno de mención el hecho de que con cinco gramos de sílice (material fundamental para la obtención de la fibra óptica) es posible conseguir unos diez kilómetros de finísima fibra de esta clase.

Se progresa a muy buen ritmo en esta técnica y la fabricación de tan sutiles hebras, más delgadas que un cabello humano, se halla muy avanzada.

A comparación de la transmisión por medio de radiofrecuencia en el que es susceptible a interferencias electromagnéticas, a la dependencia de condiciones ambientales y que tienen una pequeña privacidad. Para la transmisión de señales de video y audio, la fibra óptica es un medio de transmisión idóneo en donde una de sus aplicaciones es la transmisión de señal de televisión ya que se evitan los problemas fundamentales que también tienen los sistemas del cable metálico como son las perturbaciones electromagnéticas, siendo este el principal problema en la transmisión de señal de televisión. La fibra óptica es una muy buena opción en un mundo donde se requiere de mayor calidad en señal de televisión en el mejor tiempo real posible.

I SISTEMAS DE COMUNICACIONES.

SISTEMAS DE COMUNICACIONES

Un diagrama a bloques de un sistema de comunicaciones punto a punto se muestra en la figura 1.1.

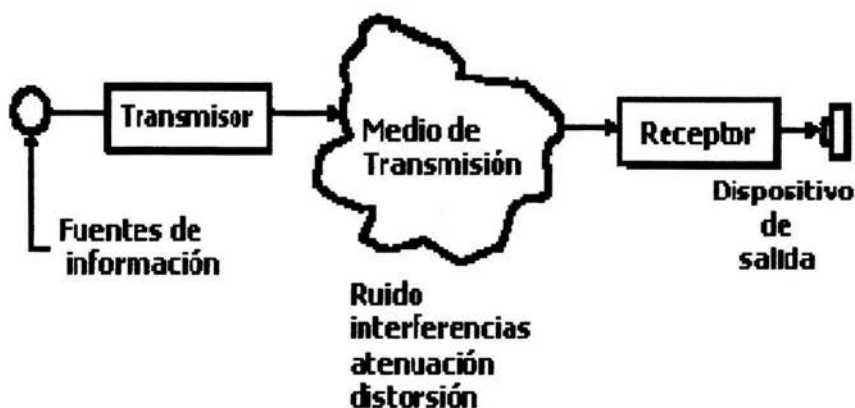


Fig. 1.1 Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones

En el transmisor se genera la información que se desea comunicar y se le da una forma adecuada para enviarse a través del medio de transmisión, el cual introduce atenuación, distorsión, y es susceptible a interferencias electromagnéticas. La fuente de información puede ser cualquier transductor que transforme la manifestación de un fenómeno físico en oscilaciones de voltaje y

corriente. Las señales que contienen la información pueden ser analógicas, como las provenientes de un termómetro, de un medidor de presión, etc.; o pueden ser digitales como las provenientes de una computadora.

En general todos los transductores generan señales analógicas, pero estas pueden digitalizarse antes de ser transmitidas a través del medio de comunicación.

Los sistemas de comunicaciones se pueden clasificar de diferente forma, dependiendo del parámetro de comparación, se puede clasificar en la forma en que se envía el mensaje; ya sea digital o analógico, y puede ser en banda base, o en una portadora. Otro parámetro muy importante para clasificar los sistemas de comunicaciones es el medio de transmisión que emplean. Dependiendo del medio o canal de transmisión empleado, un sistema puede tener una o varias características de peculiaridad que lo hace insustituible con respecto a otros sistemas que emplean diferentes medios de comunicación. Por el medio de transmisión de los sistemas de comunicaciones se pueden clasificar en: sistemas de radiocomunicación, sistemas por cable metálico y sistemas por fibras ópticas.

SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION.

Todos los sistemas de radiocomunicación emplean el espacio como medio de transmisión. La información viaja a través de ondas electromagnéticas no guiadas desde el transmisor hasta el receptor. Para que el transmisor radie energía electromagnética al espacio circunvecino es necesario emplear un transductor, el que transforme ondas de voltaje y corriente u ondas electromagnéticas guiadas en ondas electromagnéticas no guiadas, este transductor es la antena transmisora, que dependiendo de la frecuencia y de la aplicación del sistema puede radiar energía de igual manera en todas las direcciones o en una dirección preferida. En el receptor también se tiene que emplear un transductor que transforme ondas electromagnéticas no guiadas en ondas de voltaje y corriente o en ondas electromagnéticas guiadas.

Este transductor es la antena receptora, que dependiendo de la frecuencia y de la aplicación del sistema puede recibir señales provenientes de todas las direcciones de igual manera o en una dirección preferida.

Un diagrama de bloques de un sistema de radiocomunicación punto a punto se ilustra en la figura 1.2.

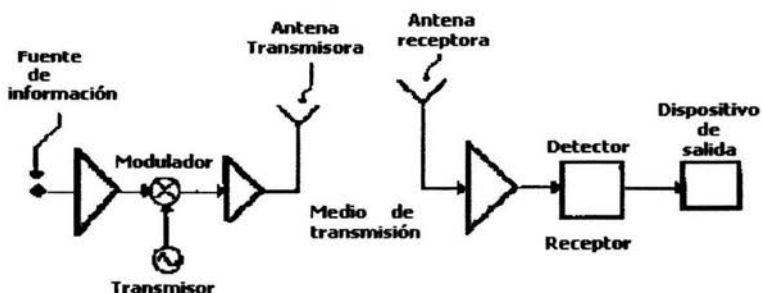


Fig. 1. 2 Diagrama de bloques de un sistema de radiocomunicación

El hecho de que los sistemas de radiocomunicación no emplean un medio físico para la transferencia de energía desde el transmisor al receptor, hacen que estos posean una serie de características particulares de ellos y que en ciertas aplicaciones son insustituibles y en otra sería más conveniente emplear sistemas con otros medios de transmisión. Las principales ventajas y limitaciones de los sistemas de radiocomunicación son:

VENTAJAS

- facilidad de comunicaciones móviles
- facilidad de reconfiguración
- facilidad de comunicaciones multipunto
- facilidad de establecer enlaces en áreas de difícil acceso o sin infraestructura
- económicos
- menor tiempo de instalación

LIMITACIONES

- susceptibilidad a interferencias electromagnéticas
- espectro electromagnético limitado
- privacidad pequeña
- dependencia de las condiciones ambientales

SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS OPTICAS.

Los sistemas de comunicaciones por fibra optica se emplean también en medio fisico dieléctrico como canal de transmisión. En este tipo de sistemas la información viaja en forma de rayos de luz, o sea en ondas electromagnéticas guiadas; la única diferencia de las ondas electromagnéticas de radio es la frecuencia de operación.

Como en los sistemas de radiocomunicación, estos sistemas requieren de transductores para el acondicionamiento de la señal útil a transmitirse y recibirse. En el transmisor se requiere de un transductor de ondas de voltaje y corriente en ondas luminosas, en el receptor se requiere de un transductor de ondas luminosas en ondas de voltaje y corriente. Un diagrama de bloque de un sistema de comunicaciones punto a punto por fibras ópticas donde se incluyen los elementos básicos de estos sistemas se muestra en la figura 1.3 .

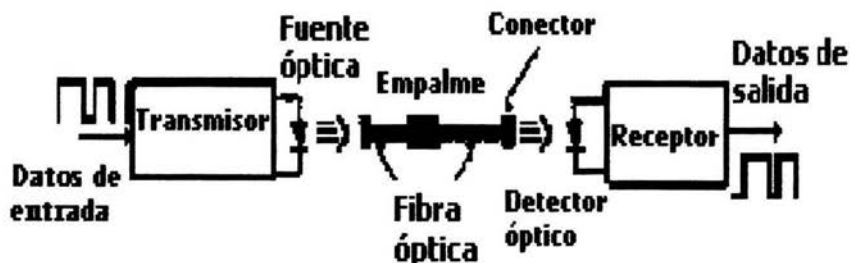


Fig. 1.3 Enlace de comunicaciones punto a punto por fibras ópticas

Algunas de las principales ventajas y limitaciones de los sistemas de comunicaciones por fibras ópticas con respecto a los sistemas de radio comunicación y a los sistemas por cable eléctrico, se deben a las características inherentes al medio de transmisión, que es la fibra optica.

II CARACTERISTICAS Y APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS OPTICAS.

REQUIEREN DE UN MEDIO FISICO (FIBRA OPTICA) COMO MEDIO DE TRANSMISION (vidrio:SiO₂- medio de transmisión dieléctrico)

CARACTERISTICAS

-ELIMINACION DE LAS INTERFERENCIAS ELECTROMAGNETICAS

- Seguridad de alta calidad de transmisión
- Reducción de costos de producción contra el ruido
- Localización cercana a líneas de alta tensión

-AISLAMIENTO ELECTRICO

- Eliminación de los problemas de bucle de tierra
- Travesía segura en zonas peligrosas
- Seguridad contra descargas eléctricas

-MINIMAS PERDIDAS

- Espaciamiento grande entre repetidoras
- Confiabilidad grande gracias al número pequeño de repetidoras
- Menor mantenimiento

-ANCHO DE BANDA GRANDE

- Capacidad grande de transmisión eliminación de igualadores
- Atenuación independiente del ancho de banda del mensaje transmitido

-ESTABILIDAD EN MEDIOS SEVEROS

- Confiabilidad alta de la transmisión
- Reducción de la protección contra el medio ambiente

-DIAMETRO Y PESO PEQUEÑOS

- Reducción de los costos de instalación y reparación

OTRAS CARACTERISTICAS

- 1.- Alta privacidad de la transmisión
- 2.- Sensibilidad limitada por el ruido cuántico
- 3.- Niveles pequeños de potencia eléctrica en el transductor
- 4.- Se facilita la movilidad en áreas reducidas (gracias a su peso y dimensiones menores en comparación con el peso y dimensiones de los conductores eléctricos)
- 5.- Las derivaciones de la fibra optica son mas complicadas e introducen mayores atenuaciones en comparación con las derivaciones con cable eléctrico
- 6.- Gran abundancia de la materia prima SiO₂
- 7.- Interferencias pequeñas entre fibras
- 8.- Cableado de muchas fibras en un solo ducto
- 9.- Mayor economía para enlaces mayores de 2 Km y velocidades mayores a 2 MB/s

La gran variedad de aplicaciones de la fibra optica requiere de una amplia gama de diseños de cable que permiten su protección contra esfuerzos mecánicos y daños por humedad en las distintas necesidades de instalación.

-Para uso ligero en interconexión de equipos, en tableros de distribución o en ambiente de oficina, se tienen cables con protección plástica adherida a las fibras y son reforzados con fibras sintéticas lo que les da gran flexibilidad.

-Para uso en red exterior se aplican cables a base de tubos holgados, que casi siempre tienen mas de una fibra y se reúnen alrededor de un elemento central de carga. Los cables con este diseño son rígidos protegiendo a la fibra contra un uso rudo.

PRINCIPALES LIMITACIONES

- 1.- Como en el caso de los enlaces por cable eléctrico se requiere de un medio fisico
- 2.-Movilidad reducida en comparación con los sistemas de radiocomunicación
- 3.- Mayor dificultad en comunicaciones multipunto: las derivaciones pasivas introducen grandes niveles de Atenuación (idealmente 3 dB, para derivaciones 1:1)
- 4.- Las fuentes ópticas son relativamente de alta no linealidad.

TIPOS DE FIBRA OPTICA

La guía de onda optica puede fabricarse usando como material base vidrio o plástico. las fibras elaboradas con plástico se usan para transmitir luz con fines de iluminación, instrumentación o decoración. En el campo de las comunicaciones se utilizan las fibras ópticas de vidrio porque tienen mejores características para transmitir información.

Fundamentalmente se emplean cuatro tipos de fibras ópticas en los sistemas de telecomunicaciones, los cuales son: Multimodo índice abrupto, Multimodo índice gradual, Monomodo índice abrupto y Monomodo de índice fraccional.

FIBRA MULTIMODO DE INDICE ABRUPTO

Las fibras multimodo de índice abrupto son aquellas que el índice de refracción a lo largo del núcleo es constante y cambia abruptamente en la frontera núcleo-cubierta óptica.

En la fibra óptica hay diferentes modos de propagación, los rayos cuyos ángulos de incidencia son cercanos al ángulo crítico se denominan modos de alto orden. Los rayos cuyos ángulos de incidencia son cercanos a 90° se denominan de bajo orden, en la siguiente figura 2.1 se tienen los diferentes modos en los cuales las ondas luminosas viajan a lo largo de la fibra optica,

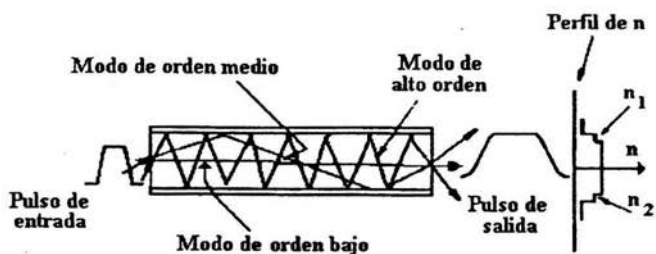


Fig. 2.1 Propagación de los diferentes modos en una fibra óptica multimodo de índice abrupto

Los modos diferentes van de un extremo a otro con la misma velocidad (si son monocromáticos) pero llegan en diferentes tiempos al extremo opuesto ya que las distancias en que viajan son diferentes.

Si la luz incidente tiene forma de pulso, en el otro extremo de la fibra esta luz estará dispersa, a esto se le denomina dispersión multimodal, lo cual limita la máxima velocidad de transmisión.

Una forma de reducir este tipo de dispersión (Dispersión Multimodal) es emplear un núcleo cuyo índice de refracción varíe a lo largo de su radio gradualmente, como se muestra en la fig. 2.2

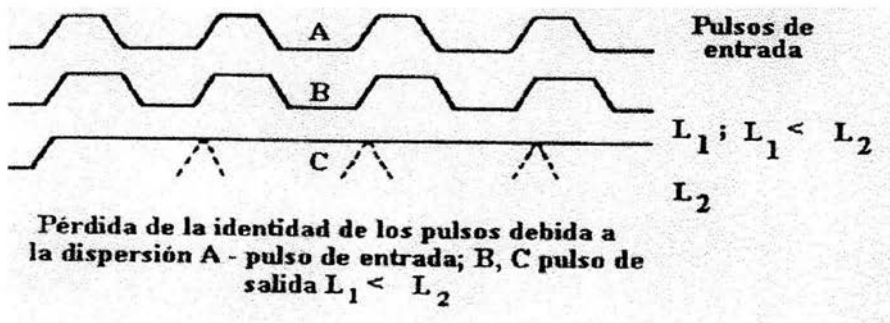


Fig. 2.2 Dispersión multimodal de una fibra multimodo de índice abrupto

FIBRA MULTIMODO DE INDICE GRADUAL

Ya que el índice de refracción es una medida de la disminución de la velocidad de la luz que viaja, se puede hacer un núcleo cuyo índice vaya disminuyendo conforme se aproxima a la cubierta óptica, por lo que la velocidad de los rayos de luz crecen conforme los rayos se alejan del centro. Por lo que se puede lograr que los rayos de los modos altos lleguen al mismo tiempo que los rayos de los modos bajos en el otro extremo de la fibra óptica, resultando que la dispersión multimodal disminuya, para ilustrar esto se tiene la siguiente figura 2.3

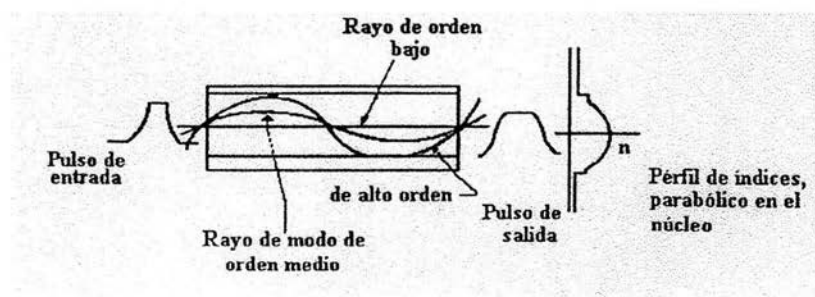


Fig. 2.3 Propagación a lo largo de una fibra multimodo de índice gradual

FIBRA MONOMODO DE INDICE ABRUPTO

Otra manera de disminuir la dispersión multimodal, es permitir que se propague solo un modo. Esto es si reducimos el diámetro del núcleo y seleccionando la relación de índices de refracción del núcleo y de la cubierta óptica, este tipo de fibra se le llama fibras ópticas monomodo, como se muestra en la figura 2.4

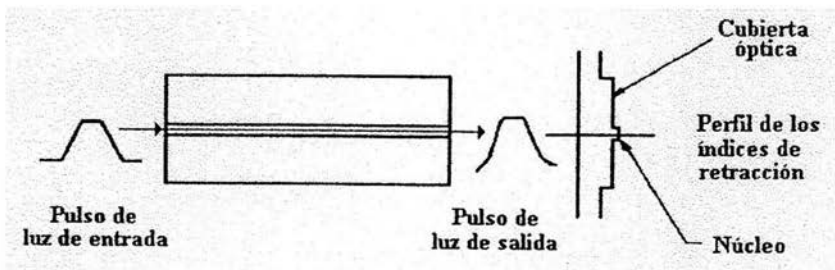


Fig. 2.4 Propagación a lo largo de una fibra óptica monomodo

En las fibras multimodo de índice gradual, se ha reducido la dispersión multimodal con respecto a la dispersión sufrida por el pulso de luz cuando se propaga a lo largo de la fibra óptica de índice abrupto, por lo que si se tiene un enlace de cierta longitud, las fibras multimodo de índice gradual pueden llevar información con mayor velocidad que las fibras multimodo de índice abrupto.

En las fibras monomodo, la dispersión multimodal se ha reducido a cero ya que se propaga un solo modo por lo que las fibras ópticas monomodo pueden transmitir simultáneamente mayores volúmenes de información comparándolas con las fibras ópticas multimodo, en la siguiente figura 2.5 se compara la dispersión de los pulsos de luz,

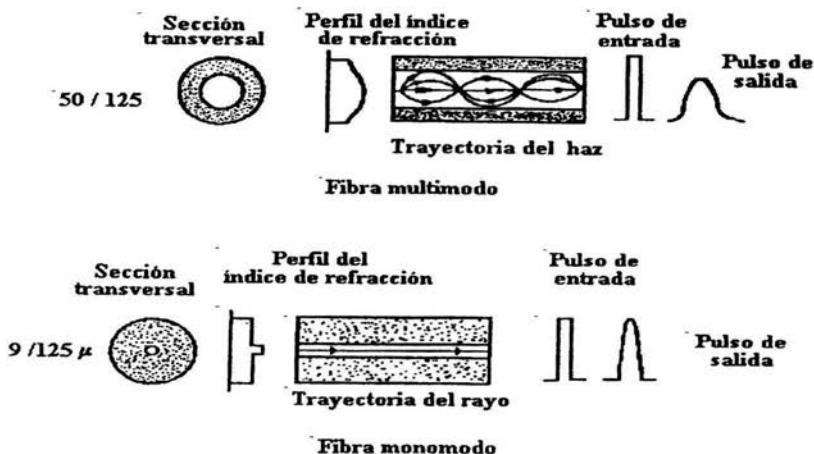


Fig. 2.5 Dispersión de un pulso de luz cuando se propaga por una fibra monomodo y una multimodo

La luz sufre una atenuación al propagarse a lo largo de la fibra y esta en función de la longitud de onda de la luz y de imperfecciones y de impurezas de fabricación.

Ahora bien, la atenuación es función del tipo de fibra óptica; una figura comparativa de las atenuaciones por las fibras monomodo y multimodo se muestran en la siguiente figura 2.6 en donde los picos de las curvas se deben a impurezas (moléculas de agua) en el núcleo,

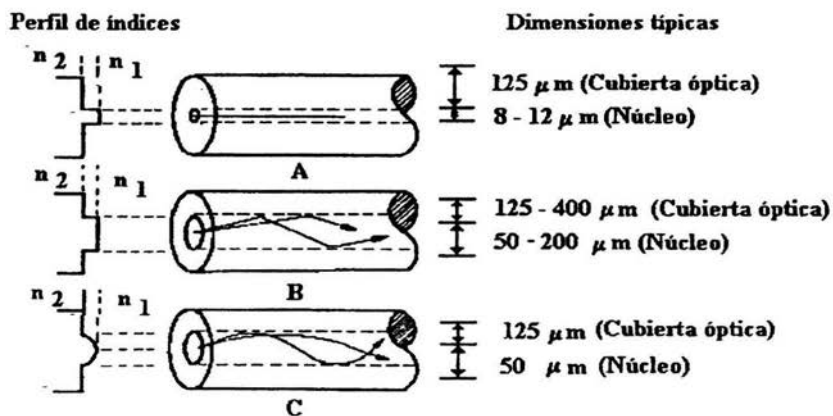


Fig. 2.6 Comparación de dimensiones típicas de diferentes fibras ópticas

Las fibras ópticas sufren de dispersión, también porque las fuentes ópticas no son monocromáticas, a esto se le denomina dispersión cromática y se debe a dos fenómenos: dispersión de material y dispersión de guía de onda,

-Dispersión de material. Los materiales que se usan para fabricar las fibras ópticas tienen índices de refracción como función de la longitud de onda de la luz por lo que la velocidad de onda de los fotones es función de su longitud.

-Dispersión de guía de onda. Esta es causada por la dependencia de las características modales de la longitud de onda.

Una forma de disminuir la dispersión cromática es emplear las fuentes de alta coherencia. Si la dispersión cromática es excesiva se puede perder la información.

En las fibras multimodo tanto de índice abrupto como de índice gradual, la dispersión multimodal es mayor que la dispersión cromática por lo que esta última se desprecia bastante en aplicaciones de telecomunicaciones.

Entre las fuentes ópticas, el diodo láser (LD) emite luz en un ancho espectral mucho más angosto comparado con el ancho espectral emitido por los diferentes tipos de LED.

Al considerar los pulsos de luz emitidos por diodos láser, la dispersión cromática y los pulsos de luz propagados a lo largo de la fibra óptica sufrirán menos ensanchamiento (dispersión) que los pulsos propagados a lo largo de la misma fibra pero emitidos por LED.

Por lo que el LD es compatible para usarse en sistemas de comunicaciones de alta velocidad que emplean las fibras monomodo como medio de transmisión. Los LD no son absolutamente coherentes y su emisión tiene un cierto ancho espectral. En la figura 2.7 está la dispersión cromática sufrida por un pulso óptico cuyo ancho espectral va de λ_1 a λ_n y propagada a lo largo de una fibra óptica, es la siguiente

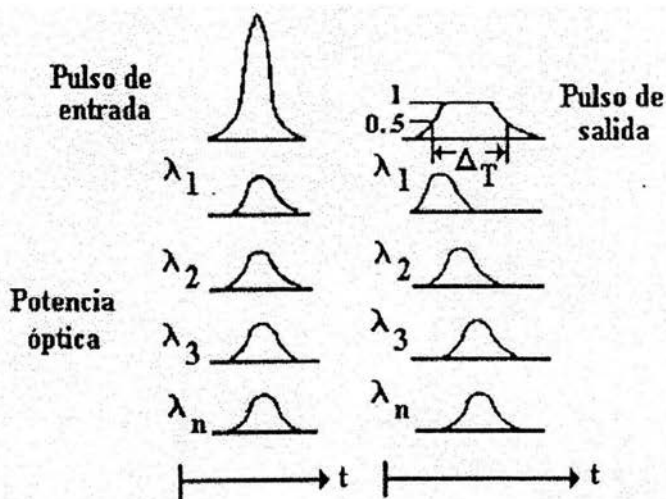


Fig. 2.7 Ensanchamiento del pulso óptico debido a la dispersión cromática

Los mecanismos de dispersión que sufre un pulso óptico cuando se propaga a lo largo de una fibra óptica, se ilustra en la figura 2.8

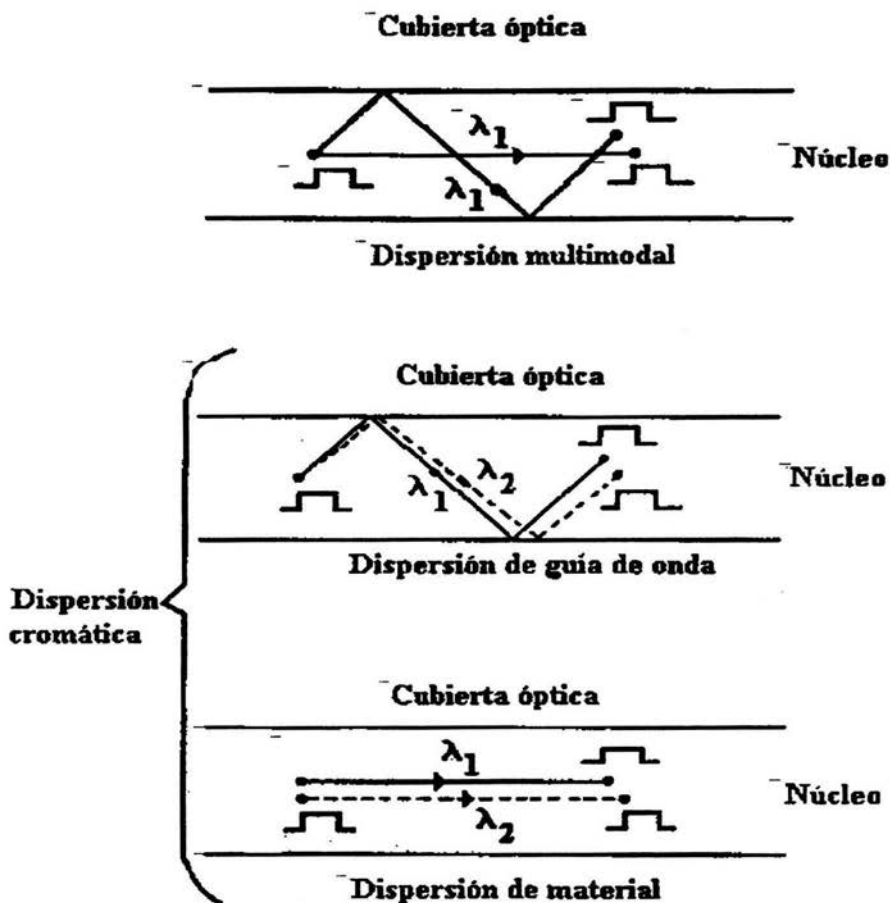


Fig. 2.8 Diferentes mecanismos de dispersión

Donde la dispersión cromática, es función de la longitud del enlace y sus unidades son:

$$\text{ps}/(\text{nm-Km}).$$

La dispersión multimodal en fibras multimodo también es función de la longitud de la fibra y es bastante mayor en las fibras de índice abrupto en comparación de la dispersión introducida por fibras multimodo de índice gradual.

ANCHO DE BANDA

En las fibras unimodo el ancho de banda es muy grande, tanto que no es parte de las especificaciones. Para el caso de las multimodo, sí debe tenerse en cuenta este parámetro de la fibra al diseñar un sistema, el ancho de banda depende de la ventana de transmisión.

A continuación se muestran los valores para las fibras multimodo más comunes

Ancho de bandas en MHz-Km

| Tipo de fibra | a 850 nm | a 1300nm |
|---------------|-----------|------------|
| 50/125 | 400 a 600 | 400 a 1000 |
| 62.5/125 | 160 a 200 | 200 a 600 |

La selección del ancho de banda se efectúa de acuerdo con las necesidades que deben cubrirse.

En fibras multimodo de índice gradual la dispersión multimodal domina en enlaces de corta distancia (2 a 5 Km), pero para largos enlaces la dispersión del material es dominante.

La dispersión cromática es función de la longitud de onda alrededor de la cual está centrado el espectro, la siguiente figura 2.9 ilustra esto

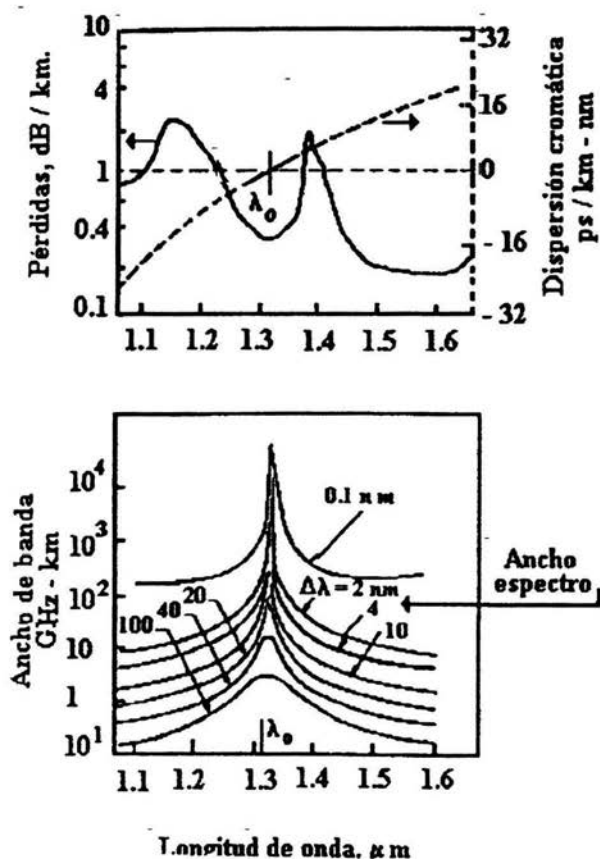


Fig. 2.9 Dispersión cromática, atenuación y ancho de banda de fibras monomodo

En la figura 2.9 se ilustra el ancho de banda por Km como función del ancho espectral del rayo, si se usan LED como fuente óptica los máximos anchos de banda están del orden de 5 GHz/km y si se emplean diodos láser este ancho de banda puede crecer hasta 4 órdenes de magnitud (5×10^4 GHz/km).

TRANSMISORES Y RECEPTORES ÓPTICOS

Las fuentes ópticas más comunes en los sistemas de comunicaciones son el diodo láser (LD) y los diodos emisores de luz (LED). Un sistema por fibra óptica para comunicaciones se ilustra en la siguiente figura 2.10

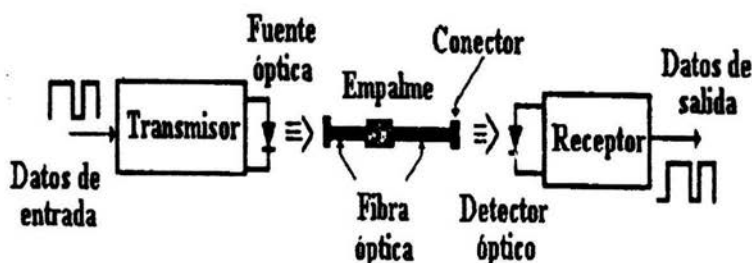


Fig. 2.10 Enlace punto a punto por fibras ópticas

FUENTES

Los sistemas ópticos de comunicación operan en la banda de luz infrarroja, producida por transductores fotoelectrónicos que convierten la señal eléctrica en luminosa.

Desde el punto de vista eléctrico, estos elementos son diodos que conducen corriente en un sentido, pero no en el inverso. Cuando un diodo conduce corriente se disipa cierta energía en forma de calor; en los diodos emisores de luz (LED), al menos parte de esa energía es emisión luminosa. La luz emitida sigue las mismas variaciones de la corriente en el diodo, como se ilustra en la fig. 2.11

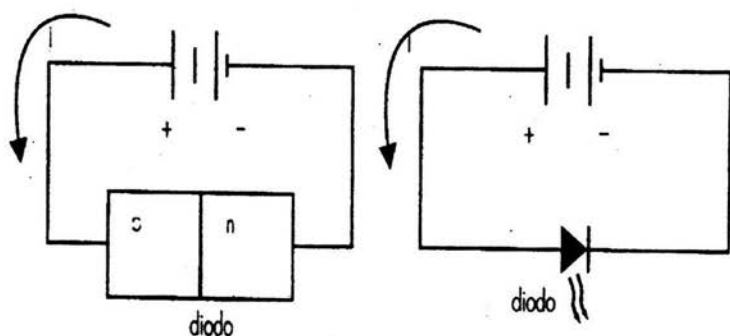


Fig. 2.11 LED diodo emisor de luz

Se puede obtener luz de mejores propiedades para la transmisión en fibras, no usando un LED sino un diodo LASER, que son las siglas en inglés del proceso de Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación.

Para que exista corriente eléctrica en un material es necesario que existan electrones libres, cuando los electrones están atrapados en la estructura atómica, el material se comporta como un aislante.

Los diodos están elaborados con elementos semiconductores que bajo ciertas condiciones tienen a los electrones atrapados (aislante), y en otras permiten su salida (conductor). Cuando un electrón se encuentra en su órbita dentro del átomo tiene una cierta cantidad de energía que llamamos nivel de valencia, y cuando es liberada se presenta un nivel más alto llamado de conducción.

Para pasar el nivel de conducción, el electrón toma energía; cuando regresa al nivel de valencia emite energía.

En un LED la energía que absorbe es adquirida de la corriente eléctrica y la que emite es en forma de luz. De acuerdo con la teoría cuántica, las diferencias entre niveles son valores específicos; un electrón en particular emitirá siempre la misma cantidad de energía al pasar a su nivel de valencia, esto significa que la longitud de onda que emita será la misma, ya que se relaciona con los niveles cuánticos de un fotón.

La energía (E) de un fotón puede encontrarse de la siguiente forma

$$E = h\nu = (h\nu)/l$$

Donde:

h es la constante de Plank

v es la frecuencia del fotón

l es la longitud de onda

En un semiconductor un electrón puede pasar de la banda de valencia a la banda de conducción o de la banda de conducción a la banda de valencia. La energía liberada o absorbida por el electrón es:

$$E_c - E_v$$

Donde:

E_c es la energía de un electrón, cuando este se encuentra en la banda de conducción.

E_v es la energía de un electrón cuando este se encuentra en la banda de valencia.

Al pasar el electrón de la banda de conducción a la banda de valencia, este libera energía igual a la diferencia de energías de las bandas de conducción y de valencia,

$$E = E_c - E_v$$

Esta energía se libera en forma de fotones para que esto suceda la transición de la banda de conducción a la banda de valencia tiene que ser directa, esto es que el electrón no debe cambiar su momento.

Ahora bien cuando el electrón tienen que cambiar su momento se dice que se tiene una transición indirecta y la energía se libera en forma de calor.

Cuando es directa la transición, la longitud de onda del fotón emitido es:

$$\lambda = (hc) / (E) = (1.2398) / E \text{ (eV)}, \text{ nm}$$

Donde E es una característica y puede cambiarse como función del tipo de contaminantes empleados en el semiconductor.

Cuando circula corriente por un LED, el movimiento de electrones genera un proceso de recombinación entre electrones que suben al nivel de conducción y otros que bajan a los de valencia, y que son los que emiten luz.

Las longitudes de onda que contienen la luz de un LED -que se conoce como distribución espectral, están determinadas por la

distribución de los electrones en distintos niveles de energía, y pueden ser del orden de 50 nm.

La emisión de un LED se llama espontánea porque se produce directamente por la respuesta del material a la corriente. En el caso de un diodo LASER la emisión se estimula en un paso complementario, ya que en un diodo de este tipo hay una primera emisión espontánea, que entra en una cavidad con paredes reflejantes (cámara Fabry Perot), algunos de los fotones quedan atrapados en la cámara y al reflejarse sobre el diodo pueden afectar a un electrón que ya se encuentre en el nivel de conducción. En este caso dicho electrón se recombina generando un nuevo fotón idéntico al que lo afectó. Ambos fotones se reflejan en la cámara y pueden continuar con el efecto multiplicador.

No todos los fotones de la primera emisión producen el efecto LASER, sino sólo los que tengan la energía o longitud de onda adecuada para producir resonancia en la cámara. Por este efecto, un diodo LASER concentra su emisión en ciertas longitudes de onda.

Además de tener más potencia que la luz de un LED, la distribución espectral es del orden de 2 nm, por lo que la dispersión cromática en la fibra es mucho menor.

El patrón de radiación de un LASER es también más cerrado que un LED, la luz se concentra en cierta dirección por lo que su aprovechamiento es más eficiente para transmisión de fibras. Las características ópticas de un LASER son superiores en todo a las de un LED, pero su costo es siempre mayor, por lo que en sistemas de fibras multimodo – que son enlaces más cortos- se usan fuentes LED, pero con fibras unimodo se aplican fuentes LASER.

DETECTORES

Para convertir la señal óptica en eléctrica se usan fotodiodos en los que se presenta el efecto contrario a un LED, es decir, que la incidencia de luz provoca una corriente eléctrica. En un fotodiodo que se usa normalmente en polarización inversa, en condición de oscuridad, no hay conducción de corriente. Al incidir fotones con la cantidad adecuada de energía, suben algunos electrones del nivel de valencia al de conducción y se produce una corriente proporcional a la luz incidente.

Los fotodiodos son sensibles a distintas longitudes de onda, dependiendo de las diferencias resultantes del nivel de energía entre sus electrones de valencia y la conducción. A continuación algunos ejemplos:

| MATERIAL | λ de operación (nm) |
|-----------------|---|
| Silicio | 400 – 1000 |
| Germanio | 600 – 1600 |
| GaAs | 800 – 1000 |
| InGaAs | 1000 – 1700 |

Los fotodetectores pueden estar integrados dentro de circuitos que proporcionen cierta ganancia de potencia a la señal. Para comparar distintas opciones es necesario considerar la longitud de onda de operación del sistema, la eficiencia, y su velocidad de respuesta.

La eficiencia cuántica indica cuántos fotones que representa cuantos μA de corriente se obtienen por μW de luz. La llegan al detector se convierten en electrones de conducción; en unidades prácticas esto velocidad de respuesta es el tiempo que transcurre desde que incide la luz hasta que se produce la corriente eléctrica.

Para evitar problemas con ruido, es ventaja tener una señal de salida de alta potencia, pero si el nivel es muy alto puede perderse linealidad en la respuesta, lo que es especialmente importante para sistemas analógicos.

| Tipo de fotodetector | Eficiencia $\mu A / \mu W$ | Tiempo respuesta | Corriente en oscuridad |
|-----------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------------|
| Diodo PIN Si | 0.5 | 0.1 – 5 ns | 10 nA |
| Diodo PIN InGaAs | 0.8 | 0.01 – 5 ns | 0.1 – 3 nA |
| Transistor Si | 18 | 2.5 μs | 25 nA |
| Transistor Darlington | 500 | 24 μs | 100 nA |
| Diodo de avalancha Ge | 0.6 | 0.3 – 1 ns | 400 nA |
| Diodo de avalancha InGaAs | 0.75 | 0.3 ns | 30 Na |
| Diodo c/ Amp. FET InGaAs | 5000 | 1 – 10 ns | ----- |

Los fotodiodos, además de las zonas P y N, tienen una zona intermedia con bajo contenido de contaminantes por lo que es intrínsecamente neutra, lo que ocasiona que la denominación del diodo sea PIN.

El fototransistor es una forma inmediata de amplificar la señal del detector.

El fotodiodo es la unión base-emisor de un transistor, que puede estar solo o acoplado a otro en una configuración Darlington.

En un diodo de avalancha la amplificación se realiza por el efecto en cadena que tienen los electrones en conducción, ya que excitan a otros, para los que se necesita un campo más fuerte y, por tanto, una polarización con más tensión en el diodo.

Algunos circuitos integrados, el diodo PIN se acopla a un amplificador FET, cuya salida es una tensión (Volts) y se elimina la corriente de oscuridad, como se muestra en la fig. 2.12

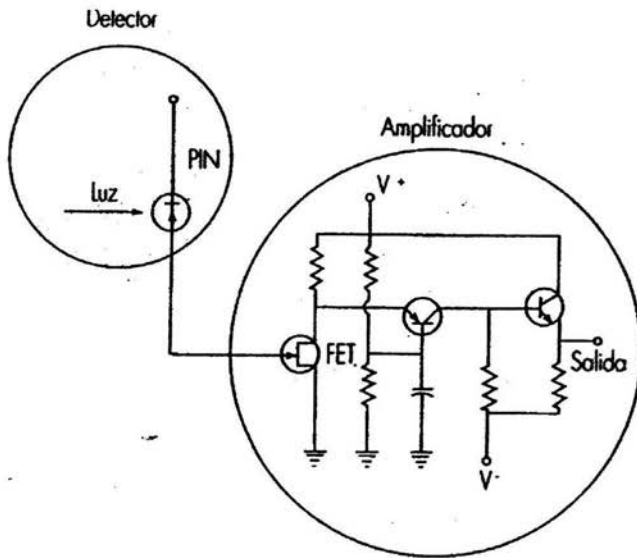


Fig. 2.12 Amplificador FET

CONECTORES Y EMPALMES

La conectividad es un complemento importante tanto para los cables ópticos como de cobre, pues se necesitan conectores en los extremos del enlace donde hay equipo activo. En lo que se refiere a los empalmes, estos se usan para unir dos puntas de cable ya sea para reparar un daño, o cuando se tiene un enlace que por su longitud necesita varios tramos de cable.

CONECTORES

Existen varias similitudes entre el uso de conectores en cable óptico y de cobre, particularmente los coaxiales. En el mercado se encuentra una gran variedad, pero el adecuado depende tanto del tipo de fibra (o coaxial) como del equipo activo. En ambos casos el conector es un punto de pérdida relativamente alta, pero es crítico por ser solo un par en el enlace (en el transmisor y en el receptor).

Una diferencia importante es que la instalación de un conector óptico es un proceso más delicado. Se han desarrollado algunos procedimientos simplificados para la aplicación en campo, pero es común adquirir cables con conectores en un extremo, como cables terminales, o en ambos extremos para conexiones de distribución, especialmente si la fibra es unimodo.

Los conectores para fibras multimodo son más económicos que los de fibra unimodo, debido a que se quiere menor precisión para alinear haces de luz relativamente grandes (50, 62.5 nm), y las tolerancias de fabricación pueden ser más abiertas que en el caso unimodo.

El menor costo y mayor facilidad de instalación en campo han permitido que las fibras multimodo sean más usadas en redes locales donde hay gran cantidad de conexiones y las distancias son cortas.

EMPALMES

Empalmar fibra óptica es un procedimiento completamente diferente al que se realiza con cables de cobre; que es más sencillo, a más bajo costo y cuya pérdida de potencia no es significativa. Por el contrario, los empalmes de fibra óptica son un proceso delicado, su costo es alto y la pérdida de potencia debe ser considerada al analizar el enlace. La atenuación en un empalme bien hecho es muy alta, 0.1 a 0.2 dB, pero este valor equivale a la que tienen varios cientos de metros de cable, especialmente, unimodo. Por esta razón, en enlaces para telefonía o TV se busca en tener el mínimo posible de empalmes.

Las fibras se empalman por fusión o mecánicamente. En el primer caso, una descarga eléctrica suelda las dos fibras que se convierten en un elemento continuo; en el segundo, se mantienen en posición por sujeción mecánica.

La pérdida de potencia se debe a factores de las fibras y del proceso de empalme. En el primer caso puede suceder que las fibras presenten ovalamiento, descentramiento del núcleo o diferencias en diámetro. En el segundo, al empalmar se puede aumentar la atenuación por un corte defectuoso, presencia de polvo o mala alineación.

Los equipos utilizados para empalme por fusión, tienen la ventaja de alinear las fibras antes de aplicar la descarga para encontrar el punto óptimo de transmisión, lo que reduce en gran parte las pérdidas de potencia debidas a cambios o modificaciones en el núcleo de la fibra, o bien en el diámetro. Actualmente, actualmente, algunas fibras, tienen tolerancias más estrechas y permiten empalmes con pérdida de 0.2 dB o menos, con sólo alinearlas al montarlas en soportes en forma de "V", esto hace posible también el empalme simultáneo en los listones con varias fibras pegadas.

En cualquier tipo de empalme la fibra está desnuda, por esto el punto de unión se tiene que proteger contra humedad, tensión o cualquier tipo de esfuerzo. La selección y correcta instalación de la caja de empalme es muy importante para evitar fallas en el sistema.

MODULACIÓN

En un sistema de comunicación la información se incorpora a la luz portadora por un proceso de modulación, que puede ser analógica o digital.

La modulación analógica permite que la señal o información tenga cualquier valor dentro de ciertos límites preestablecidos, en un sistema digital sólo se reconocen dos condiciones a la señal a los que se les designa como "1" y "0" lógicos cualquier valor intermedio que no llegue al umbral para cambiar de estado lógico no es identificado por el sistema.

La modulación analógica puede ser en amplitud o en frecuencia. Una portadora óptica modulada en amplitud resulta en una luz que cambia en intensidad; en una modulación en frecuencia la intensidad puede ser constante, lo que varía es la fase o frecuencia de la señal que transporta.

MODULACIÓN DE PULSOS

Un tren de pulsos, se caracteriza por su frecuencia la amplitud y la duración de un pulso; La frecuencia de un tren de pulso es la frecuencia del muestreo.

Hay varios metodos de la modulación de pulsos para convertir la información trasmitida de una fuente a un destino. Los cuatro métodos mas comunes son: Modulación de Ancho de Pulso (PWM), Modulación de Posicion del Pulso (PPM), Modulación de Amplitud de Pulsos (PAM) y Modulación de Pulsos Codificados.

- PWM. Es conocido como modulación de duración de pulso (PDM) o modulación de longitud de pulso (PLM). El ancho de pulso es proporcional a la amplitud de la señal analógica.

-PPM. Es la posicion de un pulso de ancho constante, dentro de una ranura del tiempo determinado y varia de acuerdo a la señal analógica.

-PAM. La amplitud de un pulso de posición constante y de ancho constante varia de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

-PCM. La señal analógica se muestrea y se convierte a una longitud fija y el numero binario serial para transmisión y este varía con la amplitud de la señal analógica.

TELEVISIÓN POR CABLE

Las redes tradicionales de televisión por cable, tienen un diseño tipo árbol con líneas troncales saliendo del transmisor, que se subdividen para distribuir la señal.

En este caso la señal pasa por una serie de amplificadores, produciendo degradación paulatina de la señal y, por tanto, limita la cobertura.

Para alcanzar distancias mayores, desde hace varios años se han empleado enlaces ópticos, pero en pequeña escala por ser enlaces eventuales y de bajo número de fibras. Esta situación cambia radicalmente con el diseño de las redes de banda ancha con base en nodos, en los que se llegan a usar cables de 100 a 200 fibras subterráneos o aéreos.

RED DE BANDA ANCHA

El diseño de red de árbol para la televisión por cable está siendo desplazado por la arquitectura en nodos, que consiste en dividir la zona a la que se dará servicio en pequeñas células o nodos, conteniendo cada una cerca de 2000 usuarios. Dentro de cada nodo existe un transmisor conectado a la cabeza con fibras ópticas, que proporciona servicio sólo a los usuarios del mismo nodo a través de coaxiales y amplificadores de radiofrecuencia (RF). A esta red se le llama híbrida por ser parte óptica y parte coaxial (RF) con importantes ventajas:

- La cascada de amplificadores en serie es muy corta, lo que resulta en señal uniforme y de alta calidad en toda la red.

- Permite diseñar la red sólo en función de la distribución de usuarios y no del alcance troncal, ya que la fibra óptica permite recorrer varios kilómetros (aproximadamente 30) sin equipo activo intermedio.
- Hace la red más confiable y fácil de mantener, al tener menos equipo activo y red modular, por lo que si un equipo falla se afecta un grupo reducido de usuarios.

Las ventajas de esta red permiten un servicio de mejor calidad y también, en ciertos casos, un menor costo de la red de televisión. Otra ventaja adicional es la posibilidad de convertirla en bidireccional, punto de gran importancia, ya que tener una trayectoria de retorno permite dar nuevos servicios.

En la actualidad existen básicamente dos tipos de red para dar servicio de comunicaciones: la red telefónica que permite una transmisión bidireccional de señal de voz y de datos de baja velocidad, y la red de televisión por cable que permite la transmisión de video (señal de banda ancha), en forma unidireccional de la cabeza transmisora hacia los suscriptores. La posibilidad de combinar el gran ancho de banda de una con la transmisión direccional de la otra, abre la puerta a la presentación de nuevos servicios con un valor agregado.

El uso de fibras ópticas y los avances en equipo de transmisión, conmutación, multicanalización y manejo de información hace posible su aplicación para el alto tráfico que estos futuros servicios van a generar.

Aún está por definirse la red que permita la entrega de estos servicios al abonado cuando no está en un edificio corporativo, esto es precisamente una RED DE BANDA ANCHA PARA ABONADO. Debido a que este es un campo relativamente nuevo, existen varias propuestas de solución, desde la instalación de dos redes paralelas, hasta una red 100 por ciento con fibra óptica, pasando por etapas intermedias de red híbrida, como el diseño por los nodos CATV.

La red fibra-coaxial requiere algunos ajustes para prestar estos servicios:

- Se usan tres fibras entre el transmisor y cada nodo, la TV normal (analógica), la de señal digital y la de retorno.
- Todo el equipo en la parte de RF debe ser bidireccional (la señal de ida y de retorno va por el mismo coaxial).
- Por manejo de tráfico los nodos deben reducirse aproximadamente a 500 usuarios o menos.
- El transmisor requiere estar conectado a la red pública para telefonía y datos.
- Del lado del usuario, se necesita un equipo que separe la información general (TV) de las que tienen destino específico (datos, teléfono, etc.).

Algunos ejemplos de servicios bidireccionales en red de banda ancha son:

Videoteléfono, transmisión de datos de alta velocidad, televisión de alta definición, consulta a base de datos, videoconferencias, compras, reservaciones y video club inmediato (VOD).

III SEÑAL DE TELEVISIÓN

Señal de televisión Análoga

Televisión significa, literalmente visión a distancia.

La señal de televisión esta formada por imágenes y sonidos.

En televisión se le llama a la señal de imagen: "video" y a la señal de sonido: "audio".

La señal de televisión se ha diseñado para transmitir todos los elementos de imagen en una sucesión rápida, dentro de un sistema electrónico, circuito cerrado, televisión por cable, transmisión al aire o por satélite.

Dicha señal depende en gran extensión de la persistencia de la visión humana para recrear en la cara de un cinescopio una escena enfocada en una cámara de video.

El área más pequeña de cualquier imagen que es posible presentar en cualquier proceso de reproducción de imágenes, se le conoce como elemento de imagen.

El tamaño de los elementos de imagen es lo que determina la cantidad de detalle en la escena que el sistema es capaz de resolver. En cuanto menores sean los elementos, mayores serán los detalles más finos y así mejorará su poder de resolución o definición de la escena.

Requisitos para la imagen de televisión

Brillo- Lo determina el nivel medio de luz que refleja la imagen.

Contraste- Es la diferencia de intensidad.

Detalle- Es la resolución o definición de imagen, depende de número de elementos de imagen que pueden ser reproducidos.

Relación de Aspecto- Son las proporciones de la imagen o sea cuatro de ancho por tres de altura.

Las imágenes son exploradas en forma sincrónica para obtener electricamente el nivel de voltaje correspondiente a cada punto de la escena, mezclándose posteriormente para obtener:

- Información de brillantez o Luminancia Y
- Información de croma o color I y Q con su fase respectiva
- Borrar la información de los extremos superior, inferior, izquierda o derecha de cada campo de video.
- Agregar pulsos de sincronía horizontal y vertical.
- Agregar un burst de color que sirva de referencia al reproducir la señal de color. Este burst se omite únicamente en las 9 líneas que corresponden a los pulsos igualadores y aserrados.

Esto es lo que forma la señal compuesta de video de color.

La cámara de televisión

Es el más importante componente de la TV ya que realiza la conversión de la imagen óptica a la señal eléctrica, así la cámara de TV utiliza un tubo que reúne las condiciones de ser fotoeléctrico y fotoconductor; transformará la imagen óptica en millones de diminutas cargas eléctricas individuales, este patrón de imagen de carga (Target) es explorado de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo en una serie de líneas horizontales por un estrecho haz de electrones que "lee" la información y la convierte en una serie de señales eléctricas.

EXPLORACION

Existen dos procesos de exploración, seguidos simultáneamente: uno mueve el haz en sentido horizontal y el otro en sentido vertical. Ambas son exploraciones lineales, o sea se efectúan con velocidad constante.

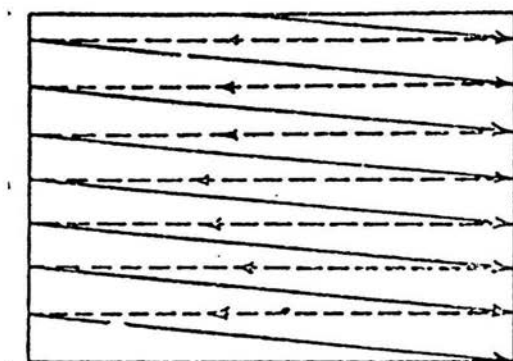


Fig. 3.1 Sistema de exploración simple
(Las líneas de puntos representan el retrazo)

Como se muestra en la fig. 3.1 las líneas rectas representan la colocación de la señal eléctrica correspondiente a una parte de la señal de imagen (haz de líneas horizontales); las líneas de puntos indican el retorno del haz, el cual es más rápido que el trazo siendo borrado o invisible dicho retorno.

El movimiento horizontal es mucho más rápido que el vertical, por lo que la frecuencia de exploración horizontal será mayor que la vertical. La relación entre estas dos frecuencias determina el número

de líneas horizontales que habrá en cada exploración, trama o cuadro. La velocidad de exploración vertical sea relativamente baja, para que el haz pueda efectuar un número adecuado de barridos horizontales.

No obstante la velocidad vertical no debe ser muy baja o pareciera un parpadeo indeseable, el cual consiste en variación de niveles de iluminación de la pantalla y que el ojo humano no puede compensar. Este parpadeo esta presente a una frecuencia menor de 40 veces por segundo.

En TV en el sistema NTSC, se utiliza la frecuencia de imágenes de 30 cuadros por segundo (hertz).

Un cuadro de imagen será barrido o explorado dos veces, haciendo que su frecuencia de exploración vertical sea de 60 hertz (verticales por segundo). A cada exploración se le llama campo. Esta frecuencia de exploración vertical de 60 hertz coincide con la frecuencia de 60 Hz de la corriente eléctrica de la Compañía de luz.

La exploración horizontal en un cuadro de imagen corresponde a 525 líneas horizontales por cuadro teniendose que serán entonces 262.5 H por campo. Como el número de líneas obliga a que cada campo comience con media línea de diferencia respecto al anterior, aparece un entrelazado entre las líneas correspondientes a dos campos consecutivos, así, si las líneas horizontales de cada uno de los dos campos sucesivos caen directamente entre las líneas de otro campo, el número de líneas horizontales se doblará a 525.

Borrado Horizontal y Vertical

Cuando el haz se desplaza a lo largo de la pantalla debe llevar una velocidad uniforme, pero al iniciar o terminar el trazo, la velocidad debe ser cero, esto significa un aumento de la velocidad del haz de cero a la normal, y una disminución de la normal a cero. Ocasinando esto que en los extremos de la pantalla, los elementos de imagen estén más juntos que en el resto de la pantalla, provocando distorsión de la imagen.

Para eliminar esto, se suprime la información de imagen que da la cámara en esta porción por medio de un pulso al que se llama pulso de borrado horizontal con una duración de $11.10 \mu\text{seg}$.

Este pulso abarca una porción antes de terminar el trazo, todo el tiempo de retorno y parte del inicio del trazo de la siguiente línea, dando origen a lo que conocemos como pórtico frontal y pórtico posterior.

Durante la exploración vertical ocurre lo mismo de las variaciones de velocidad del haz al descender y ascender, por lo que también verticalmente se borra la información de cámara. El borrado vertical cubre 21 líneas horizontales. Los pulsos de borrado horizontal y vertical junto con la duración de las exploraciones respectivas determinan la relación de aspecto de 3X4.

SINCRONIZACION

A la señal de imagen generada en el tubo de la cámara, se le insertan señales de borrado y sincronismo para formar la señal de video, final y completa. La señal de negro de imagen debe encontrarse arriba del nivel de borrado. Este nivel de borrado, representa el negro absoluto que se observa en el monitor, siendo su misión cortar el haz electrónico en el cinescopio o tubo de imagen. La zona de borrado de la señal de video coincide con el borrado que existe en la cámara.

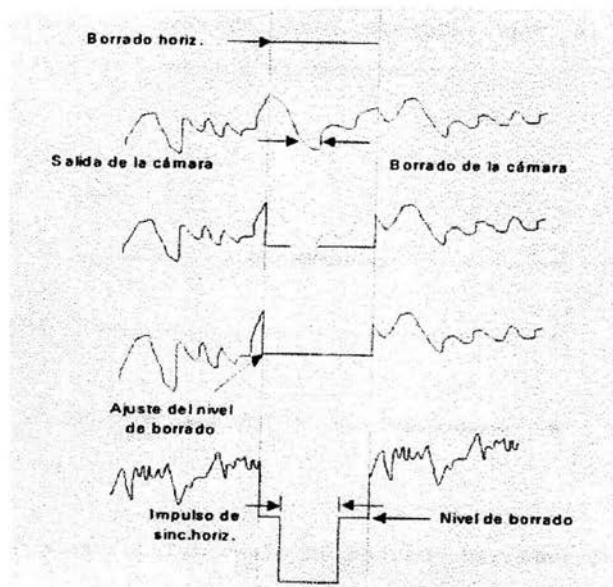


Fig. 3.2 Las señales horizontales de borrado y de sincronismo, una vez superpuestas a la señal de video

El pulso negativo durante el borrado horizontal es la sincronía horizontal la cual sirve para el retorno horizontal del haz. La señal de video que aparece justo antes del borrado, estaría representada en el monitor a la derecha de la pantalla.

Hay una zona que se llama p \acute{o} rtico frontal y con \acute{e} l se inicia el borrado para asegurar que el haz est \acute{a} cortando antes de comenzar el retorno, como se muestra en la fig. 3.3

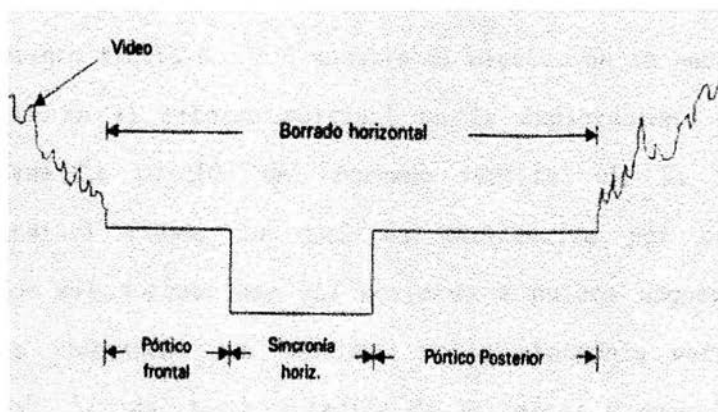


Fig.3.3 Intervalo de borrado horizontal

La sincronía es el tiempo en que se efectúa el retorno. La porción siguiente de la sincronía, es el p \acute{o} rtico posterior. Este intervalo del borrado es necesario para que ya regresado el haz horizontal a la parte izquierda de la pantalla, comience una nueva línea de exploración antes de restaurar el haz en parte visible de la imagen. Cabe decir, que como existen 525 H en un cuadro, habrán también 525 borrados horizontales y pulsos de sincronía en la imagen y su frecuencia será de 15750 Hz.

En la figura 3.4 muestra el aspecto de la señal de sincronía en el retorno vertical de la exploración. Puede observarse la porción del borrado vertical de la señal compuesta de video, la cual se caracteriza por pulsos negativos más anchos, hay una serie de 6 pulsos angostos o seriados (dentados) que consiste en la sincronía vertical (retorno), la cual tiene duración de 3H ; antes y después se observa una serie de

pulsos negativos angostos llamados pulsos igualadores . Antes de la sincronía se les llama pulsos preigualadores y después de dicha sincronía se les llama pulsos postigualadores y cada uno con duración de $0.5H$, haciendo una duración total de $3H$ para los preigualadores y $3H$ para los postigualadores.

Los pulsos igualadores sirven para que la sincronización horizontal en el receptor sea estable en el período del borrado vertical.

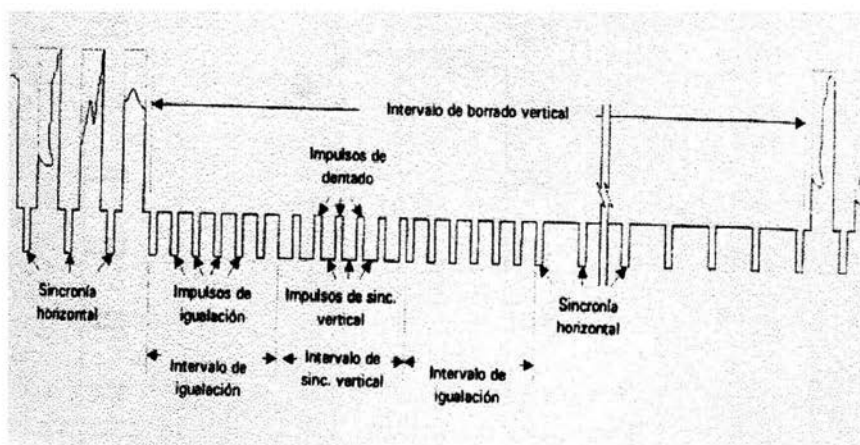


Fig. 3.4 Intervalo de borrado vertical

El que la frecuencia de los pulsos igualadores y sincronía vertical sean el doble de la frecuencia horizontal se debe a la relación de entrelazado 2:1.

Colorimetría

La figura 3.5 muestra la posición de la luz visible en el espectro electromagnético.

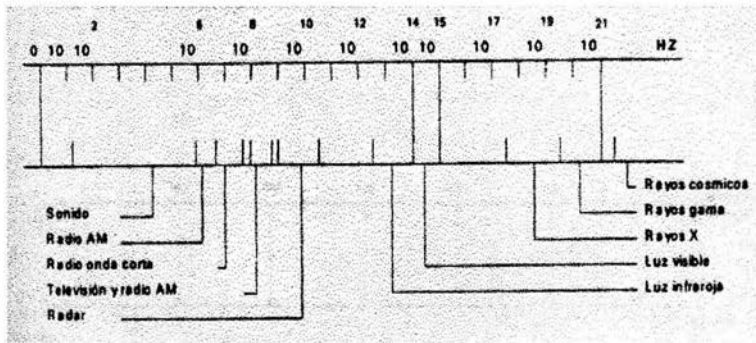


Fig. 3.5 Espectro electromagnético

La sensación de color está directamente relacionada con la frecuencia de la luz observada. Así, al cambiar las frecuencias de las ondas electromagnéticas que constituyen la luz, aparece un cambio de color visto por el ojo. El rango de frecuencias del espectro visible está comprendido entre 400 y 750 millones de millones de ciclos por segundo. A la de menor frecuencia la registramos como luz roja, y a la de mayor frecuencia como luz violeta. En las frecuencias intermedias se registran los demás colores en el siguiente orden: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta. Ver figura 3.6.

La luz del sol, que contiene todas las frecuencias del espectro visible, se considera que es de color blanco y será la suma de dichas frecuencias.

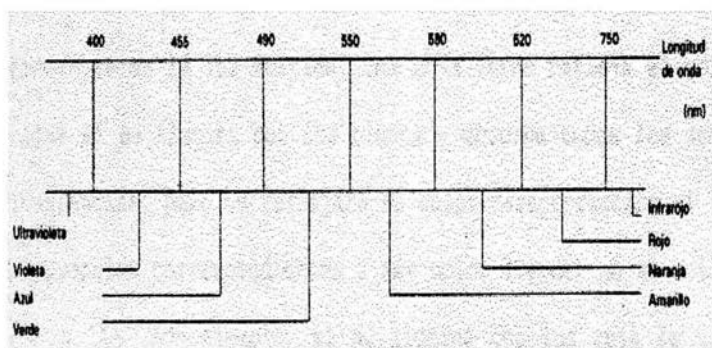


Fig. 3.6 Espectro visible

Los colores en la naturaleza no son puros, ya que no están formados por una frecuencia, los colores rojo, verde y azul vienen definidos como bandas de frecuencia, y los demás colores se obtienen de una mezcla de frecuencias.

El color de un cuerpo iluminado depende de su constitución molecular, que determina su capacidad para reflejar distintas longitudes de onda luminosa y de la clase de luz empleada para iluminarlo. Entonces, un objeto refleja la porción del espectro cuyas frecuencias son características de su color mientras que absorbe todas las demás.

Un objeto no presentará su color característico si las frecuencias correspondientes a ese color no se hallan presentes en la luz emitida. Una hoja verde refleja el color verde si se ilumina con luz blanca y absorbe todas las demás frecuencias, pero no reflejará su color característico si las frecuencias correspondientes a ese color (verde) no se hallan en la luz, por ejemplo si se ilumina con luz roja la hoja verde, se verá negra al no tener componentes en la luz roja.

Primarios substractivos y primarios aditivos

Si se sobrepone un filtro amarillo y un cyan, en el area de empalme se ve el color verde, lo que se interpreta como la absorción de todos los colores de la luz blanca excepto el verde, al empalmar el magenta y el amarillo únicamente se ve el rojo, y por último, en el área donde se empalman los tres colores se ve una superficie negra, lo que nos dice que todas las componentes de la luz han sido absorbidas, por esta característica los colores amarillo, magenta, y cyan reciben el nombre de primarios substractivos, la figura 3.7 representa esta relación.

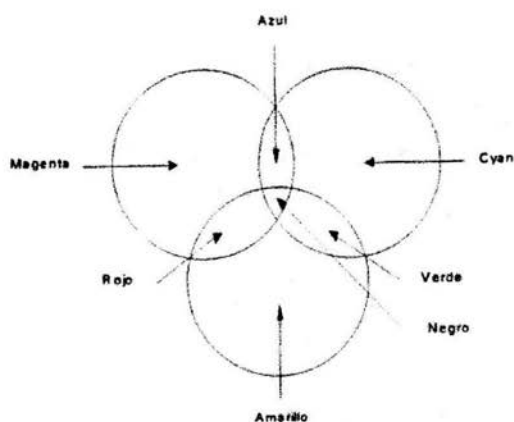


Fig. 3.7 Primarios substractivos

Al proyectar en una pantalla blanca los tres colores anteriormente obtenidos verde, rojo y azul, se observa lo siguiente: en donde se empalman el rojo y el verde se ve el color amarillo, al empalmarse rojo y azul se ve el magenta, en donde se empalman azul y verde se ve el cyan, y en donde se empalman los tres colores se observa un área blanca que como se sabe es la

reunión de todos los colores del espectro, dicho en otras palabras, en estos tres colores están contenidos todos los colores del espectro visible por lo que reciben el nombre de primarios aditivos. Ver figura 3.8

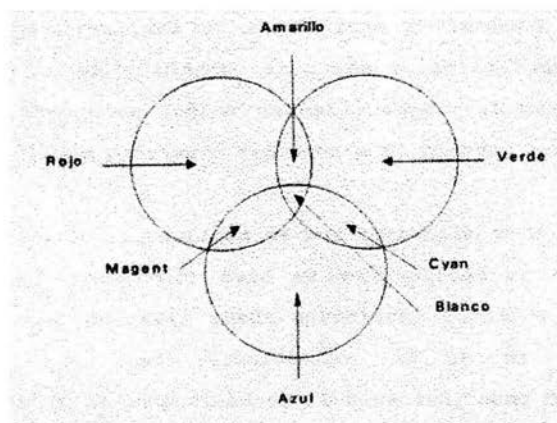


Fig. 3.8 Primarios aditivos.

SUBPORTADORA Y SINCRONIA DEL COLOR O BURSTS

La subportadora de color es una señal continua de radiofrecuencia (RF) de exactamente 3.579545 Mhz, usada para definir la fase y la amplitud de la información de color en la forma de onda del video.

La señal de la sincronía de color, también conocida como señal ráfaga o burst, es una señal con una frecuencia igual a la de la subportadora de color, esto es 3.579545 Mhz, que ocurre una vez por línea con una duración específica y un tiempo específico usada para asegurar que la información de color desplegada por el receptor es idéntica a la registrada por la cámara.

Esta señal de ráfaga (burst), consiste de una porción de 8 a 11 ciclos de la subportadora de color, es insertada en el púlpito posterior del borrado horizontal, transmitida durante el mismo y es deshabilitada sólo durante el período vertical. Tiene una magnitud de 0.302 volts pico a pico. Ver figura 3.9

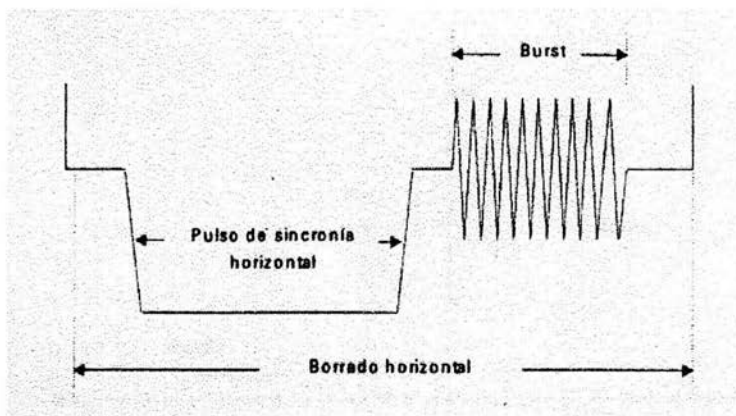


Fig. 3.9 Borrado horizontal conteniendo la señal de burts

La función de la señal de ráfaga, es sincronizar el oscilador en el receptor de color que decodificará la información de croma recibida, para que ésta última corresponda con la información de croma de la cámara.

SEÑAL DE VIDEO COMPUESTO

Los sistemas de TV en México, utilizan el sistema norteamericano de TV llamado NTSC 525/60. NTSC significa Comité Nacional para el sistema de TV y nos indica para la exploración de la imagen tanto en el transmisor como en el receptor los siguientes estándares:

Hay dos procesos de exploración seguidos simultáneamente: uno que se mueve en el sentido horizontal y el otro se mueve en el sentido vertical, estas exploraciones son lineales, esto es, a velocidad constante.

El estándar del sistema M del Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR) que se ha adoptado, para un sistema blanco y negro es el siguiente:

- 525 Barridas ó trayectorias Horizontales llamadas líneas H por Cuadro de imagen (imagen completa).
- 262.5 Barridas o líneas H por campo.
- 30 Cuadros de imagen completa por segundo.
- 60 Campos (medio cuadro ó imagen) por segundo.

Estos valores variarán con respecto a la información de color.

El barrido H es más rapido que el Vertical. Esto es mejor para que el haz pueda efectuar un número adecuado de barridos Horizontales. No obstante, la velocidad vertical no debe ser muy baja, o apareceraun parpadeo indeseable, el cual consiste en variación de niveles de iluminación de la pantalla y que el ojo no puede compensar. Este parpadeo está presente a una frecuencia menor de 40 veces por segundo.

En TV en el sistema NTSC, se utiliza la frecuencia de imágenes de 30 cuadros por segundo (Hertz). Por lo que un cuadro será barrido o explorado dos veces, haciendo que su frecuencia de exploración sea de 60 Hertz (verticales por segundo), a cada exploración se le llama campo.

Esta frecuencia de exploración vertical de 60 Hertz coincide con la frecuencia de 60 Hertz de la corriente eléctrica de la Compañía de Luz, y así disminuye la interferencia de zumbido (Hum) en la imagen.

La exploración horizontal en un cuadro de imagen corresponde a 525 líneas horizontales por cuadro , teniéndose que serán entonces 262.5 H por campo.

$$525 \text{ H/CUADRO} \times 30 \text{ CUADROS/SEG} = 15,750 \text{ H/SEG}$$

ó lo que es lo mismo:

$$262.5 \text{ H/CAMPO} \times 60 \text{ CAMPOS/SEG} = 15,750 \text{ H/SEG}$$

Como el número total de líneas H por campo (262.5) no constituye un número entero, se supondría que al superponer un campo con el anterior, no existirá una correspondencia en la situación de las líneas horizontales. Realmente, como el número de líneas obliga a cada campo como comience con media línea de diferencia respecto al anterior, aparece un entrelazado entre las líneas correspondientes a dos campos consecutivos, así, si las líneas horizontales de cada uno de los dos campos sucesivos caen directamente entre las líneas del otro campo, el número total de líneas horizontales se doblará a 525.

El sistema de exploración del receptor, debe reproducir exactamente la secuencia seguida en el sistema de exploración de la cámara; y esto se logra sincronizando ambos sistemas de una manera muy exacta, las exploraciones horizontal y vertical y los retornos tienen que ocurrir, tanto en la cámara como en el receptor.

SEÑAL COMPUESTA ESTÁNDAR DE VIDEO A COLOR

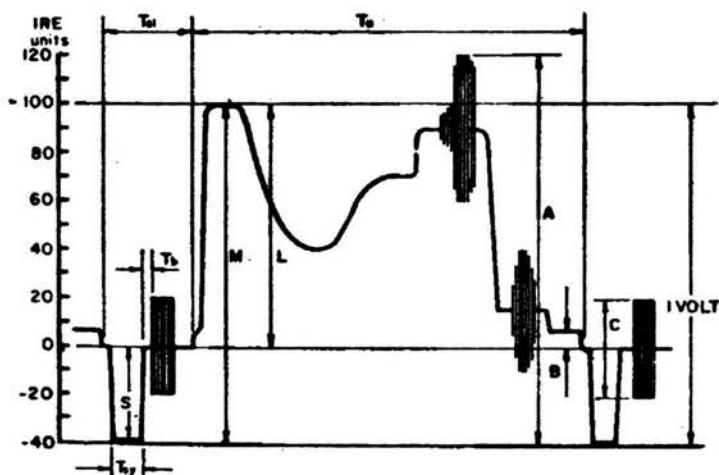


FIG. 3.10 Señal compuesta estándar de video a color

En la fig. 3.10 se muestra la señal compuesta estándar de video de color, se define como:

- A Amplitud pico a pico de la señal compuesta de video a color.
- B Diferencia entre nivel negro y nivel de blanking (pedestal).
- C Amplitud pico a pico del Burts de color.
- L Valor nominal de la señal de luminancia.
- M Amplitud pico a pico de la señal de video monocromática.
($M = L + S$)
- S Pulso de Sincronía-Amplitud
- TSL Duración del período de blanking (borrado) de línea.
- TSY Duración del pulso de Sincronía Horizontal.
- TU Duración del período activo de línea.

Señal de luminancia "Y"

Como se observa en la figura 3.11 la luz de la imagen atraviesa la lente y se encamina hacia un conjunto de espejos con filtros selectivos que la dividen en imágenes que contienen las cantidades de luz correspondiente de azul, rojo y verde; estos espejos son dicróicos, de modo que reflejan un cierto color, mientras que permiten el paso a través de él de las frecuencias restantes, obteniéndose así los colores primarios; la cámara contiene tres tubos monocromáticos que reciben la información de cada uno de estos colores; basado en la sensibilidad del ojo, la componente de brillo de una cámara RGB ha sido definida como:

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B$$

Donde: R es el color rojo
 G es el color verde
 B es el color azul

Esta ecuación considera el color blanco como unitario y en función de porcentaje se expresa de la siguiente manera:

$$Y = 30\%R + 59\%G + 11\%B = 100\% \text{ Blanco}$$

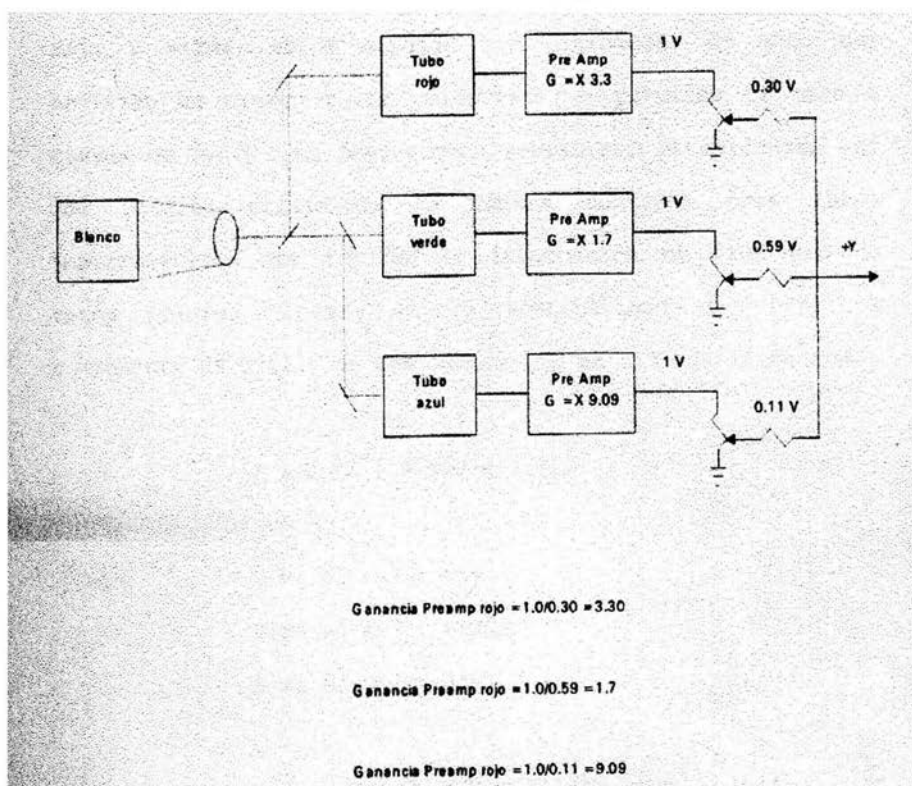


FIG. 3.11 Diagrama bloques de la derivación de la señal de luminancia "Y"

como la sensibilidad de los tubos no es la misma, la ganancia de los preamplificadores asociados son ajustados de manera que cuando el pico blanco está siendo explorado, cada preamplificador produce 1 volt pico a pico en su salida; cada una de éstas, es regulada según el valor correspondiente de la componente para finalmente obtener la señal de luminancia "Y". Esta mezcla produce la más precisa reproducción monocromática de objetos en color.

Señales de crominancia

Para la reproducción de un modelo a color, se requiere de la señal de luminancia y crominancia, esta última sin embargo no puede ser obtenida directamente de los valores obtenidos R, G y B, sino sólo por medio de las señales de diferencia de color, (R-Y), (G-Y), (B-Y), que son las señales de color menos su componente de brillo, (o luminancia).

La señal de crominancia contiene información de matiz y saturación, por lo tanto dos señales de diferencia de color son suficientes para describir la componente de crominancia.

Para este propósito (R-Y) y (B-Y) fueron seleccionadas.

La información de saturación y matiz son transmitidas como una portadora suprimida modulada en cuadratura por medio de estas señales en diferencia de color. Estas son generadas en el codificador (o cámara) por la suma de "Y" a las señales de color originales. Ver diagrama bloques de la figura 3.12.

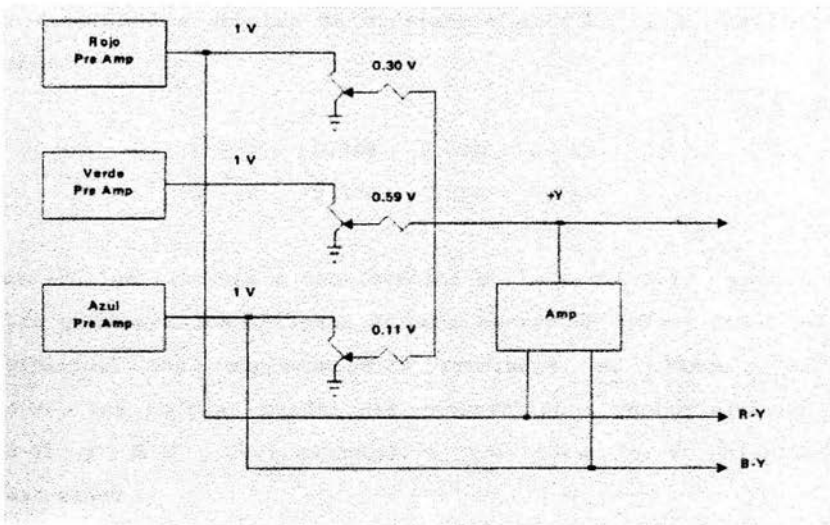


FIG. 3.12 Diagrama bloques de la derivación de las señales de diferencia de color.

Nótese que la señal de "Y" completa es sustraída de las señales ROJO y AZUL, por lo tanto:

$$R - Y = 0.70R - 0.59G - 0.11B$$

$$B - Y = -0.30R - 0.59G + 0.389B$$

La señal (G-Y) no es derivada en la cámara por que esta puede ser reconstruida en el receptor (decondificador) por una combinación adecuada de (R-Y) y (B-Y):

$$G - Y = -0.51 (R - Y) - 0.19 (B - Y)$$

Las señales de diferencia de color solo contienen información del contenido de color. Para una escena monocromática, (R = G = B) éstas son igual a cero.

SEÑAL DE AUDIO

La energía puede propagarse a través del espacio y de la materia por medio de vibraciones. El sonido, la luz, las ondas de radio, etc. Se comportan como movimientos ondulatorios.

El movimiento ondulatorio se considera como un movimiento periódicamente repetitivo respecto a la unidad de tiempo.

La señal de audio consiste en las señales eléctricas que corresponden, ya transformadas, al sonido que se esté considerando.

El sonido es el fenómeno producido por la vibración de un cuerpo y se propaga a través de un medio elástico como son: el aire, el agua, los metales, etc., pero no se propaga en el vacío. El sonido se dice que son perturbaciones audibles y entre ellos están comprendidos los instrumentos sonoros, la voz humana y el ruido acústico.

El oído humano solamente puede escuchar sonidos comprendidos entre 20 Hz y 20 KHz. Los sonidos debajo de los límites se llama

infrasonidos y arriba de los límites se les llama ultrasonidos los cuales ciertos animales pueden captarlos.

CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO

Las características del sonido son: la intensidad, el tono y el timbre.

Intensidad. Es la magnitud del sonido. Se dice que el sonido es “débil” o “fuerte”. Depende de la amplitud y de la distancia del instrumento que genere el sonido.

Tono. La frecuencia del sonido que produce el instrumento sonoro. Un sonido se dice que es “grave” o “bajo”, cuando su frecuencia es menor de 1KHZ.

Un sonido se dice que es “agudo” o “alto” cuando su frecuencia es mayor a 1KHZ.

Timbre. Es la cualidad por la cual se distinguen las fuentes sonoras, dependen de unas ondas componentes llamadas armónicas que acompañan al sonido fundamental.

Frecuencia fundamental. Consisten en un sonido o tono de frecuencia pura sin componente alguno.

Armónica. Es un múltiplo de una frecuencia fundamental.

Se conoce como señal de audio a las señales eléctricas que corresponden a las perturbaciones audibles, las cuales reciben el nombre de sonido, entre los que están comprendidos la música, la voz humana y los ruidos.

Las vibraciones que pueden interpretarse como sonido, están comprendidas entre los 20 y 20 mil ciclos/seg. y se propagan a través del aire en forma de variaciones de presión.

Debido al gran intervalo de intensidades para las cuales es sensible nuestro oído, un instrumento sonoro que produce sonido a determinada intensidad necesita aumentarla diez veces para que podamos percibirla como una intensidad doble, o sea el oído humano no responde en proporción directa a los cambios de nivel de sonido. Para poder graficar esta respuesta se utiliza la graficación logarítmica, ya que así es la respuesta del oído, para medir las intensidades del oído. La forma en que el oído aprecia las diferencias de niveles, es con respecto a un nivel dado y su unidad relativa es el DECIBEL.

$$NDB = 10 \text{ Log } \frac{P_a}{P_b}$$

Tendremos una cantidad N de decibeles de la relación que exista entre una potencia P_a de sonido en relación a una potencia P_b de referencia.

T.V. digital

-Duplicación: En el dominio digital se ha logrado realizar el sueño dorado de duplicar el video sin distorsiones, sin pérdida de color o luminancia, manteniéndolo limpio e idéntico al original, y sin importar cuantas copias se deseen obtener.

-Respuesta en ganancia y en frecuencia estables: La señal digital permite el ahorro de trabajo, el mantenimiento es virtualmente eliminado en este tipo de sistemas ya que no hay necesidad de efectuar ajustes para asegurar la ecualización del cableado, y esto se debe a que la frecuencia de la señal digital es fija por lo que es razonablemente fácil mantenerla ecualizada con exactitud automáticamente. Los datos digitales pueden ser recuperados de la señal tipo serie ecualizada con un 100% de exactitud y con características completamente estables.

En el reino analógico, el multiposicionamiento de una imagen y los efectos especiales aplicados a ella, implicaban agregar en cada generación RUIDO Y OTRAS DEGRADACIONES en el efecto total, en cambio la mayoría de los sistemas digitales la señal puede ser manipulada las veces que sean necesarias para obtener los efectos deseados y se mantendrá siempre una señal limpia.

-Eliminación virtual de la degradación en la señal y de problemas de fase: La señal de video digital se inmune a muchos de los problemas que afectan a la analógica tales como el HUM, ERRORES DE FASE Y DE GANANCIA, CRUZAMIENTO DE DATOS ENTRE LINEAS (CROSSTALK), etc.

Aún el ruido es menos problema, ya que la señal digital se distingue por mantener su integridad a través de una variedad de condiciones adversas que si afectan la señal analógica.

La señal digital no se ve afectada por problemas de retardo de grupo, ni por distorsiones de línea o campo, ni por ganancia o fase diferencial.

El progreso relacionado con el Video Digital ha estado ocurriendo por casi dos décadas ya que diferentes equipos digitales han ido apareciendo. Se comenzó con el TBC digital, el cual hizo posible el uso de formatos helicoidales de bajo costo en el barrido de la cinta de video para ser utilizados en Broadcast.

Poco tiempo después fueron apareciendo sistemas de efectos digitales para proveer control de la imagen en tiempo real los que han asombrados por su infinita gama de posibilidades. En cambio antes, dichos efectos estaban limitados y tenían que hacerse ópticamente.

Después aparecen los generadores de caracteres, los sistemas gráficos, los sistemas de almacenamiento de imágenes fijas y después en movimiento, etc.

COMPONENTES Y COMPUESTOS (ANALÓGICO)

Las fuentes de origen de las imágenes como cámaras, internamente producen imágenes de color, como tres señales de ancho de banda completa una para cada color: ROJO, VERDE y AZUL. La captación de la visión humana no ha sido tan buena para el color como para el nivel de brillantez, las señales de T.V. generalmente son transformadas a señales diferenciales de color y luminancia como se muestra en la figura 3.13

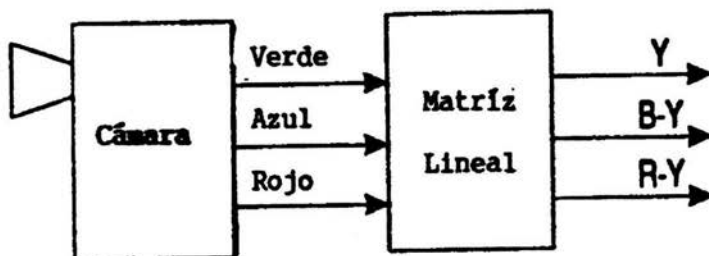


FIG. 3.13 Señales en componentes

La señal de luminancia, se deriva de los componentes de color R,G. B, basándose en una ecualización $Y = 0.59G + 0.30R + 0.11B$. Las señales diferenciales de color operan con un ancho de banda reducido que típicamente es la mitad de la luminancia. En algunos sistemas NTSC, las señales diferenciales de color tienen un ancho de banda aun menor y desigual. Los formatos de la señal en componentes y los niveles de voltaje no estan estandarizados para los sistemas de 525 líneas. Es importante hacer notar que los valores del nivel de la señal en el dominio de la diferencia de color permiten la combinación de Y, B - Y y R - Y que quedan fuera del rango de lo útil al convertirlo a RGB. De aquí que sea necesaria una escala para checar las señales diferenciales de color cuando se hacen ajustes operacionales para las formas analógica o digital de esas señales. Una reducción aún más grande del ancho de banda de la señal de T.V. ocurre al ser codificada a NTSC en compuesto como se muestra en la figura 3.14.

Donde cada señal de RGB puede tener un ancho de banda de 6 MHz, las señales diferenciales de color típicamente tendrán "Y" a 6 MHz y cada señal diferencia de color 3 MHz; sin embargo una señal compuesta es un canal de 6 MHz o menos.

Para llevar esto aún más lejos la exploración de imagen está entrelazada para proporcionar una relación de movimiento 60 imágenes por segundo y una relación de video de 30 cuadros por segundo. El resultado neto es un canal compuesto de 6 MHz que lleva imágenes en color con una relación de 60 por segundo que en su forma no comprimida requerirá tres canales de 12 MHz para un ancho de banda total de 36 MHz. Así es que la compresión de datos no es nada nuevo, el que se haga en forma digital sólo la hace más sencilla.

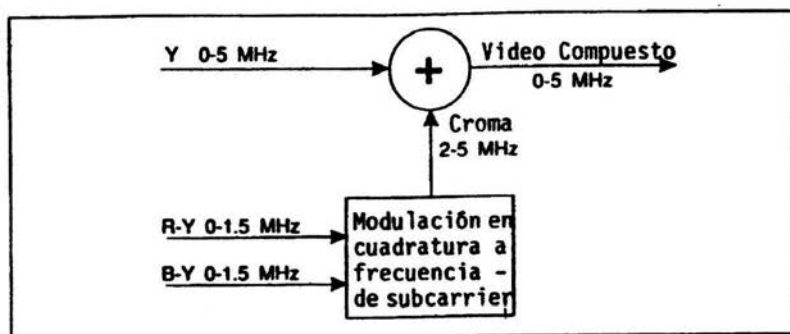


FIG. 3.14 Codificación en Componentes

Para las señales NTSC en componentes existe una gama adicional de consideraciones cuando se les convierte del dominio de diferencia de color. Los transmisores NTSC no permiten amplitudes de color de 100% en señales con un alto nivel de luminancia (como el amarillo). Esto se debe a que la protadora del transmisor irá a cero para señales mayores de 15% por arriba de 1 volt. De aquí que existe un límite inferior de escala para algunas señales diferenciales de color al ser convertidas a NTSC para su transmisión por RF.

Como parte del proceso de codificación se adicionara la sincronía y el burst como se muestra en la figura 3.15. El burst proporciona una referencia para decodificar a componentes. La fase del burst con

respecto a la arista de sincronía se le llama fase SCH que debe ser controlada muy cuidadosamente para la mayoría de las aplicaciones en estudio. Para NTSC se adiciona un setup (negros) de 7.5 unidades IRE a la señal de la luminancia. Esto implica algunas dificultades de conversión, particularmente cuando se decodifica a componentes. El problema es que es relativamente fácil pero removerlo cuando las amplitudes y temporalizaciones del setup en el dominio en compuesto no están bien controladas pueden causar errores en el nivel de negros y/o perturbaciones en las partes finales de las líneas activas.

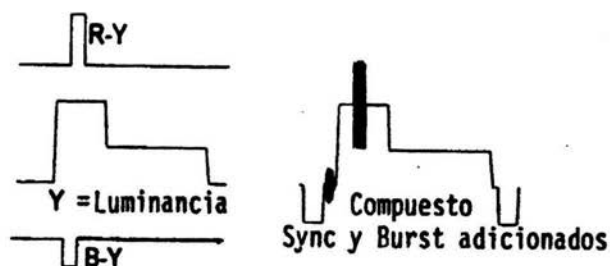


FIG. 3.15 Formas de onda de la diferencia de color y de la señal compuesta

MUESTREO Y CUANTIZACIÓN

El primer paso en el proceso de digitalización es el “muestrear” las continuas variaciones de la señal analógica como se muestra en la figura 3.16. Viendo la señal analógica a intervalos discretos de tiempo, las secuencias de muestras de voltaje pueden ser almacenadas, manipuladas y más tarde reconstruidas.

Con el fin de recuperar la señal analógica exactamente la relación de muestreo debe ser lo suficientemente rápida para evitar perder información importante. Generalmente esto requiere que la frecuencia de muestreo sea de cuando menos dos veces la frecuencia máxima a muestrear (el teorema de muestreo de Nyquist dice que el intervalo entre las muestras sucesivas debe ser igual o menor a la mitad del periodo de la frecuencia más alta presente en la señal).

El segundo paso es "cuantizar" asignando un número digital a los niveles de voltaje de la señal analógica muestreada -256 niveles para video a 8 bits, 1024 para video a 10 bits y hasta varios miles para audio.

Para obtener todos los beneficios de lo digital se requiere de un procesamiento a 10 bits. El procesar menos de 10 bits puede causar truncamiento y defectos de redondeo especialmente en imágenes generadas electrónicamente.

Los defectos visibles serán revelados en la imagen si los niveles de cuantización son muy grandes (o sea, que hayan demasiado pocos). Esos defectos pueden aparecer como "contorno" en la imagen. Sin embargo, el ruido aleatorio y los detalles de la imagen presentes en la mayoría de las señales de video en vivo ayudan a cancelar los efectos de esos "contornos" adicionándoles cierta aleatoriedad. Algunas veces el número de niveles de cuantización debe de ser reducido: por ejemplo, cuando la salida de un dispositivo de procesamiento de 10 bits es alimentada a una grabadora de 8 bits. En este caso, los efectos "contorno" son minimizados adicionando deliberadamente una pequeña cantidad de ruido aleatorio. Esta técnica es conocida como redondeo aleatorizado.

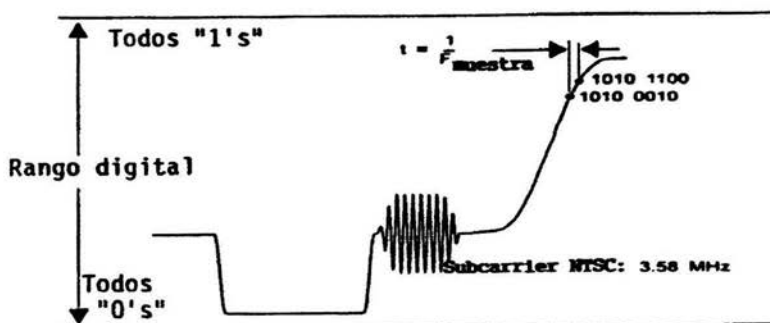


FIG. 3.16 Muestreo de una señal analógica

NORMAS DE VIDEO DIGITAL

Aunque los primeros experimentos con la tecnología digital estuvieron basados en el muestreo de la señal compuesta NTSC, quedó claro que para una operación de alta calidad era necesario el procesamiento en componentes. Las primeras normas digitales fueron para componentes. Los intereses en el digital compuesto revivieron cuando SONY y AMPEX anunciaron un formato de grabación digital en compuesto que fue el de D-2. Inicialmente, esas máquinas fueron proyectadas como dispositivos analógicos de entrada/salida para usarse en los ambientes analógicos NTSC; se proporcionaron entradas y salidas digitales para “dubs” de máquina a máquina. Sin embargo la comunidad de post-producción reconoció las mayores ventajas que se podían tener con las capacidades multigeneracionales de esas máquinas si fueran usadas en un ambiente completamente digital.

CCIR 601

El CCIR no es una norma de interfase de video sino una norma de muestreo.

La CCIR 601 evolucionó de un trabajo SMPTE/EBU para determinar los parámetros del video digital en componentes para sistemas de TV a 525/59.94 este documento especifica el mecanismo de muestreo ha usarse para señales de 525 líneas. Se especifica un muestreo octogonal a 13.5 MHz para luminancia y 6.75 MHz para las dos señales diferenciales de color C_B y C_R que son versiones escaladas de las señales B-Y y R-Y.

La estructura de muestreo definida que es conocida como “4:2:2”. Esta nomenclatura es derivada de los días en que se consideraban múltiples subportadoras de NTSC como frecuencia de muestreo. El

MHz como un compromiso por que el submúltiplo 2.25 MHz es un factor para el sistema de 525 líneas. Algunos sistemas de TV con definición extendida usan un formato de mayor resolución llamado 8:4:4 que tiene un ancho de banda del doble del 4:2:2.

Dado que las señales C_R y C_B están disponibles simultáneamente en cada línea, la definición vertical es idéntica tanto para la luminancia como para la crominancia, y se corresponde con el número de líneas útiles del flujo estándar de exploración de partida (480 para el estándar de 525 líneas). El flujo bruto resultante es

$$(13.5 \times 8) + (2 \times 6.75 \times 8) = 216 \text{ Mbit/s (270 Mbit/s con 10 bits)}$$

COMPONENTES DIGITALES EN PARALELO

La CCIR describe el muestreo de la señal. Las interfases eléctricas para los datos producidos por este muestreo fueron estandarizados separadamente por la SMPTE y la EBU. La interface paralela para 525/59.94 fue definida por SMPTE como la Norma SMPTE 125M (una revisión de la RP-125) Fue adoptada por la CCIR e incluida en la recomendación 656.

La interfase paralela usa once pares trenzados y conectores "D" de 25 terminales. (Los primeros documentos especifican un cierre lateral para los conectores; las versiones posteriores cambiaron el mecanismo de retención a tornillos 4/40). Esta interfase multiplexa las palabras de datos con la secuencia C_B , Y, C_R , Y C_B resultando una relación de datos de 27 Mwords/s. Se adicionaron las secuencias de temporalización SAV(Start of Active Video Comienzo del video activo) y EAV(End of Active Video: Fin del video activo) a cada línea. La línea digital activa contiene 720 muestras e incluye un espacio para representar el blanking analógico dentro de la línea activa.

La CCIR especifica 8 bits de precisión para las palabras de datos que representan el video. En el momento en le que fueron escritas las normas, algunos participantes sugirieron que esto podría no ser adecuado y se previó la expansión de la interfase a 10 bits. La operación a 10 bits ha probado ser benéfica en muchas circunstancias y las últimas revisiones de la norma de la interface contempla 10 bits aún si solo se usan 8 bits. El rango de conversión digital/análogica se elige de tal forma que quede cierto headroom por encima del lpico de blanco y un footroom abajo del negro como se muestra en la figura 3.17. Los niveles de cauantización para blanco y negro son seleccionados de tal forma que los niveles a 8 bits con dos "0's" adicionados tendrán los mismos valores que los nieveles a 10 bits. Los valores de 000-003 y 3FF - 3FC están reservados para la sincronización. Otros factores similares determinan los niveles de cuantización para las señales diferenciales de color como se muestra en la figura 3.18.

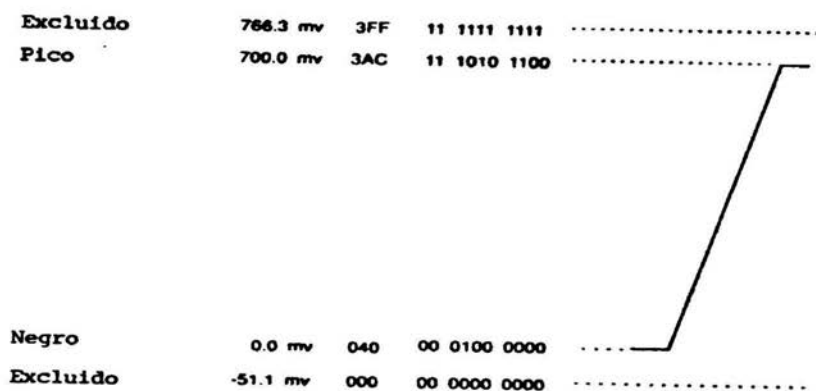


FIG. 3.17 Cuantización de luminancia

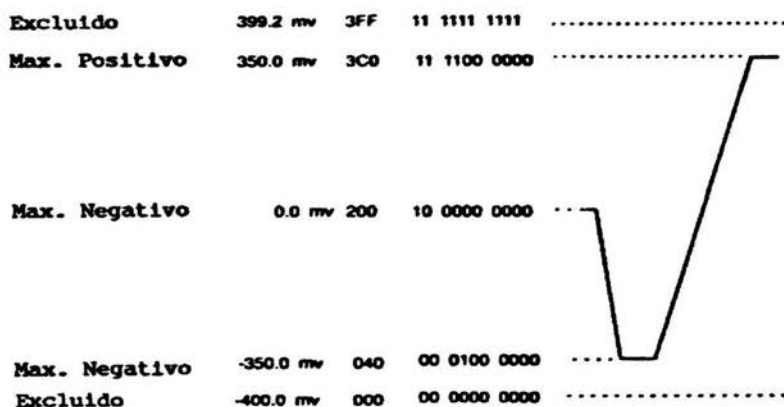


FIG. 3.18 Cuantificación de diferencia de color

La figura 3.19 muestra la localización de las muestras y las palabras digitales con respecto a una línea horizontal analógica. Debido a que la infoamción de temporalización es llevada por la EAV y la SAV, no hay necesidad de señales de sincronización convencionales y los intervalos horizontales (además de los periodos de línea activa durante el intervalo vertical) pueden usarse para llevar datos auxiliares. La aplicación más obvia para este espacio de datos es llevar audio digital; ya la SMPTE está preparando documentos para estandarizar el formato y la distribución de los paquetes de datos de audio.

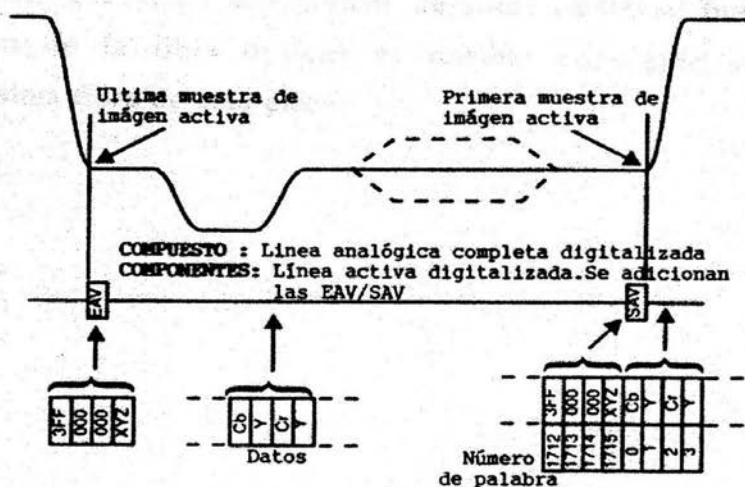


FIG. 3.19 Línea horizontal digital

La CCIR es una tecnología bien probada con un rango completo de equipo disponible para la producción y post-producción. Generalmente, la interfase paralela es reemplazada por una implementación serial que es más práctica en instalaciones más grandes. La CCIR proporciona todas las ventajas de la operación en componentes y del digital. Este es el sistema elegido para obtener la más alta calidad posible en el sistema de 525 líneas.

La Relación Señal a Ruido para el video digital esta dado por la siguiente fórmula

$$\text{SNR} = (6.02 * N + 10.8) \text{ dB}$$

NORMAS DEL AUDIO DIGITAL

Una de las consideraciones más importantes al discutir el audio digital es el número de bits por muestra. Donde el video opera a 8 o 10 bits por muestra, el rango de incrementaciones de audio va de 16 a 24 bits para proporcionar el rango dinámico y la relación señal a ruido deseada (SNR) la fórmula básica para determinar la SNR para el audio digital es:

$$\text{SNR} = (6.02 * n) + 1.76$$

donde n es el número de bits por muestra

Para un sistema de 16 bits SNR teorica máxima será de $(6.02 * 16) + 1.76 = 98.08 \text{ dB}$; para un sistema de 18 bits, la SNR será de 110.2 dB y para un dispositivo a 20 bits 122.16 dB . Por estas razones muchos convertidos analógicos/digitales (ADC) usaban dispositivos a 18 bits. Recientemente los dispositivos a 20 bits se han puesto a disposición con menor costo y con menos requerimiento de potencia.

Cada señal digital AES (Audio Engineering Society) consiste de dos canales de audio con un formato de datos como se muestra en la figura 3.20. Cada muestra es llevada por un subcuadro que contiene 20

bits de datos muestreados, 4 bits de datos auxiliares, otros 4 bits de datos y un preámbulo. Dos subcuadros constituyen un cuadro que contiene una muestra de cada uno de los dos canales. El preámbulo indica para que canal es la muestra y el comienzo de un bloque de 192 cuadros usado para organizar los datos de usuario y los datos de status del canal.

Se permiten varias relaciones de muestreo en la norma AES. Para TV la relación de muestreo de audio referida es de 48 KHz con el reloj amarrado al video como se requiere para las VTR's digitales. Los 32 bits de datos asociados con cada muestra de audio producen una relación de datos de dos canales (un stream serial) de 3.07 Mb/s.

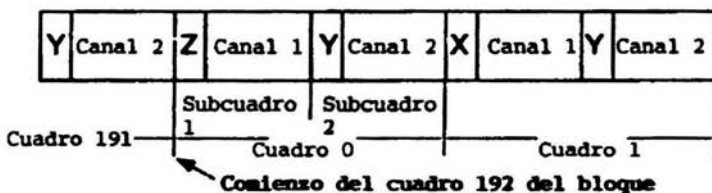
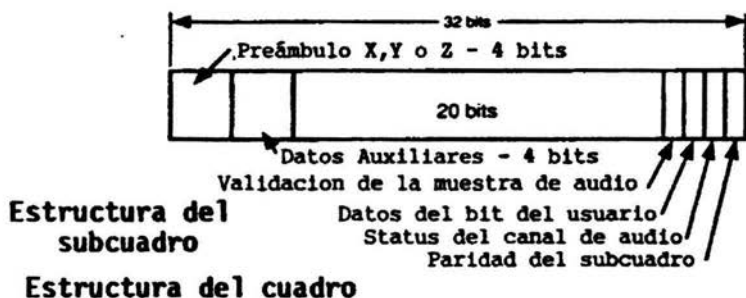


FIG. 3.20 Estructura del cuadro del audio AES

IV TRANSMISIÓN DE TV POR FIBRA OPTICA

Conversión del formato

Cuando nos movemos de digital en componentes y digital en compuesto en cualquier dirección existen dos pasos: la codificación o decodificación y la conversión de la relación de muestreo de una norma a la otra. Las relaciones de muestreo digital para esos dos formatos son diferentes: 13.5 MHz para digital en componentes y 14.3 Mhz para digital compuesto en NTSC. Este segundo paso es llamado "conversión de relación", frecuentemente el término relación de conversión se utiliza para implicar la codificación/decodificación y el remuestreo de las relaciones digitales. La conversión de relación es tomar una relación de muestreo y sacar de ahí otra diferente. La secuencia de conversión de formato depende de la dirección. Para ir de componentes a compuesto la secuencia usual es la conversión de relación seguida de la codificación. Para ir de compuesto a componentes la secuencia es la codificación seguida de la conversión de relación. Ver la figura 4.1

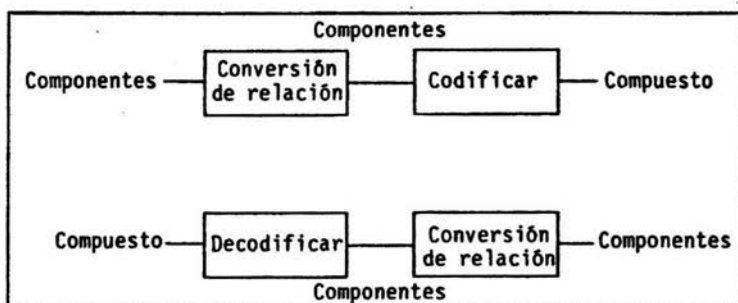


Fig. 4.1 Conversión de Formatos

Es más fácil la producción en componentes porque no es necesario esperar cada framing de color (4 campos para NTSC) para empatar dos piezas de video; en lugar de eso, pueden empatare cada dos campos (movimiento por cuadro) y esto multiplica por 4 las oportunidades para hacerlo. Adicionalmente, los componentes son de mayor calidad ya que la luminancia y la crominancia se manejan por separado. Por estas razones y en la medida de lo posible debe manejarse componentes para la producción aunque un convertidor de componentes a compuesto de alta calidad nos proporcionará una alternativa razonable. Después del trabajo de post-producción, los componentes digitales frecuentemente necesitan ser convertidos a digital compuesto. Las fuentes que estan en digital por componentes pueden ser convertidas para ser la entrada de un switcher digital en compuesto o máquina de efectos; o bien las cintas producidas en digital por componentes pueden necesitar ser distribuidas o archivadas en digital compuesto.

TV DIGITAL POR CABLE

En sistemas de transmisión por cable la limitación fundamental radica en el limitado ancho de banda del espectro para ubicar las señales.

Sin embargo, las atenuaciones son relativamente pequeñas y las relaciones señal a ruido grandes, por lo que el tipo de modulación empleado (QAM) antepone la eficiencia espectral a la robustez frente al ruido, incluyendo la información tanto en la amplitud como en la fase portadora.

El avance de la tecnología Hybrid Fiber Coaxial (HFC) en las redes de televisión por cable (CATV), que en unos años se convertirá en la dominante en lo que a redes de acceso de banda ancha se refiere.

REDES DE CABLE DE BANDA ANCHA HFC

La tendencia actual nos lleva a considerar las redes HFC (Híbridas Fibra óptica-Coaxial) como las redes que en un futuro próximo harán llegar hasta los hogares de la mayoría de poblaciones de grande y mediano tamaño un amplísimo abanico de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones, entre los que pueden citarse:

Video bajo demanda (VOD)

Pago por visión (PPV)

Videojuegos interactivos

Videoconferencia

Telecompra

Telebanca

Acceso a bases de datos, etc.

Una red HFC es una red de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soportes de la transmisión de las señales. Se compone de 4 partes claramente diferenciadas: cabecera, red troncal, red de distribución y red de acometida de los abonados.

- a. **Cabecera:** es el centro desde donde se gobierna todo el sistema. Su complejidad depende de los servicios que ha de prestar la red. Tras de añadir la codificación para corrección de errores y relizar una intercalación de bits se utiliza un modulador QAM para transmitir la información hasta el equipo terminal de abonado (set-top-box).

- b. **Red troncal:** suele presentar una estructura en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos primarios. Los nodos primarios alimentan otros nodos (secundarios) mediante enlaces punto a punto o bien

mediante anillos. En estos nodos secundarios las señales ópticas se convierten a señales eléctricas.

c. Red de distribución: estas señales eléctricas se distribuyen a los hogares de los abonados a través de una estructura tipo bus de coaxial. Cada nodo sirve a unos pocos cientos de hogares (500 es un tamaño habitual en las redes HFC), lo cual permite emplear cascadas de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha como máximo.

d. Red de acometida: salva el último tramo del recorrido de las señales descendentes, desde la última derivación hasta la base de conexión de abonado.

EL CANAL DE RETORNO

Estas redes han de estar preparadas para poder ofrecer un amplio abanico de aplicaciones y servicios a sus abonados. La mayoría de ellos requieren de la red la capacidad de establecer comunicaciones bidireccionales entre la cabecera y los equipos terminales de abonado, por lo tanto, exigen la existencia de un canal de comunicaciones para la vía ascendente o de retorno, del abonado a la cabecera.

El canal de retorno ocupa en las redes HFC el espectro comprendido entre 5 y 55 MHz. Este ancho de banda lo comparten todos los hogares servidos por un nodo óptico. En el nodo óptico convergen las señales de retorno de todos los abonados, que se convierten en señales ópticas en el láser de retorno, el cual las transmite hacia la cabecera. Ver figura 4.2

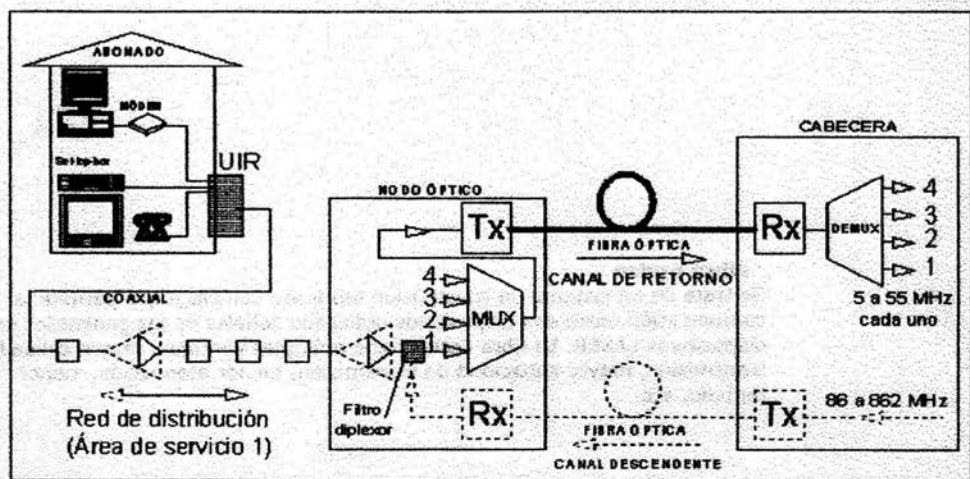


Fig. 4.2 Esquema simplificado de red HFC desde el punto de vista del canal de retorno. En esta configuración, del nodo óptico parten 4 buses de coaxial que sirven a 4 áreas de distribución distintas. Si el nodo sirve a 500 hogares, cada bus dará servicio a unos 125 hogares, que compartirán los 50 MHz. del canal de retorno. En cada hogar, una Unidad de Interfaz de Red (UIR) sirve para conectar los distintos equipos terminales de abonado (PC/módem de cable, TV/set-top-box y terminal telefónico) a la red HFC.

Set-Top-Box

El Set-Top-Box o decodificador permite decodificar las señales de televisión transportadas por la red de cable. En un extremo el decodificador se conecta a la toma del usuario y por el otro al televisor o al aparato de video.

CONCLUSION

En la actualidad las comunicaciones son indispensables para el hombre y estas están en toda su actividad diaria.

Ahora bien, las comunicaciones deben ser cada vez más rápidas, confiables y de mayor capacidad informativa tanto cuantitativa como cualitativamente por lo que una de las opciones mas recientes y que van teniendo mas auge es la fibra optica , es más confiable ya que no tiene riesgos como el alambre de cobre el cual es conductor eléctrico y tiende a tener mayores interferencias.

De hecho no se concibe una red de cable moderna que no contemple, además de un empleo masivo del servicio telefónico tradicional, prestaciones como fax, módem, servicios en línea, servicio de acceso de datos entre redes de computadoras, la transmisión de canales de televisión y otros como el enlace multimedia entre computadoras con audio y video digitalizados, la televisión interactiva, etc.

Los enlaces por fibra optica se encuentran en aplicaciones de corta y larga distancia y para rutas punto a punto, punto a multipunto y multipunto a multipunto.

El entendimiento amplio del funcionamiento de cada uno de los elementos que entran a formar parte de los enlaces por fibra optica es una condición indispensable para realizar eficientemente el diseño, dimensionamiento y mantenimiento de estos enlaces.

La fibra óptica es ahora una opción de conducción digital que cada vez va ganando terreno en instalaciones donde existía cable o alambre, ya que sus dimensiones físicas y capacidad de manejo de señales la hace muy versátil.

Este trabajo fue basado en una de las aplicaciones de la fibra óptica, ya que en televisión cada vez se requiere de sistemas confiables, rápidos y de alta resolución, ya que el televidente cada vez

es más exigente y demanda mayor calidad y eficiencia en los programas que ve en sus aparatos receptores por lo que también hacen que la televisión mexicana sea técnicamente vanguardista en Latinoamérica.

GLOSARIO

AES/EBU: Nombre informal para una norma de audio digital establecida por el trabajo conjunto de la Sociedad de Ingenieros de Audio (AES) y la unión europea de Broadcasting.

Algoritmo: Un juego de reglas o procesos para resolver un problema en un número finito de pasos.

Amplificador: Dispositivo que incrementa la amplitud de una señal.

Analógico: Un adjetivo para describir cualquier señal que varía continuamente en oposición a la señal digital que contiene niveles discretos para representar los dígitos binarios 0 y 1.

Ancho de banda: Capacidad de transmisión de un canal, el ancho de banda indica la cantidad de información por unidad de tiempo que puede llevar una línea de transmisión. También se refiere al máximo de pulsos eléctricos (bits) por segundo que pueden transmitirse a través de un canal digital.

Bit: Una representación binaria de 1 o 0.

Bit paralelo: Transmisión de bits inteligente de video digital en un cable multiconductor donde cada par de alambres carga un bit simple.

Bit serial: Transmisión de bits inteligente de video digital por un conductor simple como la fibra óptica.

Bit stream: Serie continua de bits transmitidos en una línea.

Broadcasting: Proceso radioeléctrico que utiliza ondas electromagnéticas para transmisión de imágenes y/o sonidos.

Byte: Un juego completo de niveles cuantizados que contiene todos los bits. Es típico que los bytes contengan de 8 a 10 bits por muestra.

CATV: Antena de TV comunitaria, CATV fue la denominación de televisión por cable.

CCIR: International Radio Consultative Committee (Comité Consultativo Internacional de Radio), un comité internacional de normas.

CCIR 601: Norma internacional para TV digital en componentes. La CCIR define los sistemas de muestreo, valores de matriz y características del filtro para los sistemas de componentes Y, B-Y, R-Y y RGB.

Codificación: Representar cada nivel de una señal de video como un número; usualmente en forma binaria.

Colorimetría: Medición y análisis del color e intensidad de las imágenes percibidas por el ojo humano, y de las convertidas en señales eléctricas.

Crominancia (croma): Es la información de color contenida en la señal de una imagen de televisión.

Espejos dicróicos: Cara de reflexión con delgadas películas transparentes sobrepuestas en múltiples estratos las cuales pueden reflejar una parte de la luz visible por una acción de interferencia de la luz seleccionada y transmitir la parte restante.

Exploración entrelazada: Proceso que divide el modelo explorada en dos grupos (non y par) de líneas espaciadas que son desplegadas secuencialmente, un grupo colocado precisamente dentro del espacio del otro. Cada grupo de líneas es llamado campo y el grupo entrelazado de dos campos es un cuadro.

Exploración progresiva: Este método de exploración se compone de un solo campo, las líneas que lo integran son adyacentes unas con otras.

Fotoconductor: Material que varia su conductividad en función a la luz que incide sobre él.

Fotoeléctrico: Dispositivo que despliega variaciones de luz en base a variaciones de corriente eléctrica.

Intervalo horizontal: Periodo de tiempo entre las líneas del video activo.

Luminancia: Es la información de brillantez de la imagen de la señal de televisión.

Monocromático: Que tiene la naturaleza de un solo color, perteneciente a TV de blanco y negro.

Multiplexión: Combinación de varias señales en una portadora.

Portadora: Onda que sirve como vehículo para la transmisión de información.

Pulso de barrido vertical: En una señal de video es el pulso al final de cada campo que efectúa el borrado de retorno digital.

Pulso de borrado horizontal: En una señal de video es el pulso rectangular activado para obtener el borrado de retorno horizontal.

Sincronización: Sostener una operación en coincidencia con otra. Se aplica este término a las señales o pulsos, los cuales aseguran que el rayo explorador del monitor de imagen este en coincidencia horizontal y verticalmente con el rayo del tubo de la cámara de televisión.

Televisión: Conjunto de técnicas empleadas para transmisión simultánea de imágenes en movimiento acompañadas de sonido.

BIBLIOGRAFÍA

- **Sistemas de Comunicaciones**
B.P. Latí, Mc Graw Hill
- **La televisión**
Enciclopedia de grandes temas, Salvat No. 14.
- **Fundamentos de comunicación digital**
Teledata Technology
- **Información General,**
Ampex Corporation
- **Sistemas de Comunicaciones por Fibras Opticas**
Alfaomega
- **Introducción a la Ingenieria de la Fibra Optica**
ADDISON-WESLEY Iberoamericana