



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**ANÁLISIS, DIMENSIONAMIENTO DE UN ESTUDIO DE  
TELEVISIÓN Y DISEÑO DE UN ENLACE ALTERNATIVO VIA  
FIBRA ÓPTICA: ESTUDIO-TRANSMISOR AIRE BAJO  
ESTANDAR DIGITAL, EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**Presentado por:**

**GONZALO ENRIQUE FLORES ALTAMIRANO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2003**

# AGRADECIMIENTO

AL PERSONAL TÉCNICO DE  
GAMAVISIÓN, POR SU  
COLABORACIÓN Y  
ASESORAMIENTO LOS CUALES  
HICIERON REALIDAD LA  
CULMINACIÓN DE ESTE  
PROYECTO DE GRADO.  
GRACIAS A TODOS ELLOS POR  
SU EXPERIENCIA Y  
CONOCIMIENTOS CONCEDIDOS  
LIBRE DE EGOÍSMO Y AMISTAD  
INCONDICIONAL.

# DEDICATORIA

A DIOS, POR BENDECIR MI VIDA UNIVERSITARIA, A MIS QUERIDOS PADRES Dr. GONZALO FLORES, Dra. HILDA ALTAMIRANO POR HABER HECHO POSIBLE LA TERMINACIÓN DE MI CARRERA, A MI HERMANA Dra. ANITA FLORES ALTAMIRANO Y A PAULI POR SUS CONSEJOS Y COLABORACIÓN.

# **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

**Ing. NORMAN CHOTONG  
PRESIDENTE**

---

**Ing. PEDRO VARGAS  
DIRECTOR DE TESIS**

---

**Ing. CESAR YÉPEZ  
VOCAL PRINCIPAL**

---

**Dr. FREDY VILLO  
VOCAL PRINCIPAL**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de tesis, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

GONZALO E. FLORES A.

## RESUMEN

El análisis y diseño presentado en esta tesis está enfocado para una futura implementación en la ciudad de Guayaquil, tomando como puntos de referencia el estudio de televisión de Gamavisión y su centro de transmisión principal ubicado en el Cerro del Carmen.

Como primer punto realizo un análisis teórico previo sobre los sistemas y estándares de transmisión de televisión a nivel nacional e internacional, estudios de televisión e interconectividad de los equipos electrónicos de audio y video, enlaces vía microonda y transmisores de televisión. Se estudian las técnicas convencionales para el procesamiento de las señales de audio y video así como su digitalización y conversión de analógico-digital y digital-analógico, los fundamentos de compresión, además se presenta una introducción a la televisión digital terrestre (TDT): sistema Americano (ATSC) y Europeo (DVB), y la teoría básica de los cables de fibra óptica.

El diseño básicamente se lo ha clasificado en tres partes, con el objetivo de que exista una organización adecuada para su análisis y entendimiento. En la primera parte se presenta el dimensionamiento del estudio de televisión de Gamavisión, se estudian las interfases digitales y los diagramas esquemáticos los cuales muestran las diferentes interconexiones de los equipos digitales y analógicos. En la segunda parte se realiza la planificación del enlace y el análisis de la ruta Gamavisión-Cerro del Carmen para el tendido del cable de fibra óptica. Finalmente en la tercera parte se llega a la planta transmisora de Gamavisión, lugar en el cual se realiza dos procesos de conversión primero la correspondiente al paso de óptico a eléctrico y la segunda de digital a analógico de las señales de audio y video procedente del estudio, para luego inyectarla al transmisor principal y enviarla al aire bajo actuales estándares de transmisión. Se realiza además un análisis técnico económico entre el enlace de fibra óptica y de microondas.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	I
INDICE GENERAL .....	II
INDICE DE FIGURAS .....	VIII
INDICE DE TABLAS .....	XVI
INDICE DE PLANOS .....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XX

## **CAPITULO I.-**

### **GENERALIDADES DE LA TELEVISIÓN ..... 1**

1.1 Sistemas de Transmisión de Televisión .....	1
1.2 Historia de la Televisión .....	4
1.3 La televisión en el Ecuador .....	6
1.3.1 Antecedentes .....	6
1.3.2 Transmisión de televisión en la Ciudad de Guayaquil .....	8
1.3.3 Repetidoras .....	10
1.3.4 Estándares de transmisión .....	12
1.3.5 Marco Regulatorio .....	13
1.4 Cuadros Comparativos de algunos Estándares de Transmisión en el Mundo .....	24

## **CAPITULO II.-**

### **ANALISIS DE UN ESTUDIO DE TELEVISIÓN .....27**

2.1 Generalidades para el diseño de un Estudio de Televisión .....	27
2.2 Salas de Control .....	30
2.2.1 Sala de Control Master o de Producción .....	30
2.2.2 Sala de Control Técnico .....	31

2.3	Cámara y ajuste de fase	33
2.4	Sistema de Audio	35
2.5	Equipamiento Electrónico de las Salas de Control	36
2.6	Diagrama General de la interconexión de los equipos electrónicos	47
2.8	La Unidad Móvil	53
2.9	Sistema Eléctrico	54

### **CAPÍTULO III.-**

#### **DISTRIBUCIÓN DE TELEVISIÓN** .....55

3.1	Enlace Estudio de Televisión – Transmisor	55
3.2	Sistema de Enlace actual: vía microonda	56
3.2.1	Equipo de Radio Microondas	56
3.2.2	Equipo de Antenas Parabólicas	57
3.2.3	Mantenimiento del Sistema	58
3.3	Planta Transmisora	60
3.3.1	Generalidades	60
3.3.2	Equipos Transmisores de Televisión	62
3.3.3	Líneas, Antenas y Torres de Transmisión	63
3.4	Áreas de Cobertura	69

### **CAPITULO IV**

#### **TÉCNICAS DEL VIDEO** .....70

4.1	La Señal de Televisión	70
4.1.1	Introducción	70
4.1.2	Velocidad de Repetición de las Imágenes	70
4.1.3	Entrelazado	71
4.1.4	Numero de Líneas	73
4.1.5	Relación de Aspecto	75
4.1.6	Ancho de Banda de video	76
4.2	Señal analógica de video Compuesta	78

4.2.1	Introducción	78
4.2.2	Señal de Borrado y Sincronía	80
4.3	Introducción a la Ingeniería de Color	81
4.3.1	Generalidades	81
4.3.2	Colorimetría	82
4.4	Formación de la Señal de video con información de Color	86
4.5	Sistemas Analógicos de Codificación de Color	96
4.5.1	Sistema Básico	96
4.5.2	Sistema NTSC	98
4.5.3	Sistema SECAM	99
4.5.4	Sistema PAL	101
4.6	Receptor de Televisión blanco y negro y a color	102
4.7	Cámaras de Televisión	105
4.7.1	Introducción	105
4.7.2	Las Lentes de la Cámara	112

## CAPITULO V

### GENERACIÓN DE SEÑALES .....115

5.1	Introducción a la digitalización del audio y video	115
5.2	Conversión del Audio y Video	117
5.2.1	Tipos Básicos de video de color	117
5.2.2	Modulación por Amplitud de Pulsos : PAM	119
5.2.3	Modulación por Codificación de Pulsos: PCM	120
5.2.4	Muestreo y Efecto Aliasing	123
5.2.5	Reconstrucción	127
5.2.6	Filtros	128
5.2.7	Efecto <i>jitter</i> (fluctuaciones) del reloj de muestreo	130
5.2.8	El Efecto Apertura	131
5.2.9	Frecuencia de Muestreo para Audio	132
5.2.10	Frecuencia de Muestreo para video bajo recomendación ITU-R 601	135

5.2.11	Bucles enclavados en fase (sincronización)	138
5.2.12	Cuantificación	139
5.2.13	Error en el proceso de cuantificación	140
5.2.14	Dither (indecisión) : Eliminación de la Correlación en una señal Cuantificada	141
5.3	Codificación para Audio	143
5.4	Codificación para video	146
5.5	Equipos y Circuitos Convertidores : Análogo-Digital, Digital-Análogo	151
5.6	Transmisión Digital	164
5.6.1	Introducción a la Transmisión de Datos	164
5.6.2	Recepción de Datos	167
5.6.3	Codificación de Canal	169
5.7	Fundamentos de Compresión de Audio y video	171
5.7.1	¿Por qué necesitamos comprimir?	171
5.7.2	Aplicaciones de la compresión	172
5.7.3	Principios básicos de la compresión de Audio y la norma MPEG para la compresión del video	173
5.8	Televisión Digital Terrestre	176
5.8.1	Aspectos Técnicos	176
5.8.2	Sistema Europeo	179
5.8.3	Sistema Americano	180
5.8.4	Plataforma de Usuario Final	183
5.8.5	La televisión digital terrestre (TDT) y su futuro en América latina	186

## CAPITULO VI

### FIBRA ÓPTICA .....189

6.1	Introducción a la Fibra Óptica	189
6.2	Descripción	192
6.3	Tecnología	194

6.4	Ventajas	97
6.5	Características	198
6.5.1	Fibra Multimodo	207
6.5.2	Fibra Monomodo	207
6.6	Composición y Especificaciones de los cables de fibra óptica	208
6.6.1	Introducción	208
6.6.2	Cable de estructura holgada	209
6.6.3	Cable de estructura Ajustada	210
6.6.4	Cable blindado	211
6.6.5	Cable Auto soportado o en 8	212
6.6.6	Cables para usos especiales	213
6.6.7	Especificación de un cable de fibra óptica	214
6.7	Equipos Regeneradores y repetidores electro-óptico	215
6.8	Amplificadores ópticos	215

## **CAPITULO VII**

### **DIMENSIONAMIENTO DEL ESTUDIO DE TELEVISIÓN Y**

#### **DISEÑO DEL ENLACE PARA GAMAVISIÓN** .....217

7.1	Interfaces de Audio y video Digital en un Estudio de Televisión	217
7.2	Interfaces de Audio Digital Normalizadas	217
7.2.1	Generalidades	218
7.2.2	Sociedad de Ingeniería de Audio (AES)	218
7.2.3	Interfaz Normalizado de dos canales	219
7.2.4	Interfaz Multicanal Normalizado (MADI)	222
7.3	Sincronización en los Interfaces de audio Digital Bajo Recomendaciones AES	223
7.4	Métodos de diagnostico de la señal del Interfaz digital	224
7.5	Interfaces de video Digital y la norma ITU-R 656	226
7.5.1	Introducción	226
7.5.2	Interfaces de video en paralelo	228
7.5.3	Interfaces de video en serie	230

7.6	Interfaz Digital en Serie (SDI)	231
7.7	Descripción del diagrama esquemático de la interconexión de los equipos de Audio y Video bajo estándar digital en el estudio de televisión de Gamavisión.	239
7.8	Interfaz Eléctrico: Tipo de cable y conectores a usar en la interconexión	258
7.9	Procedimiento General de Instalación del Cable de Fibra óptica	270
7.9.1	En Exteriores	270
7.9.2	En interiores	276
7.10	Empalmes terminación del Cable de Fibra óptica	278
7.11	Manejo del cable	282
7.12	Análisis de la Ruta Gamavisión-Cerro del Carmen para el tendido del cable	287
7.13	Planificación del enlace	306
7.14	Equipos ópticos existentes en el mercado	315
7.15	Conectorización.	319
7.16	Métodos de verificación de la potencia y localización física de anomalías en el Enlace	322
7.17	Mantenimiento del Sistema	327
7.18	Costo de Instalación y Mantenimiento	328
7.19	Planta Transmisora: Amplificación y Transmisión de la señal al aire previo a la conversión óptico-eléctrico	336
7.20	Diagrama General del Proyecto	340
7.21	Análisis comparativo técnico y económico entre el enlace de fibra óptica y microondas	341
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	354
	<b>ANEXO A</b>	356
	<b>ANEXO B</b>	362
	<b>ANEXO C</b>	369
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	373

## INDICE DE FIGURAS

Pág.

### CAPITULO I

#### GENERALIDADES DE LA TELEVISIÓN

Figura 1.1	Sistema Básico de Transmisión y Recepción de TV .....	1
Figura 1.2	Diagrama de Bloques del Sistema de Transmisión .....	3
Figura 1.3	disco de Nipkow .....	5
Figura 1.4	Vladimir Zworykin .....	5
Figura 1.5	Rosenbaum y su esposa Linda .....	7
Figura 1.6	Primer Programa “Cóctel Deportivo” .....	7
Figura 1.7	Primera Cámara de la Época .....	8
Figura 1.8	Cerro del Carmen-Guayaquil .....	9
Figura 1.9	Croquis Panorámico de la Ubicación Gamavisión-Cerro del Carmen.....	10
Figura 1.10	Repetidor de Microondas .....	10
Figura 1.11	Red de Microondas Guayaquil-Quito .....	12
Figura 1.12	a)Forma de Onda de una portadora AM visual $S_v(t)$ b)Canal de transmisión de televisión estándar (Respuesta de Frecuencia) .....	13

### CAPITULO II

#### ANÁLISIS DE UN ESTUDIO DE TELEVISIÓN

Figura 2.1	Estudio de televisión .....	27
Figura 2.2	Estudio de Noticias de TV: Gamavisión .....	28
Figura 2.3	Aparatos de Iluminación para a) Estudio b) Exteriores .....	30
Figura 2.4	Sala Control Master o de Producción .....	31
Figura 2.5	Sala de Control Técnico: Gamavisión .....	32
Figura 2.6	Control Master de Proyección o VTR: Gamavisión .....	33

Figura 2.7	Diagrama General de un Control Técnico (Chequeo de los niveles de Luminancia y Cromo) .....	34
Figura 2.8	Sala de Mezcla y Producción de Sonido .....	35
Figura 2.9	Sala de Ediciones .....	36
Figura 2.10	Distribuidor de Video .....	39
Figura 2.11	Corrector de Base de Tiempo TBC de la marca LEITCH .....	40
Figura 2.12	Unidad Control de Cámara a) Panel Frontal b) Panel Posterior ...	40
Figura 2.13	Monitores de Circuito Cerrado .....	41
Figura 2.14	Botonera Audio y Video .....	42
Figura 2.15	Panel de Conexiones de Video (Patch Panel) .....	42
Figura 2.16	Magnetoscopios SONY .....	43
Figura 2.17	Vectoroscopios-Medidor de Forma de Onda .....	44
Figura 2.18	Mezclador o Switcher de video Digital de Grass Valley .....	45
Figura 2.19	Generador de caracteres de Video Digital de la marca LEITCH .	46
Figura 2.20	Consola de Audio .....	47
Figura 2.21	Interconexión de los Equipos de audio y video En un estudio de Televisión Generación, Distribución, Mezcla del video .....	49
Figura 2.22	Instalación y Sincronización de video .....	50
Figura 2.23	Distribución del Programa de Video .....	51
Figura 2.24	Sistema de Audio .....	52
Figura 2.25	Unidad Móvil .....	53

### **CAPITULO III**

#### **DISTRIBUCIÓN DE TELEVISIÓN**

Figura 3.1	Función Básica de enlace Estudio-Transmisor .....	55
Figura 3.2	Equipo de Radio Microondas OMB .....	57
Figura 3.3	Antenas Parabólicas .....	58
Figura 3.4	Planta Transmisora .....	61
Figura 3.5	Diagrama de Bloques: Transmisor de TV .....	62
Figura 3.6	Líneas de transmisor Coaxial .....	64

Figura 3.7	Diferentes tipos de Antenas de Transmisión de Televisión VHF .....	67
Figura 3.8	a) Torres de Transmisión: Cerro del Carmen Guayaquil, b) Tipos de Balizas .....	69

## **CAPITULO IV**

### **TÉCNICAS DEL VIDEO**

Figura 4.1	Exploración de la Imagen .....	73
Figura 4.2	Ancho de Banda de Video: Diagrama Máximo de variación .....	76
Figura 4.3	Forma de una Onda típica de una señal de Televisión .....	79
Figura 4.4	Salva de Subportadora de color, Sistema PAL .....	79
Figura 4.5	Estándares de Forma de Onda de Sincronización de TV de Color .....	81
Figura 4.6	Combinación Aditiva de Colores Rojo, Verde, Azul (RGB) .....	82
Figura 4.7	Espectro de Frecuencias del Color y Sensibilidad del ojo a los colores .....	83
Figura 4.8	Forma de Onda de la Señal de TV blanco y negro .....	88
Figura 4.9	Detalle del Espectro de Frecuencias de las señal de video Monocromática .....	89
Figura 4.10	Diagrama Vectorial de la Composición de los colores .....	92
Figura 4.11	Espectro de la Frecuencia de RF compuesta para la Radiodifusión de televisión a color .....	94
Figura 4.12	Intervalo de Blanqueo Horizontal y una ráfaga de 3.58 Mhz .....	95
Figura 4.13	Sistema Moderno de Color .....	96
Figura 4.14	Codificación Básica de los Sistema NTSC y PAL .....	98
Figura 4.15	Modulación en Cuadratura .....	99
Figura 4.16	Sistema Básico de Decodificación NTSC y PAL .....	99
Figura 4.17	Sistema de Codificación y Decodificación SECAM .....	101
Figura 4.18	Receptor de Televisión Blanco y Negro .....	103
Figura 4.19	Circuitos del Modulador de Color .....	104
Figura 4.20	Diagrama General del Funcionamiento de la	

	Cámara de Televisión .....	105
Figura 4.21	Típica Operación con una Cámara dentro de un Estudio .....	107
Figura 4.22	Operación con Varias Cámaras .....	110
Figura 4.23	Cámara a Color a) Combinación de espejos en una cámara a color b) Cámara portátil a color usada en un estudio de televisión .....	114

## CAPITULO V

### GENERACIÓN DE SEÑALES

Figura 5.1	Procesos Fundamentales de la Conversión PCM. Conversión A/D ( Analógica/Digital) y Conversión D/A (Digital/Analógico) .....	117
Figura 5.2	Tipos mas Representativos de video analógico .....	118
Figura 5.3	Formación del Video con señales de color RGB .....	119
Figura 5.4	Modulación por Amplitud de Pulsos PAM .....	120
Figura 5.5	Proceso de Cuantificación en PCM .....	121
Figura 5.6	Asignación Binaria para Muestras Cuantificadas en PAM .....	121
Figura 5.7	Transformación en Señal Digital de los dígitos Binarios .....	122
Figura 5.8	Proceso de PCM para la Digitalización de la Señal Analógica ...	122
Figura 5.9	Muestreo y Efecto ALIASING: Proceso de Muestreo .....	124
Figura 5.10	Efecto ALIASING: Bandas laterales o Frecuencias imagen .....	126
Figura 5.11	Reconstrucción .....	128
Figura 5.12	Filtros : Pendiente Finita .....	129
Figura 5.13	Efecto de la temporización de Muestreo en el Ruido .....	130
Figura 5.14	Efecto Apertura: Respuesta de Frecuencia .....	132
Figura 5.15	Resolución de 8 y 24 bits .....	135
Figura 5.16	a) Espectro de video muestreado a 13.5 MHz b) Posición De los muestreos 4 : 2 : 2 de la recomendación ITU-601 .....	137
Figura 5.17	Composición Básica de un Bucle Enclavado en Fase .....	138
Figura 5.18	Obtención de 13.5 MHz de la entrada de sincronismos .....	139
Figura 5.19	Cuantificación de una señal Analógica	

	y Error de Cuantificación .....	140
Figura 5.20	Rampa Inclinada: Valores infinitos de muestreo .....	140
Figura 5.21	DITHER en un Cuantificador .....	143
Figura 5.22	Codificación Binaria con Desviación .....	144
Figura 5.23	Sistema a Complemento a 2 .....	145
Figura 5.24	Convertidor A/D con complemento a 2 .....	146
Figura 5.25	Codificación de la Señal Compuesta .....	147
Figura 5.26	Codificación de Componentes .....	147
Figura 5.27	Transición de Análogo a Digital de las señales Compuestas .....	148
Figura 5.28	Cuantificación y Codificación a 8 bits/muestra de la señal de Luminancia .....	150
Figura 5.29	Cuantificación y Codificación a 8 bits/muestra de la señal de crominancia .....	150
Figura 5.30	Formatos Básicos de señales de Televisión .....	152
Figura 5.31	Conversiones A/D y D/A .....	152
Figura 5.32	Circuitos Sample and Hold .....	153
Figura 5.33	Convertidores a) Rampa Digital b) Doble Rampa Digital .....	154
Figura 5.34	Típico conversor Flash de 8 bits diseñado especialmente para Aplicaciones de Video .....	155
Figura 5.35	Convertidor D/A Básico .....	157
Figura 5.36	Conversión Elemental: a) Conversor D/A con corrientes Ponderadas y b) Conversor D/A con integrador sincronizado .....	158
Figura 5.37	Equipos Convertidores A/D y D/A para video en componentes Y Compuestos .....	162
Figura 5.38	Equipos Convertidores A/D y D/A para audio de un Estudio de televisión .....	164
Figura 5.39	Transmisión Diferencial de dos señales invertidas entre si .....	167
Figura 5.40	La división en Secciones, o Troceado de una señal .....	168
Figura 5.41	Codificación de Canal .....	170
Figura 5.42	Sistema de Compresión .....	173
Figura 5.43	Distribución y Eficiencia del Espectro de TV .....	181
Figura 5.44	Televisor Digital con Relación 16/9 HDTV .....	183

Figura 5.45	a) Conversión de Normas ATSC-NTSC b) Tarjeta de PC para televisores HDTV .....	183
Figura 5.46	Equipo Receptor Digital .....	184

## **CAPITULO VI**

### **FIBRA ÒPTICA**

Figura 6.1	Cable de fibra óptica .....	190
Figura 6.2	Corte Transversal: Fibra Óptica .....	196
Figura 6.3	Perdidas en una Fibra Óptica en Función de longitud de Onda..	199
Figura 6.4	Atenuación en una Fibra óptica en función de la longitud de Onda .....	199
Figura 6.5	Modos de Transmisión Monomodo y Multimodo en una Fibra óptica .....	203
Figura 6.6	Comparación de los Diámetros de Fibras Monomodo y Multimodo Con un cabello humano .....	204
Figura 6.7	Transmisión por una fibra de salto de Índice .....	205
Figura 6.8	Transmisión por una Fibra Óptica de Índice Gradual .....	206
Figura 6.9	Cable de estructura Holgada .....	210
Figura 6.10	Cable de Estructura Ajustada .....	211
Figura 6.11	Cable Blindado .....	212
Figura 6.12	Cable Auto soportado o en 8 .....	213
Figura 6.13	Sistema de Amplificación por Láser .....	216

## **CAPITULO VII**

### **DIMENSIONAMIENTO DEL ESTUDIO DE TELEVISIÓN Y DISEÑO DEL ENLACE PARA GAMAVISIÓN**

Figura 7.1	Formato de la trama del interfaz normalizado de dos canales.....	219
Figura 7.2	Circuito eléctrico recomendado para la interfaz normalizado de dos canales.....	221

Figura 7.3	Diagrama de bloques de la transmisión y recepción MADI.....	223
Figura 7.4	Montaje de equipos para medición de señal digital.....	225
Figura 7.5	Circuitaria Básica para la transmisión en serie de datos Procedente de un arreglo en paralelo.....	231
Figura 7.6	Componentes fundamentales de un enlace SDI.....	233
Figura 7.7	Situación de los Datos Auxiliares en el NTSC .....	234
Figura 7.8	Unidad Típica de Inserción de Audio .....	237
Figura 7.9	Extractor Típico de Audio .....	238
Figura 7.10	Sistema EDH Típico que ilustra la forma en que se detecta Los errores y se establece los indicadores .....	239
Figura 7.11	Generación, Digitalización y Distribución del Video .....	259
Figura 7.12	VTR: Maquinas del Master d Proyección .....	260
Figura 7.13	Botoneras de Video .....	261
Figura 7.14	Botoneras de Audio .....	262
Figura 7.15	VTR: Digitalización y Distribución del Audio .....	263
Figura 7.16	Diagrama General de Audio: Estudio Gamavisiòn .....	264
Figura 7.17	Multiplexación y Transmisión Audio y Video Digital .....	265
Figura 7.18	Transmisor Óptico de Video Digital SDI de LEITCH .....	266
Figura 7.19	Curva de tasa de errores. ....	266
Figura 7.20	Cable Coaxial BELDEN 8281 .....	267
Figura 7.21	Conector Tipo BNC de CANARE .....	268
Figura 7.22	Conectores de Audio XLR .....	269
Figura 7.23	Cable de Fibra óptica Enterrado .....	271
Figura 7.24	Localización de la Tracción y de la Bobina .....	273
Figura 7.25	Sistema de Tracción de Cable en Conductos Subterráneos.....	274
Figura 7.26	Proceso de Instalación Aérea .....	274
Figura 7.27	Lazo de expansión .....	276
Figura 7.28	Caja de Tracción a) en líneas recta b) esquina .....	277
Figura 7.29	Caja de Empalmes a) uso exterior / Aéreo b) montada en pared..	279
Figura 7.30	Bandeja de Empalmes .....	280
Figura 7.31	Conector Instalable en Campo .....	281
Figura 7.32	Terminación de FO con latiguillo .....	281

Figura 7.33	Terminación en Panel de Conexiones .....	282
Figura 7.34	Manejo de la Fibra óptica y Proceso para la instalación en el Panel de Conexiones .....	284
Figura 7.35	Recorrido del Cable de Fibra Óptica: Tendido Aéreo .....	302
Figura 7.36	Vista Lateral Cerro del Carmen .....	303
Figura 7.37	Estructura Interna del cable Óptico a Usar .....	304
Figura 7.38	Enlace Estudio de TV-Transmisor Aire vía Fibra Óptica.....	310
Figura 7.39	Componentes de Dispersión de los materiales y Guías de Onda..	312
Figura 7.40	Transmisor y Receptor Óptico de CRISA .....	315
Figura 7.41	Transmisor y Receptor Óptico de COMINTEL .....	316
Figura 7.42	Transmisor y Receptor Óptico de MIRANDA .....	317
Figura 7.43	Equipo Óptico OPTELECOM a) Transmisor b) Receptor .....	319
Figura 7.44	Tipo de Conectores Ópticos a) ST b)SC c) FC d) DIN .....	321
Figura 7.45	Conectores Ópticos Intercambiables .....	321
Figura 7.46	Acopladores o Adaptadores para a)ST b) SC c) FC y d) DIN.....	322
Figura 7.47	Método de Medición de la Atenuación por transmisión de Luz Configuración final-final .....	323
Figura 7.48	Método de Medición de la atenuación por transmisión de Luz Configuración Lazo de Retorno .....	324
Figura 7.49	Método de la Retrodispersión con OTDR .....	325
Figura 7.50	Curvas Típicas del OTDR .....	326
Figura 7.51	Centro de Transmisión .....	339
Figura 7.52	Comparación: Ancho de Banda del Enlace .....	342
Figura 7.53	Seguridad en la Transmisión de la Señal .....	344
Figura 7.54	Seguridad del medio Físico de Transmisión .....	345
Figura 7.55	Seguridad en la Obra Civil e Infraestructura del Enlace .....	346
Figura 7.56	Comparación: Tiempo de Instalación .....	347
Figura 7.57	Comparación: Costo de Instalación y Materiales .....	350
Figura 7.58	Comparación: Costo de instalación y Materiales .....	352
Figura 7.59	Costos de mantenimiento Preventivo y Correctivo .....	353

## INDICE DE TABLAS

Pág.

### CAPITULO I

#### GENERALIDADES DE LA TELEVISIÓN

Tabla 1.1	Asignación de frecuencia de Canal de Televisión .....	24
Tabla 1.2	Estándares de Transmisión de Televisión Mundial .....	25

### CAPITULO III

#### DISTRIBUCIÓN DE TELEVISIÓN

Tabla 3.1	Costos Semestral de mantenimiento Preventivo .....	59
Tabla 3.2	Costos de Mantenimiento Correctivo .....	59

### CAPITULO V

#### GENERACIÓN DE SEÑALES

Tabla 5.1	Coste del Receptor en Relación a la calidad del dispositivo y los nuevos servicios .....	185
Tabla 5.2	Algunas Opciones del Receptor en Función de Nuevos servicios y procesado de información Avanzado .....	186

### CAPITULO VI

#### FIBRA ÓPTICA

Tabla 6.1	Especificaciones Técnicas de un cable de Fibra Óptica .....	214
-----------	---	-----

## CAPITULO VII

### DIMENSIONAMIENTO DEL ESTUDIO DE TELEVISIÓN Y DISEÑO DEL ENLACE PARA GAMAVISIÓN

Tabla 7.1	Longitudes de cable máximas aconsejadas en función del tipo de cable y de la velocidad de datos para dar una pérdida no superior a 30 dB.....	232
Tabla 7.2	Diferentes Niveles de Implementación de Audio Insertado .....	237
Tabla 7.3	Principales Equipos de Audio y Video Existentes en el Estudio De Televisión de Gamavisión .....	242
Tabla 7.4	Características Técnicas del Convertidor Analógico-Digital de Video ADC-6801 .....	244
Tabla 7.5	Características Técnicas del Convertidor Analógico-Digital De Video DEC-6801 .....	245
Tabla 7.6	Características Técnicas del Distribuidor Digital VSM-6804 ....	247
Tabla 7.7	Especificaciones Técnicas del Switcher Digital de ZODIAK ....	250
Tabla 7.8	Características Técnicas del Multiplexor de Audio y Video Digital MXA-6801 .....	251
Tabla 7.9	Características Técnicas del Transmisor y Receptor de LEITCH .....	252
Tabla 7.10	Características Técnicas del Convertidor Analógico-Digital Para Audio ADC-6880 .....	253
Tabla 7.11	Características Técnicas del Convertidor Digital – Analógico Para Audio DAC-6880 .....	254
Tabla 7.12	Distribuidor Digital para Audio AES: AES-6880 .....	258
Tabla 7.13	Tipo de Cable Coaxiales .....	267
Tabla 7.14	Diferentes Elementos de la Familia BNC .....	268
Tabla 7.15	Características Técnicas Principales del cable Elegido .....	269
Tabla 7.16	Características de la Ruta Estudio de Televisión Gamavisión- Centro de transmisión .....	291
Tabla 7.17	Resumen Cuantitativo de la Ruta .....	291

Tabla 7.18	características Técnicas de la Fibra Óptica a usar en el Tendido Aéreo .....	305
Tabla 7.19	Planificación de Atenuación Total a 1300 nm para un sistema De conductores de Fibra Óptica con 270 Mbits .....	309
Tabla 7.20	Características Técnicas del Transmisor de CRISA .....	316
Tabla 7.21	Características Técnicas del Transmisor y Receptor Óptico de COMINTEL .....	317
Tabla 7.22	Características técnicas del Transmisor y Receptor Óptico de MIRANDA .....	318
Tabla 7.23	Características Técnicas Equipo Óptico ÔPTELECOM .....	319
Tabla 7.24	Costos de Instalación y Materiales: Tramo 1 (empalme 1) .....	330
Tabla 7.25	Costos de Instalación y Materiales: Tramo 2 .....	330
Tabla 7.26	Costo de instalación y Materiales: Tramo 3 (empalme 2) .....	332
Tabla 7.27	Costo de Instalación y Materiales: Tramo 4 .....	332
Tabla 7.28	Costo de Instalación y Materiales: Tramo 5 (empalme 3) .....	333
Tabla 7.29	Costo de instalación y materiales: Tramo 6 (empalme 4) .....	334
Tabla 7.30	Costo Mantenimiento Preventivo (semestral) del enlace de FO .....	335
Tabla 7.31	Costo Mantenimiento Correctivo del Enlace .....	336
Tabla 7.32	Características Técnicas de DEMULTIPLEXOR de audio y Video Digital ADM-6800 .....	338
Tabla 7.33	Costos de Instalación y Materiales: Enlace de Microonda .....	349
Tabla 7.34	Costos de Equipos activos : Enlace Microonda .....	351
Tabla 7.35	Costo Estimado de Equipos Activos: Enlace de Fibra óptica .....	352

# INDICE DE PLANOS

Pág.

## CAPITULO VI

### DIMENSIONAMIENTO DEL ESTUDIO DE TELEVISIÓN

### Y DISEÑO DEL ENLACE PARA GAMAVISIÓN

Plano A	.....	292
Plano B	.....	293
Plano C	.....	294
Plano D	.....	295
Plano E1	.....	296
Plano E2	.....	297

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto de tesis va dirigido específicamente a canales de televisión locales o nacionales, que en la mayoría utilizan el sistema convencional de transmisión vía microonda que enlaza su estudio de televisión con su planta transmisora . Los objetivos esenciales de este proyecto es la interconexión de estos dos puntos que lo establece un enlace de fibra óptica alternativo, equivalente al sistema actual de microondas y el análisis previo para el dimensionamiento y transición del estudio de televisión con tecnología analógica, al nuevo entorno de interfaces y estándares digitales.

Las señales de audio y video por fibra óptica combina las antenas que permiten transmitir y captar las señales electromagnéticas de televisión y el cable coaxial. El cable se esta convirtiendo actualmente en el canal por el que se ofrecen servicios integrales de telecomunicación: datos, imágenes, voz y sistemas multimedia servicio que en el futuro brindara la televisión digital. Cuando se generalice la transmisión digital y la fibra óptica, el cable se convertirá en el medio principal de comunicaciones. No va a resolver todos los problemas de la comunicación humana, pero puede ser un instrumento sumamente adecuado para afrontar buena parte de ellos.

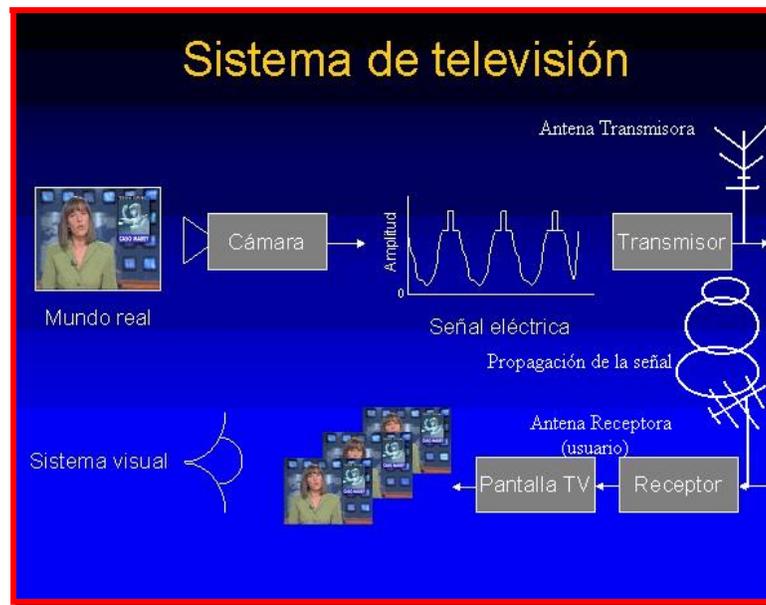
La diversidad de normas en el entorno audiovisual tanto en dominio digital como en el analógico ha situado el tema de las interfaces en el primer plano de atención para ingenieros, instaladores y usuarios de equipos de producción de audio y video en general. Un estudio diseñado para señales digitales será muy diferente en cuanto a diseño técnico y distribución de señal respecto a los estudios que actualmente manejan señal analógica. Las aplicaciones practicas de la señal digital de video han tenido ya una considerable repercusión sobre la televisión. La electrónica digital ha hecho posible muchos de los efectos visuales que hoy día se realizan; los convertidores de normas digitales han permitido la conversión de programas sin aparentar deterioro o perdida de imagen o voz y los futuros servicios multimedia abrirán de par en par las puertas a un nuevo y completo servicio de información dentro del hogar.

# CAPITULO I

## GENERALIDADES DE LA TELEVISIÓN

### 1.1 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN

La Televisión es la técnica de transmisión de imágenes animadas a gran distancia, utilizando como medio de propagación el espacio.



**Figura 1.1** Sistema Básico de Transmisión y Recepción de TV

Se trata, como podemos ver en la figura 1.1, de una transformación de la energía luminosa (energía captada por una cámara) en energía eléctrica, ésta a su vez se transforma en energía electromagnética que se envía al espacio. Todo este proceso ocurre en la transmisión. En la recepción la energía electromagnética es captada por la antena receptora y el sistema electrónico del

televisor (usuario) será el encargado de realizar el proceso inverso hasta la obtención de la energía luminosa (imágenes).

Se emplean sistemas de transmisión que consisten básicamente en las siguientes componentes:

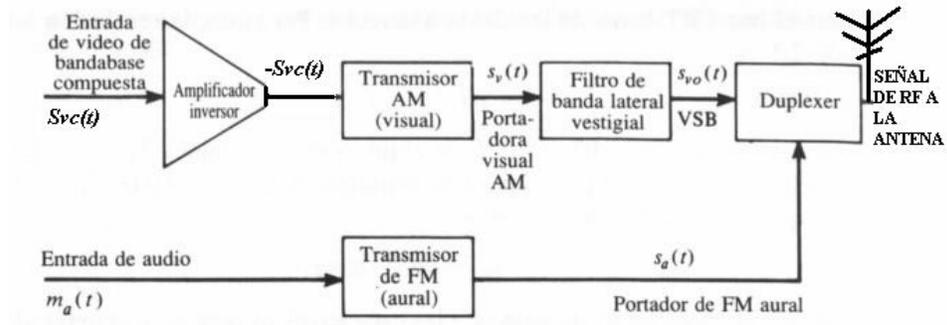
- **Modulador.-** Su función consiste en trasladar el espectro de la señal a la banda en que debe realizarse la transmisión. Cada canal que se transmite, tiene una distinta frecuencia portadora, y esto es precisamente lo que ubica a un canal en el sitio adecuado del sintonizador del receptor.
- **Transmisor.-** Su función consiste en amplificar la señal vertiente del modulador e inyectarla en la antena de transmisión.
- **Antena Transmisora.-** Se encarga de propagar al espacio la señal proveniente del transmisor

La emisión de televisión involucra la transmisión de dos señales separadas: una *aural* (sonido)  $ma(t)$  y una señal de *video compuesta*  $S_{vc}$  que consiste de una señal de video de *luminancia*  $S_{vl}$  y una señal de *sincronización*  $S_{vs}$  se ha adoptado universalmente la técnica de modulación de amplitud, la cual se invierte sobre una portadora de RF ( Figura 1.2, 1.10 ), la transmisión aural utiliza la modulación de frecuencia la señal de AM es:

$$S_v(t) = A_{vc} (1 - 0.875 S_{vc}(t)) \cos \omega_v t$$

Un puente Duplexer es una red que se utiliza para combinar las salidas de dos transmisores que operan a diferentes frecuencias y utilizan el mismo sistema de antena.

Es un fenómeno conocido, que toda portadora de radiofrecuencia modulada en amplitud es acompañada por señales adicionales, resultantes de la deformación que sufre la señal original al variar su amplitud de acuerdo a la información a transmitir. Estas señales, conocidas como bandas laterales se ubican a ambos lados de la portadora.



**Figura 1.2** Diagrama de Bloques del Sistema de Transmisión

La frecuencia de las bandas laterales (que son señales de radiofrecuencia) depende de la frecuencia de la portadora y la frecuencia de la señal modulante. La banda lateral inferior de la señal se disminuye, así que el espectro se ajustara dentro de una canal de ancho de banda de TV de 6 MHz. Esto se puede lograr mediante el uso de un filtro de banda lateral vestigial, que es un filtro de pasabanda que atenúa la mayor parte de la banda lateral inferior. La señal resultante filtrada se llama señal de *banda lateral vestigial* (VSB),  $S_{vo}(t)$ . La señal de audio  $S_a(t)$  para el programa de Televisión se transmite vía una portadora separada de FM.

La captación de la portadora y sus bandas laterales es lo que permite la reproducción de la información en el receptor. Es evidente que para restaurar correctamente la señal modulante, los amplificadores del receptor deben amplificar con igual ganancia todas las frecuencias (portadora y bandas laterales) para que las relaciones de amplitud originales se mantengan hasta el detector. En otras palabras, la banda pasante debe abarcar tanto las bandas laterales superiores como las inferiores.

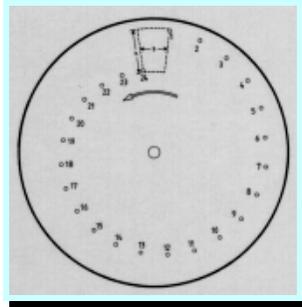
La imagen a transmitir se divide en un numero de líneas que son barridas de izquierda a derecha y de arriba abajo. A tal fin, el haz de barrido es desviado horizontal y verticalmente. Además, para garantizar que la imagen en el aparato receptor sea de buena calidad, que no se mueva aleatoriamente y que no aparezcan rayas horizontales o verticales en la pantalla se requiere de

información adicional en la señal; esta información como se describió anteriormente se conoce como de control o de sincronía; a través de ella se garantiza que el aparato receptor interprete cada imagen recibida como una imagen completa, es decir, que no tome y reproduzca la mitad de una imagen y la mitad de la siguiente para generar una imagen en el receptor. Todos estos conceptos de sincronismo, luminancia y color se presentan en el capítulo 4 con detalle.

## **1.2 HISTORIA DE LA TELEVISIÓN**

La palabra televisión viene del griego "tele" -lejos- y del latín "videre" -ver-; o sea, ver lejos. Se sabe que fue pronunciada por primera vez en 1900, en Francia, pero sus orígenes datan de los años precedentes a la Segunda Guerra Mundial. Más aún, se habla que en el siglo pasado se realizaron los primeros experimentos, que aunque muy primitivos, sirvieron como base para crear este nuevo medio.

La historia del desarrollo de la televisión ha sido en esencia la historia de la búsqueda de un dispositivo adecuado para explorar imágenes. La figura 1.3 muestra el llamado disco Nipkow, patentado por el inventor alemán Paul Gottlieb Nipkow en 1884. Era un disco plano y circular que estaba perforado por una serie de pequeños agujeros dispuestos en forma de espiral partiendo desde el centro. Al hacer girar el disco delante del ojo, el agujero más alejado del centro exploraba una franja en la parte más alta de la imagen y así sucesivamente hasta explorar toda la imagen. Sin embargo, debido a su naturaleza mecánica el disco Nipkow no funcionaba eficazmente con tamaños grandes y altas velocidades de giro para conseguir una mejor definición.



**Figura 1.3** Disco de Nipkow

La primera imagen televisiva la produjo el británico Jonh Logie Baird, en 1924, con el simple dibujo de una cruz emitida a tres metros de distancia. El sistema de Baird no era electrónico como el que usamos hoy. Baird invento un sistema mecánico de televisión en el cual la imagen la formaba un disco giratorio. En 1925, consiguió las primeras imágenes en color, la primera grabación y la primera retransmisión internacional. Este sistema mecánico daba una imagen pequeña y borrosa. La televisión electrónica la desarrollo en Estados Unidos el ingeniero Vladimir Zworykin (figura 1.4) en los años treinta. Con la invención del “iconoscopio” se produjo un nuevo y decisivo avance en los modernos sistemas electrónicos de televisión.



**Figura 1.4** Vladimir Zworykin

Las primeras emisiones públicas de televisión las efectuó la BBC en Inglaterra en 1927 y la CBS y NBC en Estados Unidos en 1930. En ambos casos se utilizaron sistemas mecánicos y los programas no se emitían con un horario regular. Las emisiones con programación se iniciaron en Inglaterra en 1936, y en Estados Unidos el día 30 de abril de 1939, coincidiendo con la inauguración de la Exposición Universal de Nueva York. Las emisiones programadas se interrumpieron durante la II Guerra Mundial, reanudándose cuando terminó. Durante los años inmediatamente posteriores a la II Guerra Mundial se realizaron diferentes experimentos con distintos sistemas de televisión en algunos países de Europa, incluida Francia y Holanda, pero fue la URSS, que comenzó sus emisiones regulares en Moscú en 1948, el primer país del continente en poner en funcionamiento este servicio público.

Ya en 1960 había 45 millones de televisores en Estados Unidos de América, 87% de los hogares tenía un aparato receptor. Y en 1962 el mundo quedó atónito con el nuevo descubrimiento: La televisión vía satélite. Se pudo observar en muchos rincones de la Tierra el funeral de John F. Kennedy y la llegada del hombre a la Luna. Así fue transcurriendo el tiempo y en 1989 en Estados Unidos de América se sabía que existían 176 millones de televisores, un 98% de los hogares tenía al menos un aparato receptor.

### **1.3 LA TELEVISIÓN EN EL ECUADOR**

#### **1.3.1 ANTECEDENTES**

La historia de la televisión en el Ecuador se remonta al mes de mayo de 1959, cuando José Rosenbaum, ciudadano alemán radicado en nuestro país desde la edad de 9 años, hijo de padre alemán, decide iniciar una aventura desconocida en aquella época.



**Figura 1.5** Rosenbaum y su esposa Linda

Rosenbaum y su esposa Linda Zambrano de Rosenbaum nacida en Bahía de Caráquez - Manabí - Ecuador, traen los primeros equipos para emitir una señal de televisión y los llevan a Quito donde no reciben el apoyo necesario. Inmediatamente se trasladan a Guayaquil y ya el 29 de septiembre de 1959, a las 20h30, en el Estudio de Radio Cenit, ubicado en 9 de Octubre entre Boyacá y García Avilés, se iniciaron las primeras transmisiones experimentales de televisión en circuito cerrado, con el programa Coktel Deportivo, conducido por Chiken Palacios, coanimado por Magdalena Macias y Jaime Cobos. Este programa tuvo como primer auspiciador a "Leche Dos Nenes"(figura 1.6).



**Figura 1.6** Primer Programa “Coktel Deportivo”

Para esta transmisión se instalaron televisores en la Plaza de San Francisco, en el Salón Costa ubicado en 9 de Octubre y Boyacá, en el Salón Derby, frente al parque Centenario. El Sr. Washington Delgado Cepeda, dueño de radio Cenit, facilitó el local de sus radios para estas pruebas, a través de Televisora Ecuatoriana, en circuito cerrado.



**Figura 1.7** Primera Cámara de la Época

Linda de Rosenbaum viajó a Quito para obtener la primera frecuencia de televisión del Ecuador, que fue otorgada por decreto ejecutivo # 951 del entonces Presidente del Ecuador Dr. Camilo Ponce Enríquez y del Arq. Sixto Durán Ballén, su Ministro de Obras Públicas y Comunicaciones. La concesionaria de la frecuencia fue Linda Zambrano, por cuanto su esposo era extranjero. El 1 de junio de 1960 se otorgó el permiso de operaciones de "Primera Televisión Ecuatoriana Canal 4" de Guayaquil, hoy Telesistema. Posteriormente se crearon otras estaciones de televisión como canal 2 Ecuavisa, en 1967 entre otras.

### **1.3.2 TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

Guayaquil, es fiel testigo del desarrollo de la televisión en el Ecuador desde sus inicios, en esta ciudad se mentalizaron y se fundaron las primeras estaciones de televisión de circuito cerrado.



**Figura 1.8** Cerro del Carmen – Guayaquil

La señal que cubre a todo Guayaquil, se genera desde el Cerro del Carmen, por ser unas de las elevaciones montañosas ubicada en plena ciudad, ha sido desde las primeras transmisiones, el lugar donde se han creado estudios de televisión y se han ubicado las bases transmisoras y sus respectivas torres de los principales canales que operan en la ciudad. Con una altura de aproximadamente 86 mts. este cerro, se considera como el punto de concentración de la señal que se genera en los estudios de televisión para ser amplificada y posteriormente transmitida (figura 1.8). Para nuestro caso en particular Gamavisión envía su señal desde su estudio al Cerro del Carmen lugar donde se encuentra su planta trasmisora, bajo un sistema de radio-enlace para luego realizar todo el proceso de transmisión de la señal al aire (figura 1.9). La ubicación del Cerro del Carmen establece un Contorno de Protección, línea que delimita la zona geográfica correspondiente al área primaria de servicio de una estación, cuyo centro se ubica en la posición de la antena transmisoras y su radio en kilómetros (Km.), se determina por los parámetros técnicos de la estación.

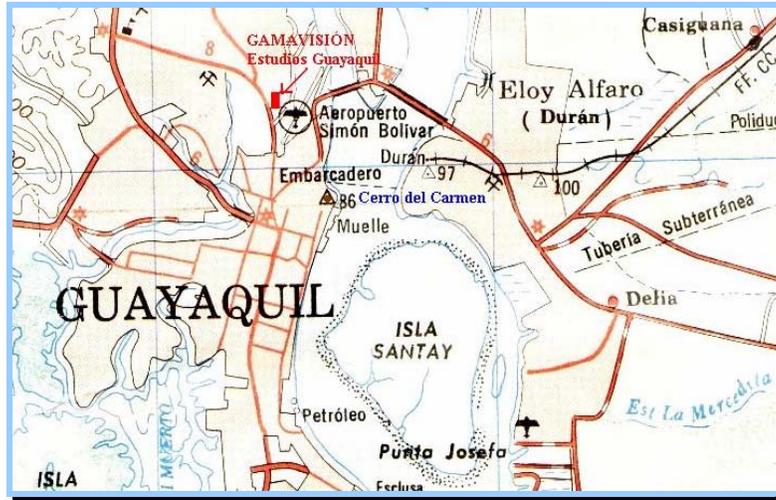


Figura 1.9 Croquis Panorámico de la Ubicación Gamavisión-Cerro del Carmen

### 1.3.3 REPETIDORAS

Un repetidor de microondas es un receptor y un transmisor colocados espalda con espalda o en tándem con el sistema. La figura 1.10 muestra el diagrama de bloques de un repetidor de microondas. La estación del repetidor recibe una señal, la amplifica, le da nueva forma, y luego retransmite la señal al siguiente repetidor o estación terminal que sigue hacia abajo en la línea.

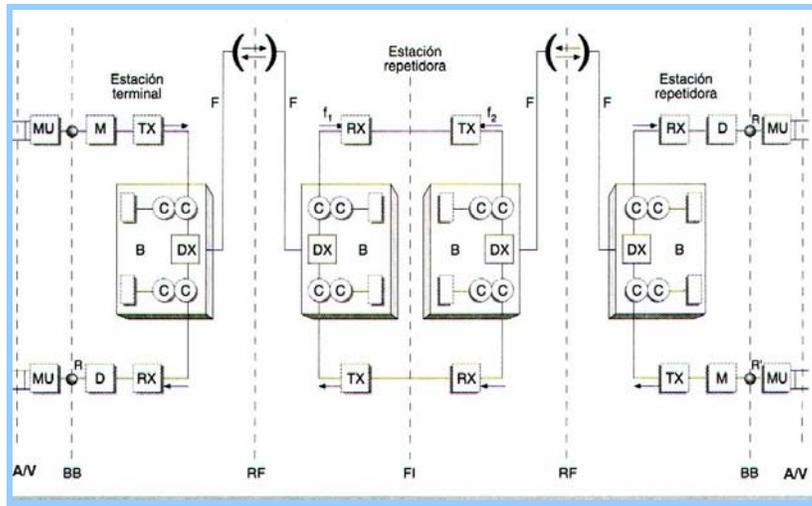


Figura 1.10 Repetidor de microondas

Este diagrama muestra una serie de interfaces:

**A/V** : Interfaz de canal o señales Audio y video.

**BB** : Interfaz de banda base.

**RF** : Interfaz de radiofrecuencia.

**FI** : Interfaz de frecuencia intermedia.

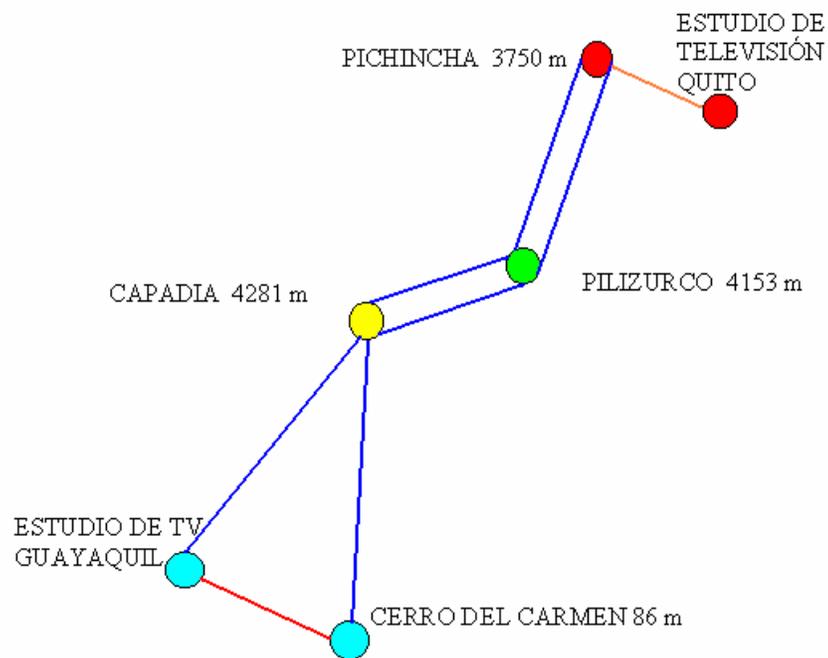
Recorriendo el enlace en el sentido de ida:

- Los canales presentes en A/V pasan al multiplexor (MUX).
- El multiplexor los transforma en canales en banda base.
- La señal en banda base se combina con la portadora en el modulador (M).
- La señal modulada se amplifica en TX y pasa a continuación a una red de microondas B, que permite la compartición de la antena por otros transmisores.
- Por último, se entrega al circuito alimentador de antena F mediante un duplexor DX, que permite utilizar la misma antena por los transmisores y receptores.
- En las estaciones repetidoras, la señal recibida en  $f_1$  se pasa a FI, se amplifica y se retransmite en  $f_2$ .
- En la estación terminal de destino se extrae la señal de la red de microondas de B y se lleva al receptor, demodulándose en D y pasando al demultiplexor (MUX), del que se extraen cada uno de los canales.

Este tipo de repetidor se presta también para la derivación de canales de audio y video hacia un transmisor capaz de generar o retransmitir señales de televisión para su recepción por el público en general, cuya potencia está determinada para cubrir una área geográfica específica.

La figura 1.11 nos presenta una red de microondas del tramo Guayaquil-Quito la cual es usada por los diferentes canales de televisión de nuestro país. La señal que se genera en los estudios de televisión de estas dos ciudades, pasa por las estaciones repetidoras de Capadía y Pilizurco. Por ejemplo si la matriz de un canal de televisión se encuentra en la ciudad de

Quito, esta envía su señal via microonda al cerro Pichincha donde se encuentra ubicado su transmisor principal, luego la señal continua su trayecto hacia la estación repetidora de Pilizurco ubicada en la Provincia del Tungurahua lugar donde se encuentra un transmisor que cubre a la ciudad de Ambato y sus alrededores. La señal pasa por la estación repetidora de Capadia para terminar en el Cerro del Carmen de la ciudad de Guayaquil o en la estación sucursal de televisión. Estas rutas de estaciones repetidoras sirven para llevar la señal a todas las provincias a nivel nacional, cuyo mantenimiento y administración es realizada por la empresa Ecuatronic.

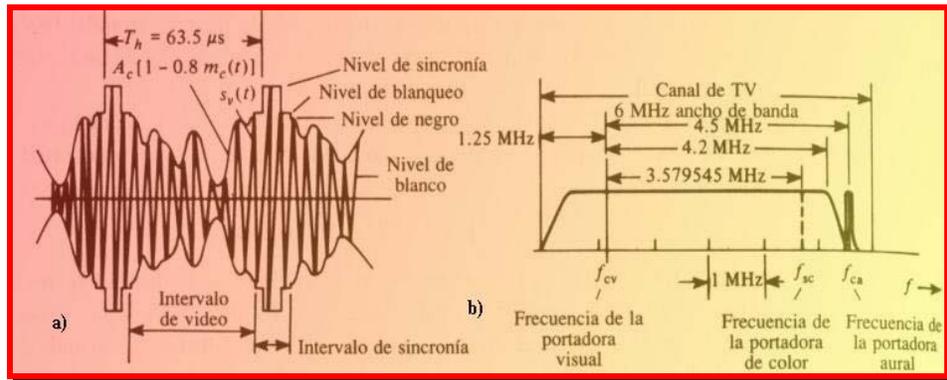


**Figura 1.11** Red de microondas Guayaquil-Quito

### **1.3.4 ESTANDARES DE TRANSMISIÓN**

La figura 1.12 muestra el espectro de la frecuencia para un canal de televisión comercial de nuestro país. Como se describió anteriormente su ancho de banda total es de 6 MHz. La portadora visual esta espaciada a 1.25 MHz arriba del limite inferior para el canal y la portadora aural a 0.25 MHz debajo del limite superior. Por lo tanto, las portadoras visual y aural tienen siempre 4.5

MHz de separación. La *subportadora* de color esta ubicada a 3.579545 MHz arriba de la portadora visual. La banda lateral inferior es de 0.75 MHz de ancho y la banda lateral superior 4.2 MHz. En consecuencia, las frecuencias bajas de video (perfil general de la imagen) se enfatizan en relación a las frecuencias altas de video (detalles mas exactos de la imagen). La portadora aural tiene un ancho de banda de 75 KHz aproximadamente ( $\pm 25$  KHz desviación para la modulación al 100%).



**Figura 1.12** a) Forma de Onda de una Portadora AM visual  $S_v(t)$  b) Canal de transmisión de televisión estándar (Respuesta de Frecuencia)

### 1.3.5 MARCO REGULATORIO

En el Ecuador existen entidades que regulan y controlan todos los servicios de Telecomunicaciones para el desarrollo del país y en defensa de los derechos del usuario. El **Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión – CONARTEL**, dicta resoluciones técnicas que permiten regular adecuadamente el sector, es un organismo autónomo, creado el 9 de mayo de 1995, de derecho público, con personería jurídica con sede en la ciudad de Quito. Las principales funciones que cumple el CONARTEL son las siguientes:

- ⌘ Aprobar el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias para Radiodifusión y Televisión o sus reformas.
- ⌘ Autorizar la concesión de canales o frecuencias de radiodifusión o televisión.
- ⌘ Resolver los reclamos y apelaciones que presenten los concesionarios.
- ⌘ Vigilar el cumplimiento del requisito de nacionalidad.
- ⌘ Velar por el pleno respeto de las libertades de información, de expresión del pensamiento y de programación; así como al derecho de propiedad en la producción, transmisiones o programas.
- ⌘ Regular y controlar en todo el territorio nacional, la calidad artística, cultural y moral de los actos o programas de las estaciones de radiodifusión y televisión.
- ⌘ Aprobar las tarifas por las frecuencias radioeléctricas del servicio de radiodifusión y televisión.
- ⌘ Determinar las políticas que debe observar la Superintendencia en sus relaciones con otros organismos nacionales o internacionales.

Existe otra entidad de control como la **Superintendencia de Telecomunicaciones SUPTEL**, que Según la Ley Reformatoria a la Ley de Radiodifusión y Televisión cumple las siguientes funciones:

- ⌘ Realizar el control técnico y administrativo de las estaciones de radiodifusión y televisión
- ⌘ Imponer las sanciones que le faculte esta ley y los reglamentos.
- ⌘ Administrar y controlar las bandas del espectro radioeléctrico destinadas por el Estado para radiodifusión y televisión
- ⌘ Ejecutar las resoluciones del CONARTEL
- ⌘ Someter a consideración del CONARTEL los proyectos de reglamentos, del plan nacional de distribución de frecuencias para radiodifusión y televisión, del presupuesto del Consejo, de tarifas, de convenios o de resoluciones en general con sujeción a esta Ley.
- ⌘ Mantener con los organismos nacionales o internacionales de radiodifusión y televisión públicos o privados, las relaciones que

corresponda al país como miembro de ellos, de acuerdo con las políticas que fije el CONARTEL

- Suscribir contratos de concesión de frecuencia para estación de radiodifusión o televisión o de transferencia de la concesión, previa aprobación del CONARTEL.

A continuación se presenta un resumen del **REGLAMENTO GENERAL A LA LEY DE RADIODIFUSION Y TELEVISIÓN.**

### **DISPOSICIONES GENERALES**

- La Superintendencia de Telecomunicaciones esta a cargo del control y administración de las estaciones de radio difusión y televisión. Los medios, sistemas o servicios se registrarán por disposiciones de la Ley de radiodifusión y Televisión. Los canales y frecuencias radioeléctricas constituyen patrimonio nacional. La explotación del servicio para Radiodifusión y Televisión esta permitida a toda persona natural o jurídica ecuatoriana y se prohíbe explotar la radiodifusión y televisión a personas naturales o jurídicas extranjeras.
- El servicio público de televisión en el Ecuador (televisión local), se clasifica de la siguiente manera:

**a. De servicio público**

**b. Comerciales privadas**

- Son estaciones de servicio público las destinadas al servicio de la comunidad, sin ánimo de lucro, con el objeto de realizar y producir su propia programación para satisfacer necesidades educativas, recreativas y culturales, y no podrán cursar publicidad comercial de ninguna naturaleza. Las estaciones privadas poseen capital privado, proveniente de publicidad pagada con animo de lucro.
- Las concesiones de frecuencias para Radiodifusión y Televisión las realizara la **CONARTEL**, a través de la **SUPTEL** . La SUPTEL

administrará y controlará todas las bandas del espectro radioeléctrico. Toda concesión se otorgará mediante contrato elevado a escritura pública. Solo se otorgará concesiones en lugares donde no existan concesiones para estaciones nacionales, regionales o locales de onda media o frecuencia modulada. Una vez que el CONARTEL otorgue una concesión la SUPTEL se encargará de las características técnicas de operación de la estación.

- Una vez cumplido con todos los requisitos legales, técnicos y reglamentarios, el presidente del CONARTEL dispondrá la publicación por la prensa sobre la solicitud de la concesión de frecuencia. El contrato de concesión tiene un período de duración diez años, se renovará sucesivamente por períodos iguales.
- Los canales de televisión que posean tres o más repetidoras, estarán obligados por parte de Superintendencia de Telecomunicaciones, a instalar una estación repetidora en la región Amazónica, Zona fronteriza y región Insular en el lugar y características que la Superintendencia de Telecomunicaciones lo autorice.
- Sin perjuicio a lo establecido en el Art. 10 de la Ley de Radiodifusión y Televisión no se concederá frecuencias de radiodifusión o televisión, en los siguientes casos:
  - ❖ A personas naturales o jurídicas que hayan sido sancionadas con la terminación del contrato y con la consiguiente reversión de la frecuencia al Estado.
  - ❖ A personas naturales o jurídicas ex-concesionarias de radiodifusión o televisión que hayan cedido o vendido los equipos y transferido los derechos de concesión de frecuencias, dentro del plazo de cinco años contados a partir de la fecha de la concesión.
  - ❖ A personas naturales o jurídicas que sin autorización del CONARTEL o de la Superintendencia de Telecomunicaciones, hayan puesto en funcionamiento estaciones de radiodifusión o televisión.

- Requisitos para la Concesión

1. PARA SOLICITAR FRECUENCIAS O CANALES DE RADIODIFUSION Y TELEVISIÓN

- a) Solicitud escrita dirigida al CONARTEL, en la que conste los nombres completos del solicitante y su nacionalidad.
- b) Nombre propuesto para la prestación o sistema a instalarse.
- c) Clase de estación o sistema comercial privado, de servicio público o de servicio público comunal.
- d) Banda de frecuencias: de radiodifusión de onda media, onda corta, frecuencia modulada, radiodifusión por satélite, radiodifusión circuito cerrado, televisión **VHF (Muy alta frecuencia)** o televisión **UHF (Ultra alta frecuencia)**, televisión codificada, televisión por cable, de audio, video o datos, u otros medios, sistemas o servicios de conformidad con la Ley de Radiodifusión y Televisión y este Reglamento.
- e) Estudio de Ingeniería suscrito por un Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones colegiado y registrado en la Superintendencia de Telecomunicaciones.
- f) Ubicación y potencia de la estación o estaciones.
- g) Horario de trabajo.
- h) Dos certificados bancarios que acrediten la solvencia económica del solicitante.
- i) Currículum vitae, para el caso de persona natural.
- j) Partida de Nacimiento del solicitante y del cónyuge.
- k) Fotocopias de las cédulas de ciudadanía y certificados de votación de la persona natural o del representante legal de la personería jurídica.
- l) Declaración juramentada que el peticionario no se encuentre incurso en ninguna de las limitaciones establecidas en la Ley de Radiodifusión y Televisión en relación con el número de

estaciones de las que puede ser concesionario. La persona jurídica además de lo indicado anteriormente en este artículo, debe presentarlos documentos que acrediten su existencia legal y el nombramiento del representante legal. Para el caso de Compañías, Corporaciones o Fundaciones debe adjuntar las partidas de nacimiento de los socios, y de ser el caso, el certificado de porcentajes de inversión extranjera otorgadas por la Superintendencia de Compañías.

## 2. PUBLICACION POR LA PRENSA

Una vez que el Consejo conozca la solicitud con el informe del Superintendente de Telecomunicaciones, resolverá la publicación por la prensa sobre la concesión de la frecuencia para lo cual el peticionario pagará los valores de publicación correspondientes.

## 3. RESOLUCION PARA LA CONCESIÓN

Luego de que el Consejo haya aprobado la solicitud, y autorizado la celebración del contrato para la concesión de las frecuencias, para la instalación y operación de medios sistemas o servicios, el interesado deberá presentar los siguientes documentos:

- a. Una garantía en dinero en efectivo o cheque certificado a favor de la Superintendencia de Telecomunicaciones por cada una de las frecuencias que solicita para el fiel cumplimiento de la instalación y operación de la estación o sistema, por el valor equivalente a 20 salarios mínimos vitales del Trabajador en General, vigentes a la fecha de suscripción del contrato.
- b. Título de propiedad de los equipos, a falta de éste la promesa de compra venta, judicialmente reconocida.
- c. Títulos de propiedad, o contrato de arrendamiento, de los terrenos en donde se instalará el transmisor de la estación matriz y la(s) repetidora(s)

#### 4. PARA LA SUSCRIPCION DEL CONTRATO

Cuando el Consejo resuelva la concesión de la frecuencia, el interesado deberá presentar el comprobante de pago por los vigentes derechos de concesión de la frecuencia, otorgado por la Dirección Financiera de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

- El concesionario podrá transferir su concesión a otra persona natural o jurídica e el caso de venta de la estación y todos sus bienes.
- La CONARTEL a través de la SUPTEL serán los únicos organismos en realizar todo el proceso de concesiones y transferencias.
- El plazo será de 1 año a partir de la suscripción para que la estación realice todo el proceso de instalación de sus equipos y transmisor de programas. El concesionario notificará por escrito a la Superintendencia de Telecomunicaciones la fecha de inicio de emisiones de prueba de la estación, por lo menos con 15 días de anticipación.
- El concesionario esta obligado presentar los registros técnicos y documentos legales a los funcionarios de la Superintendencia de Telecomunicaciones, los cuales tendrán libre acceso a todos los estudios e instalaciones de las estaciones de televisión.
- El concesionario esta en la obligación de solucionar cualquier problema de interferencia que su estación cause a otras.
- Los concesionarios están obligados a instalar las estaciones con dispositivos de seguridad humana y señalización necesarias para la navegación aérea, conforme las disposiciones sobre la materia y con instrumentos que indiquen los parámetros de la operación de la estación. La Superintendencia de Telecomunicaciones podrá autorizar la instalación de un transmisor adicional, siempre que se encuentre ubicado en el mismo lugar del trasmisor principal
- La ubicación de los equipos transmisores deberán instalarse fuera de la línea perimetral urbana y límites poblados de la ciudad y estarán ubicados en sitios equidistantes con respecto al centro de la ciudad

objeto del área primaria de transmisión. Son infracciones de carácter técnico el instalar un estudio adicional al principal en una zona distinta del área de cobertura autorizada y arrendar la estación sin autorización del CONARTEL, que será otorgada a través de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

- Cualquier cambio o modificación de carácter técnico debe ser autorizada a la entidad regulatoria correspondiente, si se hiciera sin su consentimiento, éste multará al concesionario y suspenderá la instalación.
- El rango de potencia en el que puedan operar las estaciones de Radiodifusión y Televisión será determinado por el Consejo sobre la base de estudios técnicos de interferencia y calidad de servicio en el área de cobertura de la estación que para el efecto realizará la Superintendencia de Telecomunicaciones.
- Las bandas de frecuencias atribuidas a los medios sistemas y servicios de radiodifusión y televisión será elaborado por Superintendencia de Telecomunicaciones la aprobación del CONARTEL, el cual constituirá la base para las asignaciones de frecuencias, concesiones y autorizaciones que otorgue el CONARTEL, para el establecimiento y operación de las estaciones de televisión.
- El Plan Nacional de Distribución de frecuencias contendrá, entre otros aspectos, los planes de frecuencias específicos para las estaciones de:
  - Radiodifusión en onda media, onda corta, frecuencia modulada.
  - Televisión VHF, UHF, televisión codificada y televisión por cable.
  - Radiodifusión y televisión por satélite.
  - Transporte de audio, video y datos.
  - Planes de distribución para las frecuencias auxiliares para radiodifusión y televisión.
- El Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión, establecerá las tarifas y tasas por derechos de concesión que deberá abonar el concesionario a la Superintendencia de Telecomunicaciones.

- **Para efectos de pago de las tarifas se considera parte integrante de la frecuencia principal un solo radioenlace estudio-transmisor, el cual está sujeto a pago adicional por concepto de concesión y utilización de frecuencia.**
- Las estaciones de televisión tendrán libertad para determinar su horario de funcionamiento y elaborar y ejecutar su programación, bajo los Códigos de Ética de la **Asociación Ecuatoriana de Radiodifusión y Televisión (AER) y Asociación de Canales de Televisión (ACTVE)**.
- Las estaciones de televisión emitirán su programación, sujetos a las siguientes normas:

Pondrán énfasis en :

- La información científica y técnica
- El conocimiento y divulgación de la realidad nacional e internacional
- Cultura, derechos humanos y en la educación
- Formación moral de la niñez, juventud y público en general.
- Defenderán, promoverán y exaltarán las tradiciones, costumbres, creencias religiosas y demás valores propios de la cultura nacional.
- Conservar y fortalecer la unidad nacional.
- La educación política y cívica del pueblo ecuatoriano, mediante el conocimiento de la Constitución y leyes de la República.
- La programación para todo público está establecido en el horario de 06h00 a 21h00, periodo de tiempo en el cual no se evitarán escenas o imágenes de violencia, crueldad, actos sexuales explícitos o de promiscuidad. El objetivo será de la prevención y regeneración de los vicios u otras desviaciones de la conducta individual o social.
- Las radiodifusoras y estaciones de televisión en cumplimiento de sus respectivos Códigos de Ética están prohibidos de transmitir por ningún concepto programas dirigidos por mentalistas, parasicólogos, adivinos, también comprende esta prohibición a los programas que induzcan a errores médicos o culturales, que afecten a la salud física o mental de la

población. Se exceptúan los programas dirigidos por profesionales en las áreas de la medicina, psicología y psiquiatría.

- Para transmitir publicidad relacionada con cigarrillos y bebidas alcohólicas se deben revisar los siguientes detalles : La publicidad no esté dirigida directa o indirectamente hacia menores de edad; No se utilicen imágenes, voces de niños o adolescentes o que simulen ser tales. Su publicidad se la realizara n el horario de 21h00 a 06h00.
  
- Los concesionarios están obligados a transmitir en cadena dispuesta por la SENACOM, programas para fomentar el civismo, la solidaridad, las obligaciones de los ciudadanos frente a su país y al mundo.
- Las grabaciones de audio y/o video del programa o acto cuestionados, serán presentados a la CONARTEL a fin de determinar la responsabilidad a que hubiere lugar.
- La ley de la producción y su propiedad establece la protección a la exclusividad de la transmisión o retransmisión del programa, acto, evento u obra que se origine o que se produzca en la exclusividad, con el objeto de evitar su indebida utilización.
- Se prohíbe que con fines publicitarios las estaciones señalen características técnicas de la estación diferentes a las autorizadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones o falseen la verdad en cuanto al origen. Se prohíbe la utilización de la subportadora residual de las estaciones de frecuencias modulada sin autorización de la Superintendencia de Telecomunicaciones. Las estaciones podrán suspender sin autorización de la Superintendencia de Telecomunicaciones, hasta por 8 días las emisiones ordinarias para mantenimiento. Se prohíbe la utilización de la subportadora residual de las estaciones de frecuencias modulada sin autorización de la Superintendencia de Telecomunicaciones.
- Las obligaciones sociales de las estaciones de televisión: Transmitirá en cadena los mensajes e informes del Presidente de la República, ministros y otros funcionarios del gobierno, las cuales serán dispuestas

y notificadas por la Secretaría Nacional de Comunicación del Estado (SENACOM). En el caso de los Presidentes del Congreso Nacional, Corte Suprema de Justicia y Tribunal Supremo Electoral, la SENACOM coordinará dicha notificación. La estaciones de televisión presentaran programas oficiales de tele educación, educativos y didácticos elaborado por su propia cuenta.

- El concesionario, esta en la obligación ante la Superintendencia de Telecomunicaciones y al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, en los primeros 8 días hábiles del mes de enero de cada año la lista actualizada del personal ejecutivo técnico y de operación con indicación de nacionalidad, profesión, ocupación y dirección domiciliaria que labora en la estación, con la certificación de su afiliación al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social y para el caso de extranjeros la autorización del Ministerio del Trabajo, además se reconoce como profesional de radiodifusión o televisión a quien dispone de título que le acredite como tal otorgado por los establecimientos o instituciones autorizados.

- **ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS**

Una lista de frecuencias para los canales de televisión aparece en la tabla 1.1. Los canales del 2 al 13 que corresponden a la banda VHF incluyen de 54 a 216 MHz . Para la banda UHF, los canales del 14 a 69 encierran de 470 a 806 MHz con un ancho de banda de 6 MHz. Los canales del 70 al 83 ahora están distribuidas para radio de dos vías y servicio telefónico celular en los Estados Unidos, pero fueron distribuidas para transmisión de TV UHF antes de 1974.

Número de canal	Banda (MHz)	Número de canal	Banda	Número de canal	Banda
2	54-60	29	560-566	57	728-734
3	60-66	30	566-572	58	734-740
4	66-72	31	572-578	59	740-746
5	76-82	32	578-584	60	746-752

6	82-88	33	584-590	61	752-758
7	174-180	34	590-596	62	758-764
<b>8</b>	<b>180-186</b>	35	596-602	63	764-770
9	186-192	36	602-608	64	770-776
10	192-198	37	608-614	65	776-782
11	198-204	38	614-620	66	782-788
12	204-210	39	620-626	67	788-794
13	210-216	40	626-632	68	794-800
14	470-476	41	632-638	69	800-806
15	476-482	42	638-644	70	806-812
16	482-488	43	644-650	71	812-818
17	488-494	44	650-656	72	818-824
18	494-500	45	656-662	73	824-830
19	500-506	46	662-668	74	830-836
20	506-512	47	668-674	75	836-842
21	512-518	48	674-680	76	842-848
22	518-524	49	680-686	77	848-854
23	524-530	50	686-692	78	854-860
24	530-536	51	692-698	79	860-866
25	536-542	52	698-704	80	866-872
26	542-548	53	704-710	81	872-878
27	548-554	54	710-716	82	878-884
28	554-560	55	716-722	83	884-890
		56	722-728		

**Tabla 1.1** Asignación de frecuencia de canal de televisión

#### **1.4 CUADROS COMPARATIVOS DE ALGUNOS ESTANDARES DE TRANSMISIÓN EN EL MUNDO**

Algunos países cuentan con un sistema o norma de transmisión de televisión "oficial", pero las nuevas compañías de cable que se van incorporando eligen otro sistema distinto. También sucede el caso típico en que viviendo en un país con un sistema determinado, se reciben señales de televisión en un sistema diferente, como por ejemplo vía satélite, y a veces estos factores agregan confusión acerca de cual es el sistema que en realidad utilizan determinadas regiones. En la tabla 1.2 nos muestra algunos países del mundo y sus correspondientes sistemas de televisión.

PAIS	SISTEMA DE COLOR	BANDA	VOLTAJE AC	FRCUENCIA DE AC
Afghanistan	SECAM & PAL	B	220 V	50Hz
Alaska	NTSC	M	110 V	60 Hz
Angola	PAL	I	220 V	50 Hz
Argentina	PAL	N	220 V	50 Hz
Aruba	NTSC	M	-	-
Australia	PAL	B	240 V	50 Hz
Austria	PAL	B, G	220 V	50 Hz
Bahamas	NTSC	M	120 V	60 Hz
Bolivia	NTSC	M	115 V/230 V	50 Hz
Bosnia	PAL	B, H	-	-
Brazil	PAL	M	220 V	60 Hz
Bulgaria	SECAM (Vertical)	D, K	220 V	50 Hz
Canadá	NTSC	M	110 V/240 V	50 Hz
Chile	NTSC	M	220 V	50 Hz
Costa Rica	NTSC	M	110 V	60 Hz
Cuba	NTSC	M	120 V	60 Hz
Dominica	NTSC	M	110 V	60 Hz
<b>Ecuador</b>	<b>NTSC</b>	<b>M</b>	<b>120 V</b>	<b>60 Hz</b>
Egipto	PAL	B, G	220 V	50 Hz
Dominica	NTSC	M	110 V	60 Hz
Finlandia	PAL	B, G	220 V	50 Hz
Francia	SECAM (Vertical)	L	115 V/230 V	50 Hz
Ale mania	PAL	B	220 V	50 Hz
Guatemala	NTSC	M	110 V/220 V	60 Hz
Haiti	NTSC	M	115 V/220 V	50 Hz
Hawaii	NTSC	M	110 V	60 Hz
Honduras	NTSC	M	110 V/220 V	60 Hz
Hong Kong	PAL	I	220 V	50 Hz
India	PAL	B	230 V	50 Hz
Indonesia	PAL	B	220 V	50 Hz
Irán	SECAM (Vertical)	B	220 V	50 Hz
Iraq	SECAM (Vertical)	B	220 V	50 Hz
Israel	PAL	B, G	230 V	50 Hz
Italia	PAL	B, G	127V/220 V	50 Hz
Jamaica	NTSC	M	110 V	50 Hz/60 Hz
Japón	NTSC	M	100 V/200 V	50 Hz/60 Hz
México	NTSC	M	127 V/220 V	50 Hz/60 Hz
Nicaragua	NTSC	M	117 V	60 Hz
Nigeria	PAL	B	220 V	50 Hz
Panamá	NTSC	M	110 V	60 Hz
Paraguay	PAL	N	220 V	50 Hz
Perú	NTSC	M	220 V	60 Hz
Russia	SECAM (Vertical)	D, K	220 V	50 Hz
Taiwan	NTSC	M	100 V	60 Hz
USA	NTSC	M	110 V	60 Hz
Venezuela	NTSC	M	110 V/220 V	60 Hz
Vietnam	SECAM & NTSC	M	120 V	50 Hz

**Tabla 1.2** Estándares de Transmisión de Televisión Mundial

Donde:

Las sigla **NTSC** significa: National Television System Committee.

Este sistema fue desarrollado en los Estados Unidos y fue el primer sistema de televisión en color . Las transmisiones en este sistema comenzaron en el año 1954.

La sigla **PAL** significa: Phase Alternation Line. Fue desarrollado en Alemania. Se basa en el sistema NTSC americano , pero fue modificado para evitar la distorsiones de color e imprecisiones del matiz característicos del sistema original NTSC. Las transmisiones en PAL comenzaron en el año 1967.

**SECAM** significa: Sequential Couleur Avec Memoire. Fue desarrollado en Francia y las primeras transmisiones comenzaron en el año 1967.

B	VHF
G	UHF
H	UHF
I	VHF/UHF
D	VHF
N	VHF/UHF
M	VHF/UHF
K	UHF
K1	VHF/UHF
L	VHF/UHF

## CAPITULO II

### ANÁLISIS DE UN ESTUDIO DE TELEVISIÓN

#### 2.1 GENERALIDADES PARA EL DISEÑO DE UN ESTUDIO DE TELEVISIÓN

El estudio estará situado en el edificio ya ocupado por la estación de televisión, en el que habrá que dedicar ciertas salas a esa función (figura 2.1). El conjunto de las instalaciones debe ser autocontenido y aislado, para evitar en lo posible el acceso de personas no autorizadas.

En la planificación ha de tenerse en cuenta que el estudio ha de ser lo mayor posible; una superficie de unos 110m<sup>2</sup> proporciona la suficiente versatilidad para el empleo de dos o tres cámaras. Por otra parte, los estudios grandes tienen poca utilidad si no se dispone de suficiente altura como lo que normalmente no se encuentra en edificios destinados a oficinas. La altura mínima de un emparrillado de iluminación se sitúa alrededor de los 7 m.



**Figura 2.1** Estudio de Televisión

El estudio debe estar situado lejos de carreteras importantes, aeropuertos, líneas férreas y, en general alrededores ruidosos, con objeto de evitar importantes inversiones en acondicionamiento acústico. Un aislamiento excesivo puede “matar” acústicamente la sala, lo que obliga a aumentar artificialmente el tiempo de reverberación para conseguir un sonido satisfactorio.

El estudio dispone de una entrada de decorados y accesorios de doble puerta de grandes dimensiones, con fácil acceso para vehículos que facilite la carga y descarga de equipos. El estudio cuenta con una área de almacenamiento para decoración, atrezzo y medios auxiliares que requiere un estudio que, aun en caso de consistir tan solo en mesas, sillas, pies de micrófono, trípodes de iluminación, lámparas, pizarras y útiles de demostración, llegan a necesitar un espacio bastante grande y que aumenta rápidamente.

La ventilación es importante, ya que al haber un nivel alto de iluminación y muchas personas trabajando, la temperatura se eleva rápidamente para lo cual se usan aires acondicionados regulados con termostatos y silenciosos.



**Figura 2.2** Estudio de Noticias de TV : Gamavisión

- **ILUMINACIÓN**

La función más simple de la iluminación es proporcionar la luz suficiente de tal manera que la cámara pueda reproducir una imagen. Dentro de los estudios la mayoría de las luces están dispuestas en la parrilla del techo, con disponibilidad de algunas pocas luces en trípodes sobre el piso para ser utilizadas en el eje de cámara. El sistema de parrilla tiene, por lo general, el inconveniente de que las luces provenientes de arriba crean sombras en el cuello de los personajes denominadas efecto babero, y en los ojos producen sombras negras pronunciadas conocidas como ojeras. Para limpiar estas sombras es necesario ubicar luces en el eje de cámara y a la altura de la lente. Otra manera de aliviar este inconveniente, aunque no tan precisa, consiste en bajar las luces a través de barras o pantógrafos tal como lo muestra la figura 2.2, para ubicarlas en una posición que favorezca la iluminación del rostro u otro aspecto o detalle de la escenografía. La ventaja de la iluminación de parrilla es que permite libertad de movimiento de las cámaras y los actores, muy bien aprovechada para los programas que se desarrollan en estudio. Se complementa también con las posibilidades que tiene el estudio de ofrecer un mayor control sobre los distintos factores externos que inciden en la realización de la imagen como el clima, los cambios de intensidad y temperatura de luz, limitación de las horas de luz-día, el sonido ambiente y un control absoluto en el set acerca de la presencia de personal ajeno a la producción, entre otros. Por lo general, los estudios cuentan con dimmers o reóstatos que permiten controlar la intensidad de la luz y facilitan la sutileza en el diseño agilizando así la producción, ya que desde la consola de control de las luces se pueden realizar los cambios necesarios. La figura 2.3 muestra diferentes aparatos de iluminación.



SOFTLITE 2500



SOLARIS P.O.



SOLARIS PO  
CON DIMMER

a)



VARIBEAM



LILLIPUT

b)

**Figura 2.3** Aparatos de iluminación para a) Estudio b) Exteriores

## **2.2 SALAS DE CONTROL**

### **2.2.1 SALA DE CONTROL MASTER O DE PRODUCCIÓN**

Las salas de control son el centro nervioso de un estudio de TV; el sistema está diseñado para que exista una comunicación con todas las áreas y pueda monitorizar todas las fuentes y salidas. La figura 2.4 nos muestra la Sala de Control Master o de Producción lugar donde llegan todas las fuentes de señal de video donde el director de cámaras selecciona la salida de programa y en el que se pueden añadir electrónicamente efectos y rótulos y mezclar distintas señales.

Frente a la mesa de producción esta situado un panel de monitorado que incluye un monitor por cada fuente de video (señal de cámara), más otros dos para previo de mezcla y salida de programa. La mesa de producción proporciona espacio suficiente para apuntes y notas. La distancia a los monitores es seis veces la altura de la imagen y están situados a una altura igual a la de la cabeza del director de cámaras cuando esta sentado.



**Figura 2.4** Sala Control Master o de Producción

### **2.2.2 SALA DE CONTROL TÉCNICO**

Los racks de equipos están situados en la Sala de Control Técnico. En estos racks se aloja el **generador de sincronismos**, que proporciona los impulsos necesarios para los equipos de video y mantiene sincronizadas todas las fuentes de señal.

Las salidas de las fuentes se distribuyen normalmente por medio de **distribuidores de video** ( digital o analógico ) que proporciona cinco o seis salidas aisladas por cada entrada y que alimentan las distintas entradas del **mezclador o switcher de video**, **los monitores y los generadores de efectos** (digitales o analógicos ).

La entrada de las señales principales a los equipos se suele hacer a través de **paneles de conexión (“patch-panels”)**, que permiten efectuar variaciones del conexionado para la señales de audio y video, en función de las necesidades de explotación, lo que facilita a los técnicos su labor, pudiendo insertar a un equipo determinado señales de prueba o puentearlo en caso de avería. En esta sala, se cuenta con un monitor de imagen para revisar el encuadre de cada cámara y la **Unidad de Control de Cámara (Camera Control Unit CCU)** para operar el nivel de video o iris manualmente, al igual que un **monitor de longitud de onda luminosa (WaveForm)**. Este monitor es de gran utilidad porque permite controlar los niveles de luz en la imagen, guiándonos en el diseño e intensidad de la luz. El técnico es quien maneja estos monitores y el CCU. Su habilidad para igualar el color de las cámaras, cerrar y abrir el iris de las mismas según las necesidades de la acción dramática, basado en la información que nos suministra el monitor de longitud de onda luminosa y su correcta apreciación, son un complemento muy importante para el logro de una imagen de alta calidad. La figura 2.5 nos muestra la Sala de Control Técnico y al operador realizando ajustes previos a los equipos.



**Figura 2.5** Sala de Control Técnico: Gamavisión

Esta sala, también cuenta con un sistema de equipos llamado master de proyección o **VTR (Video Tape Recorder)**, para la reproducción de videocintas

de comerciales, novelas y reportajes para las noticias sociales o deportivas. Como podemos ver en la figura 2.6 el sistema de VTR esta conformado por **magnetoscopios**: BETACAM Y DVCAM, **botoneras** para seleccionar la fuente de video, **TBC** (Corrector de base de tiempo), y una **consola para chequear los niveles de audio**.

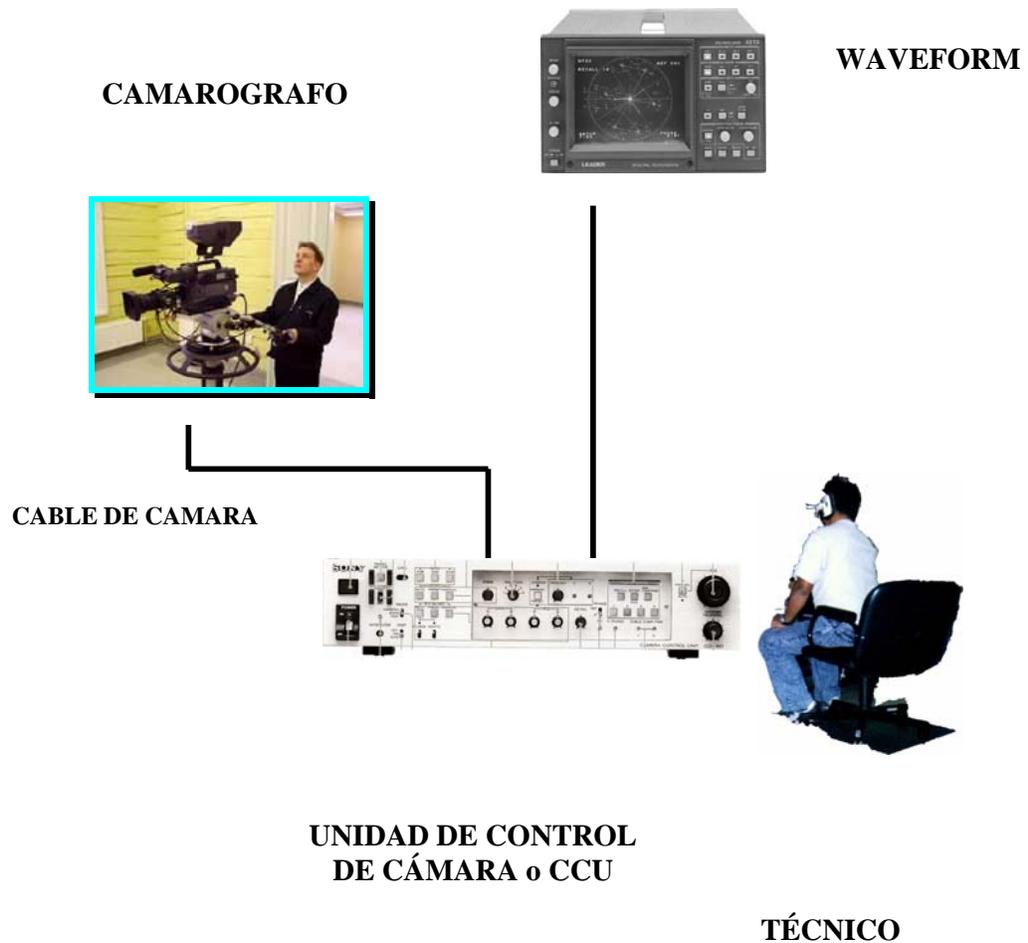


**Figura 2.6** Control Master de Proyección o VTR : Gamavisión

### **2.3 CAMARA Y AJUSTE DE FASE**

Unos de los procedimientos principales que realiza el técnico en la sala de control, mediante la Unidad de Control de Cámara, es el Ajuste de Fase y chequeo de los niveles de croma y luminancia ayudado por el WaveForm, tal como lo muestra la figura 2.7. Cuando se trabaja con varias cámaras, no se deben apreciar “brincos” de una a otra en las conmutaciones o cuando el director de cámaras realiza lo que en el estudio se conoce como “ponchar” cualquiera de las cámaras. Otro de los procedimientos que se realiza en el CCU es la calibración de los niveles de blanco y negro o pedestal, para lo cual el asistente de cámara o tramoya coloca un cartel blanco frente a la cámara como señal de referencia.

La influencia de la longitud de los cables de cámara es importante y obliga a corregir las pérdidas en alta frecuencia y la fase de las señales a la entrada del switcher de video. Cuando se emplea un único generador de sincronismos para varias fuentes de señal, todas deben llegar al switcher con la misma fase, para que no se produzcan tirones de sincronismo en la conmutación. Por tanto se ha de tomar como referencia la fuente más lejana, ya que cada cable y equipo producirán un retardo distinto. A partir de esta referencia, todas las demás señales se retardarán, de forma que coincidan en fase.



**Figura 2.7** Diagrama General de un Control Técnico (Chequeo de los niveles de luminancia y croma )

## **2.4 SISTEMA DE AUDIO**

Por muy buenas que sean las imágenes, la mayor parte de la información se transmite por medio del sonido, por lo que se procura que sea de la mayor calidad posible. El corazón de la instalación de audio es la meza de mezcla de sonido o consola de audio, a cuyas entradas se conectan todas las fuentes tales como micrófonos, llamadas telefónicas etc. Aunque se dispone de medidores de nivel, la mezcla se controla subjetivamente, empleando altavoces de alta calidad. También se dispone de un tocaCD, una computadora con MP3 para música, efectos e insertos pregrabados, tal como lo muestra la figura 2.8.

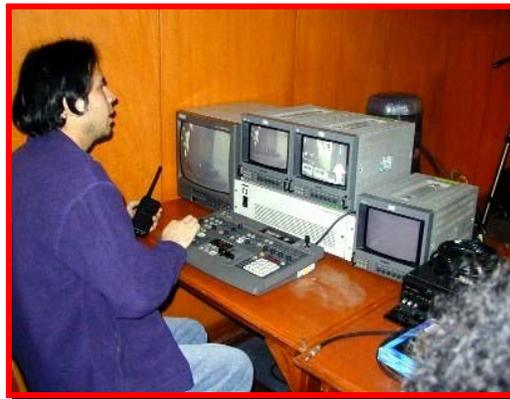
De manera paralela a la instalación de video, los amplificadores de distribución de audio permiten disponer de varias salidas de una misma fuente, para diferentes utilizaciones. Para evitar problemas de zumbido, se utilizan entradas balanceadas, en la que los dos hilos del cable de audio están equilibrados respecto a tierra. De forma que las posibles inducciones se cancelen en los transformadores. Todos los cables de audio están apantallados, para prevenir la aparición de señales espúreas; durante la instalación, se evita que en el recorrido sean adyacentes a los de alimentación de energía eléctrica.



**Figura 2.8** Sala de mezcla y producción de sonido

➤ **SALAS DE EDICIÓN**

Las salas de edición permiten al productor, periodista etc. realizar modificaciones tales como corte, censuras, efectos a los videos antes de su transmisión al publico en general, todo esto con el equipos adecuado de ediciones tal como lo muestra la figura 2.9.



**Figura 2.9** Sala de Ediciones

**2.5 EQUIPAMIENTO ELECTRÓNICO DE LAS SALAS DE CONTROL**

Tal como se describió anteriormente, en un estudio de televisión hay dos tipos de control. Uno de ellos es el control master, desde el que el director de cámaras y el productor dirigen la producción del programa y el otro el control técnico, responsable de la distribución y calibración de señales internas del estudio y a la red de difusión, a través de los sistemas de distribución y continuidad. A continuación se describe los equipos más importantes ubicados en las salas de control de un estudio.

- **GENERADOR DE SINCRONISMOS (GS)**

La fuente maestra de tiempos de una instalación es el GS, figura 2.9, que produce los impulsos que se aplican a todos los equipos que produzcan una señal de video o cuya operación deba efectuarse en momentos precisos. Cualquier interrupción o variación de características del GS afecta a todas las áreas, por lo que debe ser un equipo altamente fiable.

- ***GEN-LOCK* (enclavamiento)**

En producción se plantea con mucha frecuencia la necesidad de mezclar dos fuentes cuyas señales no son sincronicas, lo que no es posible a no ser que el GS local se sincronice con la señal exterior, de forma que las señales locales alcancen el switcher sincronizadas y en fase con la señal entrante. De esta forma, se pueden añadir a esta última rótulos y títulos de crédito.

Si no es posible efectuar la sincronización, no se pueden efectuar mezclas ni sobreimpresiones y solo se pueden conmutar “por corte”, con la consiguiente perturbación de los sincronismos de salida que pueden producir pérdida momentánea del sincronismo vertical en los monitores y provocaran, con toda seguridad, fallos en cualquier magnetoscopio que grabe la señal ya que, aunque el corte es instantáneo, el magnetoscopio necesita un cierto tiempo para volver enganchar los servos sistemas.

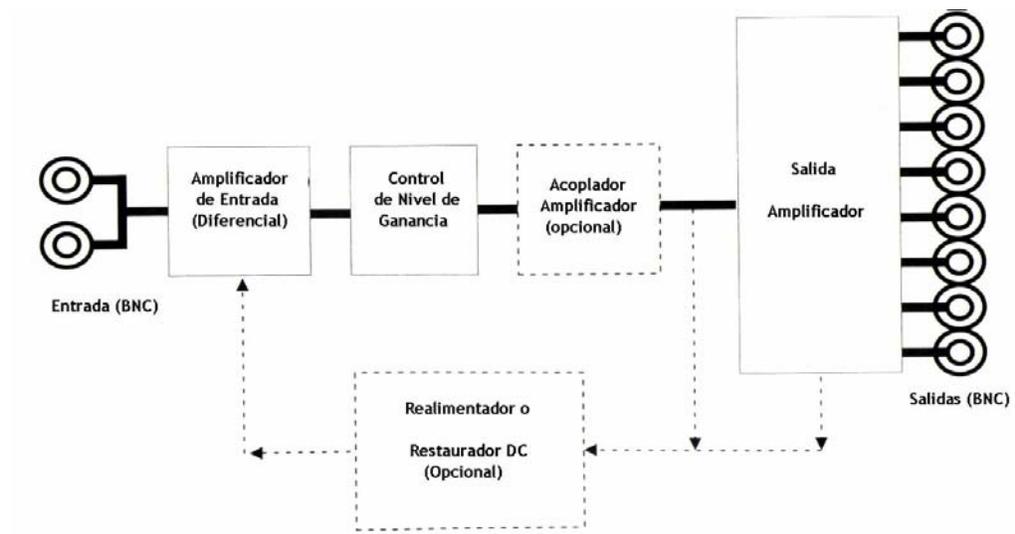
Para solucionar este problema, se incluye en el GS un sistema de enclavamiento (“gen-lock”), que permite a su oscilador maestro sincronizarse y a partir de todo ello, sincronizar todos los impulsos generados, a partir de la fuente remota. La operación debe efectuarse antes de comenzar el programa ya que, al llevarla a cabo, se alteran todos los impulsos, perturbando los equipos alimentados por ellos. Normalmente, en los centros de emisión se realiza durante un negro de señal, de forma que las alteraciones de la imagen no sean apreciables. Sin embargo, en los grandes complejos de producción, en los que pueden estar funcionando estudios independiente de la zona que es necesario enclavar, se puede diseñar el sistema de forma que los estudios y sus fuentes de señal (magnetoscopios, Cámaras etc. ) estén controlados por GSs independientes ya que, si no, se presentarían problemas, en caso de que estuvieran produciendo otros programas.

La salidas del GS se envían a amplificadores de distribución de impulsos, normalmente con un nivel de 2V. El distribuidor suele proporcionar un número de salidas aisladas (cinco o seis), que se envían a las distintas áreas y equipos. Los amplificadores de distribución de impulsos deben tener buena respuesta de frecuencia y fase, para que no produzcan integración o diferenciación (“undershoots” y “overshoots”) de los flancos anteriores y posteriores de los impulsos.

- **AMPLIFICADORES DE DISTRIBUCIÓN DE VIDEO**

Cuando la señal de una única fuente de video se necesita en varios destinos simultáneamente, como estudios, controles y grabación, para emisión y monitorado, etc. , se utiliza para su distribución equipos similares a los de impulsos. Los amplificadores de distribución de video deben ser tales que no afecten a las características de la señal y, por tanto, estar muy cuidados respecto a la frecuencia, fase, linealidad, ruido, ganancia diferencial y ganancia y retardo crominancia/luminancia. Las salidas deben proporcionar 1Vpp sobre

75  $\Omega$ , aunque algunos distribuidores incorporan controles de ganancia que permiten compensar las pérdidas en el cable.



**Figura 2.10** Distribuidor de Video

- **CORRECTORES DE BASE DE TIEMPO (TBC)**

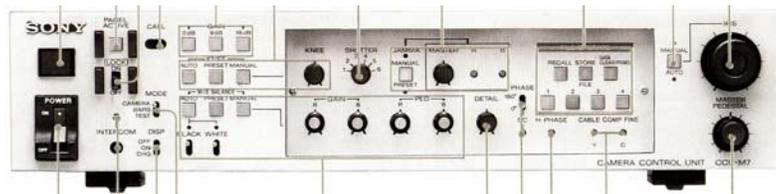
Corrector de base de tiempos (Time Base Corrector). Se suele incorporar a los VTRs para corregir las inexactitudes de sincronización de las imágenes procedentes de la cinta. Los primeros modelos estaban limitados por su dependencia de los dispositivos de almacenamiento analógicos, como las líneas de retardo, implicando que los VTRs, como los equipos cuádruplex originales, tenían que ser mecánicamente muy estables y exactos para mantener la señal reproducida dentro del rango (ventana) de corrección del TBC. La introducción de técnicas digitales hizo que dispositivos de almacenamiento (memorias) más grandes resultaran económicos, ensanchando así la ventana de corrección y reduciendo la necesidad de una mecánica especialmente exacta. El TBC digital ha tenido un profundo efecto en el diseño de los VTRs. Como se a mejorado el proceso de señal de este tipo de equipos, algunos empiezan a usarlos para emisión Figura 2.11.



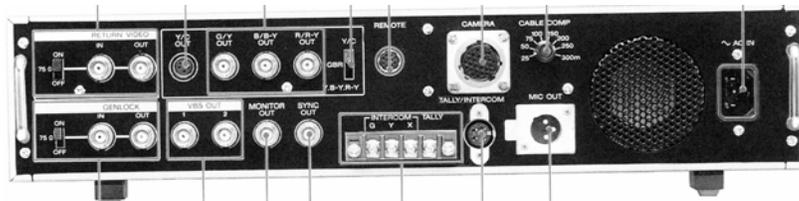
**Figura 2.11** Corrector de base de Tiempo TBC de la marca LEITCH

- **UNIDAD DE CONTROL DE CÁMARA (CCU)**

El CCU es una unidad remota de control y ajuste de la cámara. La unidad permite el mando a distancia de los ajustes requeridos para la grabación de la cámara, tal como automático y los ajustes manuales del equilibrio blanco, del equilibrio negro y el iris de la lente. La figura 2.12 muestra las partes de un CCU convencional de la marca SONY muy usados en los estudios de televisión.



a)



b)

**Figura 2.12** Unidad Control de Cámara a) Panel Frontal b) panel Posterior

- **MONITORES**

Los monitores se emplean para la visualización de las señales de cámara, para la correcta calibración de los colores, chequeo constante de la

señal al aire, monitoreo de la salidas de los magnetoscopios en la sala de VTR. Los monitores de circuito cerrado más empleados en un estudio a parte de los televisores convencionales, se muestra en la Figura 2.13.



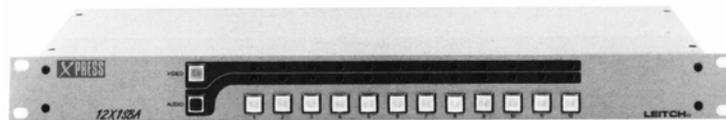
**Figura 2.13** Monitores de circuito cerrado

- **BOTONERAS**

La botoneras ayudan a seleccionar cualquier fuente de video que a esta se conecta como pueden ser la señal de un magnetoscopio, prevista, señal del aire etc. Existen diferentes tipos de botoneras y fabricantes, y pueden ser del tipo digital o analógico como podemos apreciar en la Figura 2.14 una botonera de la marca VIDEOTEK y LEITCH para audio y video.

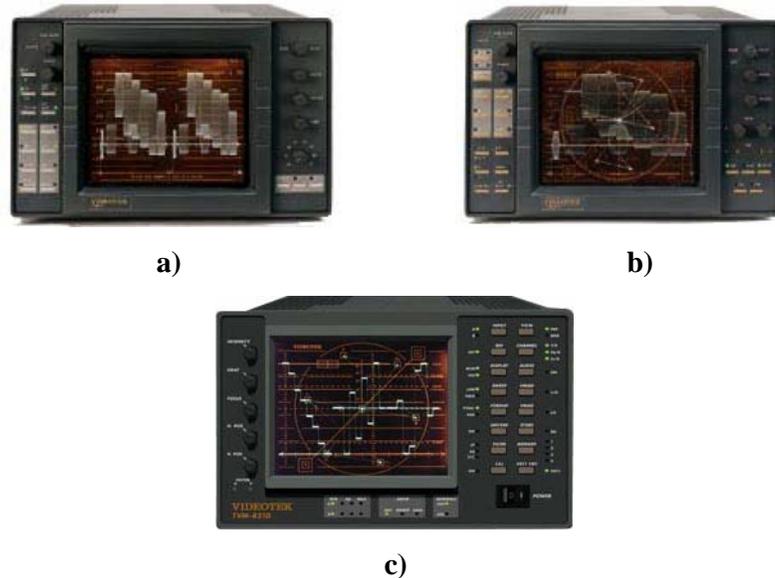


a)



- **VECTOROSCOPIO / MEDIDOR DE FORMA DE ONDA (WAVEFORM)**

Un dispositivo muy usado en la sala de control técnico es el vectoroscopio el cual es un medidor que informa de la calidad y cantidad de color que tiene una determinada imagen sobre una pantalla de fósforo y el medidor de forma de onda que mide en porcentajes la intensidad lumínica de las distintas áreas y partes del encuadre de la cámara. Un mismo equipo presenta las dos funciones, las cuales son seleccionadas con tan solo presionar la botonera del panel frontal, como lo muestra la Figura 2.17 .



**Figura 2.17** Vectoroscopio/Medidor de forma de onda a) Monitor forma de onda b) Monitor vectoroscopio c) Digital con interfase SDI.

- **MEZCLADOR O SWITCHER DIGITAL DE VIDEO**

El Mezclador o Switcher Digital de video es el equipo utilizado para conmutación y mezcla entre cámaras u otras fuentes de video digitales en la Figura 2.18 se muestra el switcher digital de la marca Grass Valley de la serie ZODIAK, Gamavisión cuenta en la actualidad con un switcher analógico de la misma marca por lo cual se decidió seguir en esta línea eligiendo así al

switcher digital de Grass Valley para nuestro proyecto. Dependiendo del modelo y del fabricante el mezclador puede tener entradas para señales analógicas y digitales, si el equipo es netamente digital y existen fuentes de video con señales analógicas, estas deben ser convertidas previamente al formato digital para su posterior conexión al Switcher. También permite la introducción de efectos especiales por el mismo o merced a un equipamiento especial asociado. Las fuentes individuales que llegan al mezclador de video, terminan en una matriz de conmutación que puede seleccionarse como entrada de programas o previo. La electrónica del mezclador se aloja en los racks de video, junto con el resto del equipo de distribución, para su control y chequeo técnico.

La complejidad de un switcher está determinada por la sofisticación de la generación de efectos y el número de filas de selección y de entradas al Switcher. Los switchers más sencillos tienen dos filas de selección, denominados normalmente A y B; La mezcla y los efectos se realizan entre estas dos filas. Además, se puede añadir una fila de previo que permite al director de cámaras ver las imágenes antes de seleccionarlas en las filas operacionales. La mayoría de los switchers incorporan una entrada de señal de negro de color (**Black Burst**) que asegura una salida correcta cuando la imagen se baja a negro.



**Figura 2.18** Mezclador o Switcher de Video Digital de Grass Valley

- **GENERADOR DE CARACTERES VIDEO**

El desarrollo de circuitos integrados y software de computadoras para la generación de caracteres ha posibilitado la producción de equipos de video que se operan desde un teclado convencional de computadora. Actualmente programas para computadoras, diseñados para la realización e inserción de rotulación y generación de caracteres, facilitan al productor de un programa específico la edición y la colocación de algún logó que identifique y armonice dicho programa. La figura 2.19 muestra el kit completo para la generación e inserción de logos o caracteres de la marca LEITCH muy usada en el medio televisivo.



**Figura 2.19** Generador de Caracteres de Video Digital de la marca LEITCH

- **Llave de Color ( “Chroma-Key” )**

Normalmente, el sistema de televisión transmite todos los colores contenidos en la escena, pero existe la posibilidad de bloquear un color determinado mediante un conmutador electrónico o filtro. Si, una vez hecho esto, se transmite la imagen, todas las zonas de ésta que incluyeran originalmente el color suprimido, aparecerán en negro.

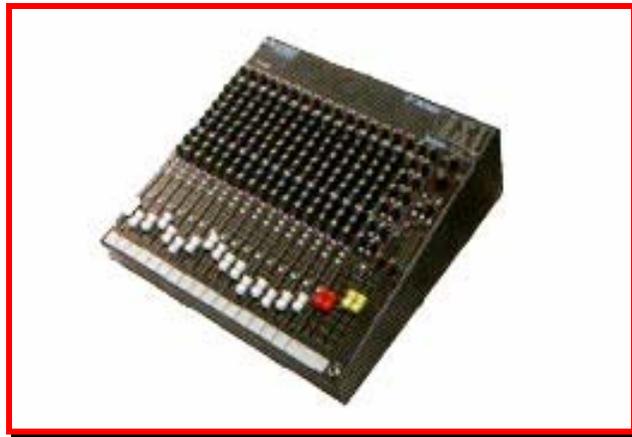
Casi siempre, se elige para esta operación el azul, aunque se puede seleccionar otro primario cualquiera. Si esta señal se usa como llave para suprimir la imagen de otra cámara, excepto en la zonas en que en la primera

aparecería el citado color, se obtendrá una imagen que será idéntica en tamaño y forma al área borrada en la imagen inicial. Al mezclar ambas, el resultado será una imagen completa combinación de dos fuentes independientes.

Como sencillo ejemplo de aplicación, considérese un actor que aparece sobre un fondo azul, tomado por la primera cámara y la segunda enfocando una imagen de una calle o en diapositiva. Por medio del croma-key parecerá que el actor, en la imagen final, esta en la calle.

- **CONSOLA DE AUDIO**

La consola de audio mostrada en la figura 2.20 me permite chequear los niveles de audio evitando su saturación, además realiza la mezcla de señales de las diferentes fuentes que ingresan a la consola, tal como se describió anteriormente. El sonidista, es la persona encargada de manejar y monitorear este equipo.



**Figura 2.20** Consola de Audio

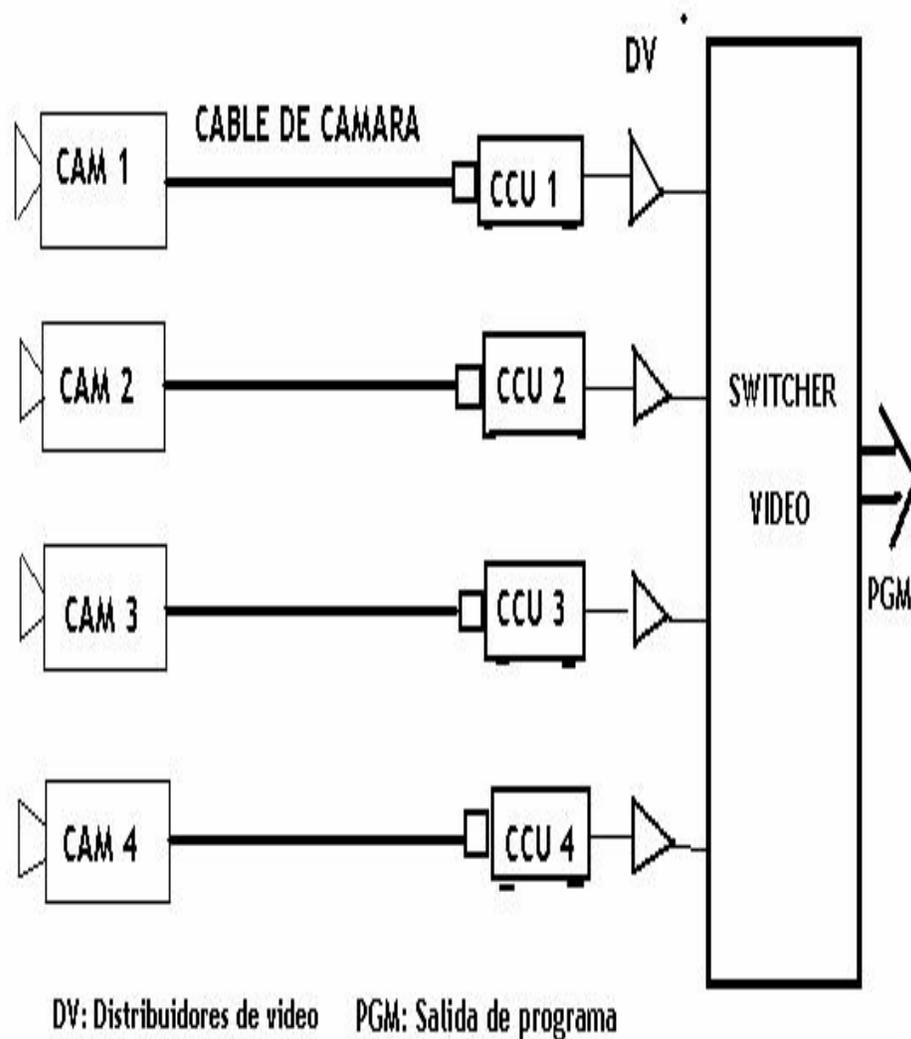
## **2.6 DIAGRAMA GENERAL DE LA CONEXIÓN DE LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS.**

A continuación se presenta una serie de diagramas de bloques, de las principales etapas en la cuales el video es generado, distribuido, sincronizado y

mezclado. Estos diagramas presentan además como se interconectan los equipos de audio y video en un estudio de televisión. El diagrama detallado de interconexión incluido la parte digital se mostrara en el capitulo VII.

Como podemos observar en la figura 2.21 la generación del video se inicia en la cámara, para luego pasar por medio del cable de cámara a la Unidad de Control o CCU, posteriormente la señal que proviene de esta etapa se conecta a unos distribuidores de video (DV), y luego ser direccionada hacia el Switcher de video o mezclador, en el cual el director de cámaras elige cualquiera de las fuentes (CAM1, CAM2, CAM3 o CAM4), para salir luego por la interfase PGM (salida de programa). En la figura 2.22 se muestra la sincronización e instalación del video, aquí el generador master de sincronismo envía una serie de pulsos enviados primero a un distribuidor y luego direccionados hacia los equipos que requieran de sincronización con respecto a una determinada fuente. La figura 2.23 presenta en forma general la distribución del video hacia los Patch paneles y distribuidores, como podemos observar la salida del Switcher (PGM) también es distribuida hacia diferentes lugares como por ejemplo al departamento técnico que requiere de dicha señal para su monitoreo y ajuste. La otra salida es hacia la microonda en la cual por medio de cable coaxial se inyecta la señal de video en el transmisor para ser transportada hacia el centro de transmisión para su distribución final. En el switcher digital usaremos la señal de video de esta salida para inyectarla al modem óptico para su transmisión por la fibra. Finalmente la figura 2.24 muestra la interconexión del sistema de audio, en el cual como podemos observar aquí el cerebro del sistema es la consola de audio, al cual ingresan diferentes fuentes generadoras de audio, para ser procesadas, monitoreadas (el técnico de sonido debe evitar sobresaturación y cortes en el audio) y finalmente distribuidas ( DA: distribuidores de audio). Luego la señal de salida del equalizador es enviada a la microonda junto con la señal de video para su posterior transmisión.

**Figura 2.21** INTERCONEXIÓN DE LOS EQUIPOS DE AUDIO Y VIDEO EN UN ESTUDIO DE TELEVISIÓN  
GENERACIÓN, DISTRIBUCIÓN, MEZCLA DEL VIDEO



**Figura 2.22** INSTALACIÓN Y SINCRONIZACIÓN DE VIDEO

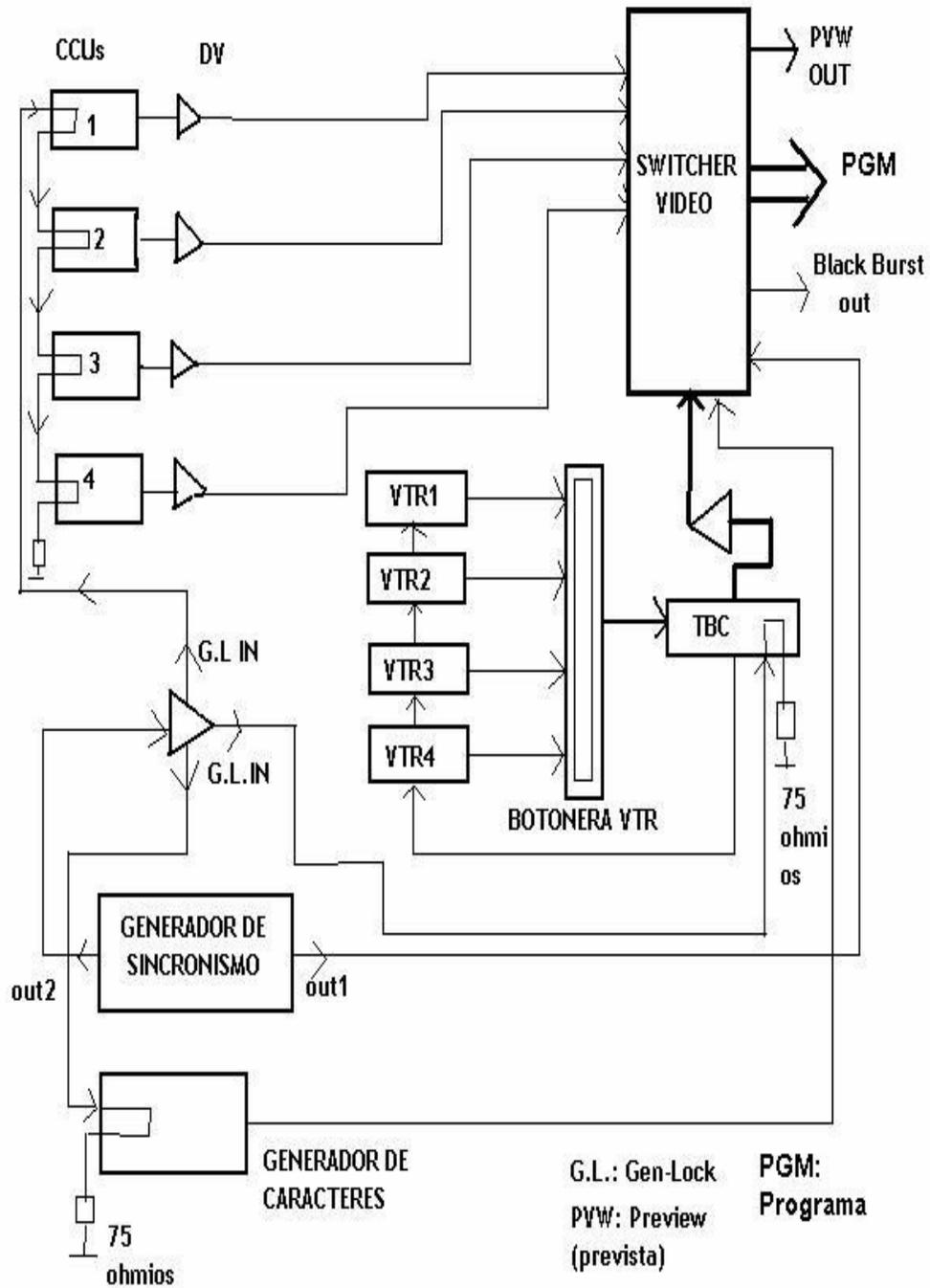


Figura 2.23 DISTRIBUCIÓN DEL PROGRAMA DE VIDEO

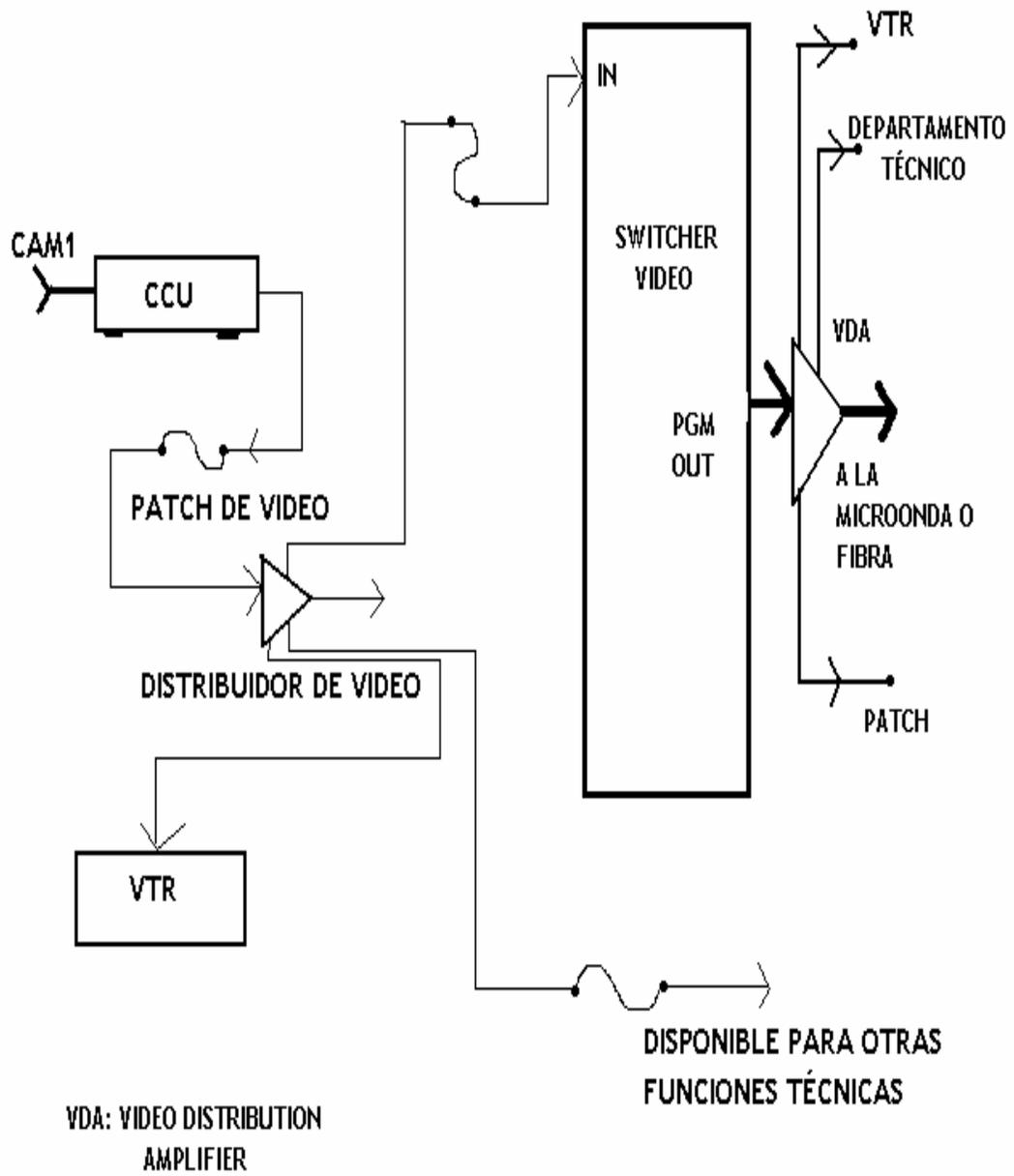
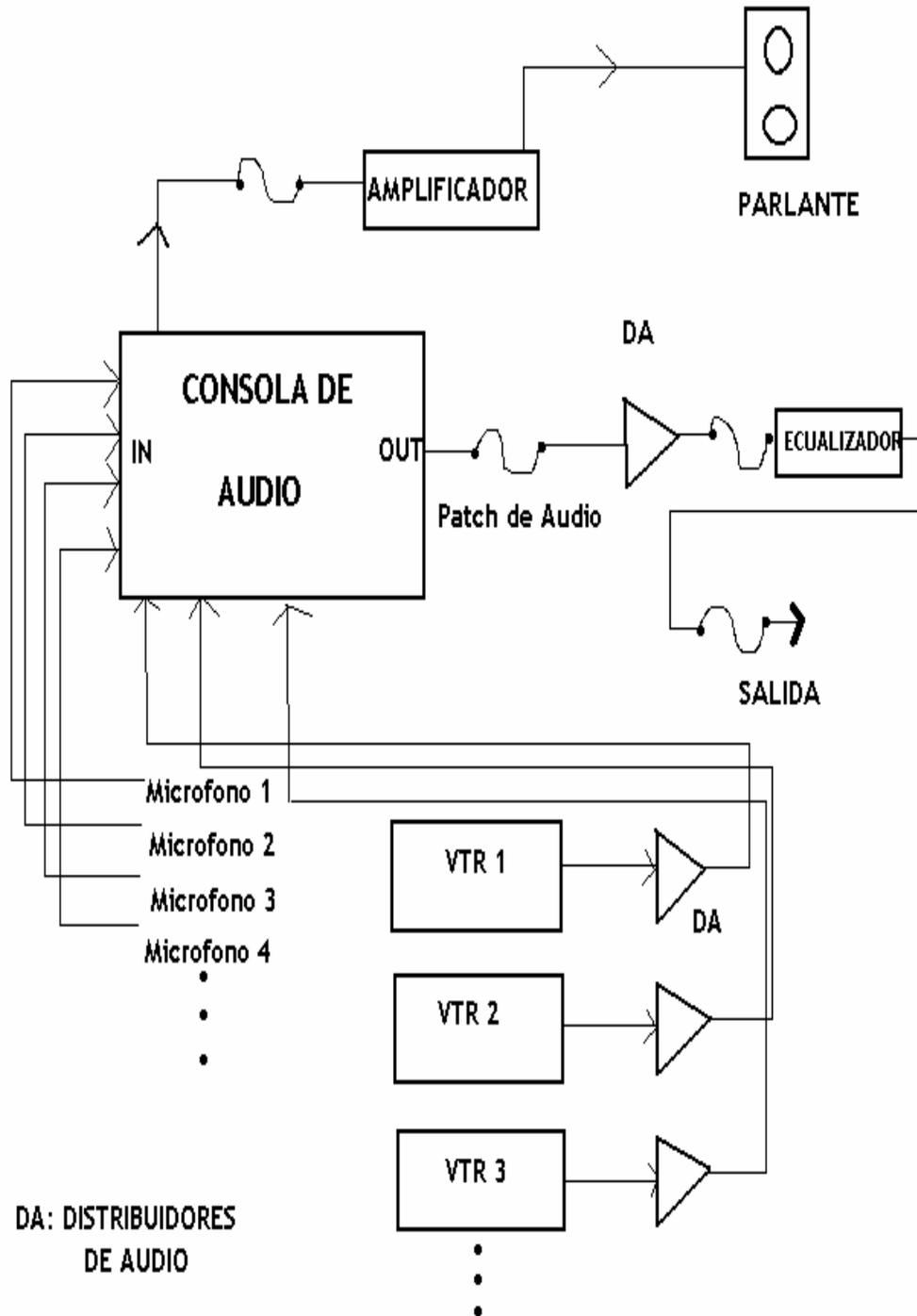


Figura 2.24 SISTEMA DE AUDIO



## 2.7 LA UNIDAD MOVIL

La unidad móvil representa una herramienta de trabajo importante en un estudio de TV. Permite al personal tanto técnico como de producción realizar grabaciones o transmisiones de algún programa fuera del estudio de TV. En la móvil básicamente se encuentran las dos salas de control: técnico y master, y cuenta con todo el sistema de cableado y conexión de video y audio, al igual que un VTR, semejante al estudio de TV normal. Todo el equipo de audio y video como magnetoscopios, switchers, consola de audio, botoneras, CCUs etc. se encuentran en la móvil cuyas dimensiones y peso máximo están limitados por la reglamentación del país de que se trate. Los operadores han de pasar muchas horas dentro del vehículo, por tal motivo la unidad cuenta con un sistema de aire acondicionado que además permite que los equipos no se sobrecalienten. La energía eléctrica auxiliar es muy importante, en el caso de que la energía principal no funcione la unidad lleva siempre en remolque un generador eléctrico, que funciona con combustible. La conexiones desde el vehículo para las cámaras, micrófonos, audio, video, teléfonos, comunicaciones y energía, se sitúan en paneles exteriores. En la figura 2.25 muestra una Unidad Móvil con el personal técnico trabajando



**Figura 2.25** Unidad Móvil

## **2.8 SISTEMA ELÉCTRICO**

La iluminación del estudio requiere tensión trifásica, cuyas fases deben mantenerse equilibradas lo mejor posible en todo momento. Todo el equipamiento técnico está conectado a la misma fase para evitar conmutaciones entre fases cuando los equipos de video estén funcionando.

La tierra técnica es también de la mayor importancia, debiendo ir aislada del resto de las tierras y conectadas a la estructura metálica del edificio, con una resistencia total menor a  $0.1 \Omega$ . Todos los Racks y masas técnica están conectadas a ellas. Se evita además los bucles de tierra, porque pueden producir zumbidos, tanto en la imagen como en el sonido. Un estudio de TV cuenta además con un generador eléctrico auxiliar que entra en funcionamiento automáticamente después que el servicio normal deja de funcionar.

# CAPITULO III

## DISTRIBUCIÓN DE TELEVISIÓN

### 3.1 ENLACE ESTUDIO DE TELEVISIÓN – TRANSMISOR

La parte más importante en el diseño de un sistema para transportar la señal generada en un estudio de televisión hasta el sitio transmisor, es el medio por el cual esta señal viaja. En la actualidad la mayoría de los canales de televisión locales utilizan **radioenlaces analógicos** para comunicar el estudio con su transmisor. A estos sistemas se le denomina STL ( *Studio-to-Transmitter Link* ) Enlace Estudio-Transmisor ( Figura 3.1 ).

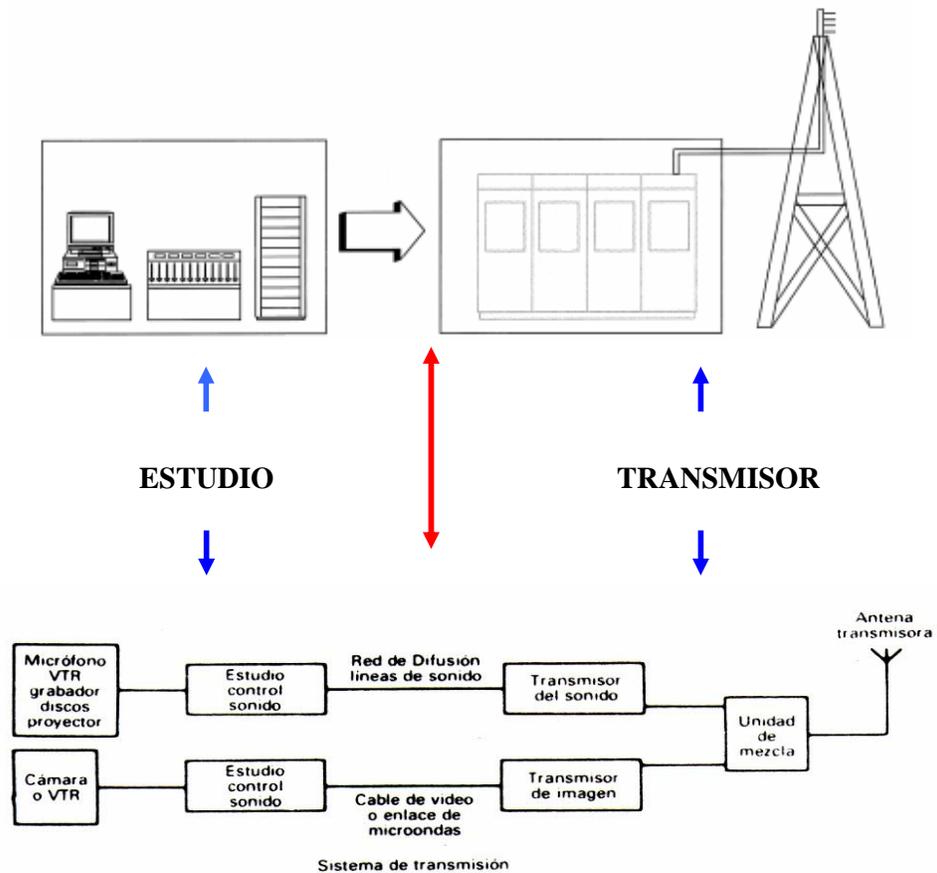


Figura 3.1 Función básica del Enlace Estudio-Transmisor

A medida que la tecnología digital avanza en un estudio de televisión, la conexión Estudio-Transmisor debe llegar a ser tan transparente como sea posible. Una conexión inferior impondrá un límite inaceptable ante la calidad del audio y video total. Los requisitos para la confiabilidad y calidad del programa han conducido al desarrollo de nuevos sistemas de STL basados en tecnología digital, tales como radioenlaces digitales y la fibra óptica. Todos los componentes que se encuentran presentes en un sistema STL, tales como transmisor, receptor, antenas parabólicas, conectores etc, deben ser elegidos cuidadosamente y ser instalados correctamente. Un sistema bien diseñado proporcionará años del servicio sin problemas.

En general, los radioenlaces utilizan frecuencias de transmisión entre 1GHz y 50 GHz, dependiendo del servicio para el que estén destinados y la capacidad requerida. Por ejemplo, los canales locales de televisión analógica ocupan un ancho de banda del entorno de 6 MHz. En los radioenlaces analógicos la portadora esta modulada en frecuencia (FM). La información que transporta la portadora puede ser una señal video en banda base, de 0 a 6 MHz; o un múltiplex constituido por una señal video en banda base y las correspondientes subportadoras de audio, moduladas en frecuencia.

## **3.2 SISTEMA DE ENLACE ACTUAL: VIA MICROONDA**

### **3.2.1 EQUIPO DE RADIO MICROONDAS**

Existen dos técnicas de transmisión vía microonda muy usadas hoy en día, sistemas analógicos que usan típicamente FM y sistemas digitales que usan PSK. Históricamente, la transmisión de las señales video y audio durante los últimos 50 años ha sido realizada casi exclusivamente usando la modulación de la frecuencia a la portadora de la microonda por una señal analógica.

Ahora que el equipo del estudio genera cada vez más una salida digital y los nuevos estándares para la televisión digital se fijan firmemente en un

formato digital, se requiere cada vez un nuevo sistema de conexión en el estudio, parte del análisis de esta tesis. El transmisor y el receptor de la microonda pueden abarcar unidades similares, en un sistema STL uno de los más usados en nuestro medio son los fabricados por la marca OMB, como lo muestra la figura 3.2. Esta clase de equipos presenta entradas y salidas de frecuencia intermedia FI, Banda Base y radio frecuencia RF. El funcionamiento básico de transmisión de un sistema STL vía microonda es: la señal de audio procedente de la consola de sonido en el estudio de televisión se combina con la de video. La señal resultante de esta combinación constituye la denominada banda base del sistema, que es trasladada posteriormente a la gama de frecuencias más conveniente para la transmisión. En la recepción (planta transmisora), las señales de audio y video se separan de nuevo y se restituyen a frecuencias intermedias.

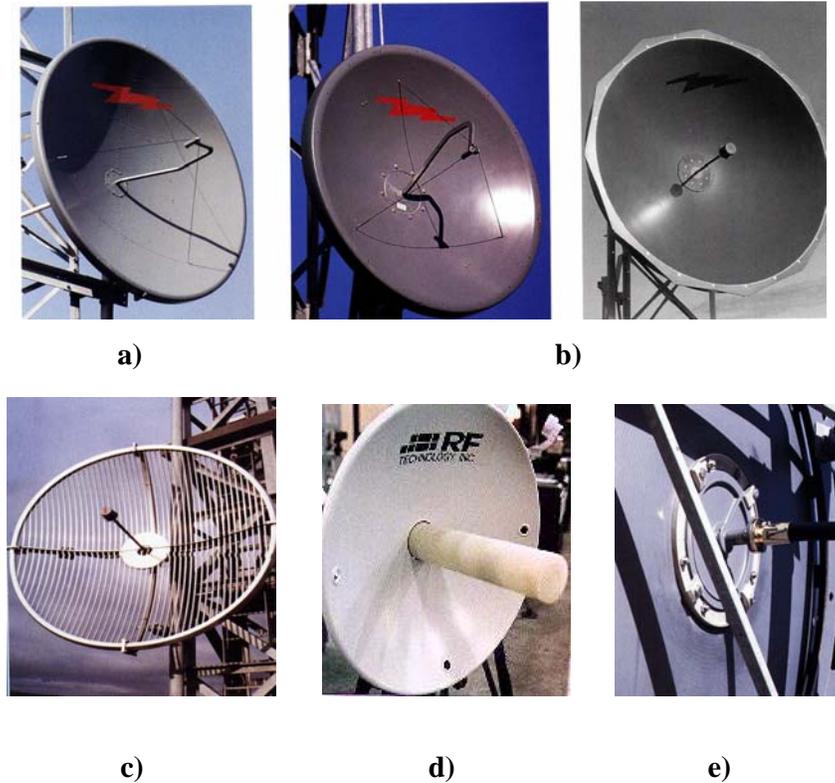


**Figura 3.2** Equipo de radiomicroondas OMB, usado en sistemas STL

### **3.2.2 EQUIPO DE ANTENAS PARABOLICAS**

Las antenas reflectoras parabólicas proporcionan una ganancia y una directividad extremadamente altas y son muy populares para los radios de microondas y enlaces STL. Una antena parabólica se compone de dos partes principales: un reflector parabólico y el elemento activo llamado mecanismo de alimentación (figura 3.3 e)). La alimentación puede ser un subreflector en las frecuencias hasta 2.5 GHz, en esencia el mecanismo de alimentación aloja la antena principal, que irradia ondas electromagnéticas hacia el reflector. El reflector es un dispositivo pasivo que sólo refleja la energía irradiada por el

mecanismo de alimentación en una emisión concentrada altamente direccional donde las ondas individuales están todas entre si. La figura 3.3 nos presenta diferentes tipos de antenas parabólicas usadas en los sistemas STL y enlaces vía microonda convencionales.



**Figura 3.3** Antenas Parabólicas a) con alimentación de corneta b) con alimentación central, alta ganancia c) con alimentación central, tipo grilla, económicas d) portátiles e) conexión: alimentación – línea de transmisión.

### **3.2.3 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA**

En nuestro proyecto mencionaremos dos tipos de mantenimientos: **Preventivo y Correctivo.** Un mantenimiento preventivo involucra inspecciones en un periodo de seis meses, a la electrónica y parámetros del enlace los cuales pueden ser nivel de AGC de la señal, línea de vista libre de obstáculos, conectores y mástiles sin estado de oxidación, inspección de algún tipo de humedad, chequeo de los niveles de voltaje y tierras físicas. Cuando el

enlace presenta algún tipo de alarma ya sea a nivel Radio frecuencia RF ó Frecuencia intermedia IF, atenuación o degradación de la señal, desapuntamiento de las antenas que pueden causar bajas en la potencia y AGC de la señal, personal técnico capacitado realiza el mantenimiento correctivo, para lo cual su movilización a los puntos de trabajo debe ser inmediata. Para el enlace de microonda que va desde el estudio de televisión de Gamavisión hasta su centro de transmisión en el cerro del carmen y según datos proporcionados por el personal técnico de dicho canal de televisión, el mantenimiento Preventivo y correctivo se tabula de la siguiente manera:

<b>MOTIVO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>COSTOS (U.S.D \$)</b>
Inspección Semestral del Enlace	Tiempo estimado de inspección = 1 día Pago a Personal: 2 técnicos	200
Movilización ó Traslado del personal	Combustible y gastos extras	50
	<b>TOTAL MANTENIMIENTO SEMESTRAL</b>	<b>250</b>

**Tabla 3.1** Costos Semestral de Mantenimiento Preventivo

<b>MOTIVO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>COSTOS (U.S.D \$)</b>
Problemas a Nivel de Enlace: Alarmas, Señal atenuada, Presencia de humedad y oxidación en la estructura de la antena etc.	Pago de personal*: 1 Jefe Técnico y 2 Técnicos	300
Movilización ó Traslado de personal	Combustible y Gastos extras	50

	<b>TOTAL MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	<b>350</b>
--	---	------------

**Tabla 3.2** Costos de Mantenimiento Correctivo

\* Incluye un costo estimado de los materiales a usar que van de acuerdo al problema que se presente.

### **3.3 PLANTA TRANSMISORA**

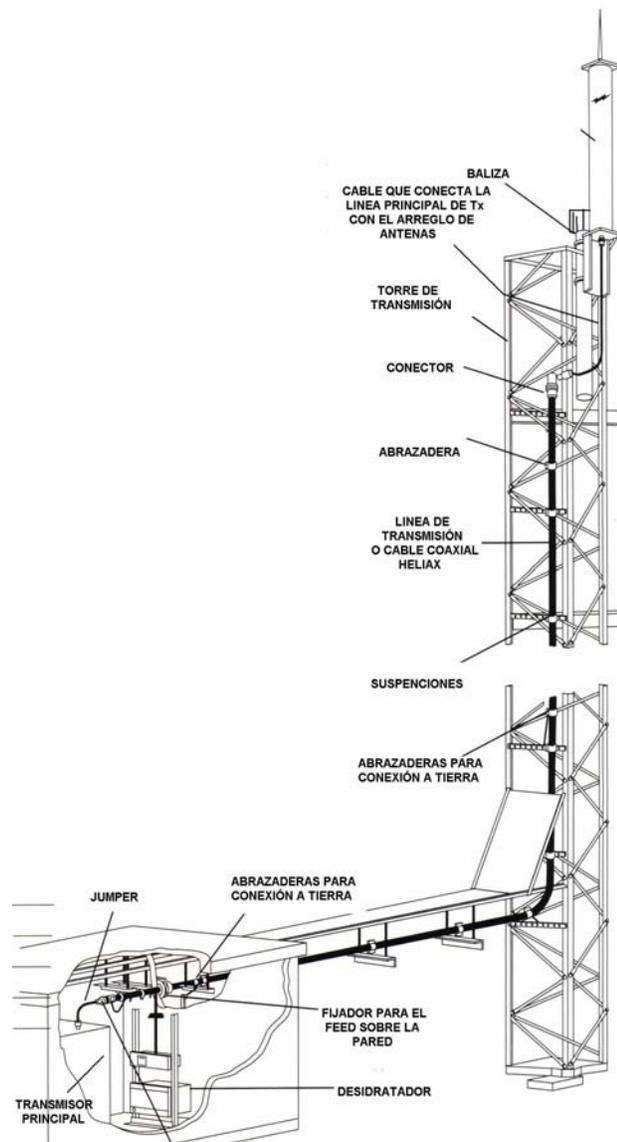
#### **3.3.1 GENERALIDADES**

La planta transmisora, es el lugar donde se encuentra el transmisor principal, la torre y antena de transmisión, además el receptor de microondas del sistema STL ya establecido. Las condiciones de trabajo son similares a la de un estudio de TV. el cuarto de equipos esta provisto de un sistema de aire acondicionado las 24 horas del día. El personal que opera y mantiene las estaciones de radiodifusión de televisión, desarrolla sus actividades en condiciones de seguridad tales que se dé cumplimiento a los aspectos normativos relacionados con ruido ambiental, temperatura, iluminación, exposición excesiva a campos de radiofrecuencia, campos de radiaciones ionizantes, sistemas de tierra, tensiones y corrientes eléctricas, descargas atmosféricas, protección contra incendios, etc.

El equipo empleado para la operación de la estación de televisión, deberá cumplir con los requisitos de seguridad que establecen las disposiciones normativas aplicables. Los equipos de transmisión operaran en condiciones ambientales adecuadas e incluyen en sus circuitos, sistemas de control, protección y señalización que garantizan su correcto funcionamiento y a la vez otorga seguridad a la vida humana.

Cuenta además con un generador eléctrico de emergencia que entra en funcionamiento cuando el sistema de abastecimiento eléctrico principal queda fuera de servicio, evitando el corte de la señal que en ese momento la estación de televisión esta transmitiendo.

La figura 3.4 nos presenta el diagrama general de una planta transmisora.



**Figura 3.4** Planta Transmisora

### 3.3.2 EQUIPOS TRANSMISORES DE TELEVISIÓN

Básicamente un sistema de transmisión por televisión esta constituido por dos transmisores : uno para la portadora de sonido y otro para la portadora de imagen. Tal como se describió en el capítulo I, la amplitud de la señal de video compuesta se modula con la portadora de la imagen al igual que la señal de audio cuya frecuencia se modula con la portadora de sonido. Luego del proceso de modulación, se realiza la amplificación de las nuevas señales y posteriormente combinarse en una señal de TV. El diagrama de bloques de un transmisor de televisión se presenta en la figura 3.5.

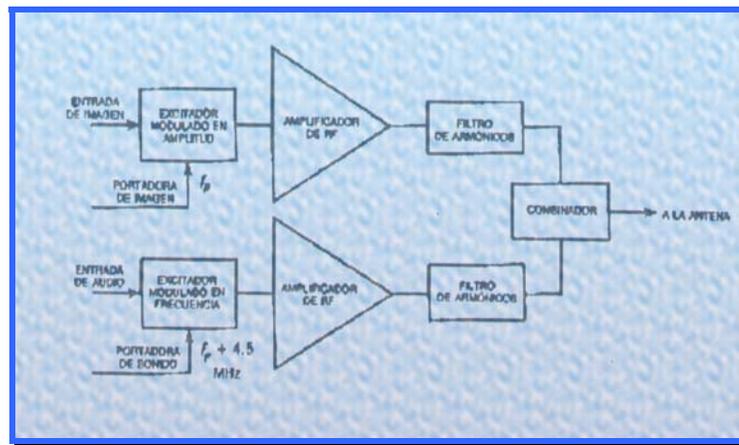


Figura 3.5 Diagrama de bloques: Transmisor de Tv.

Los armónicos de las portadoras de radiofrecuencia son suprimidos por los filtros ubicados después del amplificador de RF que además previenen las interferencias a la señal de sonido por la señal de video y viceversa.

Las estaciones de televisión pueden emplear uno o más transmisores para la realización de sus transmisiones normales y de emergencia, siempre que cuenten con la autorización correspondiente por parte de la Superintendencia de telecomunicaciones, de acuerdo a lo descrito en el capítulo I. Los equipos transmisores empleados se clasifican como sigue: en

**Transmisor Principal.**- Equipo transmisor autorizado por la SUPTEL para ser utilizado por una estación durante las transmisiones cotidianas (video y audio).

**Transmisor Auxiliar.**- Equipos transmisores auxiliares, para usarse indistintamente con el principal, instalados en la misma ubicación y cuyas características de operación sean iguales a las de este. Esencialmente en lo que se refiere a potencia y frecuencia.

**Transmisor de Emergencia.**- Transmisor autorizado por la SUPTEL para ser operado en casos de emergencias, instalado en la ubicación del transmisor principal o en otro lugar autorizado, cuya potencia será menor que la del principal.

### **3.3.3 LINEAS, ANTENAS Y TORRES DE TRANSMISIÓN**

- **LINEAS DE TRANSMISIÓN**

Las líneas de transmisión es un sistema conductor metálico que se utiliza para transferir señales de baja y alta frecuencia de un lugar otro. Las líneas de transmisión se pueden utilizar para propagar cd o ca de baja frecuencia (como energía eléctrica de 60 Hz y señales pequeñas de audio); también se pueden utilizar para propagar frecuencias muy altas ( como señales de frecuencia de radio RF e intermedias ) en esta parte del capitulo se estudiaran básicamente las **líneas de transmisión coaxial o concéntrica** para señales de RF. Al propagar las señales de baja frecuencia, es bastante sencillo y predecible el comportamiento de la línea de transmisión. Sin embargo, al propagar las señales de alta frecuencia las características de las líneas de transmisión se vuelven más complicadas y su comportamiento es un poco peculiar para un estudiante de circuitos y sistemas constantes. Los conductores coaxiales se utilizan extensamente, para aplicaciones de alta frecuencia, para reducir las pérdidas y para aislar las trayectorias de transmisión. El cable coaxial básico consiste de un conductor central rodeado por un conductor

exterior concéntrico (distancia uniforme del centro). A frecuencias de operación relativamente altas, el conductor coaxial externo proporciona un excelente protección contra la interferencia externa. La figura 3.6 nos presenta diferente tipo de líneas de transmisión coaxial. Las líneas de transmisión podrán ser de cualquier tipo siempre que su capacidad nominal media no sea menor que la potencia de cresta del transmisor. Las pérdidas máximas tolerables en la línea de transmisión no deberán exceder del 20% de la potencia del equipo para los canales 2 al 13 y de 50% para los canales 14 al 69.

### ➤ Acopladores

Para el acoplamiento de los equipos transmisores a la línea de transmisión y al sistema radiador, pueden emplearse los dispositivos necesarios de acuerdo con el tipo de transmisor empleado ya sea multiplexado internamente o con dispositivos de acoplamientos externos.

En virtud de que los diplexores utilizados para el acoplamiento entre la impedancia de salida del transmisor y la impedancia característica de las líneas de transmisión, no utilizan trampas sintonizadas u otros circuitos por los que circulen altas corrientes, sus pérdidas por inserción deben ser inferiores al 15%.



**Figura 3.6** Líneas de transmisión coaxial situadas junto a la torre de transmisión

- **ANTENAS DE TRANSMISIÓN**

En esencia, una antena de transmisión es un sistema conductor capaz de radiar ondas de televisión. Convierte la onda guiada por la línea de transmisión (el cable o guía de onda) en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre. Las antenas deben dotar a la onda radiada con un aspecto de dirección. Es decir, deben acentuar un solo aspecto de dirección y anular o mermar los demás. Esto es necesario ya que solo nos interesa radiar hacia una dirección determinada. En la mayoría de los casos, los sistemas de antenas de televisión se diseñan a fin de proporcionar cobertura omnidireccional en el plano horizontal. Una de las antenas más usadas en la emisoras de televisión es la antena **yagi** de 3 elementos próximos, o 5 elementos separados al igual que la denominada “panel de dipolos”, el “supermolinete”, etc. tal como lo nos muestra la figura 3.8, que proporcionan una elevada ganancia y permiten distribuir la señal de manera que la energía sea radiada hacia una zona deseada en la cual exista mayor concentración poblacional.

- **IMPEDANCIA DE ENTRADA DE LA ANTENA**

La antena se deberá adaptar al transmisor para una máxima transferencia de potencia, que se suele hacer a través de una línea de transmisión y deberá radiar el máximo de potencia posible con un mínimo de pérdidas. En relación a los descrito anteriormente línea de transmisión también influirá en la adaptación, debiéndose considerar su impedancia característica, atenuación y longitud.

La radiación proveniente de una antena es el resultado directo del flujo de corriente de RF. La corriente fluye a la antena a través de la línea de transmisión, que esta conectada a un espacio pequeño entre los conductores que componen a la antena. El punto en la antena donde se conecta la línea de transmisión se llama terminal de entrada de la antena o solamente *punto de*

*alimentación*. El punto de alimentación presenta una carga en ca a la línea de transmisión llamada *impedancia de entrada de la antena*. Si la impedancia de salida de transmisor y la impedancia de entrada de la antena son iguales a la impedancia característica de la línea de transmisión, no habrá ondas estacionarias en la línea, y se transfiere la potencia máxima a la antena y se irradia.

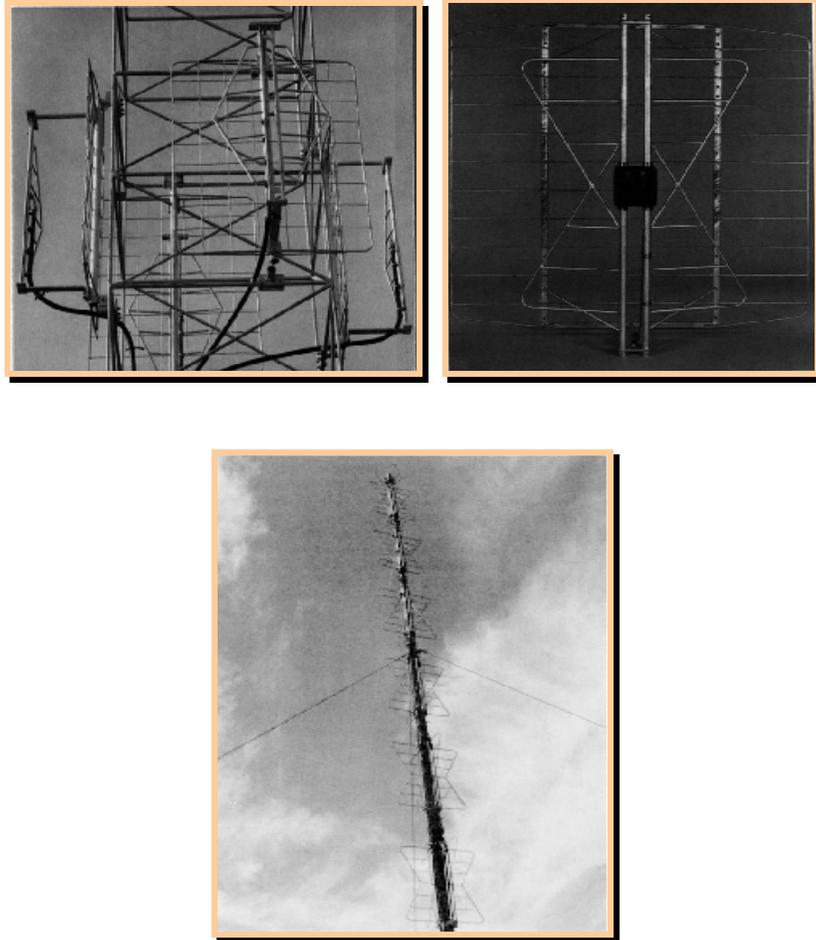
### ➤ **BANDA**

El ancho de banda de una antena se define como el rango de frecuencias sobre las cuales la operación de la antena es “satisfactoria, es decir, mantener su impedancia dentro de un mínimo de 6 MHz, que es la anchura de banda de transmisión de la señal de video.

### ➤ **CARACTERÍSTICAS DE RADIACIÓN**

Otro aspecto que hay que tener en cuenta cuando se elige una antena es la característica de radiación de la misma ya que es uno de los parámetros mas importantes de la antena. Por ejemplo la característica de radiación de una antena emisora debe ser igual a la característica de recepción de la antena receptora para que el proceso de transmisión sea optimo. La característica de radiación de una antena representa el cambio de intensidad de un cambio magnético en una esfera cuyo centro es la antena radiante. Esta es una representación en 3 dimensiones y resulta muy complicada, por lo tanto también se puede usar un descripción bidimensional que aproxima la forma tridimensional. Entonces se puede decir que la radiación de la antena tiene una forma circular, elíptica, etc. Existe lo que se llama *patrón de radiación* es un diagrama polar o gráfica que representa las intensidades de los campos o las densidades de potencias en varias posiciones angulares en relación con la antena. Cualquier sistema direccional de antena debe instalarse en forma tal que su diagrama quede orientado en el espacio, de manera que la máxima potencia se radíe hacia el área principal por servir. El diagrama de radiación de antenas direccionales que inicialmente se determine analíticamente, deberá

comprobarse posteriormente por medición directa. La figura 3.7 presenta algunas antenas de transmisión de televisión.



**Figura 3.7** Diferentes tipos de antenas transmisión de televisión VHF

- **TORRES DE TRANSMISIÓN**

Básicamente la torre es una estructura metálica en la cual se encuentran instaladas las antenas de transmisión. Para la ubicación y erección de cualquier antena vertical que ha de utilizarse por una nueva estación de radiodifusión de televisión, o para el cambio de ubicación de una existente, es necesario obtener autorización de las entidades regulatorias correspondientes, las cuales dictaminarán, sobre la máxima altura permitida y la ubicación de la antena, para evitar que represente una obstrucción a la navegación aérea para lo cual se

utiliza un sistema de luces denominadas balizas situadas en la parte superior de la torre, que sirven para alertar a algún tipo de avión la presencia de la misma (Figura 3.8 b). La altura es un punto importante en el análisis y diseño de una torre ya que representa la máxima línea de vista libre de obstrucción para la señal transmitida. Cuando una estructura se use en forma común para instalar dos o más antenas transmisoras de estaciones de radiodifusión de televisión, o cuando las estructuras se utilicen como elementos de sustentación común para las antenas de cualquier otro servicio distinto al de radiodifusión, se debe realizar un estudio técnico y práctico de no interferencia que muestre satisfactoriamente la supresión de interferencia entre las estaciones involucradas, así como el cumplimiento de todas las características de radiación autorizadas para cada una de ellas. La torres de transmisión ubicadas en el cerro del Carmen de la ciudad de Guayaquil se muestran en la figura 3.8 a).



a)



b)

**Figura 3.8** a) Torres de transmisión: Cerro del Carmen Guayaquil, b) tipos de balizas

### 3.4 AREAS DE COBERTURA

El sitio en el cual esta instalado la estación de televisión y el sistema radiador de la misma, es elegido realizando primero la elección del sitio, el cual se lo hace de acuerdo con el propósito de la estación, es decir según se quiera proporcionar servicio a una ciudad pequeña, un área metropolitana o una gran región. Por lo general el sitio donde se encuentra instalado el sistema radiador es en el centro geométrico del área por servir, consistente con la posibilidad de encontrar el sitio con la suficiente elevación, así como conseguir con esto el agrupamiento de las estaciones de televisión para que se facilite la recepción de todas ellas. El área de cobertura esta determinada de acuerdo a la clasificación de las estaciones es decir, si hablamos de una Estación regional de televisión **Clase I**, la cual es una estación que por su ubicación y sus características de radiación, está destinada a servir a una región de área relativamente grande dentro de la cual existen ciudades o núcleos importantes de población y varios núcleos secundarios o zonas rurales. La Estación semiregional de televisión **Clase II**, es una estación que por su ubicación y sus características de radiación está destinada a servir una zona que comprenda a una ciudad y a las poblaciones circunvecinas a ella. Y por ultimo esta la Estación local de televisión **Clase III** la cual es una estación que por su ubicación y sus características de radiación está destinada a servir a una sola ciudad dentro de la zona urbana por servir.

## **CAPITULO IV**

### **TÉCNICAS DEL VIDEO**

#### **4.1 LA SEÑAL DE TELEVISIÓN**

##### **4.1.1 INTRODUCCIÓN**

Un sistema de televisión debe proporcionar el medio de transformar la imagen óptica de cualquier escena en una señal eléctrica y, a partir de ésta, reconstruir una imagen visible. El método de transmisión de las señales eléctricas del generador al receptor está subordinado a la naturaleza de las mismas. Los pioneros de la televisión se concentraron en la generación y recepción de las señales, pero para que cualquier sistema tenga éxito es esencial una red intermedia para su distribución tal como se describió en el capítulo anterior. En la actualidad, la televisión de alta definición es posible gracias a los progresos en la líneas de transmisión y en los transmisores, no menos que a los avances en generación y recepción de señales.

Afortunadamente para los primeros investigadores, los anchos de banda necesarios para sus primitivos sistemas de 30 líneas eran solo de unos 13 KHz., por lo que podían utilizar los transmisores de onda media y líneas telefónicas especiales existentes entonces para la transmisión del sonido. Hoy se necesitan anchos de banda superiores a los 6 MHz.

##### **4.1.2 VELOCIDAD DE REPETICIÓN DE LAS IMÁGENES**

La “imagen móvil” se produce en la cámara creando una serie de imágenes estacionarias que difieren muy levemente de la anterior y de la siguiente. En el cine, la apariencia de movimiento se obtiene proyectando una serie de imágenes fijas y cortando la luz cuando la película se desplaza al

siguiente fotograma. Si esto se hace con una velocidad suficientemente elevada, el ojo no percibe los intervalos oscuros y tan solo ve una sucesión continua de imágenes estáticas que crean la impresión de movimiento. Las escenas se “ven” como un movimiento continuo y fluido, debido a que el ojo no responde con igual rapidez a los intervalos de oscuridad que a la fuerte iluminación de las imágenes.

Para reproducir un movimiento continuo y rápido es necesaria una frecuencia mínima de repetición de la imagen de modo de evitar parpadeo y discontinuidades. En el cine se tomo una frecuencia de 24Hz. En televisión, considerando su relación con la frecuencia de la red de alimentación de C.A. , se adopto como frecuencia de repetición de imagen, 25Hz para el caso de redes de 50Hz; y 30Hz en países como Estados Unidos y Japón donde se dispone de 60Hz. Sin embargo unos 25Hz no son suficientes para evitar el parpadeo luminoso (**Flicker**).

En el cine se recurrió a un obturador (shutter) de parpadeo que da la sensación que la frecuencia de repetición es el doble. En televisión se recurrió a los barridos entrelazados, tal como se describe a continuación.

### **4.1.3 ENTRELAZADO**

La elección de la frecuencia de repetición de las imágenes está inevitablemente determinada por la tensión de la red, ya que las bases de tiempo, tanto del equipamiento de generación de imágenes como del receptor, utilizan la frecuencia de red para sincronización. Una interferencia de 50 ó 100 Hz origina una molesta fluctuación de la luminosidad, mientras que, sincronizando con la frecuencia de red, el posible zumbido residual es estacionario y más fácilmente aceptable. Básicamente entrelazado consiste en la división de la imagen en dos partes iguales denominadas **campos**. Un primer campo compuesto por las líneas impares de la imagen y a continuación un segundo formado por las líneas pares. Esta forma de explorar la imagen,

permite duplicar la frecuencia de refresco de la pantalla (50 ó 60 Hz, en lugar de los 25 ó 30 Hz) sin aumentar el ancho de banda para un número de líneas dado. La frecuencia de campo o frecuencia vertical es, entonces,  $f_v = 60\text{Hz}$ .

La frecuencia de línea o frecuencia horizontal  $f_h$  indica la cantidad de líneas por segundo que son transmitidas.

$$1 \text{ campo} = \left(\frac{L}{2}\right) \text{ líneas} * f_v \text{ campos} = f_v * \left(\frac{L}{2}\right) \text{ líneas}$$

Entonces  $f_h = f_v * \left(\frac{L}{2}\right)$

Para el caso de  $L = 525$  y  $f_v = 60\text{Hz}$  se deduce  $f_h = 15750\text{Hz}$ , esto es válido para sistemas entrelazados, no de barrido progresivo.

Se dedujo que la frecuencia de línea, en el caso de norma M (Ecuador), es  $f_h = 15750\text{Hz}$ . También, aplicando inversas, se tiene que el periodo de deflexión horizontal es  $T_h = 63.5 \mu\text{s}$  y el de deflexión vertical de  $T_v = 16.6 \text{ms}$ .

Las frecuencias vertical y horizontal deben estar enganchadas en fase, lo que se consigue a partir de un único oscilador con el doble de la frecuencia horizontal y circuitos divisores de frecuencia. Los periodos horizontal y vertical, analíticamente corresponden a los recíprocos de  $f_h$  y  $f_v$ . Conceptualmente el tiempo  $T_h$  es el necesario para barrer una línea y el tiempo  $T_v$  el requerido para generar un campo. Pero no todo este tiempo es aprovechado para lo antes dicho. El haz al llegar al extremo derecho de la pantalla, debe regresar hacia el extremo izquierdo para barrer la siguiente línea, y esto lo hace en un tiempo finito. Idénticamente al terminar el campo, para comenzar el segundo, el haz debe regresar desde abajo hacia arriba. Estos tiempos hay que considerarlos dentro de los ya descritos, y la norma establece que estos tiempos, llamados de retrazo horizontal y vertical valen:

$$T_{fh} = 0.18 * T_h = 11.43 \mu s.$$

$$T_{fv} = 0.08 * T_v = 1.3 \text{ ms.}$$

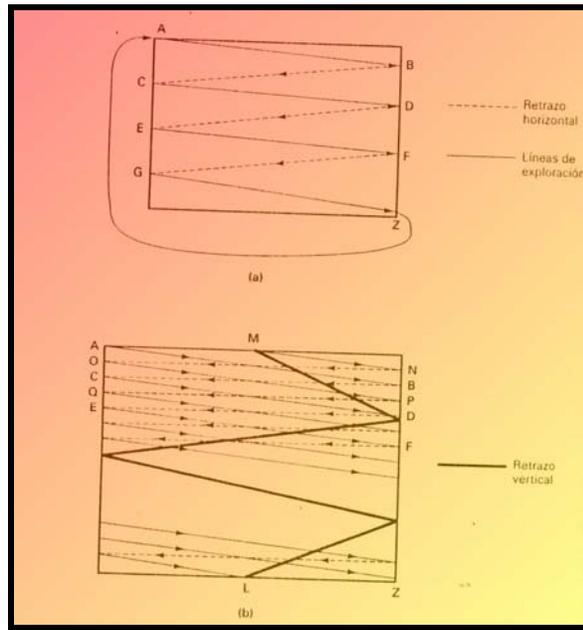
Durante estos lapsos de tiempo se debe borrar el haz, (parte 4.2.3) para no distorsionar la imagen. Por lo tanto, estos tiempos deben ser deducidos de los de  $T_h$  y  $T_v$ , quedando entonces los tiempos activos (con el haz encendido) iguales a:

$$T_{act h} = T_h - T_{fh} = T_h \cdot (1 - 0.18) = 52.06 \mu s.$$

$$T_{act v} = T_v - T_{fv} = T_v \cdot (1 - 0.08) = 15.3 \text{ ms.}$$

#### 4.1.4 NUMERO DE LINEAS

- EXPLORACIÓN



**Figura 4.1** Exploración de la imagen

La exploración se realiza de la misma manera que se lee una página de un libro. Esto se llama exploración horizontal *secuencial* Figura 4.1 a. Los

sistemas de exploración de imágenes de televisión, se refieren a la manera en que la imagen es barrida por el haz, la cantidad de líneas de definición, las frecuencias vertical y horizontal, y otras características. Así, existen normas como la M en EE.UU., Brasil, Japón, la norma N de Argentina, La norma B en Europa, etc. Cuando el haz de electrones incide contra la parte posterior de un elemento de imagen, se genera una señal cuya amplitud es proporcional a la intensidad de la luz que incide contra el frente del elemento. La figura 4.1 b muestra el haz de exploración que origina la porción activa de la exploración a partir de la esquina izquierda superior y se mueve diagonalmente hacia el extremo derecho (exploración A-B) . A esto se le denomina porción activa de la línea de exploración porque este es el momento en el cual la imagen se convierte en señales eléctricas. Una vez que el haz a alcanzado el extremo derecho de la superficie fotosensible, se regresa o retraza de inmediato al lado izquierdo (punto C). El tiempo de regreso se llama retrazo horizontal o fly back. Cuando el haz de electrones de exploración alcanza la porción derecha inferior de la superficie fotosensible ( punto Z), el haz regresa a la izquierda superior (punto A) y la secuencia se repite. El tiempo de retorno se llama tiempo de retraso vertical. Mientras que el haz se esta retrasando del lado izquierdo al derecho de la imagen y de abajo a arriba, se apaga o pone en blanco. Así no se genera, ninguna señal de video durante los tiempos de retrazo horizontales o verticales. Las porciones activas y en blanco de una exploración horizontal sencilla constituyen una **línea de exploración** horizontal completa.

En los Estados Unidos, un total de **525 líneas** de exploración horizontal constituyen un cuadro de imagen, el cual se divide en dos campos de 262.5 líneas horizontales cada uno. La técnica de exploración se llama exploración entrelazada tal como se ilustra en la figura 4.1 b. Las pantallas de televisor están hechas de diminutas partículas de fósforo que emiten intensidades variables de rojo ligero, verde, y azul luminoso y que son dirigidos en forma de haz de luz. Para que una señal normal pueda ser reconocida y proyectada en una pantalla debe reconocer 525 líneas 30 veces cada segundo. En la realidad, una pantalla de televisor lee esta información de modo *entrelazado* tal como se

describió anteriormente, es decir examina los electrones por líneas pares e impares en un fotograma, estas son inferidas como campos separados (2 por fotograma). La resolución de los fotogramas de TV es a menudo especificada en términos de líneas de resolución. El número de líneas horizontales que pueden distinguirse desde arriba hasta debajo de la pantalla de la TV para un patrón de prueba se llama *líneas de resolución vertical*. El máximo número de estas es el número total de líneas exploradas en el explorador, menos aquellas no utilizadas en la imagen. Esto es, la resolución vertical se obtiene

$$L'' = L(1-0.08) = 483 \text{ líneas}$$

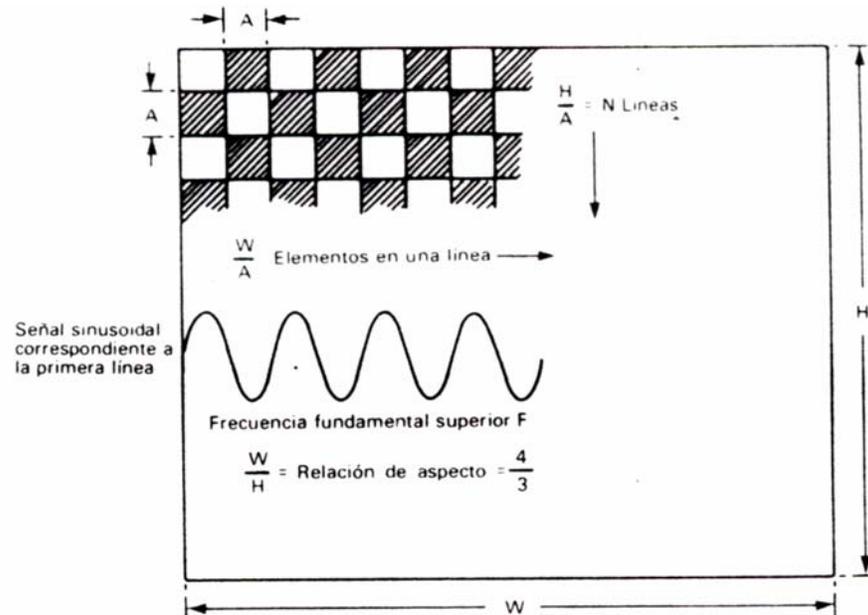
#### **4.1.5 RELACIÓN DE ASPECTO**

Se llama así a la relación por cociente del ancho de la pantalla y el alto de la misma. Siempre será mayor el ancho. Para el caso de la televisión clásica, por razones de óptica y de estética se eligió una relación de aspecto de 4:3, lo que significa que por 4 unidades de ancho, hay 3 unidades de alto de la pantalla, pero hay una tendencia creciente hacia la pantalla ancha cuya relación de aspecto es de 16:9. Se supone que las imágenes así presentadas atraen más nuestra atención y tienen ventajas obvias en deportes.

Históricamente, la relación de aspecto 4:3 (1.33) , nació con el cine y se mantuvo hasta los años '50, década de nacimiento del cinemascopio. Esta relación fue adoptada por la TV y se mantiene hasta nuestros días. También fue adoptada por la industria de la computación. La relación 16:9 (1.68) nació con el cinemascopio y recientemente ha sido adoptada por la DTV (Televisión Digital) implantada en Estados Unidos. También, lleva algunos años de uso en la TV europea conocido como Pal Plus de modesto éxito. Si bien en el cine existen otras dos relaciones: 2.35 en los films de 35 mm de cinemascopio anamórfico y 2.2 en el formato de 70mm, la televisión se queda por el momento con las relaciones 1.33 y 1.68.

### 4.1.6 ANCHO DE BANDA DE VIDEO

En ingeniería de video es esencial conocer las exigencias de ancho de banda de cualquier señal, con el objeto de determinar las características de los sistemas de modulación, líneas de transmisión y amplificadores. Para un cálculo aproximado del ancho de banda necesario, asumamos que se utiliza una señal con los mayores cambios posibles, es decir, con variaciones de negro a blanco en cada elemento sucesivo de imagen, donde elemento se define como un cuadro del grosor de una línea de barrido. A continuación se muestra la figura 4.2 el cual nos muestra una señal con la tasa máxima de variación, de este grafico se desprende el siguiente análisis



**Figura 4.2** El diagrama muestra una señal con la tasa máxima de variación. Cada pareja de cuadros blanco y negro corresponde a un ciclo.

$$\text{Número de elementos por línea} = \frac{W}{A}$$

$$\text{Número de líneas} = \frac{H}{A}$$

Por consiguiente, el número de elementos en la imagen es igual a:

$$\frac{W}{A} * \frac{H}{A}$$

Si P es la frecuencia de cuadro, el número de elementos transmitidos por segundo será

$$\frac{W}{A} * \frac{H}{A} * P$$

Si cada transición de blanco a negro es un ciclo, entonces la frecuencia será igual a la mitad del número de elementos

$$F = \frac{1}{2} * \frac{W}{A} * \frac{H}{A} * P$$

Pero dado que  $\frac{H}{A}$  es el número de líneas (L)

Y que  $\frac{W}{H}$  es la relación de aspecto (R)

$$\text{Donde } R = \frac{\text{Ancho de imagen ( W )}}{\text{Alto de imagen ( H )}} = \frac{4}{3}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{2} * \frac{H}{A} * \frac{H}{A} * P \\ &= \frac{1}{2} * \left( \frac{H}{A} \right)^2 * \frac{A}{H} * \frac{W}{A} * P \\ &= \frac{1}{2} * \left( \frac{H}{A} \right)^2 * \frac{W}{H} * P \end{aligned}$$

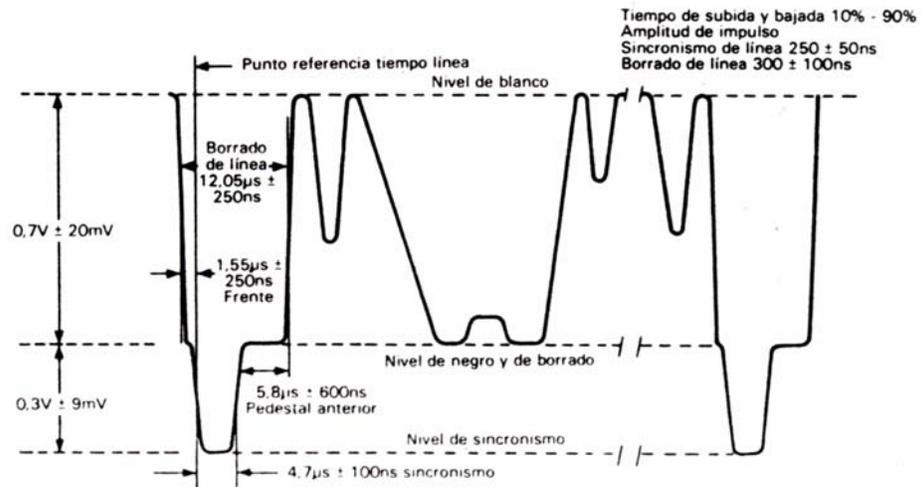
$$= \frac{1}{2} L^2 R P \text{ Hz}$$

Esta fórmula indica que el ancho de banda necesario aumenta considerablemente en función del número de líneas. En la práctica, la fórmula se modifica debido a los tiempos de borrado de línea y de cuadro y a la forma y tamaño del haz (apertura del haz). Experimentalmente, se ha comprobado que la resolución es aproximadamente un 70 por 100 del resultado teórico.

## **4.2 SEÑAL ANALÓGICA DE VIDEO COMPUESTA**

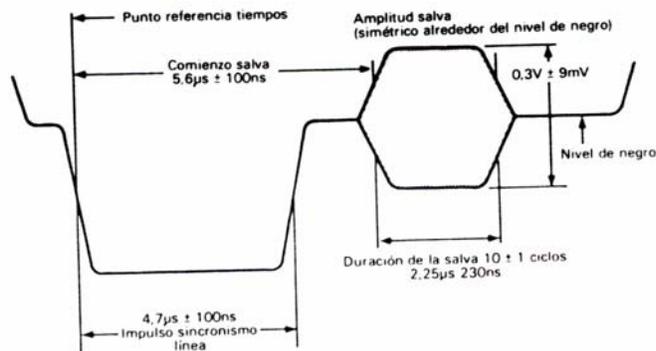
### **4.2.1 INTRODUCCIÓN**

Recibe este nombre la señal completa de televisión compuesta por la imagen recibida, el borrado y los componentes de sincronismo. Por motivos relacionados con su transmisión, la señal compuesta de video se limita a 1 V, del cual 0.3 V son señales de sincronismos y 0.7 V la verdadera señal de video analógica (figura 4.3). En cada línea va situado un periodo de borrado conocido como pórstico anterior. Como una señal eléctrica en un sistema de ancho de banda limitado es incapaz de descender a cero instantáneamente, este periodo proporciona a las líneas que finalizan en un blanco de pico tiempo suficiente para que la tensión baje a cero antes del impulso de sincronismo. Si no existiese, el flanco anterior del impulso resultaría perturbado y causaría inestabilidades en la imagen. A continuación del impulso, se encuentra otro periodo de nivel de negro (pórstico posterior). Es el único punto de la señal de video del que se conoce con exactitud su nivel, por lo que suele utilizar en los equipos para efectuar en él la fijación (“clamping”) del nivel de negro. La salva de subportadora para la sincronización de los circuitos de crominancia de la señal de color va situada dentro de este periodo figura 4.4 .



**Figura 4.3** Una forma de onda típica de una señal de TV. Al final de cada línea va situado un impulso de sincronismo. La amplitud de la señal analógica de video corresponde al brillo de la escena en cada momento.

Al final de cada campo se inserta una serie de impulsos de cuadro (sincronismos verticales) de mayor duración que los impulsos de línea, para indicación de retorno de cuadro; en la mayoría de los sistemas estos impulsos de sincronismo vertical van precedidos y seguidos por impulsos de igualación que aseguran la estabilización de los circuitos de vertical antes del comienzo de aquellos. Figura 4.5.



**Figura 4.4** Sala de subportadora de color, sistema PAL

Como los receptores de televisión han mejorado a lo largo del tiempo, se ha reducido la necesidad de largos periodos de borrado vertical, y éste se puede utilizar para otras aplicaciones tales como señales de prueba y servicio de teletexto.

#### **4.2.2 SEÑAL DE BORRADO Y SINCRONIA**

##### **➤ SEÑAL DE BORRADO**

En este punto vale la pena realizar un pequeño resumen acerca del número de líneas y como la señal de borrado interviene en una señal de TV.

Si se utilizara un número par de líneas (diferente a 525 líneas) se necesitaría un borrado diferente para cada uno de los campos, lo que complicaría mucho el sistema, puesto que la última línea del campo par tendría que volver a la línea primera del cuadro siguiente, en tanto que la última línea impar de este campo debería volver a la segunda línea del campo siguiente. Durante la exploración horizontal y vertical, la imagen barrida se interrumpe o lo que es lo mismo se interrumpe el haz. La Señal de Video Compuesta mantiene un nivel de borrado constante muy próximo al nivel de negro, o como es actualmente, igual al nivel de negro.

Como ya se comentó anteriormente, los pulsos de borrado horizontal y los de vertical duran un tiempo igual a:

$$T_{bh} = 0.18 \cdot T_h$$

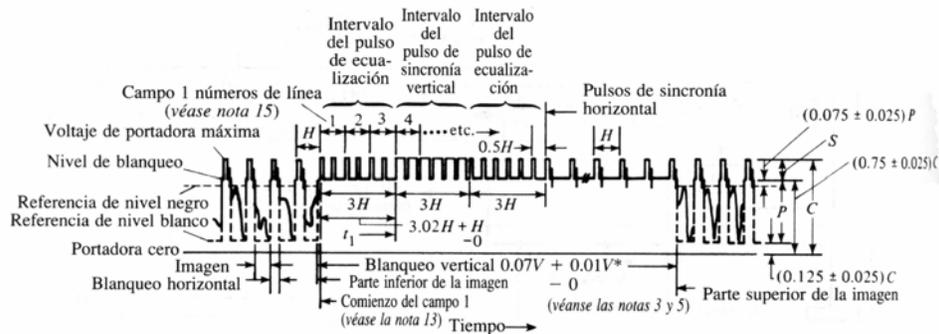
$$T_{bv} = 0.08 \cdot T_v$$

##### **➤ SEÑAL DE SINCRONIA**

Los pulsos de sincronismo son necesarios para que líneas y campos que se están reproduciendo en el receptor, mantengan la fase con respecto a lo que

se esta generando en el transmisor. El nivel de los pulsos de sincronismo es mas bajo que el de borrado (zona mas negro que el negro).

Como los pulsos H actúan sobre distintos circuitos que los pulsos V, deben poder ser discriminados en el receptor. A tal fin se usan distintos anchos de pulsos. Para extraer el pulso de sincronismo horizontal se usa una red diferenciadora. El borde anterior del pulso determina el comienzo de la sincronización (retorno del haz). Este pulso dura de 4.5 a 5  $\mu$ s. El pórtilo trasero es nivel de referencia. El pulso de sincronismo vertical se trasmite durante el intervalo de borrado vertical con duración de  $2.5 T_h$ , mucho mayor que el de sincronismo horizontal. El pulso de sincronismo vertical se extrae del conjunto por integración. Para tener iguales condiciones iniciales de los campos, se agregan pulsos de preigualacion y pulsos de posigualacion ( figura 4.5).



**Figura 4.5** Estándares de forma de onda de sincronización de TV de color

### 4.3 INGENIERIA DE COLOR

#### 4.3.1 GENERALIDADES

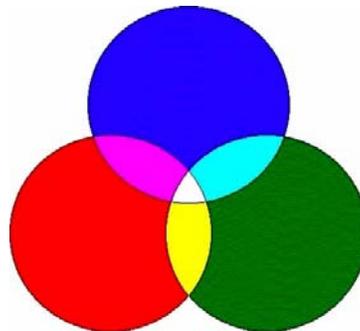
El sistema de televisión policromático, conocido comúnmente como de televisión a color, se creó cerca de 15 años después de que se comenzara la radiodifusión de la televisión monocromática, esto es alrededor de 1953. El nuevo sistema se encontró con un mercado ya establecido, el cual sería difícil de sustituir si no se mantenía una compatibilidad con él. Es así que la televisión

a color se basó en las características del antiguo sistema, aprovechándose de las oportunidades que este brindaba para lograr introducir la información del color de una imagen sin perturbar la información monocromática ya existente.

La compatibilidad se logró tras la realización de diversos estudios que cubrieron desde las características del color y la forma como el ojo lo percibe hasta las posibilidades de su reproducción electrónica, lo que ha llevado a los sistemas actuales de televisión policromática a convertirse en un elemento de comunicación y entretenimiento tan importante para el ser humano que los nuevos sistemas de alta definición de imagen se enfrentan con una situación mas complicada que la que se dio en los orígenes de la televisión a color, aunque también con una muy desarrollada y no tan costosa tecnología.

### **4.3.2 COLORIMETRIA**

La colorimetría es la ciencia que trata la medida de los colores. En particular, para televisión, especifica la proporción de 3 colores primarios necesaria para reproducir un color determinado (Rojo, Verde, Azul, RGB siglas en ingles, figura 4.6). Para conseguir esto se recurre a un aparato llamado colorímetro, con el cual, mediante medios fotoeléctricos o de apreciación visual se busca reproducir el color bajo estudio. Las fuentes de energía lumínica necesarias son 3 focos correspondientes a sendos colores primarios antes mencionados. Las potencias de estos focos se regulan a la vez que se superponen los 3 haces sobre una pantalla blanca.

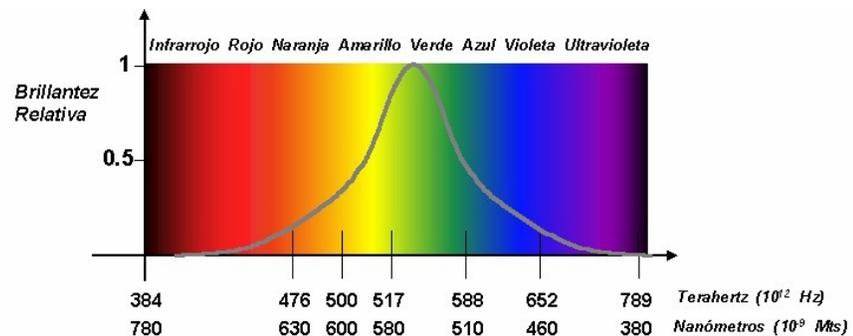


**Figura 4.6** Combinación aditiva de colores Rojo, Verde, Azul (RGB)

- **CARACTERÍSTICAS DEL COLOR**

El color es la forma en que el ojo traduce los diferentes valores de frecuencia de las ondas electromagnéticas que se encuentran en el rango de 385 a 790 Terahertz (10<sup>12</sup> hertz), las cuales corresponden a la luz visible por el ser humano. Cada frecuencia dentro de este rango es una diferente sensación, un diferente color, que puede percibirse. En las frecuencias ligeramente abajo de esta banda se encuentra la luz o rayos infrarrojos, mientras que en el límite superior se haya la luz ultravioleta.

En la figura 4.7 se esquematiza la relación existente entre el valor de la frecuencia de la luz y el color que representa, siendo el rojo el color con menor frecuencia, aumentando en el orden correspondiente a naranja, amarillo, verde, azul y finalizando con el violeta. La delimitación de los colores mostrada en esta figura es parcialmente arbitraria, puesto que el cambio de un color bien diferenciado hacia otro es gradual y en realidad cada frecuencia es un color diferente, por lo que no puede determinarse con exactitud cuando deja de ser un color y cuando comienza el otro. Por la misma razón solo se han indicado ciertos colores comunes, aunque en realidad todos los colores conocidos se encuentran en dicha banda de frecuencias o se componen de varias de estas frecuencias; en el primer caso, a las luces de frecuencia pura se les denomina como monocromáticas o primarias, mientras que a los colores formados en base a colores primarios se les denomina secundarios.



**Figura 4.7** Espectro de frecuencias del color y sensibilidad del ojo a los colores.

La frecuencia de un color, también llamado matiz, no es la única característica de la luz cromática, a ésta hay que añadir la brillantez y la saturación. La primera se refiere a la intensidad de la luz, mientras que la segunda a lo diluido que se encuentre por la luz blanca.

Para ejemplificar lo anterior supóngase un proyector de luz roja pura, monocromática, cuya intensidad puede ser variada; ésta variación representa la diferente brillantez que puede tener esa luz proyectada. Si esta luz roja se proyecta con una intensidad constante y se le superpone otra proyección pero de luz blanca variable, la luz roja se verá diluida por la luz blanca, parecerá rosa; si la intensidad de la luz blanca se reduce, el rosa volverá a parecer cada vez mas rojo, hasta que en la ausencia de la luz blanca se tenga nuevamente el rojo puro, denominado como color saturado, sin diluirse.

Una característica muy importante del ojo humano es su incapacidad para percibir con la misma intensidad toda la gama de colores. Esto significa que si se le presentan al ojo todos los colores con una misma brillantez, éste percibirá a cada uno de ellos como si en realidad tuvieran diferentes intensidades; es decir, el ojo posee sensibilidades diferentes para cada color.

- **TRICROMÍA**

Se llama tricromía al procedimiento por el cual se puede atribuir 3 coeficientes a cada mezcla de 3 colores primarios, y de esta manera obtener cualquiera de los restantes colores.

La teoría en cuestión establece que se pueden reproducir los colores espectrales a partir de 3 de ellos, si estos cumplen la condición de ser primarios. Un color (del conjunto de 3) es primario si no puede ser obtenido por mezcla de los otros 2. Según lo antes descrito los colores primarios son rojo, verde y azul. Se deduce que 2 de ellos se encuentran próximos a los extremos del espectro visible y el restante en el centro del mismo.

Existen 2 métodos de mezcla de colores bien diferenciados:

- Mezcla aditiva (cumple el principio de superposición)
- Mezcla sustractiva (también llamada multiplicativa, a veces)

La mezcla aditiva, como el caso de superposición de luminarias sobre una misma pantalla, es el método utilizado en TV color para la reproducción de las imágenes coloreadas.

La mezcla sustractiva se suele utilizar en la técnica de mezcla de pinturas donde un pigmento actúa como filtro de un determinado color y no vale el principio de superposición.

- **COLORES DE UN OBJETO**

El color de una fuente de luz es el correspondiente a la longitud o longitudes de onda que radia. El color de un objeto (no radiante) dependerá de la radiación visible que este absorbe o refleje hacia el ojo humano. También dependerá de la intensidad de luz con que se ilumine, del fondo de imagen y otros tantos factores.

Entonces se puede hacer la siguiente clasificación:

- ◆ **Objeto incoloro**: el que transmite todas las radiaciones que recibe.
- ◆ **Objeto blanco**: el que difunde omnidireccionalmente y sin absorción todas las radiaciones que recibe.
- ◆ **Objeto negro**: el que absorbe todas las radiaciones incidentes.
- ◆ **Objeto gris**: el que difunde o transmite parcialmente y por igual todas las radiaciones incidentes.
- ◆ **Objeto coloreado**: todo objeto que no es blanco ni negro ni gris. Por ejemplo un objeto es rojo si al ser iluminado con luz blanca difunde el color rojo y absorbe las demás componentes de radiación.

- **CONSIDERACIONES PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DE UNA IMAGEN POLICROMÁTICA**

Por todas las características señaladas anteriormente es que se llegó a establecer una serie de condiciones que permiten reproducir de la manera mas sencilla posible, y con una fidelidad aceptable, una imagen policromática por medios eléctricos. Lo mas importante al respecto es el hecho de poder generar una cierta gama de colores en base a unos pocos primarios, para lo cual se considera que con solo tres de ellos, el rojo, el verde y el azul, se producen resultados relativamente satisfactorios. Esto significa que la imagen se convierte a señales eléctricas correspondientes a estos tres colores básicos.

La segunda consideración es la de que el ojo responde de manera diferente a la brillantez de los tres colores primarios anteriores, característica que debe reproducirse durante el proceso de conversión de imagen a señal eléctrica y viceversa.

El último punto, el cual no pudiera parecer tan importante en un primer momento, es el de la resolución del ojo con respecto al color. Esto significa que los componentes de frecuencia, en la señal de una imagen a color, pueden estar mas limitados en ancho de banda en comparación con las señales de imágenes monocromáticas, dependiendo del tamaño de las áreas coloreadas, punto que se analizará con mayor detalle posteriormente.

#### **4.4 FORMACIÓN DE LA SEÑAL DE VIDEO CON INFORMACIÓN DE COLOR**

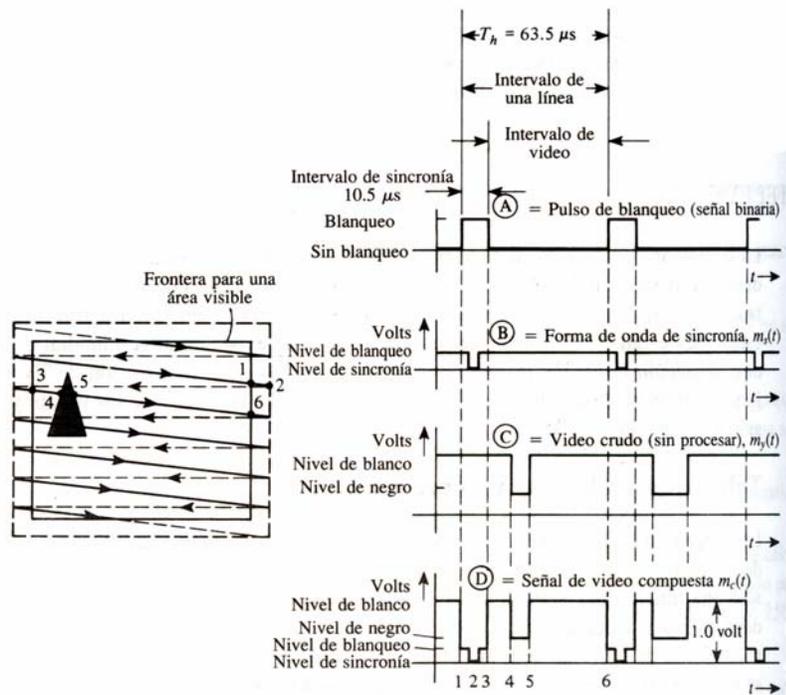
La posibilidad de la reproducción de una imagen en color por medio de las tres señales eléctricas básicas ofrece el mínimo de variables necesarias para hacerlo de manera relativamente aceptable. En base a ellas se puede obtener también la señal monocromática necesaria en los receptores de blanco y negro, por lo que, para hacer compatible el sistema policromático con el ya existente, es necesario realizar un procesamiento especial de las señales de color para

lograr tener toda la información necesaria dentro del ancho de banda establecido para el sistema monocromático.

Esta compatibilidad se consiguió por la naturaleza misma de la señal de video monocromática, la cual no ocupa su espectro de frecuencias de manera continua, sino que deja espacios vacíos que pueden ser llenados por información adicional. El procedimiento para éste arreglo, que es descrito a continuación, corresponde al aceptado por el Comité del Sistema Nacional de Televisión (NTSC) de los Estados Unidos de América (parte 4.5), el cual es utilizado en nuestro país y otros como Canadá, México, Japón y la mayoría de Sudamérica .

- **ESPECTRO DE FRECUENCIAS DE LA SEÑAL DE VIDEO MONOCROMATICA**

El espectro de frecuencias correspondiente a una señal eléctrica producida al explorar una imagen en el sistema de televisión, no presenta componentes que existan continuamente en la frecuencia, sino que estos se encuentran agrupados y a ciertos valores específicos de frecuencia, dejando espacios vacíos entre cúmulos de componentes. Este espaciamiento es debido a la inserción de los pulsos de borrado y de sincronía, los cuales se dan a las frecuencias de 15,750 y 60 Hertz, según lo descrito anteriormente y equivale a que la señal de información, que originalmente es continua en el tiempo, sea multiplicada por ondas cuadradas con los valores de frecuencias anteriores, produciéndose, en el dominio de la frecuencia, la convolución o traslación de sus respectivos espectros. La señal compuesta de video es en realidad una señal híbrida que consta de una forma de onda digital durante el intervalo de sincronización y una forma analógica durante el intervalo de video. El personal operativo observa la calidad de video a través de un monitor de forma de onda (ver capítulo II), el cual despliega la forma de onda del video compuesta como se ilustra en la figura 4.8

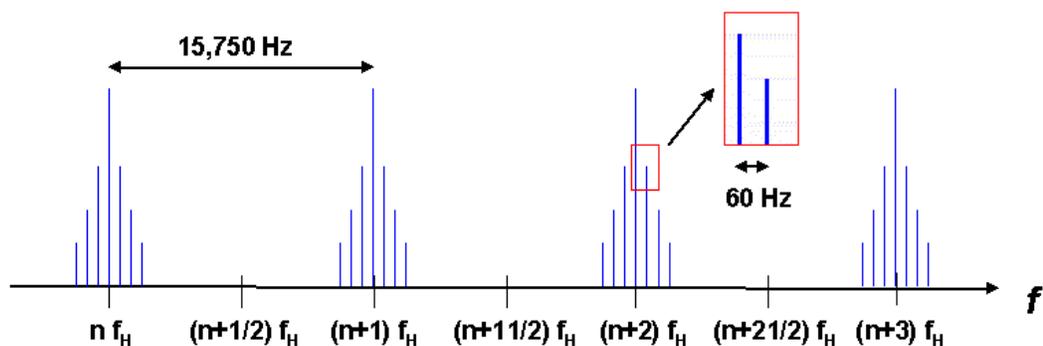


**Figura 4.8** Forma de onda Señal de TV blanco y negro

Un análisis mas detallado de la situación anterior, puede llegar a demostrar lo que ligeramente se intuye: el espectro de frecuencias resultante se encuentra formado por agrupaciones de componentes localizados alrededor de las frecuencias múltiplos del barrido horizontal ( $f_H$ ) (recordar que una onda cuadrada asimétrica, como sería el caso de los pulsos de sincronía, tiene componentes en múltiplos tanto nones como pares de su frecuencia fundamental). A su vez, estos componentes se encuentran separados entre sí por la frecuencia vertical ( $f_V$ ), es decir, que alrededor de un múltiplo de  $f_H$  se tienen bandas laterales distanciadas de este componente central en múltiplos de  $f_V$  y, lo que es mas importante, sus amplitudes disminuyen cuanto mayor es éste múltiplo. Es así que se puede considerar que entre dos agrupaciones de componentes existe un espacio vacío, el cual teóricamente puede ser ocupado por otra información sin que se cree alguna interferencia entre ambas. En la figura 4.9 se esquematiza la composición del espectro de frecuencias de la señal de video monocromática.

Puede apreciarse claramente que las frecuencias centrales intermedias entre cada agrupación se localizan en múltiplos de  $f_H$  más un medio, es decir, en múltiplos impares de  $f_H/2$ . Esto quiere decir que para llenar exactamente estos huecos con otra información es necesario que dicha señal posea características similares en su espectro, es decir, que posea huecos, y que además sea trasladada en una frecuencia igual a  $f_H/2$  o en un múltiplo impar de ella, para que ambos espectros queden así intercalados.

La intercalación de los espectros, aprovechando esta peculiar característica de huecos, no es la única manera de agregar información en el ancho de banda ya preestablecido de 6 MHz y ocupado por la señal de video monocromática. Es posible también colocar otros dos espectros de características similares por medio de un desfase entre estos últimos y los primeros ya intercalados, es decir, utilizando un proceso de modulación en cuadratura por ejemplo. De esta manera se pueden tener en el mismo ancho de banda hasta cuatro señales diferentes, siempre que todas ellas posean la característica de espacios vacíos en sus espectros de frecuencias. A continuación se describen las características, con que se logra agregar a la señal de video monocromática la información de color y mantener la compatibilidad con sistemas monocromáticos.



**Figura 4.9** Detalle del espectro de frecuencias de la señal de video monocromática.

- **LUMINANCIA**

Tomando en consideración los puntos anteriores, es de esperarse que las señales que poseen la información del color, rojo, verde y azul, puedan agregarse a la de video monocromática, de manera que esta última no sufra alteraciones. Sin embargo, deben hacerse también consideraciones adicionales que permitan la compatibilidad de la transmisión de la información del color con la transmisión de la información monocromática y una de estas es el hecho, ya mencionado, de que la luz blanca se forma en base a los colores primarios. Esta luz blanca es precisamente lo que representa la señal de video de blanco y negro, simplemente la intensidad de la luz presente en cada punto de la imagen, razón por la cual se le denomina también como de luminancia o de brillo y se le representa como **Y(t)**.

La composición de esta señal de luminancia puede lograrse, teóricamente, por medio de la suma de la señal rojo R(t), la señal verde G(t) y la señal azul B(t); (cabe señalar que se utiliza la nomenclatura en inglés RGB, por que la mayoría de equipos de video vienen de fabrica con este nombre) sucede sin embargo que durante el proceso de descomposición de la imagen original en los colores primarios no interviene el ojo humano, por lo que la suma de las señales anteriores, con las mismas intensidades, no correspondería a la forma como el ojo responde a los diferentes matices de luz, por lo que debe entonces tomarse en cuenta la debida brillantez relativa de cada primario. Es así que se logró establecer, con mayor precisión, que la señal de brillo Y(t) se componga de las siguientes proporciones de las señales básicas:

$$Y(t) = 0.3 R(t) + 0.59 G(t) + 0.11 B(t)$$

Por tanto, la señal de luminancia está formada por un 30% de la señal roja (R), un 59% de la señal verde (G) y un 11% de la señal azul (B)

Se definieron otras dos señales básicas que, junto con Y(t), permiten obtener las fundamentales:

$$\mathbf{R(t) - Y(t) = 0.7 R(t) - 0.59 G(t) - 0.11 B(t)}$$

y

$$\mathbf{B(t) - Y(t) = 0.89 B(t) - 0.59 G(t) - 0.3 R(t)}$$

de tal manera que:

$$\mathbf{R(t) = [R(t) - Y(t)] + Y(t)}$$

$$\mathbf{B(t) = [B(t) - Y(t)] + Y(t)}$$

y

$$\mathbf{G(t) = - 0.51 [R(t) - Y(t)] - 0.19 [B(t) - Y(t)] - Y(t)}$$

Aunque se pudo haber escogido directamente a dos de los colores primarios, se prefirió las señales diferencias; en primer lugar, porque con ellas puede producirse cualquier color sin necesidad de la presencia de  $Y(t)$  y, en segundo lugar, porque a partir de ellas se pueden definir los matices que tienen mayor resolución para el ojo humano, los cuales, como se mencionó en secciones anteriores, no son ninguno de los primarios, sino las combinaciones rojo-naranja y verde-azul.

- **LAS SEÑALES CON LA INFORMACIÓN DEL COLOR**

El hecho de que las señales diferencia  $R(t)-Y(t)$  y  $B(t)-Y(t)$  puedan generar cualquier color se debe a que en ellas están incluidos los tres primarios rojo, verde y azul. Por lo tanto, a esas dos señales se les puede representar como dos componentes que al variar su magnitud generarán precisamente un cierto color. Esto se observa con mayor claridad haciendo referencia a la figura 4.10, en la que se ha construido un plano cuyos ejes son precisamente las señales diferencia anteriores.

- **CROMINANCIA**

En la figura 4.10 se muestran también las posiciones del eje i, el cual se encuentra 33 grados a la izquierda de la señal de diferencia R(t)-Y(t), y que representa los colores que el ojo percibe con mayor resolución; vector al que se le ha denominado como **I(t)** y al que se le ha asociado un vector perpendicular denominado **Q(t)** (eje q). Esto permite tener un nuevo par de componentes base para la generación de toda la información a color producida por los componentes originales R(t), G(t) y B(t). Estas nuevas señales se encuentran definidas por:

$$\mathbf{I(t) = 0.6 R(t) - 0.28 G(t) - 0.32 B(t)}$$

y

$$\mathbf{Q(t) = 0.21 R(t) - 0.52 G(t) + 0.31 B(t)}$$

La señal de crominancia o C es una combinación de señales de color I y Q. Debido a que las señales I y Q están en cuadratura, la señal C es la suma de generador de fases de las dos (es decir que la magnitud de  $C = \sqrt{I^2 + Q^2}$  y la fase es el  $\tan^{-1}Q/I$ ). Las amplitudes de las señales I y Q son, en cambio, proporcionales a las señales de video R, G, B.

- **DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA SUBPORTADORA DE COLOR**

La determinación del valor exacto de la frecuencia de la subportadora de color depende finalmente de un efecto que hasta este momento no había sido referido: la mezcla en frecuencia de la portadora de audio y de la subportadora de color en algún elemento del receptor generará una señal cuya frecuencia puede estar dentro del ancho de banda de la señal de la imagen, produciendo por lo tanto interferencia en ella. La mezcla en frecuencia de dos señales produce precisamente señales nuevas cuyos valores de frecuencia son iguales a la suma y a la resta de los valores de frecuencia de las señales originales.

$$4.5 \text{ MHz} - 227.5 \text{ fH} = 58.5 \text{ fH}$$

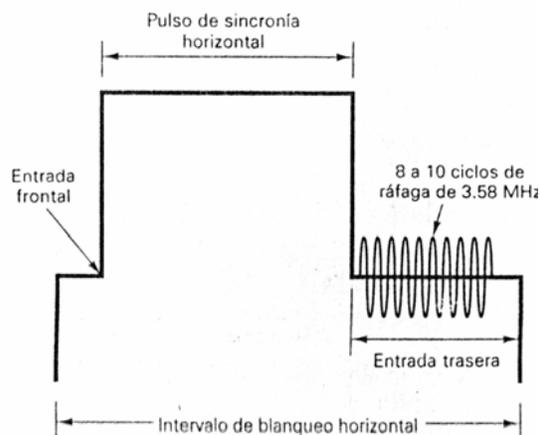
$$\text{fH} = 15.734266 \text{ KHz} \text{ y}$$

$$\text{fC} = 227.5 \text{ fH} = 3.5795455 \text{ MHz},$$

lo cual implica a su vez un cambio de la frecuencia de barrido vertical, quedando esta con un valor de 59.94 Hz.

Estas nuevas frecuencias de barrido horizontal y vertical son las utilizadas en realidad en el sistema de televisión actual y en su tiempo se consideró que la variación que presentaban con respecto a las establecidas para el sistema monocromático no presentaba problemas en los receptores monocromáticos ya existentes.

Una última consideración es el hecho de que, para facilitar la sincronización de la subportadora de color que se genere localmente en el receptor con respecto a la subportadora utilizada en la modulación de las señales  $I(t)$  y  $Q(t)$ , se estableció agregar en la zona de borrado horizontal posterior una muestra de la subportadora de color utilizada en la modulación. Esto añade finalmente un elemento mas a la señal, la cual toma una forma definitiva como la mostrada en la figura 4.12.



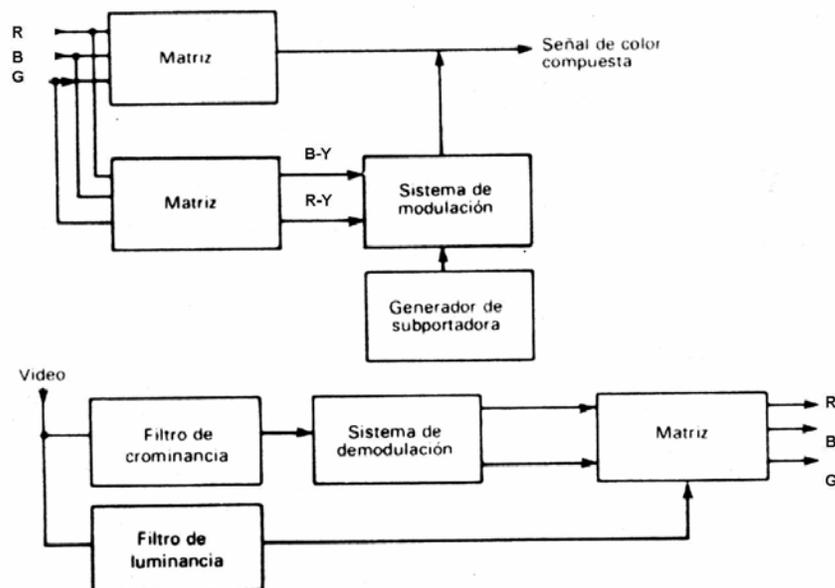
**Figura 4.12** Intervalo de blanqueo horizontal y una ráfaga de 3.58 MHz

El problema de la sincronización para el caso de la subportadora de color es muy severo, pues sus efectos se percibirían como una continua variación de los colores de la imagen. El agregar a la señal de video esa muestra o ráfaga mostrada permite que en el receptor se tenga una referencia lo suficientemente larga (mínimo 8 ciclos) para sincronizarse de manera relativamente sencilla.

## 4.5 SISTEMAS ANALÓGICOS DE CODIFICACIÓN DE COLOR

### 4.5.1 SISTEMA BÁSICO

El primer sistema mostrado en la figura 4.13 entró en servicio en los Estados Unidos en diciembre de 1953, después de muchos años de experimentación. Hay que atribuir una gran parte del merito a RCA, que fueron pioneros en la investigación.



**Figura 4.13** Sistema moderno de color

El principio adoptado estaba basado en la captación de tres señales de color (rojo, verde y azul) a partir de la escena original, dividiéndose la luz en canales separados. La magnitud de las señales de color individual dependía de

la cantidad real de color del objeto televisado. Los colores compuestos de dos o más colores primarios producen señales proporcionales en cada canal. La señal de luminancia (Y) se obtiene combinando en determinada proporción las señales rojas, verdes y azules. Por eso el sistema produce una señal de luminancia y tres señales de color separadas.

Las diversas combinaciones proporcionales de los colores primarios es lo que produce los restantes colores. El blanco se consigue con la transmisión simultánea de los tres colores primarios en la proporción.

$$\mathbf{0.3 R + 0.59 G + 0.11 B}$$

La señal de luminancia corresponde al brillo de la imagen y por lo tanto es la señal monocromática.

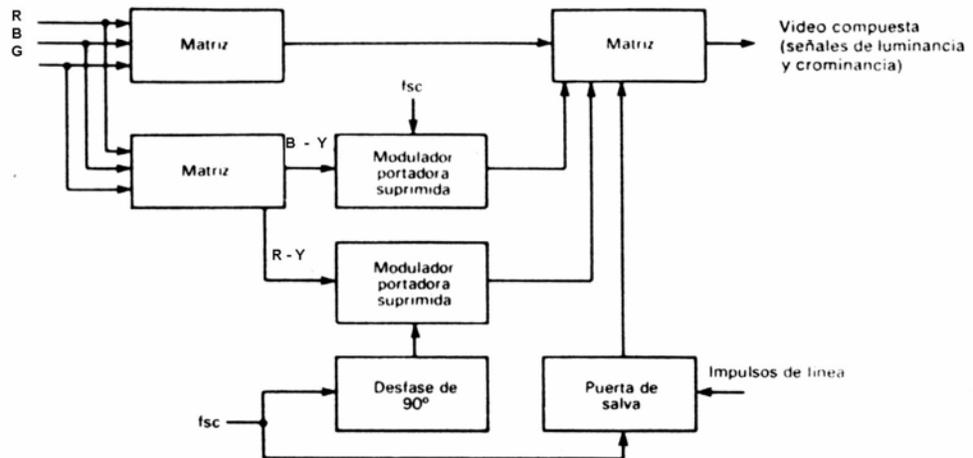
Para reducir el número de señales de color a transmitir, se utilizan dos señales diferencia de color, las cuales no contienen información de brillo, pues se obtienen mediante la sustracción electrónica de la señal de luminancia de la salida de los amplificadores de señales de rojo y azul (R-Y y B-Y). La utilización de señales de diferencia de color presenta ventajas respecto de la transmisión directa de las señales de color.

Evidentemente, conociendo dos de las señales diferencia de color y disponiendo de la luminancia, se puede obtener electrónicamente la tercera. Este sistema es el básico de todos los de televisión en color, independientemente del método de codificación final adoptado para la transmisión.

Se presenta el problema, desde luego, de que dos señales distintas deben modular la misma subportadora para la transmisión de la información cromática; el método de modulación de esta es el que diferencia los sistemas de color utilizados hoy en día.

## 4.5.2 SISTEMA NTSC

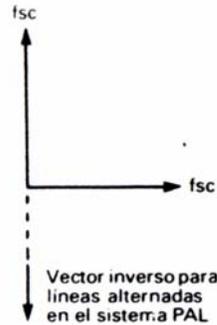
Este problema de transmitir simultáneamente dos señales en la misma portadora (figura 4.14), se soluciono utilizando el concepto de modulación de amplitud en cuadratura, que emplea dos subportadoras de la misma frecuencia desfasadas  $90^\circ$  (figura 4.15) modulada cada una de ellas por separado por una de las señales diferencia de color. Las señales pueden recuperarse en el receptor por medio de demoduladores síncronos, gobernados por un generador local controlado por la salva de referencia de color transmitida en la señal de video. (figura 4.16).



**Figura 4.14** Codificación básica de los sistemas NTSC y PAL

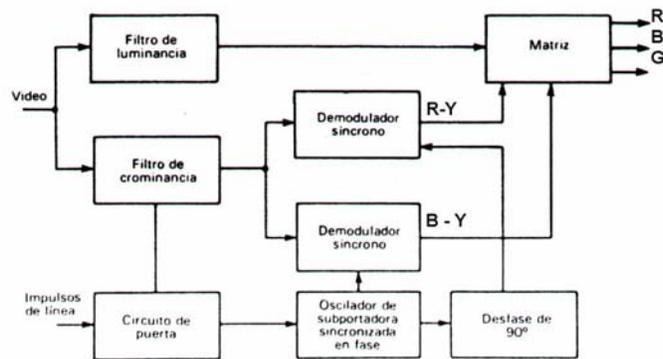
Este sistema, a pesar de su éxito plantea problemas en transmisión, ya que cualquier distorsión de fase origina alteraciones en el tono y los errores de amplitud de las soportadoras, alteraciones en la intensidad de los colores (errores de saturación). Por lo que, en la industria, las siglas NTSC fueron conocidas como “ Never Twice the Same Color” (nunca se repite el mismo color). Sin embargo, algunas críticas se debían a que la electrónica no había alcanzado Aún El nivel actual: se utilizaban equipos a válvulas que estaban,

por lo mismo, sujetos a derivas, mientras que las técnicas de grabación de señal de video eran inadecuadas para producir grabaciones NTSC de buena calidad.



**Figura 4.15** Modulación en cuadratura. La subportadora se divide en dos de la misma frecuencia pero desfasadas entre si  $90^\circ$ . Cada una de ellas se modula con una señal derivada de las señales diferencia de color. Ambas señales pueden ser transportadas sin que se interfieran una a otra.

Sin embargo, cuando Europa estuvo en condiciones de contemplar la adopción de un sistema de color, comenzó la búsqueda de sistemas más perfeccionado.



**Figura 4.16** Sistema básico de decodificación NTSC y PAL (sin línea de retardo)

### 4.5.3 SISTEMA SECAM (Séquence a Mémoire, secuencial con memoria)

En 1959, Henry de France propuso los principios básicos del actual sistema SECAM (figura 4.17) en el que cada señal diferencia de color se

transmite por turno en líneas alternas, en una subportadora modulada en frecuencia.

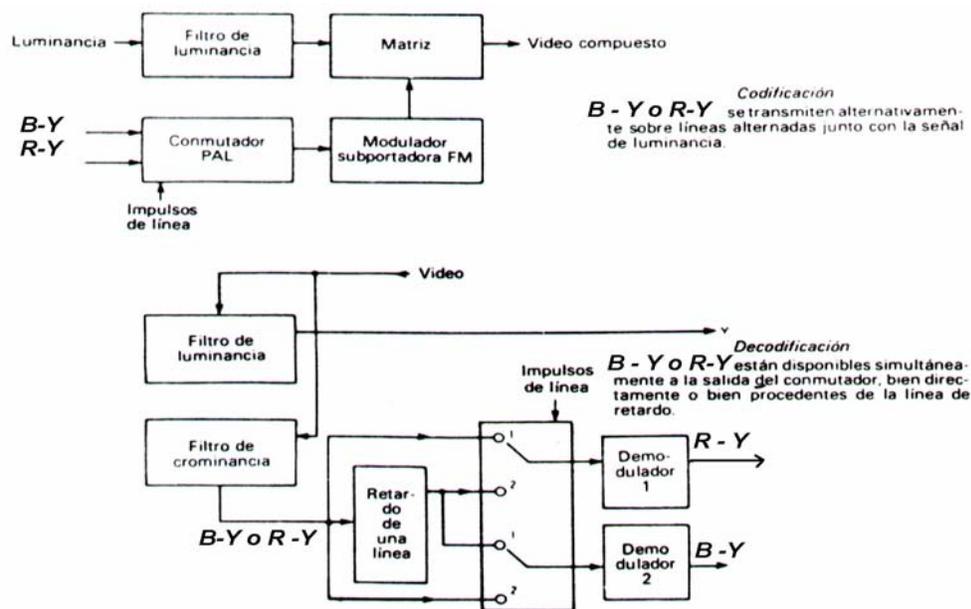
En el receptor, una línea de retardo almacena alternativamente la señal diferencia de color transmitida, de manera que siempre están presentes las dos señales diferencia de color aún cuando procedan de dos líneas distintas.

Esto obviamente reduce la definición vertical del colore, pero si principal objetivo es evitar la intermodulación entre las dos señales de color, que ocurre cuando se transmiten simultáneamente. La intermodulación se debe principalmente a la alinealidad del sistema, lo que origina errores de ganancia y fases diferenciales y distorsiones de banda lateral vestigial.

En 1959, Henry de France propuso los principios básicos del actual sistema SECAM (figura 4.17) en el que cada señal diferencia de color se transmite por turno en líneas alternas, en una subportadora modulada en frecuencia.

En el receptor, una línea de retardo almacena alternativamente la señal diferencia de color transmitida, de manera que siempre están presentes las dos señales diferencia de color aún cuando procedan de dos líneas distintas.

Esto obviamente reduce la definición vertical del colore, pero si principal objetivo es evitar la intermodulación entre las dos señales de color, que ocurre cuando se transmiten simultáneamente. La intermodulación se debe principalmente a la alinealidad del sistema, lo que origina errores de ganancia y fases diferenciales y distorsiones de banda lateral vestigial.



**Figura 4.17** Sistema de codificación y decodificación SECAM

Sin embargo, la codificación SECAM produjo nuevos problemas. Como la subportadora está siempre presente, la relación señal / ruido es peor en SECAM que en los sistemas NTSC y PAL; para mejorarla, la amplitud de la subportadora se incrementa con la desviación y, como en todos los sistema de FM se utiliza pre-énfasis para las señales de crominancia, lo que permite reducir la amplitud de la subportadora no desviada.

Cuando la señal de luminancia contiene frecuencia próximas a la de la subportadora, la amplitud de esta se aumenta para minimizar la interferencia que causarían dichas frecuencias a la señal de crominancia.

Aún cuando estas nuevas dificultades eran eminentes Europa estuvo a punto de adoptar el SECAM, gracias a su mayor idoneidad para la transmisión y grabación.

#### **4.5.4 SISTEMA PAL (Línea con alternancia de fase)**

Este sistema dio continuidad a los primitivos trabajos de Hazeltine y Henry de France sobre la alternancia de fase del color. Se utilizaron los

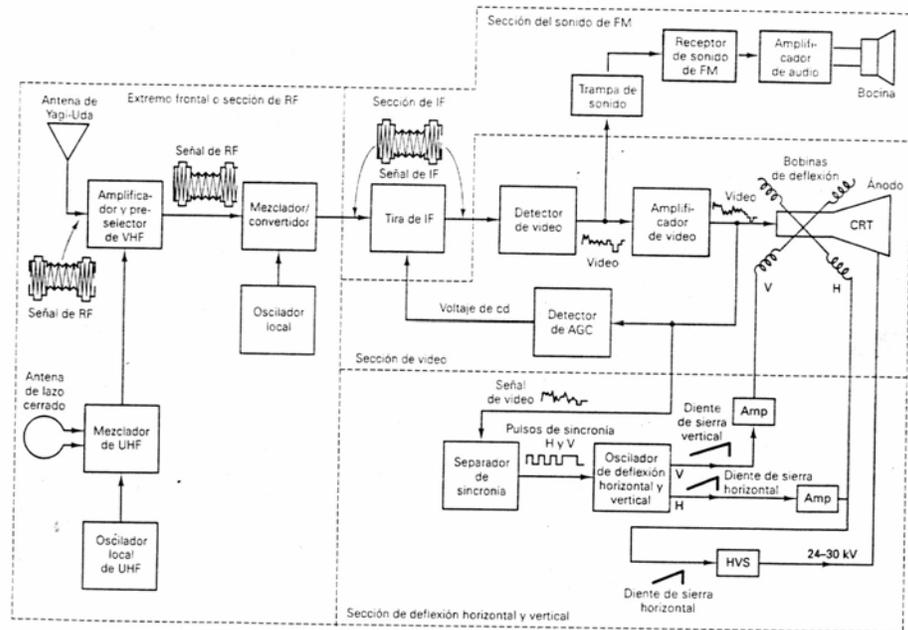
fundamentos del NTSC, con la modificación de que uno de los vectores de la subportadora invierte su fase en líneas alternas (figuras 4.15 y 4.16).

Cualquier distorsión de fase que sufra la señal transmitida provoca a su vez un desplazamiento del vector que representa la señal diferencias de color y esto causa en el NTSC una reproducción errónea del color. En PAL tiene lugar el mismo desplazamiento del vector, pero los colores que se reproducen en dos líneas consecutivas tienden a desviarse del color original en direcciones opuestas, ya que uno de los vectores invierte su fase línea a línea. El ojo promedia ambos extremos y tiende a ver el color auténtico. Lógicamente, este promedio puede realizarse de un modo más satisfactorio electrónicamente utilizando una línea de retardo, de manera que se disponga simultáneamente de ambas líneas. Todos los receptores modernos incorporan líneas de retardo.

#### **4.6 RECEPTOR DE TELEVISIÓN BLANCO Y NEGRO Y A COLOR**

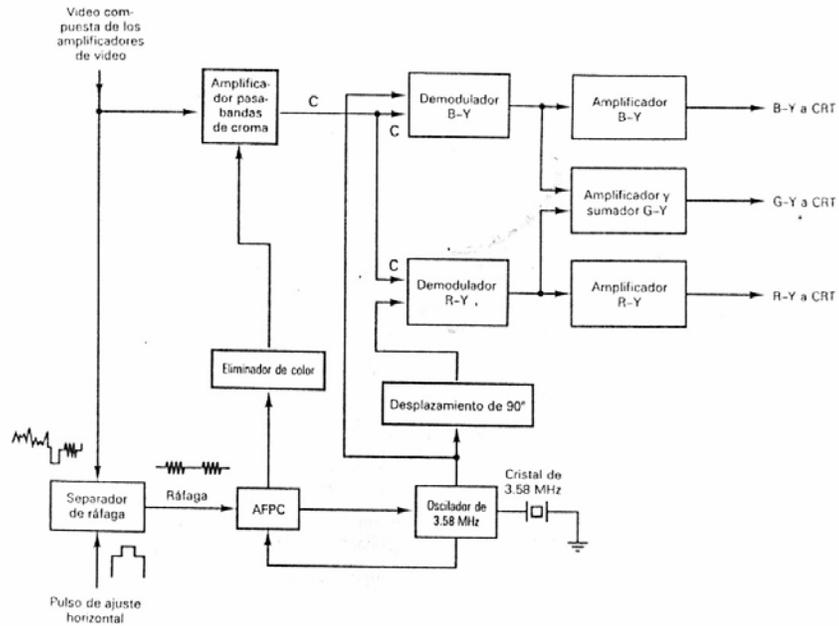
Un diagrama a bloques simplificado de un receptor de blanco y negro se muestra en la figura 4.18. La video compuesta  $S_{vc}(t)$ , como se describió con anterioridad, más una portadora FM de 4.5 MHz conteniendo la modulación de audio, aparece a la salida del detector de envolvente. La portadora de FM de 4.5 MHz está presente ya que la no linealidad del detector de envolvente y debido a la entrada del detector (señal de IF) contiene, entre otros términos, la portadora de FM aural más un término discreto (por ejemplo senoidal), el cual es la portadora de video, localizado a 4.5 MHz lejos de la señal de la portadora de FM. El producto de intermodulación de estas dos señales produce la señal de 4.5 MHz, que se llama señal interportadora y contiene la modulación aural. Por supuesto, si cualesquiera de estas dos señales desaparece, la señal de salida de 4.5 MHz también desaparecerá. Esto sucederá si se permite que el nivel blanco de la imagen vaya más bajo, digamos, 10% del nivel de la envolvente pico (nivel de la punta de sincronía) de la señal visual de AM. Esto es porque la FCC especifica que el nivel blanco no puede ser más bajo que  $(12.5 \pm 2.5)\%$  del nivel de la envolvente pico. Cuando esto ocurre un zumbido se escucha en la señal de sonido, ya que la portadora de FM de 4.5 MHz está desapareciendo

a una velocidad de 60 Hz durante la porción blanca de la escena de TV. El circuito de separador de sincronía consta de un integrador con pérdidas para recuperar los pulsos de sincronía vertical y un diferenciador con perdidas para los horizontales. El resto del diagrama a bloques se explica por sí mismo.



**Figura 4.18** Receptor de TV blanco y negro

Un receptor de televisión a color es en esencia igual que un receptor de blanco y negro excepto por el tubo de la imagen y la suma de los circuitos de decodificación de color. La figura 4.19 muestra el diagrama a bloques simplificado para los circuitos de color en un receptor de televisión a color.



**Figura 4.19** Circuitos del demodulador de color

La señal de video compuesta alimenta al amplificador pasabandas de croma, la cual se sintoniza a la subportadora de 3.58 MHz y tiene una pasabandas de 0.5 MHz. En consecuencia, se amplifica solo la señal de color ( C ) y pasa a los demoduladores B-Y y R-Y . La ráfaga de color de 3.58 MHz se separa del pulso de blanqueo horizontal al utilizar el separador de ráfaga solo durante el tiempo de retroceso horizontal. Una subportadora de color síncrono de 3.58 MHz se reproducirá en el circuito AFC de color, el cual consiste de un oscilador de color de 3.58 MHz y un circuito AFPC de color ( Frecuencia automática y control de fase) . El eliminador de color apaga el amplificador de croma durante la recepción monocromática . La señal C se demodula en los demoduladores B-Y y R-Y y se mezcla con la subportadora coherente de fase de 3.58 MHz. Las señales B-Y y R-Y generan la señal R y de video combinándolas con la señal Y de la siguiente manera:

$$\mathbf{B-Y+Y=B}$$

$$\mathbf{R-Y+Y=R}$$

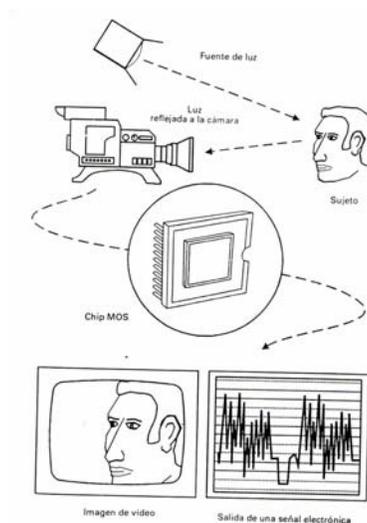
La señal de video G (verde) se genera combinando las señales B-Y y R-Y en las proporciones adecuadas.

## 4.7 CAMARAS DE TELEVISIÓN

### 4.7.1 INTRODUCCIÓN

La cámara es el caballo de batalla de la televisión. Es la parte más móvil del equipamiento de un sistema de TV y su diseño ha de hacerla robusta y practica. La nueva generación de cámaras portátiles ha continuado la evolución de la televisión y permitido su entrada en lugares antes sólo accesibles a las cámaras de cine.

La cámara ha continuado reduciendo su tamaño, y muchas cámaras actuales están diseñadas para usarse tanto en estudio como en exteriores. Es el elemento más importante en el mundo de la televisión, su importancia radica en que esta es la primera en captar toda la información de luz y color de un objeto dado reflejada por un arreglo de espejos y procesada en tubos de cámara que generan las señales RGB (figura 4.20). Por esta razón es necesario realizar un enfoque general de cómo esta constituido y como trabaja una cámara, la cual se presenta a continuación.



**Figura 4.20** Diagrama general del funcionamiento de la cámara de TV

- **TIPOS Y APLICACIONES**

Las cámaras profesionales de televisión se pueden clasificar, de modo general, en las siguientes categorías:

- (1) En estudios fijos, donde la cámara se utiliza (figura 4.21):
  - En un decorado (set) de modo permanente.
  - En una producción con varios decorados.
  - Para presentación y continuidad.
- (2) En retransmisiones exteriores de deportes y otros tipos de acontecimientos.
- (3) Para noticias o documentales.
- (4) Para obtener imágenes a partir de un film.

En todas estas situaciones la cámara puede ser blanco y negro o de color. Cada situación tiene sus propias necesidades y la cámara idónea para un ocasión puede ser inaceptable para otra distinta, ya se da a los medios auxiliares disponibles o a las condiciones físicas en que se realice la operación.

En los estudios profesionales se necesita la más alta calidad, pero las limitaciones del ingeniero de diseño son mínimas, ya que tiene a su disposición todas las facilidades como impulsos, sistemas de iluminación, “dollies”, grúas y personal profesional. Las restricciones en peso, tamaño y óptica son pocas, lo que permite incrementar la electrónica, lo mismo que el visor de cámara.



**Figura 4.21** Típica operación con una cámara dentro de un estudio

Por razones económicas, una cámara más barata puede ser apropiada para situaciones menos exigentes, tales como estudios de presentación y continuidad, donde el contenido de la imagen y la iluminación son fijos. Normalmente, estas cámaras se operan por control remoto.

Para noticias y documentales son importantes la portabilidad y la posibilidad de igualar las imágenes a las producidas en estudio, sobre todo si el programa consta de señales de ambas procedencias. No obstante, se puede tolerar una calidad inferior en noticias y temas comunes que sean de interés para los espectadores. Por lo general, estas cámaras tienen ópticas de rango limitado y pueden funcionar a baterías.

Las cámaras convencionales pueden también modificarse para operar como telecines, una ventaja de que el objeto está a una distancia fija de enfoque y hay una fuerte iluminación. Normalmente, se añaden correcciones para las filmaciones de color de baja calidad y para las características calorimétricas de las emulsiones usadas en las películas. También es posible la corrección automática de la iluminación, por medio de un filtro neutro de densidad variable colocado en la frontal de la cámara, de forma que mantenga constante la luz proyectada, lo que tiene una especial utilidad cuando la película es de densidad variable.

- **COMPONENTES DE UNA CÁMARA**

La señal de color se forma combinando las salidas de tres tubos que generan por separado tensiones proporcionales a las componentes roja, verde y azul de la imagen. Básicamente, la cámara de color de tres tubos consiste en tres cadenas independientes de blanco y negro, una para cada color, cuidadosamente ajustadas (figura 4.22). La descripción de sus fundamentos incluye, por tanto la de los de una monocroma.

Todas las cámaras consisten en :

- 1) Un sistema óptico convencional.
- 2) En las de color, un bloque de separación de los colores primarios.
- 3) Tubo de cámara. En cámaras de color se necesita un juego de 3 tubos. Cada uno debe estar explorado y registrado cuidadosamente.
- 4) Preamplificadores de cabeza. Estos amplificadores de gran ganancia y bajo ruido deben estar lo más cerca posible del tubo.
- 5) Corrección de gamma.
- 6) Circuitos de barrido y, en las cámaras de color, de convergencia.
- 7) Fuentes de alimentación que incluyan todas las dimensiones que necesite el tubo.
- 8) Circuitos de borrado y fijación.
- 9) Adición de sincronismos.
- 10) En algunas cámaras se incluye un codificador de color para producir una señal compuesta en PAL, SECAM o NTSC. En caso contrario, la cámara va provista de salidas RGB y se utiliza un codificador independiente.
- 11) Visor, normalmente un pequeño monitor monocromo, para el operador de cámara.

- **OPERACIÓN CON MULTI-CÁMARA**

Una cámara puede controlarse exteriormente, desde un generador central de impulsos de sincronismo. En otros casos, sobre todo en las cámaras más baratas, los impulsos se generan interiormente a partir de la tensión de red. La salida de video de estas últimas debe aproximarse a las formas de onda del sistema de TV y la de una cámara profesional debe reproducir estas últimas exactamente.

En un estudio con varias cámaras, en el que se hacen mezclas y efectos especiales, en esencial que todas estén gobernadas por el mismo generador de sincronismo y que en el mezclador están presentes todas las fuentes de señal con la misma “fase”. Para conseguirlo, en los recorridos más cortos de señal se insertan retardos artificiales, de forma que los retardos debidos al equipamiento y la longitud de los cables sean los mismos para todas las fuentes a la entrada del mezclador. De esta forma, las señales se pueden conmutar sin causar perturbaciones en la imagen.

Una aproximación a este problema es que cada cámara genere sus propios sincronismos, estando éstos a su vez enclavados (“genlocked”) al generador central, lo que asegura la sincronización de todas las cámaras entre si y que las diferencias de fase en el mezclador puedan compensarse fácilmente en las propias cámaras. Esto evita el tener que distribuir a cada cámara todas las señales de impulsos, ya que basta una sola para sincronizarlas ( normalmente la producida por un generador de negro de color) (figura 4.2.2).

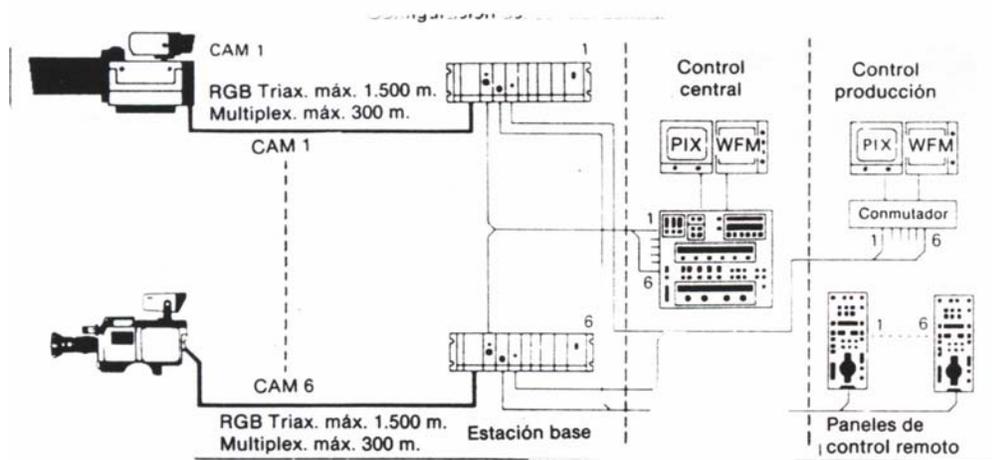
- **CIRCUITOS DE LA CÁMARA**

Cuando se aumenta la longitud de cable, se experimentan pérdidas de alta frecuencia, por lo que, para minimizarlas hay que incluir circuitos de “compensación de cable”.

Dependiendo del fabricante, de la norma y del uso pensado para la cámara, se incluyen en ella circuitos para realzar la imagen (realce en alta frecuencia), corrección de contornos a partir del canal verde (realce de los flancos a partir de la citada señal), circuitos de alineamiento automático, intercomunicación y señalización.

En los modelos más sofisticados y con el objeto de reducir el tamaño de la cabeza de cámara, el procesamiento de la señal de video, la fuente de alimentación y los circuitos de sincronización se incluyen en una “unidad de control de cámara” (CCU) separada, que se une a la cabeza de cámara por medio de un cable múltiple (multiplex o coaxial).

En estos casos, la cabeza de cámara incluye el visor de cámara, los tubos de cámara, los yugos de deflexión, el sistema óptico, los amplificadores de cabeza y la necesaria intercomunicación. Este sistema permite que, en instalaciones con varias cámaras, las unidades de control (CCU) estén centralizadas y atendidas por un sólo técnico, que tiene la posibilidad de igualar las imágenes de todas ellas (figura 4.22).



**Figura 4.22** Operación con varias cámaras.

El cable múltiple, al unir la cabeza de la cámara con el CCU, debe llevar las señales de comando y las formas de onda de video. Claro está que existen pérdidas en el cable en ambos DC y en las frecuencias más altas. En las cámaras más sofisticadas, un sistema de comando digital puede añadirse y usarse multiplexación de frecuencia para comandos, video y audio. Tales señales, junto con la energía de la cámara pueden transmitirse mediante un único cable triaxial, que se construye como un cable coaxial, pero con tres núcleos. El sistema triaxial es lo que permite que existan distancias más largas entre la cabeza de la cámara y el CCU o el BSU (Unidad de la estación base) y además asegura una alta relación señal / ruido para señales de video y audio y una gran fiabilidad de las señales de comando.

- **ALINEACIÓN AUTOMÁTICA**

El desarrollo de los micro coprocesadores, durante los últimos años, ha permitido diseñar los sofisticados procedimientos de alineación automática de circuitos, simplificando notablemente el manejo de las cámaras.

Cuando se usa un procedimiento de alineación manual, por lo general es necesario ajustar 25 controles o incluso más para conseguir un correcto registro. Los ajustes se refieren al alto, ancho, desplazamiento horizontal o vertical, linealidad, trapezoidal, distorsión e inclinación vertical y horizontal y los ajustes deben hacerse en cada uno de los tres tubos. Además no hay que olvidar los controles de nivel de sombra, enfoque y balance de blanco y negro.

En operaciones con varias cámaras, todas tienen que estar igualadas. Cuando se graba en estudio, es fácil que haya cuatro o cinco cámaras tomando el programa y los programas pueden necesitar varios días para llegar a su fin, por lo que hace falta una alineación exacta si se quiere mantener una calidad común a sus distintas fases.

Los microprocesadores significan un medio para conseguir resultados coherentes y permiten comprobar constantemente el rendimiento conseguido. Los fabricantes de cámaras además han añadido la posibilidad de obtener diseños en existencia o convertir el alineamiento por microprocesadores en una parte integrante de la cámara.

#### **4.7.2 LAS LENTES DE LA CÁMARA**

La óptica de la cámara determina, junto con el tubo, la calidad de la imagen. La electrónica puede perfeccionarse normalmente para conseguir los resultados deseados sin degradar la imagen y se emplean circuitos electrónicos para corregir las distorsiones y compensar las deficiencias de la parte eléctrica. Sin embargo, la lente es un conjunto con distorsiones inherentes y su calidad es directamente proporcional a su precio.

- **ABERRACIONES ÓPTICAS**

Se denominan así las deficiencias de la imagen debidas a la lente, e incluyen:

- 1) Aberración esférica.
- 2) Coma.
- 3) Astigmatismo.
- 4) Curvatura del campo.
- 5) Aberración cromática.

Para describir estas distorsiones se necesita un importante aparato matemático y un considerable número de figuras. A continuación se hará una breve descripción de cada una de ella.

La aberración esférica hace que los rayos igualmente espaciados y paralelos al eje se corten en puntos focales distintos. Puede corregirse combinando una lente convexa y una cóncava. El efecto de coma se produce por las diferencias de potencia existentes entre distintas zonas anulares de la

lente (por ejemplo, entre la zona gruesa y la fina) y se presenta en los rayos paralelos oblicuos al eje principal. Los rayos marginales forman una imagen de luminosidad reducida y se produce una imagen que tiene apariencia de una cola de cometa.

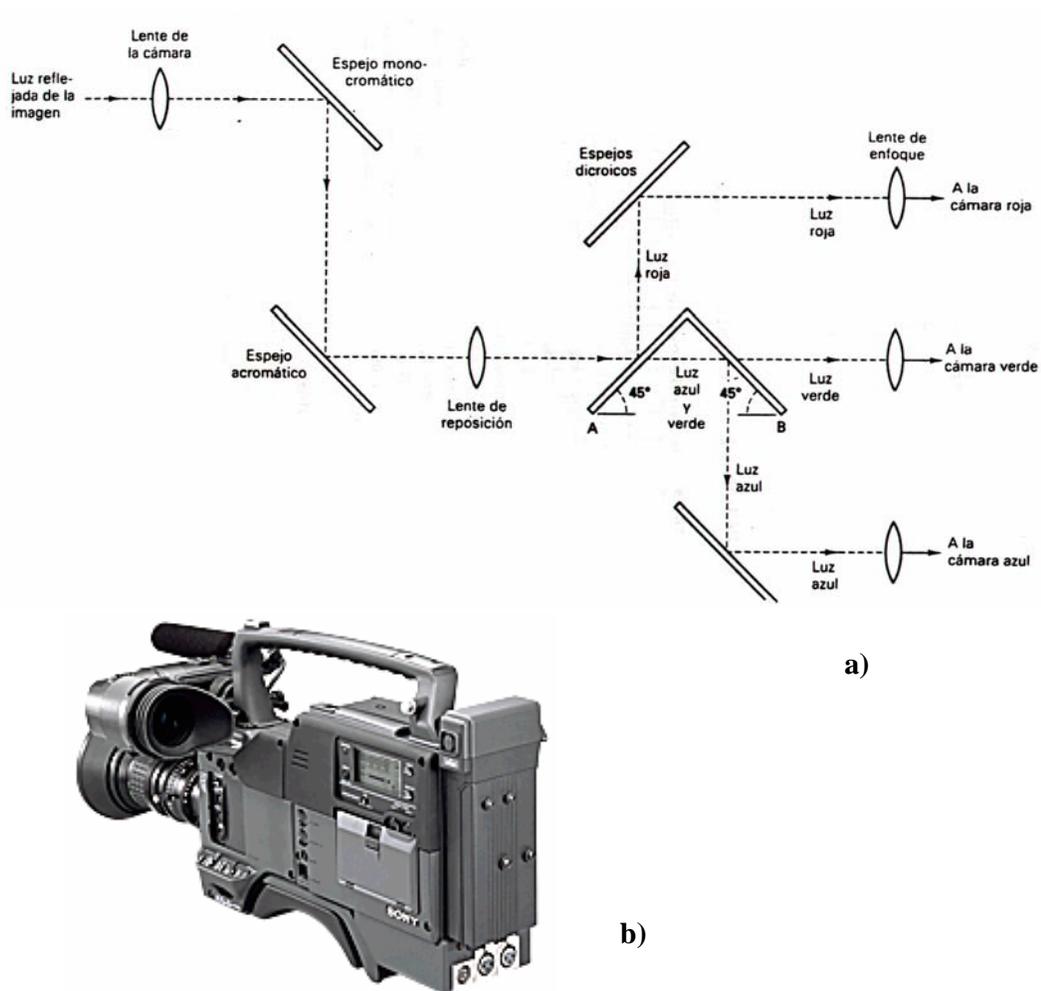
El astigmatismo produce una línea focal en lugar de un único foco puntual y se presenta únicamente en los rayos oblicuos al eje. Cuando se usa una lente convexa, la curvatura de campo provoca que los bordes exteriores de la imagen se desplacen hacia el objeto. Es posible corregirla por medio de una combinación de lentes que corrija la curvatura y el astigmatismo sin distorsionar el color, se denomina “lente anastigmática”.

La distorsión de la imagen se debe a que la amplificación de la lente depende de la dirección de los rayos incidentes y es, por tanto, mayor cuando la distancia al objeto es lo suficientemente pequeña para ser del orden de la distancia focal. En este punto el haz incidente tiene un ángulo mayor que el de un objeto más distante. Su corrección puede conseguirse mediante una adecuada combinación de lentes con un “stop” colocado entre ellas. La aberración cromática viene causada por la dependencia de la distancia focal del índice de refracción, que es distinto para cada longitud de onda. La nitidez de la imagen y sus amplificación dependerá, por tanto, de los colores. Las lentes acromáticas se consiguen uniendo o espaciando elementos con diferentes índices y poder de dispersión.

- **CAMARA A COLOR**

La figura 4.23 a) muestra una configuración de espejos que pueden usarse para dividir una imagen en los tres colores primarios y b) cámara a color usada en un estudio de televisión. Los espejos cromáticos refleja luz de todos los colores. Los **espejos dicróicos** están cubiertos para reflejar la luz de solo una frecuencia (color) y permitir que pasen otras frecuencias (colores). La luz reflejada de la imagen pasa por una sola lente de cámara., se refleja por dos

espejos acromáticos y pasa por una lente relevadora. Los espejos dicróicos A y B se montan en ángulos de  $45^\circ$  opuestos. El espejo A refleja la luz roja, en tanto que la luz azul y verde pasa directamente por el espejo B. El espejo B refleja la luz azul y permite que la luz verde pase. En consecuencia, la imagen se separa en frecuencias de luz roja, verde y azul. Una vez separadas, las tres señales de frecuencia de color modulan sus tubos de cámara respectivos y generan las señales de video R, G y B.



**Figura 4.23** Cámara a Color a) Combinación de espejos en una cámara a color b) Cámara portátil a color usada en un estudio de TV.

## CAPITULO V

### GENERACIÓN DE SEÑALES

#### 5.1 INTRODUCCIÓN A LA DIGITALIZACIÓN DEL AUDIO Y VIDEO

La diferencia entre una señal analógica y una digital, sea cual sea su origen y finalidad, está en que la primera de ellas es de naturaleza continua y la segunda de ellas es de naturaleza discreta. Esto quiere decir que una señal digital se representa mediante un número concreto de valores mientras que la representación de una señal analógica se hace a través de una función de infinitos puntos. De esta afirmación, la primera conclusión que debemos sacar es que la digitalización de una imagen es una mera aproximación a la señal inicial. Esta es la razón por la que el proceso de digitalización se inicio con un proceso de muestreo de la señal, de esta primera parte dependerá en buena medida la calidad final, ya que cuanto más aproximada sea la muestra, más cercana será la imagen final al original. El siguiente paso en el proceso es la cuantificación de las muestras recogidas, es decir, asociar un valor al dato recogido en la operación de muestreo, que luego se utilizará en la siguiente fase. La tercera y última fase del proceso de digitalización de una señal es la codificación. En esta fase se ordenan todos los valores que hemos asignado en la fase de cuantificación de una manera concreta. El resultado de esta ordenación es la imagen en formato digital, tan sólo hace falta un reproductor que sea capaz de interpretar y mostrar esta información, un reproductor de DVD podría ser este reproductor.

En esencia el audio digital es un proceso tecnológico donde una señal analógica (como la producida cuando ondas sonoras en el aire excitan un micrófono) es primeramente convertida en una secuencia continua de números

o dígitos (o lo que es igual: a barras o ceros como cualquier computador) conocido como "Código Binario".

Una vez en formato digital la señal es extremadamente inmune a la degradación causada por ruidos del sistema o defectos en el medio, de almacenamiento o de transmisión, a diferencia de los sistemas analógicos precedentes. La señal de audio digitalizada es fácilmente grabada en una variedad de medios ópticos o magnéticos, en los cuales puede ser almacenada indefinidamente con la calidad original sin pérdidas.

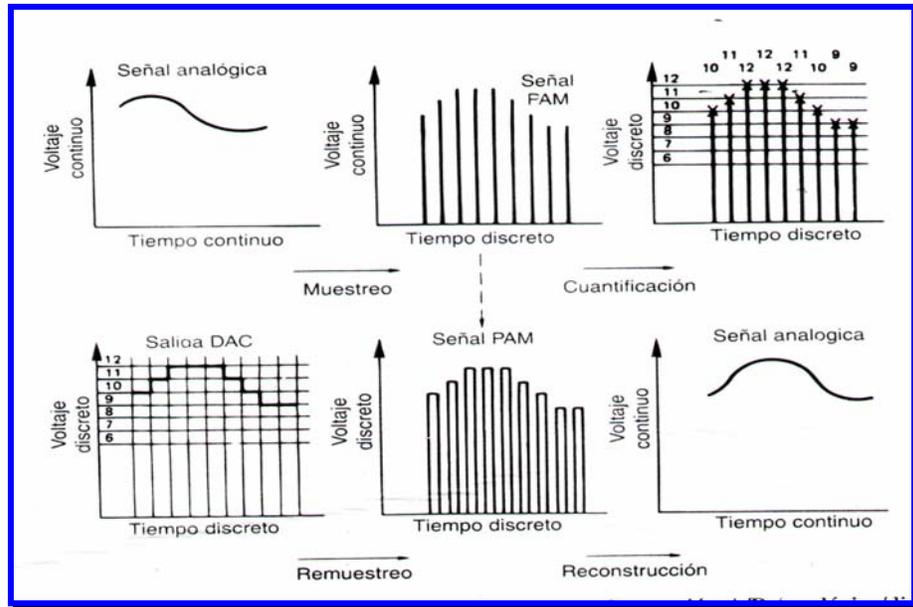
La señal digitalizada es luego reconvertida a una señal analógica mediante la reversión del proceso de digitalización para poder ser escuchada por el oído humano, que es análogo.

En los sistemas de grabación y reproducción digital, cada una de estas funciones es ejecutada por separado. En sistemas de procesamiento de señales de audio digital (donde no se ejecutan funciones de grabación - reproducción), ambos procesos de conversión: Analógico a digital y Digital a Analógico son hechos simultáneamente.

Para éstos sistemas es posible usar una variedad de técnicas, pero la más común se conoce como "modulación codificada de pulsos lineales" o su abreviatura en inglés: PCM (linear pulse code modulation), Figura 5.1.

La técnica del audio digital que al principio estaba confinada a la grabación y reproducción de música y de otras señales de audio, no ha hecho más que reemplazar la tecnología analógica precedente, hasta tal punto que los discos de vinil prácticamente dejaron de fabricarse desde principios del decenio de los años 90 en los Estados Unidos y en algunos países Europeos. Es posible ya usar técnicas de transmisión digital en ondas de radio.

Esta última década del siglo hemos visto a la tecnología del audio digital reemplazar a la analógica en la mayoría de las funciones, tanto del campo profesional como del consumidor común.



**Figura 5.1** Procesos fundamentales de la conversión PCM. Conversión A/D (analógica/digital), arriba, y conversión D/A (digital / analógica). Obsérvese que puede omitirse el paso de cuantificación para examinar el muestreo y la reconstrucción con independencia de la cuantificación (flecha de puntos).

## 5.2 CONVERSIÓN DEL AUDIO Y VIDEO

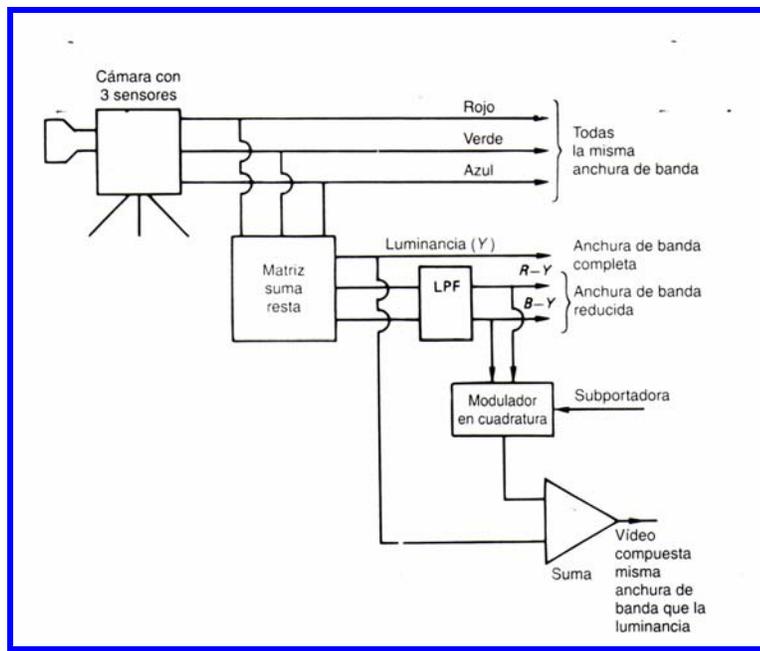
### 5.2.1 TIPOS BÁSICOS DE VIDEO DE COLOR

Este punto es muy importante para el análisis de la conversión del audio y video, y resume en parte a lo tratado en el capítulo anterior. Como podemos observar la Figura 5.2 nos presenta algunos tipos básicos de video analógico de color.

Puesto que en la práctica las cámaras de color suelen llevar tres sensores separados, uno para cada color primario, en alguna parte del interior de la cámara tiene que existir un sistema RGB-Red, Green, Blue- (Rojo, Verde, Azul), incluso si no aparece en esa forma (capítulo IV). El sistema RGB, que consta de tres señales paralelas, con espectros iguales, se utiliza cuando se

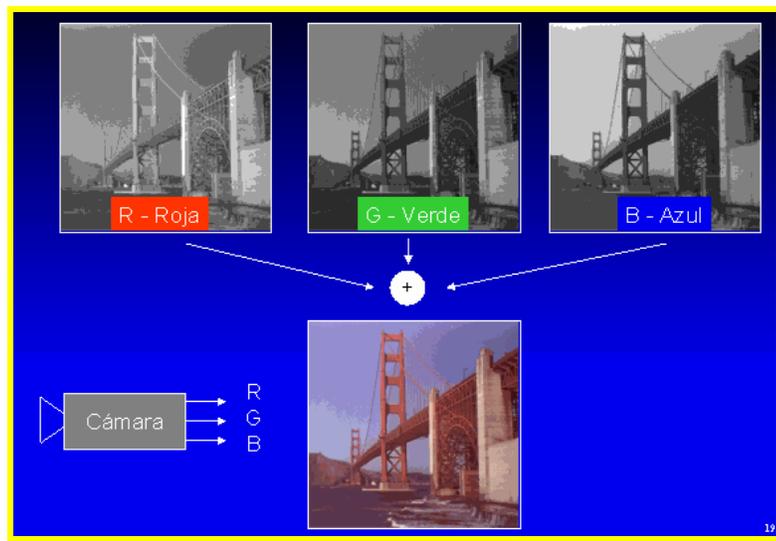
necesita una gran precisión, con frecuencia, para la producción de imágenes fijas. Como las señales de rojo, verde y azul representan directamente parte de la imagen, a esta disposición se la conoce como **video en componentes**.

El ancho de banda puede reducirse si se utiliza la técnica de diferencias de color (capítulo IV). El ojo humano necesita el brillo para percibir los detalles, pero la información de color necesita mucho menor resolución. Las señales R, G, B se combinan mediante una matriz para formar la señal Y de luminancia que tiene anchura de banda completa. La matriz produce también dos señales diferencia de color, R-Y y B-Y, que no necesitan tanta anchura de banda como Y; basta con que tengan la mitad o un cuarto, dependiendo de la aplicación.



**Figura 5.2** Tipos más representativos de video analógico. Las señales de rojo verde y azul salen de los sensores de la cámara y necesitan banda completa. Si se obtiene una señal de luminancia por la suma ponderada de R, G, B, necesitará banda completa, pero las señales de diferencia de color R-Y y B-Y necesitan menos ancho de banda. Combinado R-Y y B-Y para modular una subportadora, se puede transmitir color en el mismo ancho de banda que el blanco y negro.

Para la emisión de televisión en color en un único canal, los sistemas PAL y NTSC intercalan en el espectro de la señal monocromática una subportadora que transporta dos señales diferencia de color de anchura de banda reducida. La subportadora no es visible en la pantalla de un televisor monocromático. A los sistemas de color basados en una subportadora, normalmente se le llama de video compuesto, y a la subportadora modulada, crominancia o croma. La figura 5.3 nos resume gráficamente las técnicas antes descritas.



**Figura 5.3** Formación del video con señales de color RGB

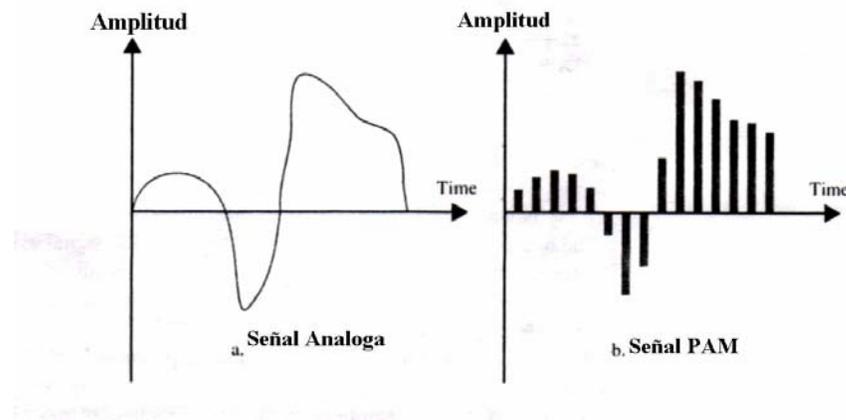
### **5.2.2 MODULACIÓN POR AMPLITUD DE PULSOS: PAM**

La modulación por amplitud de pulsos (PAM) es un termino en ingeniería que es usada para describir la conversión de señales analógicas en señales de pulsos donde la amplitud de impulso denota la información analógica. Esta técnica recoge información análoga, la muestra (ó la prueba), y genera una serie de pulsos basados en los resultados de la prueba. El término prueba se refiere a la medida de la amplitud de la señal a intervalos iguales.

El método de prueba usado en PAM es más eficaz en otras áreas de ingeniería que en la comunicación de datos (informática). Aunque PAM está en la base de un importante método de codificación analógica - digital llamado modulación de código de pulso PCM.

En PAM, la señal original se muestra a intervalos iguales como lo muestra la figura 5.4. PAM usa una técnica llamada probada y tomada. En un momento dado el nivel de la señal es leído y retenido brevemente. El valor mostrado sucede solamente de modo instantáneo a la forma actual de la onda, pero es generalizada por un periodo todavía corto pero medible en el resultado de PAM .

El motivo por el que PAM sea ineficaz en comunicaciones es por que aunque traduzca la forma actual de la onda a una serie de pulsos, siguen teniendo amplitud (pulsos) (todavía señal analógica y no digital). Para hacerlos digitales, se deben de modificar usando modulación de código de pulso PCM.



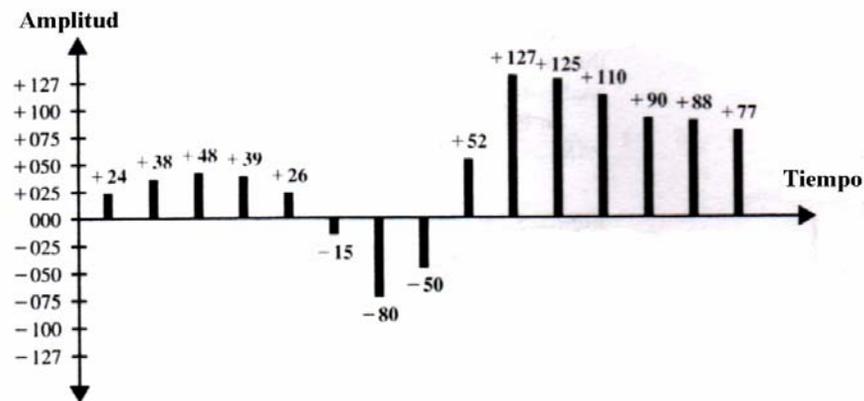
**Figura 5.4** Modulación por Amplitud de Pulsos PAM

### **5.2.3 MODULACIÓN POR CODIFICACIÓN DE PULSOS: PCM**

La modulación por codificación de pulsos ( PCM, por sus siglas en ingles pulse Code Modulation) en esencia es una conversión analógica a digital de un tipo especial en el que la información contenida en las muestras

instantáneas de una señal analógica están representadas por palabras digitales en un flujo de bits en serie Figura 5.1.

PCM modifica los pulsos creados por PAM para crear una señal completamente digital. Para hacerlo, PCM, en primer lugar, cuantifica los pulsos de PAM. La cuantificación es un método de asignación de los valores íntegros a un rango específico para mostrar los ejemplos. Los resultados de la cuantificación están representados en la figura 5.5 ( El proceso de la cuantificación y codificación se detalla más adelante en este capítulo) .



**Figura 5.5** Proceso de Cuantificación en PCM

La figura 5.6 muestra un método simple de asignación de signo y magnitud de los valores para muestras cuantificadas. Cada valor es traducido en su equivalente binario 7-bits. El octavo bit indica el signo.

+024	00011000	-015	10001111	+125	01111101
+038	00100110	-080	11010000	+110	01101110
+048	00110000	-050	10110010	+090	01011010
+039	00100111	+052	00110110	+088	01011000
+026	00011010	+127	01111111	+077	01001101

**bit de Signo**  
+ 0 - 1

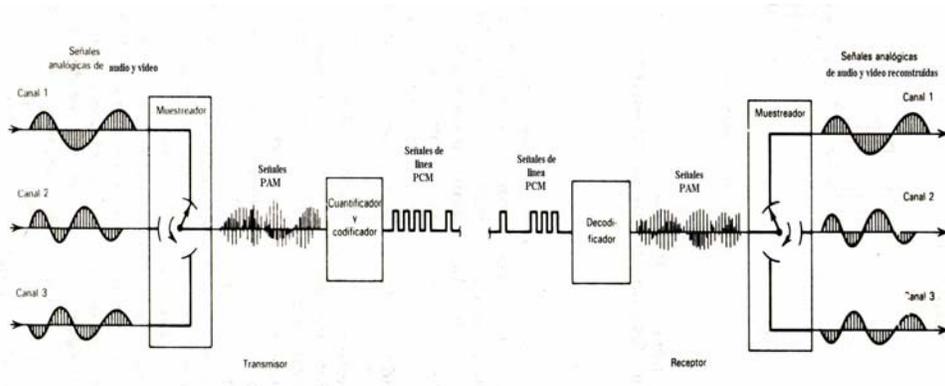
**Figura 5.6** Asignación binaria para muestras cuantificadas en PAM

Los dígitos binarios son transformados en un señal digital usando una de las técnicas de codificación digital-digital. La figura 5.7 muestra el resultado de la modulación de código de pulso de la señal original codificada finalmente en señal unipolar. Solo se muestran los 3 primeros valores de prueba.



**Figura 5.7** Transformación en señal digital de los dígitos binarios

Todo el proceso gráficamente de PCM se muestra en la figura 5.8.



**Figura 5.8** Proceso de PCM para la digitalización de la señal analógica

Como se puede ver a partir de las figuras anteriores, la exactitud de la reproducción digital de una señal analógica depende del número de pruebas tomadas. Usando PAM y PCM se puede reproducir una onda con exactitud si se toman una infinidad de pruebas, o se puede reproducir de forma más generalizada si se toman 3 pruebas. La cuestión es: ¿cuántas muestras son suficientes?.

Actualmente, se requiere poca información para la reconstrucción de señal analógica. En lo referente al **Teorema de Nyquist** para asegurarse que la reproducción exacta de una señal analógica original usando PAM, *la tasa de prueba debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima de la señal original.*

#### 5.2.4 MUESTREO Y EFECTO ALIASING

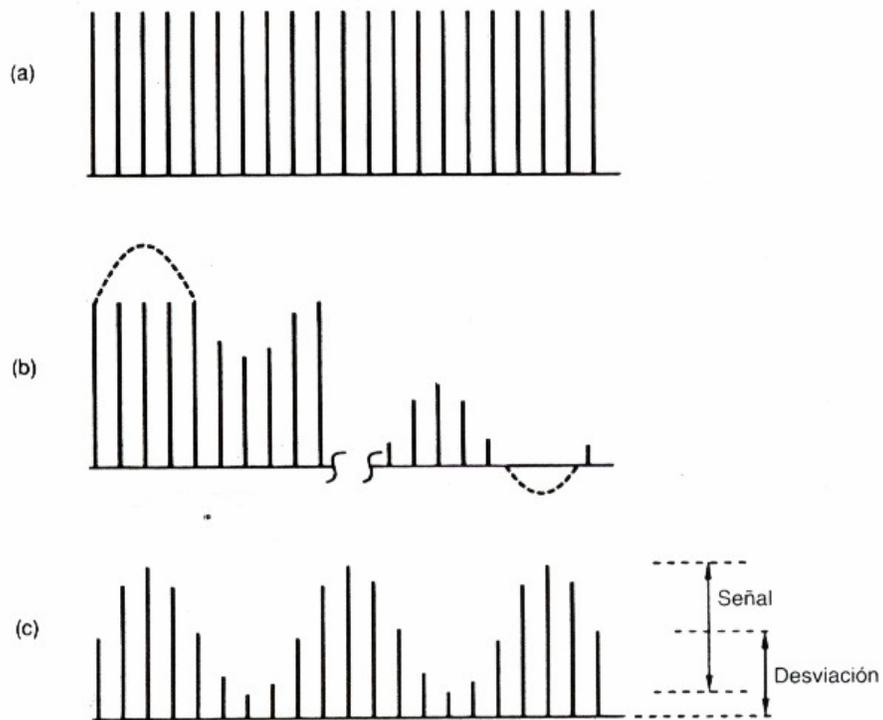
La señal PCM se genera como se dijo anteriormente por medio de tres operaciones básicas: muestreo, cuantización y codificación. (Figura 5.8). La operación de muestreo genera una señal **PAM de cresta plana**, la cual esta dada por:

$$W_s(t) = \sum_{K=-\infty}^{\infty} W(KT_s)h(t - KT_s)$$

donde  $W(t)$  es una forma de onda analógica de banda limitada a  $B$  hertz, (Figura 5.9 b)),  $h(t)$  (Figura 5.9 a)) denota la forma de pulso de muestreo la cual esta dada por:

$$h(t) = \Pi\left(\frac{t}{\tau}\right) = \begin{cases} 1, & |t| < \tau/2 \\ 0, & |t| > \tau/2 \end{cases}$$

donde  $\tau \leq T = 1/f_s$  y  $f_s \geq 2B$ .



**Figura 5.9** El proceso de muestreo necesita un tren de impulsos de amplitud constante como el representado en a), al que modula en amplitud la forma de onda que se va a muestrear. Si la forma de onda de entrada tiene excesiva amplitud o nivel incorrecto, se recorta el tren de impulsos tal como se indica en b). Si la forma de onda es bipolar, se puede obtener el máximo nivel de señal si se aplica una desviación de la mitad de la amplitud de impulsos para centrar la forma de onda, tal como se indica en c).

**El muestreo** no es más que una medición periódica, y como se verá teóricamente no es necesario que el muestreo sea audible o visible. En la práctica, como es natural, los equipos pueden ser algo menos que perfectos, pero con un buen diseño, pueden acercarse mucho a la perfección.

Es necesario que el muestreo se realice con una precisa regularidad, porque el siguiente proceso de corrección de base de tiempos, da por supuesto que en el muestreo se cumple este requisito. El proceso de muestreo se origina con un tren de impulsos, como se indica en la figura 5.9 (a), de amplitud y período constantes. La amplitud de la forma de onda de la señal modula el tren

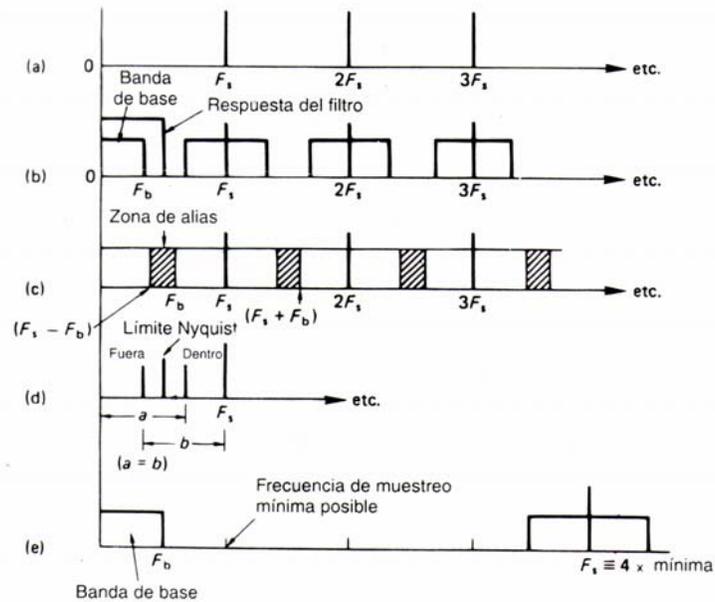
de impulso del mismo modo que se modula amplitud la portadora de un transmisor radioeléctrico. Hay que tener cuidado en no sobremodular el tren de impulsos, como se indica en la figura 5.9 (b) y, para conseguir esto, sirve de ayuda, en el caso de señales bipolares, la aplicación de una desviación de corriente continua (DC) a la forma de onda analógica, de modo que el silencio corresponda a la mitad del nivel de los impulsos, como se indica en la figura 5.9 (c). El recorte debido a un excesivo nivel de entrada será entonces simétrico.

Del mismo modo que la modulación de amplitud en radio produce bandas laterales o frecuencias imagen por encima y por debajo de la portadora, el muestreo produce bandas laterales, aunque en este caso la portadora es un tren de impulsos y tiene una serie infinita de armónicos, como puede verse en la figura 5.10 (a). Las bandas laterales de la figura 5.10 (b) se repiten por encima y por debajo de cada armónico de la frecuencia de muestreo.

La señal muestreada puede volverse al dominio del tiempo continuo pasándola simplemente por un filtro paso bajo. Este filtro tiene una respuesta de frecuencia que impide el paso de las frecuencias imagen y solamente sale, sin ningún cambio, la señal de banda base.

Si se aplica una señal de entrada con una excesiva anchura de banda para la frecuencia de muestreo que se utiliza, las bandas laterales se solapan produciendo el **efecto alias (aliasing)**, también llamado solape espectral o repliegue de espectro. Cuando se produce este efecto, ciertas frecuencias de salida no son las mismas que las correspondientes frecuencias de entrada, sino que se convierten en frecuencias diferencia. Puede verse en la figura 5.10 (c) que el efecto alias o aliasing se produce cuando la frecuencia de entrada es superior a la frecuencia de muestreo, formulada en primer lugar por Shannon en el mundo occidental y casi al mismo tiempo por Kotelnikov en Rusia. **La regla estipula que la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia de entrada más alta.**

Además del filtro paso bajo que se necesita a la salida para volver al dominio del tiempo continuo, hace falta otro filtro paso bajo a la entrada para evitar el efecto alias. Si las frecuencias de entrada superiores a la mitad de la frecuencia de muestreo no llegan al muestreador, no se producirá este efecto.



**Figura 5.10** (a) Espectro de los impulsos de muestreo. (b) Espectro de las muestras. (c) Efecto alias debido al solape de las bandas laterales. (d) producción de frecuencia de batido. (e) sobremuestreo cuádruple.

Este efecto se ve a menudo en la televisión y en el cine, debido a que se utilizan frecuencias de cuadro relativamente bajas. Con un frecuencia de 24 Hz, una cámara cinematográfica producirá el efecto alias con cualquier objeto que se mueva a más de 12 Hz. Entre tales objetos figuran los radios de las ruedas de las diligencias que aparecen en las películas del oeste (especialmente cuando las persiguen los indios). Cuando la frecuencia del movimiento de los radios llega a 24 Hz, las ruedas dan la impresión de estar paradas. El efecto alias explica en parte la incapacidad de las encuestas para predecir el resultado de las elecciones. Tiene, sin embargo, aplicaciones útiles como el estroboscopio que hace aparecer estacionarios objetos en movimiento giratorio, y el osciloscopio de muestreo que puede presentar formas de onda periódica de

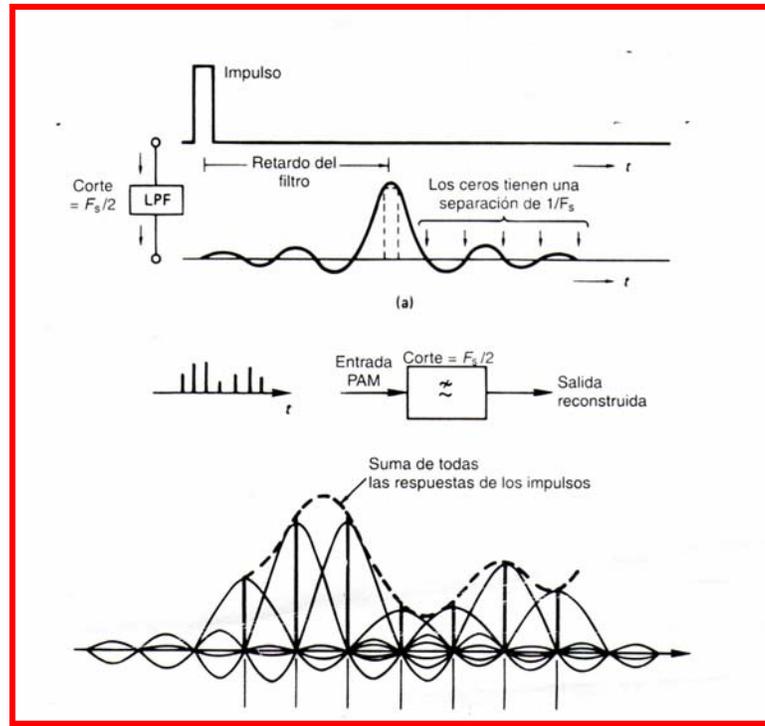
mucha frecuencia que la velocidad de barrido que el tubo normalmente permite.

### 5.2.5 RECONSTRUCCIÓN

Suponiendo que son perfectos los filtros paso bajo contra el efecto alias y las frecuencias imagen, con una pendiente de corte vertical a la mitad de la frecuencia de muestreo, se obtendría el espectro ideal que se representa en la figura 5.11 (a).

La figura 5.12(b) muestra que la respuesta a un impulso de un filtro paso bajo ideal lineal en fase es una forma de onda  $\text{sen } x/x$  en el dominio del tiempo. Esta forma de onda pasa por cero voltio periódicamente. Si la frecuencia del corte del filtro es la mitad de la frecuencia de muestreo, el impulso pasa por cero en las posiciones de todas las otras muestras. Así, a la salida de este filtro, el voltaje en el centro de una muestra es debido solamente a esta muestra, ya que el valor de todas las demás es cero en aquel instante. En otras palabras, la forma de onda de salida en el tiempo continuo, tiene que unir la parte superior de las muestras de entrada. Entre los instantes de las muestras, la salida del filtro es la suma de las contribuciones debidas a muchos impulsos, y la forma de onda une suavemente la parte superior de las muestras.

Si se considera el dominio del tiempo, el filtro contra las frecuencias imagen del dominio de frecuencias se le puede también llamar con propiedad filtro de reconstrucción. Como consecuencia de la limitación de banda del filtro original para prevenir el aliasing, la forma de onda analógica filtrada sólo puede moverse en un sentido entre los puntos de muestras. Como el filtro de reconstrucción tiene la misma respuesta de frecuencia, la forma de onda reconstruida de salida tiene que ser idéntica a la forma de onda original de banda limitada, antes del muestreo.



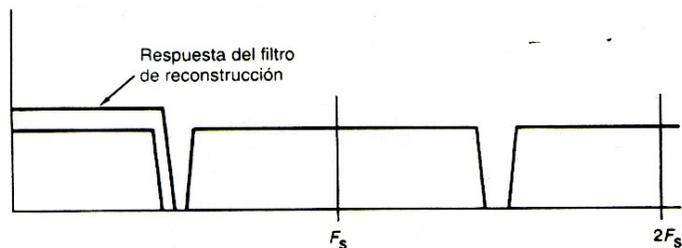
**Figura 5.11** La separación impulsiva de un filtro paso bajo con una frecuencia de corte a  $F_s/2$  tiene ceros con una separación de  $1/F_s$  que corresponde a la posición de muestras adyacentes, como se indica en b). La salida será una señal que tiene el valor de cada muestra en el instante de la muestra, pero con suaves transiciones entre ellas.

## 5.2.6 FILTROS

El filtro ideal con una pendiente de corte vertical “pared de ladrillo” es difícil de conseguir. Cuando la pendiente tiende a la vertical, el retardo causado por el filtro tiende a infinito. La calidad es maravillosa pero, en la práctica, los filtros tienen una pendiente finita, como la que se muestra en la figura 5.12 y la frecuencia de muestreo tiene que aumentarse un poco para evitar el aliasing. No existe un factor absoluto aplicable para el aumento de frecuencia de muestreo; depende de los filtros disponibles.

No es fácil especificar estos filtros, sobre todo en lo que se refiere al rechazo de banda necesario. El grado de aliasing resultante dependería, entre otras cosas, de la energía fuera de la banda de la señal de entrada. Esto no suele ser un problema en video, pero puede merecer atención en audio, donde a veces se especifican las anchuras de bandas excesivas. Como complicación adicional, una señal fuera de banda será atenuada por la respuesta del filtro, que evita el efecto alias en esa frecuencia, pero entonces la señal residual sí producirá este efecto, y el filtro de reconstrucción le rechazará de acuerdo con su atenuación en la nueva frecuencia que ha ocasionado el efecto.

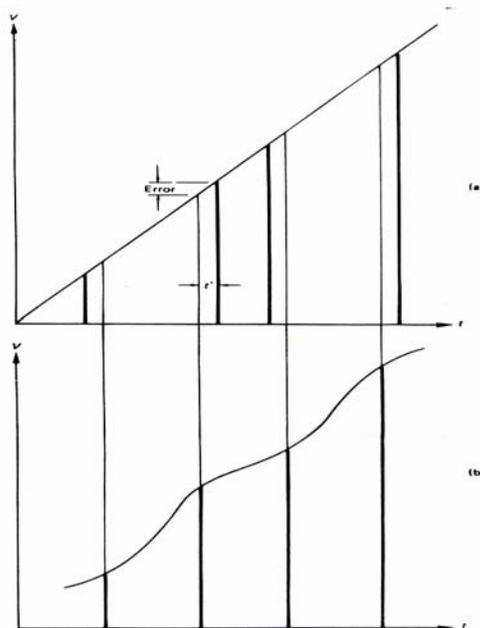
Podría argumentarse que el filtro de reconstrucción es innecesario en audio, ya que todas las frecuencias imagen están fuera de la gama de audición del oído humano. Sin embargo, la más ligera falta de linealidad en las sucesivas etapas daría un importante distorsión de ínter modulación. También hay que considerar los posibles daños en los altavoces agudos, y el batido con los sistemas de polarización de los micrófonos analógicos. Sin embargo, sería aceptable soslayar uno de los filtros que intervienen al hacer una copia de un equipo digital a otro, pasando por el dominio analógico, aunque desde luego sería preferible que la transferencia fuese digital. En video, los filtros son imprescindibles para limitar la anchura de banda al canal de emisión disponible. La naturaleza de los filtros empleados tiene gran influencia en la calidad subjetiva del sistema.



**Figura 5.12** Como en los sistemas prácticos se necesitan filtros con pendiente finita, la frecuencia de muestreo se aumenta un poco por encima del doble de la frecuencia más alta de la banda de base.

### 5.2.7 EFECTO “JITTER” (FLUCTUACIONES) DEL RELOJ DE MUESTREO

Los instantes en los que se toman las muestras en un ADC (convertidor analógico digital) y los instantes en los que un DAC (convertidor digital / analógico) hace las conversiones deben estar igualmente espaciados, ya que si no es así se añadirán señales no deseadas a la forma de onda del video. La figura 5.13 (a) representa el efecto de fluctuaciones (jitter) de reloj de muestreo en una forma de onda inclinada. Las muestras se toman a tiempos indebidos y cuando han pasado por un sistema, la corrección de base de tiempo anterior al DCA eliminará el **jitter** con el resultado que se indica en la figura 5.13 (b). La magnitud de la señal indeseada es proporcional a la pendiente de la señal de forma de onda, y por tanto, aumenta con la frecuencia. La naturaleza de la señal indeseada depende del espectro del jitter. Si es aleatorio, el efecto es semejante al ruido y relativamente benigno a menos que la amplitud sea excesiva.



**Figura 5.13** Efecto de la temporización de muestreo en el ruido a) La rampa muestreada con jitter tiene un error proporcional a la pendiente. b) Cuando los circuitos siguientes eliminan el error aparece como ruido añadido a las muestras.

El jitter admisible se mide en psicosegundos tanto en señales de audio como de video, como indica la figura 5.13 y, evidentemente deben tomarse las medidas pertinentes para su eliminación con un buen diseño. Los relojes para convertidores tienen que generarse utilizando fuentes de alimentación limpias y correctamente desacopladas de la alimentación utilizada por la lógica, porque estos relojes deben tener una buena relación señal / ruido. No se puede utilizar directamente un reloj externo, sino que hay que pasarle por un bucle enclavado en fase para que filtre el jitter ( ver sección 5.2.11). La señal de reloj externo a veces se inyecta en la circuitería limpia por medio de un acoplador óptico para mejorar el aislamiento.

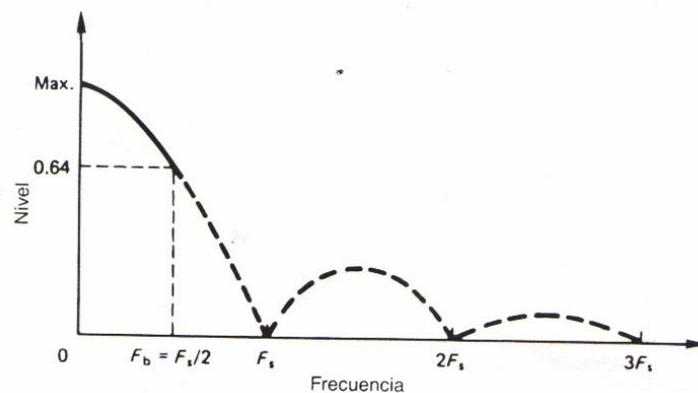
Aunque desde hace largos años existe abundante información sobre este asunto, al control del jitter en los equipos de audio no se le presta la atención que merece. A él se deben en gran parte las ligeras diferencias audibles entre convertidores que reproducen los mismos datos. Un convertidor bien diseñado debe rechazar sustancialmente el jitter de un reloj externo y el sonido debe ser igual cuando reproduce los mismos datos, con independencia de la fuente de datos. El jitter tiende a ser menos apreciable en las señales de video digital y generalmente no constituye un problema hasta que se hace lo suficientemente grande como para causar errores de datos.

### **5.2.8 EL EFECTO APERTURA**

El proceso de reconstrucción funciona bien solo si los impulsos tienen una duración despreciable, esto a veces no sucede y muchos dispositivos mantienen constante la señal analógica durante una buena parte del periodo o incluso durante todo él, generando una forma de onda que se asemeja mas a una escalera que a un tren de impulsos, se lo conoce como **sistema de retención de orden cero**, que tiene una relación de apertura del 100%. Mientras que los impulsos de anchura despreciable tienen un espectro uniforme plano en toda la banda de audio, los impulsos de 100% de apertura tienen un espectro  $\text{sen } x/x$ , que se ha representado en la figura 5.14 La respuesta

desciende hasta un nulo a la frecuencia de muestreo, y está a unos 4 dB por debajo en el extremo de la banda de base. Esto no aparece en un sistema de muestreo y retención.

En cámaras convencionales de tubo y TRC, la dimensión horizontal es continua, mientras que la vertical es muestreada. El **efecto de apertura** significa que la resolución vertical en sistemas reales es menor de lo que permite la teoría del muestreo y para tener iguales resoluciones horizontal y vertical, se necesitan un número mayor de líneas.(factor Kell), mientras que en video digital no es necesario. El ojo humano tiene un efecto de apertura temporal que se conoce como persistencia de la visión, por lo que los fósforos de los TRC (tubo de rayos catódicos) siguen emitiendo luz una vez que el haz de electrones ha pasado.



**Figura 5.14** La respuesta de frecuencia con 100% de apertura tiene nulos en los múltiplos de la frecuencia de muestreo. El área de interés se encuentra hasta la mitad de la frecuencia de muestreo.

### 5.2.9 FRECUENCIA DE MUESTREO PARA AUDIO

Mucha gente suele pensar que el audio digital es mejor al analógico sin saber siquiera que es cada cosa, otras personas un poco más interiorizadas opinan todo lo contrario y la verdad es que cada uno tiene sus ventajas y desventajas.

En principio el audio como lo conocemos siempre es analógico porque vivimos en un medio que interpretamos analógicamente, hablamos analógicamente y percibimos el habla analógicamente, o sea nada puede ser mejor que la señal original. El funcionamiento básico de un equipo de audio es una señal acústica que se traduce a una señal eléctrica que puede ser transportada y manejada y almacenada, para luego transformarse otra vez en una señal acústica.

Pero si la señal analógica se escucha mejor, cual es el beneficio de digitalizar una señal acústica. La señal se "digitaliza" con un conversor analógico digital "ADC" (Analog digital conversor), para poder ser manejada con mayor facilidad, además de poder ser almacenada eternamente, y manejada y maniobrada por cuentas matemáticas.

Nunca hay que olvidar que la señal digitalizada debe ser convertida indefectiblemente en una señal analógica para poder ser escuchada por nuestros oídos, Los conversores digital analógico "DAC" (Digital analog Conversor) intentan imitar a la señal analógica.

Uno de los parámetros más importantes dentro del proceso de tratamiento digital de la señal es la **frecuencia de muestreo** . Este dato informa de la cantidad de mediciones que se realizan sobre la señal original por segundo. Cuanto mayor sea este número, más fidedigna será, respecto de la señal original.

El criterio de Nyquist es sólo el principio del proceso que hay que seguir para elegir una adecuada frecuencia de muestreo. Cuanto mayor sea esta frecuencia, más parecido será el resultado obtenido al sonido original. Según el teorema de Nyquist, la frecuencia mínima de muestreo debe ser mayor que el doble de la máxima frecuencia  $f_{\text{máx}}$  *presente* en la señal. Obsérvese que no es suficiente que sea mayor que el doble de la máxima frecuencia *útil*, ya que si hay ruido por encima de ésta, podría producirse el efecto aliasing.

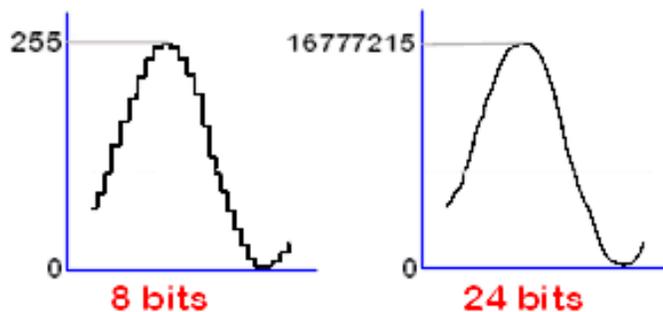
En los comienzos del audio digital era difícil almacenar la anchura de banda necesaria de aproximadamente 1 megabit por segundo por canal de audio. Los magnetoscopios se adaptaban para que pudiesen almacenar muestras de audio, creando una forma de onda de pseudovideo que podía transportar señales binarias como si fuesen niveles de blanco y negro.

La velocidad de muestreo permisible en un sistema de pseudovideo puede calcularse multiplicando la frecuencia de campo por el número de líneas activas por campo (las líneas de borrado no pueden utilizarse) y por el número de muestras por línea.

*En video de 60Hz, hay 35 líneas de borrado, lo que deja para el muestreo 490 líneas por trama, o 245 líneas por campo. si se almacena 3 muestras por línea, la frecuencia de muestreo sería  $60 \times 245 \times 3 = 44.100\text{Hz} = 44,1 \text{ KHz}$ .* En los radioenlaces que transportan la señal a transmisores FM estereofónico con ancho de banda de audio de 15 KHz, una frecuencia de muestreo de 32 KHz es más que suficiente, y se ha utilizado durante cierto tiempo en el reino Unido y en Japón. Esta frecuencia es la que también emplea el sistema NICAM 728 de sonido estereofónico para televisión. En el audio digital doméstico se emplean frecuencias de muestreo que oscilan entre los 32 KHz (que proporciona un ancho de banda eficaz de 16 KHz) y los 48 KHz (que amplían el ancho de banda hasta los 22 KHz). El clásico Compact Disc se limita a una frecuencia de muestreo estándar de 44,1 KHz, que tras los ajustes adecuados permite un ancho de banda de 20 KHz. La ventaja de trabajar con equipos digitales es que el ruido no afecta a la información pues su nivel (voltaje) es muy inferior al de un dígito binario. Por el contrario, en un sistema analógico el ruido tiene un nivel muy cercano a los sonidos más suaves que se manejan, por ejemplo, en una *consola de mezcla en la cual se suman ruidos de diferentes fuentes sonoras y circuitos en un estudio de televisión.*

- **RESOLUCIÓN**

Es la cantidad de bits (dígitos binarios) que se usan para obtener cada número binario que corresponde a cada punto de la curva. Con 8 bits podemos representar valores o niveles de 0 a 255. Con esto se obtiene una onda digital poco precisa y ruidosa, para nada fiel al sonido original. Con 24 bits, la resolución más usada en sonido profesional, podemos representar la onda con valores comprendidos entre 0 y 16.777.215, con lo cual se obtiene una onda de sonido extremadamente precisa. También suele usarse la resolución de 32 bits. Figura 5.15.



**Figura 5.15** Resolución de 8 y 24 bits

### **5.2.10 FRECUENCIA DE MUESTREO PARA VIDEO BAJO RECOMENDACIÓN ITU-R 601**

Una vez que se ha tratado puntos muy importantes a lo largo de este capítulo previos a la conversión análogo-digital de las señales de audio y video, en este sub-capítulo se estudiara uno de los parámetros más importantes para la digitalización de las señales de video en componentes y compuesto, bajo recomendaciones internacionales.

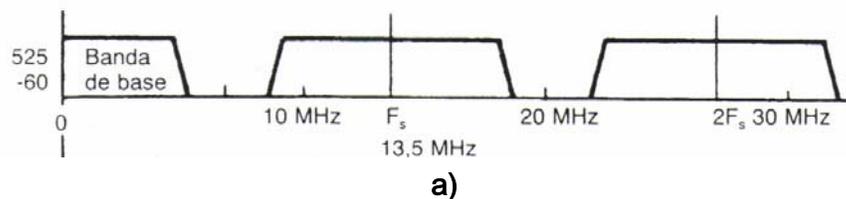
Las **señales en componentes**, o diferencia de color, se utilizan fundamentalmente para postproducción donde la calidad y la flexibilidad son condiciones esenciales. En un sistema digital de diferencia de color, el vídeo de entrada analógico se convertirá al dominio digital y, en general, permanecerá allí mientras duran las operaciones de la unidad digital de efectos especiales (capítulo II) otro punto importante para su digitalización es para su transmisión

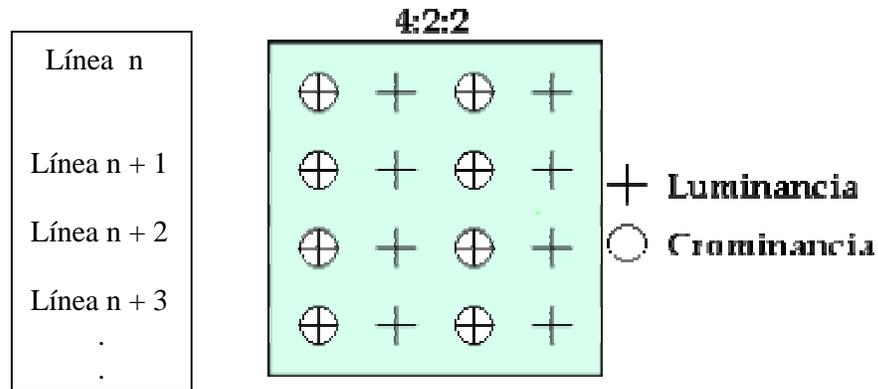
por un canal digital ya sea fibra óptica o microondas digitales. Después de realizadas estas operaciones, la señal tendrá que volver al dominio analógico para la transmisión. El número de conversiones es relativamente pequeño.

Por el contrario, los magnetoscopios (capítulo II) digitales de **video compuesto** están concebidos para trabajar en un entorno analógico y, por consiguiente, será mayor el número de conversiones por las que pasa la señal. En consecuencia, la señal compuesta necesitara una mayor frecuencia de muestreo que en el caso de componentes, y podrán utilizarse filtros con una pendiente más suave para reducir la formación de oscilaciones en la respuesta.

La **norma ITU 601 de televisión digital o norma 4 : 2 : 2**, define los parámetros básicos del sistema de televisión digital que aseguran la mayor compatibilidad mundial. Se basa en una señal **Y, Cr, Cb** en el formato llamado 4 : 2 : 2 ( muestreos Y por 2 muestreos Cr y 2 muestreos Cb ), con una digitalización sobre 8 bits, con posibilidad de ampliarla a 10 bits para aplicaciones más exigentes.

Cualquiera que sea el estándar de exploración, la frecuencia de muestreo es de 13.5 MHz para la luminancia Y . Para las señales de crominancia Cr y Cb, dado su ancho de banda más limitado se muestrean a la mitad de la frecuencia de la luminancia, es decir, 6.75 MHz. Lo que se corresponde con una definición de 858 muestreos por línea en luminancia y de 429 muestreos por línea de crominancia, en el sistema 525/60 cuya posición coincide con la de los muestreos impares de luminancia. Figura 5.16.





b)

**Figura 5.16 .** a) Espectros de vídeo muestreado a 13.5 MHz. Observe la banda base de la señal 525/60 a la izquierda se convierte en las bandas laterales de la frecuencia de muestreo y sus armónicos. b) Posición de los muestreos en el formato 4:2:2 de la recomendación ITU-601 la frecuencia de muestreo, sincronizadas a la de línea, de 13.5 MHz da lugar a muestras que ocupan la misma posición en líneas sucesivas, generando columnas verticales. Las frecuencias de muestreo de las señales diferencia de color Cr, Cb (crominancia) son la mitad de la frecuencia de muestreo de luminancia Y, es decir 6.75 MHz, de modo que alternadamente habrá sólo muestras Y, y muestras en posición compartida que describen y, Cr, Cb.

Con estas frecuencias de muestreo, la velocidad de transmisión (o bit rate o capacidad de carga o ancho de banda) requerido para una palabra de 10 bits es de **270Mb/seg.** (ver sección 5.2.12).

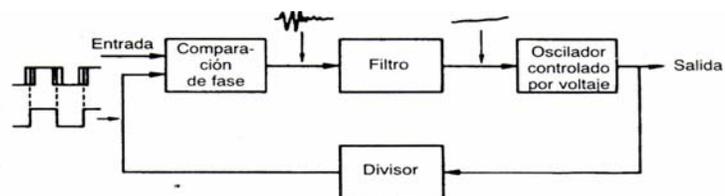
En video compuesto, el proceso que normalmente se realiza en el dominio digital es la codificación en componentes (sección 5.4), como se hace, por ejemplo, en los magnetoscopios para movimiento lento. En el dominio digital, la separación de la luminancia y la crominancia es más fácil si la frecuencia de muestreo es un múltiplo de la frecuencia de la subportadora. Aunque el triple de la frecuencia de la subportadora es un valor adecuado desde el punto de vista de la teoría del muestreo, necesita filtros con bastante pendiente, y por ello como valor práctico se utiliza el cuádruple de la frecuencia de la frecuencia de la subportadora.

El 4 : 2 : 2 es el que se utiliza en la mayoría de los equipos para componentes digitales, y el único para el que existen normas de interfaz paralelo y serie (ver sección 7.5). Los magnetoscopios digitales tales como Dvcams, Betacam etc. funcionan con datos de formato 4 : 2 :2.

### 5.2.11 BUCLES ENCLAVADOS EN FASE (SINCRONIZACIÓN)

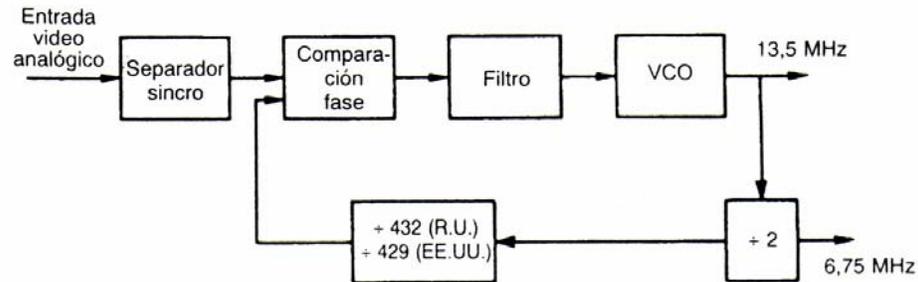
Para funcionar correctamente, todos los sistemas de video digitales tienen que estar sincronizados a la frecuencia adecuada mediante un reloj. Aunque el reloj puede derivar de un oscilador de frecuencia fija, tal como el de cristal, muchas operaciones de video necesitan que el reloj se sincronice con una fuente externa.

En los bucles enclavados en fase, el oscilador puede funcionar en una gama de frecuencias de acuerdo con el voltaje aplicado al terminal de control. Se le llama oscilador controlado por voltaje o VCO (siglas en ingles). En la figura 5.17 se representa un VCO al que se aplica un error de fase medido entre la salida y una referencia. El error cambia el voltaje de control de tal manera que se reduce el error, pudiendo llegar a que salida tenga la misma frecuencia que la de referencia. Para evitar que el bucle se haga inestable, se hace pasar el voltaje de control por un filtro paso bajo. Si se coloca un divisor entre el VCO y el comparador de fase, como se indica en la figura, puede hacerse que la frecuencia del VCO sea un múltiplo de la frecuencia de referencia. Esto también produce el efecto de hacer más amortiguado al bucle, con lo que será más difícil que cambie de frecuencia cuando la entrada es irregular.



**Figura 5.17** Composición básica de un bucle enclavado en fase. El filtro en el control de voltaje sirve para evitar las fluctuaciones del reloj

En video digital es muy útil a multiplicación de frecuencia de los bucles enclavados en fase. La figura 5.18 muestra como se obtiene el reloj de 13.5 MHz para el video digital en componentes mediante los impulsos de sincronismo de una referencia analógica para este proceso de multiplicación.

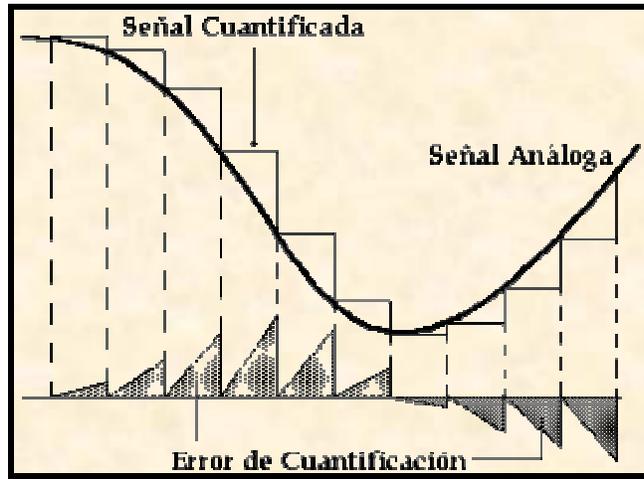


**Figura 5.18** Obtención de 13.5 MHz de la entrada de sincronismos. Observe el valor de 6.75 MHz que resulta de un divisor de valor adecuado.

### 5.2.12 CUANTIFICACIÓN

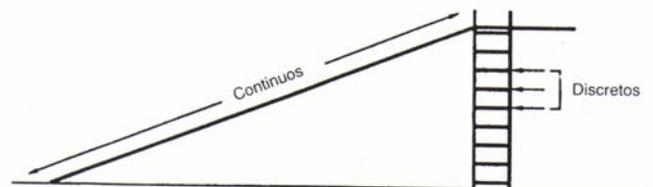
Se denomina cuantificación al proceso mediante el cual se atribuye a cada muestra un valor de amplitud dentro de un margen de niveles previamente fijado. Este valor se representa por un número que será convertido a un código de ceros y unos en el proceso de codificación. Por razones de facilidad en los cálculos, el número de niveles se hace coincidir con una potencia de dos y los impulsos de la señal PAM se redondean al valor superior o inferior según sobrepasen o no la mitad del ancho del nivel en que se encuentran.

El proceso de cuantificación divide el rango de tensión en intervalos de cuantificación  $Q$ , denominados también escalones  $S$ . Los intervalos de cuantificación deben ser los mas idénticos posibles, cuando esto ocurre se emplea el termino de cuantificación uniforme. Un parámetro analógico es continuo, mientras que un parámetro cuantificado esta limitado a cierto valore..  
Figura 5.19.



**Figura 5.19** Cuantificación de una señal analógica y error de cuantificación

La figura 5.20 ( figura 5.28 y 5.29) muestra que una rampa inclinada permite que la altura variable tome infinitos valores, mientras que una escalera solo nos da alturas de valores discretos. La escalera cuantifica la altura. En audio, los valores que hay que cuantificar son los voltajes infinitamente variables de una fuente analógica. La cuantificación, en sentido estricto, esta restringida solamente al dominio de los voltajes.



**Figura 5.20** El lado inclinado de la rampa de la figura puede utilizarse para obtener cualquier altura mientras que una escalera solo admite alturas discretas.

### 5.2.13 ERROR EN EL PROCESO DE CUANTIFICACIÓN

Como podemos observar en la figura 5.19 el error de cuantificación equivale a sumar una señal errónea a los valores exactos de las muestras. Esta señal errónea aparecerá en el proceso de recuperación después de la decodificación digital-análoga, en forma de ruido visible. Se habla así de

"ruido de cuantificación" que dependerá obviamente del número  $N$  de niveles empleados en el proceso. Cuantos más niveles existan menor será el ruido generado. La relación señal / ruido de cuantificación es:

$$\frac{S}{C} = (20 \log N + 10.8) \text{ dB}$$

de cuyo resultado se sacan las siguientes conclusiones:

- La relación señal / ruido de cuantificación depende únicamente del número de niveles  $N$  en que se subdivide la excursión completa de la señal.
- Existe un sumando constante 10.8 dB que tiene su origen en la misma definición de señal / ruido en televisión, donde se toma para la señal el valor pico a pico y para el ruido su valor eficaz.

Es evidente que usando codificación binaria resulta  $N=2^m$ , donde  $m$ =número de bits, por tanto:

$$\frac{S}{C} = (6m + 10.8) \text{ dB}$$

La anterior ecuación es válida para la digitalización de una señal monocroma o para cada componente de color. Se adoptaron 8bits para la digitalización de la señal de video, por lo que la relación señal / ruido de cuantificación queda como:

$$\frac{S}{C} = 6(8) + 10.8 = 58.8 \text{ dB}$$

#### **5.2.14 DITHER (INDECISIÓN) : ELIMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN EN UNA SEÑAL CUANTIFICADA**

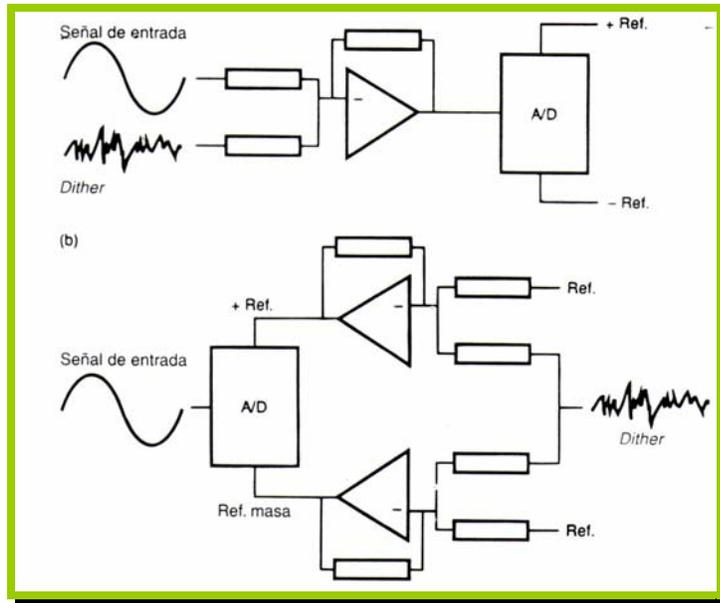
A niveles altos de señal, el error de cuantificación se convierte de hecho en ruido. A medida que disminuye la amplitud de modulación, el error de

cuantificación de un cuantificador ideal se correlaciona más con la señal y el resultado es la distorsión, que se manifiesta visualmente como contorneo.

El **dither** realiza la función de decorrelación, haciendo que la acción del cuantificador sea previsible y le da al sistema una base de ruido similar a la de un sistema analógico. Todos los sistemas prácticos de vídeo digital utilizan un dither no sustractivo, en el que la señal de dither es introducida antes del proceso de cuantificación y no se intenta eliminarla en el DAC.

La aplicación del dither significa que las muestras sucesivas encuentran los intervalos de cuantificación en diferentes lugares, en la escala de tensión. El error de cuantificación no se elimina, pero la distorsión objetivamente inaceptable se convierte en un ruido de banda ancha que es más aceptable por el espectador. En la figura 5.21 puede verse que la introducción de dither en un cuantificador ideal puede hacerse mediante la suma lineal de un nivel controlado de voltaje a la señal de entrada, o bien al voltaje de referencia utilizado para obtener los intervalos de cuantificación. Hay muchas maneras, todas ellas validas, de entender el funcionamiento del dither. La adición del dither significa que las muestras sucesivas encuentran los intervalos de cuantificación en diferentes puntos de la escala de voltajes. El error de cuantificación se hace función del dither en vez de ser una mera función de la señal de entrada. El error de cuantificación no se elimina, pero la distorsión subjetivamente inaceptable se convierte en un ruido de banda ancha que es más tolerable.

El uso del dither invalida los cálculos convencionales de la relación señal / ruido disponible para una longitud de palabra dada. Sin embargo, esto no tiene importancia, ya que la simple regla de multiplicar el número de bits de la longitud de palabra por 6 dB (sección 5.2.13 ) para obtener la relación señal / ruido, da un resultado suficientemente aproximado para todos los fines prácticos.

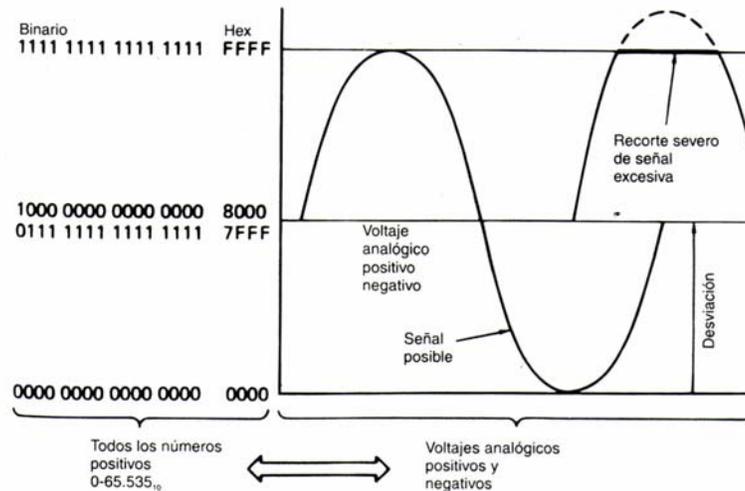


**Figura 5.21** Dither en un cuantificador a) dither se suma linealmente a la señal de entrada analógica b) se suma a los voltajes de referencia del cuantificador.

### 5.3 CODIFICACIÓN PARA AUDIO

El objetivo fundamental de los números binarios es expresar los valores de las muestras que representan la forma de onda analógica de la presión sonora original. En la muestra habrá un número fijo de bits que determina la gama numérica. Por ejemplo en un código de 16 bits hay 65.536 números diferentes. Cada número representa un voltaje diferente de la señal analógica, y durante la conversión debe cuidarse que la señal no se salga de la gama del convertidor, ya que si no es así sería recortada. Existen dos métodos de codificación el primero se llama procedimiento de **desviación binaria** (offset), y se la utiliza cuando la señal ha sido digitalizada únicamente con fines de grabación o transmisión de un punto a otro, para después convertirla a analógica. En este método en realidad, lo que se hace es desviar la gama numérica del convertidor para que los voltajes positivos y negativos de las señales reales de audio puedan expresarse con números binarios, que son únicamente positivos. La codificación binaria con desviación es simple pero

causa problemas en el procesado digital de audio y por ello rara vez se utiliza. Figura 5.22.

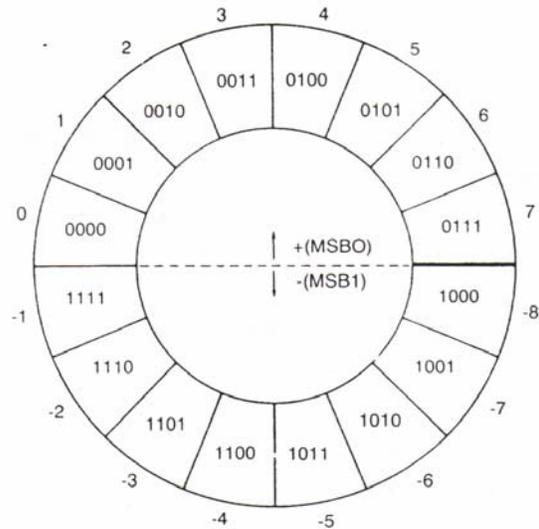


**Figura 5.22** Codificación binaria con desviación.

La desviación binaria tiene como referencia un extremo de la gama. Lo que se necesita es un sistema de numeración que opere simétricamente con respecto al centro de la gama.

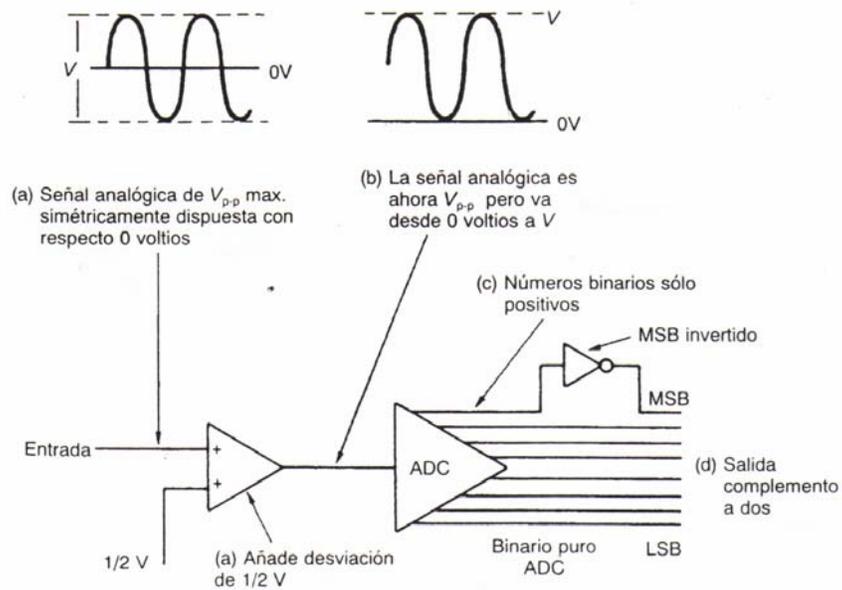
En el sistema de **complemento a dos**, que tiene esta prioridad, la mitad superior de la gama de números binarios puros se ha redefinido para representar cantidades negativas. Si se incrementa constantemente un contador binario y se le deja llegar al desbordamiento, producirá todos los números de la gama que permite el número de bits disponibles. En la figura 5.23 se muestra un ejemplo para 4 bits alrededor de un círculo. Como un círculo no tiene principio, se puede considerar que comienza en el punto que más convenga. En complemento a dos, la gama de cuantificación representada por el círculo de números no empieza en cero, sino en el lado diametralmente opuesto del círculo. El cero es la mitad de la gama, u todos los números que tienen el bit más significativo (MSB) a 1, se consideran negativos. Así pues, el MSB es equivalente a un bit de signo, en donde 1= menos. La notación complemento a

dos difiere del binario puro e que se invierte el MSB para conseguir la rotación de medio círculo.



**Figura 5.23** En este ejemplo la gama de bit numérica va de  $-8$  a  $+7$ , el MSB determina la polaridad.

Un punto muy interesante se muestra en la figura 5.24 en el cual representa la configuración básica en un convertidor A/D para producir una salida de complemento a dos. En la figura 5.24 a) una desviación de voltaje analógico igual a la gama de cuantificación se añade a la señal bipolar analógica para hacerla unipolar, como en la figura 5.24 b). El convertidor A/D produce solo números positivos en la figura 5.24 c), que son proporcionales al voltaje de entrada. El MSB se invierte entonces en la figura 5.24 d) de forma que el código de todos cero se mueve al centro de la gama de cuantificación.



**Figura 5.24** Un convertidor A/D con complemento a dos.

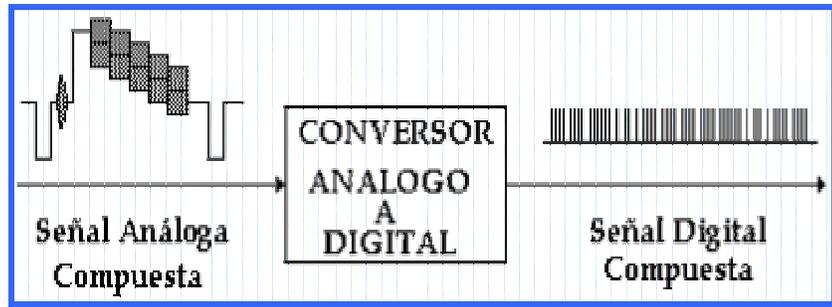
En resumen, la notación de complemento a dos es la más apropiada para señales bipolares, y permite la mezcla simple con sumadores binarios convencionales. Se utiliza prácticamente en todo el mundo para el procesamiento digital de audio y, por consiguiente, se adoptado para todas las interfaces de audio digital y formatos de grabación importantes.

## 5.4 CODIFICACIÓN PARA VIDEO

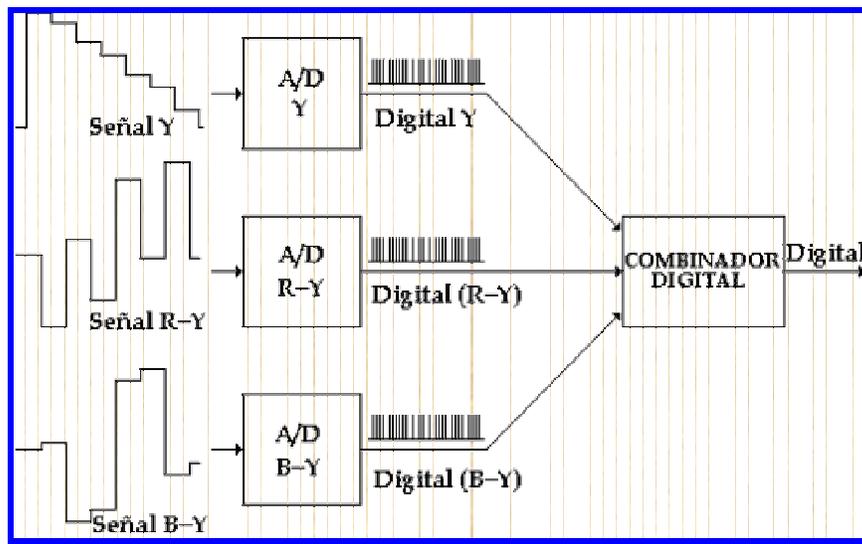
En video se encuentran formas de onda de tipo muy diversos, y todas ellas pueden digitalizarse sin ningún problema. Lo único que se necesita es que la gama de cuantificación sea algo mayor que la gama útil de voltaje de la forma de onda. La codificación final de la señal de salida de un equipo depende de su aplicación. Puede usarse por ejemplo codificación binaria con desviación o un código de complemento a dos para aplicaciones locales tal como se describió anteriormente. Pero cuando se trata de aplicaciones específicas, la codificación se convierte en un tema trascendente.

Dos planteamientos aparentemente contradictorios se mantienen aún hoy en día acerca de la digitalización de la señal de televisión en color:

- **La codificación de señales compuestas.** Ver la Figura 5.25
- **La codificación de componentes.** Ver la Figura 5.26.



**Figura 5.25** Codificación de la señal compuesta

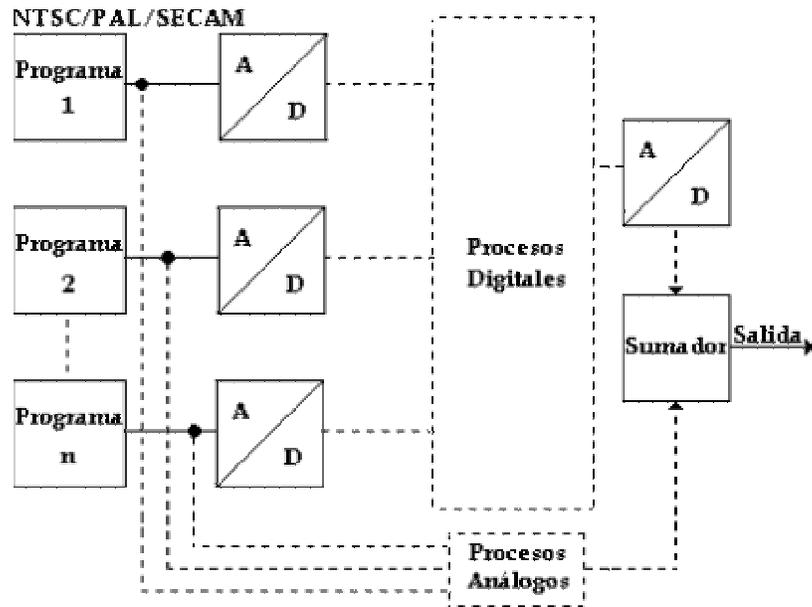


**Figura 5.26** Codificación de componentes

**La Codificación de las señales compuestas**, consiste en digitalizar directamente las señales compuestas existentes (NTSC, PAL, SECAM). Con ello persiste el problema de la incompatibilidad de las distintas normas internacionales, aun manteniendo la misma frecuencia de muestreo y codificación. La decodificación devolvería las señales NTSC, PAL o SECAM, respectivamente.

La ventaja fundamental de digitalizar la señal compuesta radica en que el equipo puede incluirse como una unidad mas en los Estudios análogos actualmente en servicio, sin necesidad de codificar o decodificar el NTSC, PAL o SECAM.

La Figura 5.27 muestra como opera el tratamiento de imágenes análogas durante la transición de la televisión análoga a digital, para el caso de codificación de señales compuestas.



**Figura 5.27** Transición de análogo a digital de las señales compuestas

Pasada la transición, la única ventaja que puede aportar la codificación de señales compuestas es el tratamiento de una señal única de video como ocurre actualmente en los Estudios análogos de nuestro país. Para los casos NTSC y PAL que modulan en amplitud a la subportadora de color, el fundido, mezcla y encadenado corresponderá a una sencilla multiplicación de todas las muestras por un factor situado entre 0 y 1. Pero en el caso del SECAM, es necesario descomponer primero la señal de video en sus componentes Y, R-Y, B-Y antes de la mezcla. Este problema elimina esta ventaja para el SECAM.

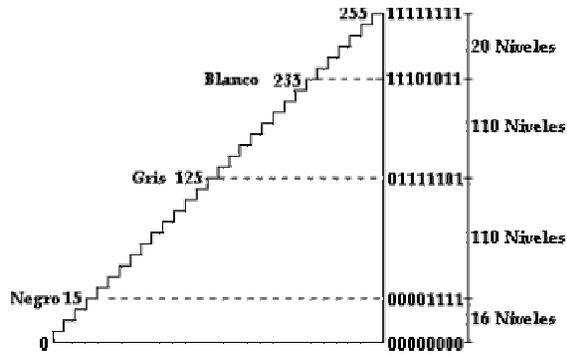
Y en todo caso, cada fuente de video digital tendría que disponer de codificación y decodificación NTSC/PAL/SECAM, lo que representa una degradación de las imágenes por causa de los sucesivos procesos de codificación-decodificación. Así, se concluye que en el horizonte se encuentra la digitalización global de las señales en componentes.

**En la Codificación en componentes** se digitalizan las tres señales Y,  $K_1(R-Y)$ ,  $K_2(B-Y)$  donde  $K_1$  y  $K_2$  son factores de ponderación que imponen el sistema digital. Estos factores no tienen los mismos valores que los coeficientes ponderados de NTSC, PAL o SECAM (estudiados en el capítulo 4).

La primera y gran ventaja que se deriva de esta codificación es que siendo estas tres señales comunes a todos los sistemas, la compatibilidad puede alcanzarse por regulación internacional de los parámetros de muestreo, cuantificación y codificación. En tal sentido el CCIR, Comité Consultor Internacional de Radiocomunicaciones (Comité Consultatif International des Radiocommunications que hoy en día ha sido absorbido por el ITU bajo la siglas ITU-R. emitió en 1982 la norma 4:2:2 CCIR 601 (ahora ITU-R 601) de televisión digital en componentes.

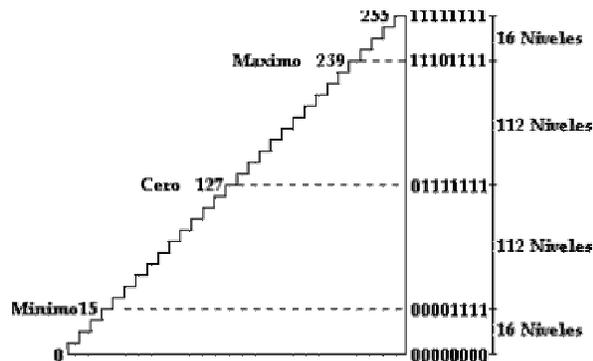
La segunda ventaja de esta codificación es que una vez alcanzada la digitalización plena de la producción, sólo se requiere un paso final de conversión D/A y una codificación NTSC, PAL o SECAM según el sistema adoptado de transmisión. Se añade a las ventajas ya señaladas que el tratamiento digital en componentes elimina los efectos perturbadores mutuos de luminancia y crominancia.

En modo de análisis, tomaremos una resolución de 8 bits / muestra ( o 10 bit/muestra) tanto para la luminancia como para las señales diferencias de color, lo que corresponde a  $2^8$  niveles = 256 niveles de cuantificación. La luminancia utiliza 220 niveles a partir del 16 que corresponde al nivel de negro, hasta el 235 correspondiente al nivel de blanco. Se acepta una pequeña reserva del 10% para la eventualidad de que ocurran sobremodulaciones. Ver la Figura 5.28.



**Figura 5.28** Cuantificación y codificación a 8 bits/muestra de la señal de luminancia

Para las señales diferencias de color se utilizan 224 niveles, que se reparten a ambos lados del cero análogo, que se hace corresponder con el número digital 128. Así pues, la señal variará entre los valores extremos  $128 + 112 = 240$  y  $128 - 112 = 16$ , con una reserva de 16 niveles a ambos lados. Ver la Figura 5.29.



**Figura 5.29** Cuantificación y codificación a 8 bits/muestra de la señal de crominancia.

Dado que las señales Cr y Cb están disponibles simultáneamente en cada línea, la definición vertical es idéntica tanto para luminancia como para crominancia, y se corresponde con el número de líneas útiles del estándar de exploración.

Un dato muy importante para nuestro análisis posterior es el calculo del flujo bruto resultante el cual esta dado por:

$$(\text{Frecuencia de muestreo de Y} * \# \text{ bits/ resolución}) + (2 * \text{Frecuencia de muestreo de Cr y Cb} * \# \text{ bits/resolución})$$

**donde:**

**Frecuencia de muestreo de Y = 13.5 MHz**

**# bits/resolución = 8 ó 10**

**Frecuencia de muestreo de Cr y Cb = 6.75 MHz**

**Entonces el flujo bruto resultante será:**

$$(13.5 * 8) + (2 * 6.75 * 8) = 216 \text{ Mbits/s}$$

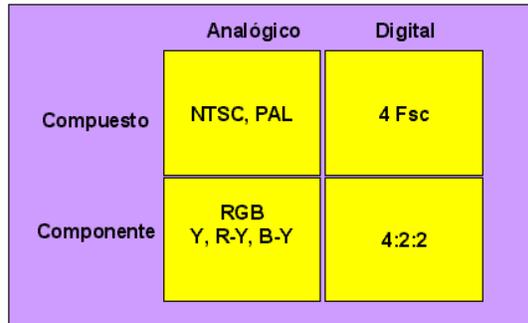
$$(13.5 * 10) + (2 * 6.75 * 10) = 270 \text{ Mbits/s}$$

Además, la digitalización de la parte útil de la señal de video solo requiere 166 Mbit/s, si se tiene en cuenta la inutilidad de digitalizar los intervalos de supresión del haz (también llamados "blanking") de línea y campo. Por tanto, estos tiempos libres pueden aprovecharse para transportar los canales de sonido digital, así como datos de servicio u otros.

### **5.5 EQUIPOS Y CIRCUITOS CONVERTIDORES: ANALÓGICO-DIGITAL, DIGITAL - ANALOGICO**

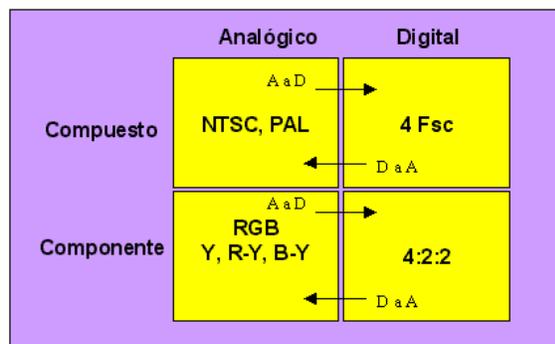
En una nueva instalación digital podemos, por razones de costo, desear retener algunos de nuestros equipos de anterior generación, por ello, aunque todo nuestro equipamiento sea digital, todavía necesitaremos conectarnos con señales analógicas en el mundo exterior. Es deseable un conocimiento claro de cuánto deterioro se puede esperar de cada proceso de conversión y de cuánto es el costo de estos procesos. En la figura 5.30 identificamos los cuatro formatos de señal de televisión. Por simplicidad, nos referiremos a la señal digital de componentes como **4:2:2**, y a la señal digital compuesta como **4fsc**. (Frecuencia de muestreo que corresponde a cuatro veces la frecuencia de la

subportadora ( $F_{sc}$ ). Por ejemplo los VTRs digitales en un estudio de TV muestrean vídeo compuesto a la frecuencia de 4 x frecuencia subportadora de color es decir,  $4 * 3.575 \text{ MHz} = 14.3 \text{ MHz}$  para NTSC).



**Figura 5.30** Formatos básicos de señales de televisión

La figura 5.31 nos muestra los procesos de conversión existentes por ejemplo en el caso de una señal compuesta NTSC ó PAL vemos que su conversión A/D será 4 Fsc y para señales de veo compuesta su conversión a digital sería en formato 4 : 2 : 2. y viceversa.



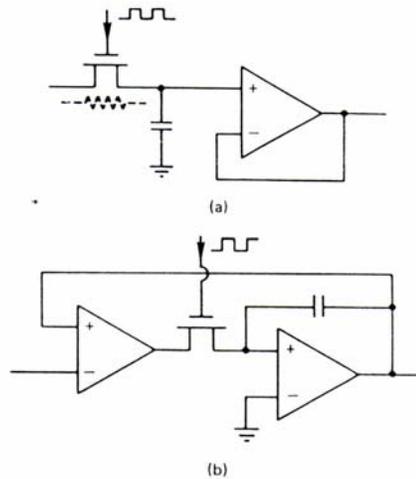
**Figura 5.31** Conversiones A/D y D/A

Permítanos echar una mirada más estrecha a lo que está involucrado en el proceso de conversión. Con la gran cantidad de material analógico grabado en Betacam Dvcam etc. disponible en un estudio de Tv, una de las necesidades más comunes es convertir desde video analógico en componentes a video compuesto digital (4 Fsc). Varios equipos de postproducción están disponibles en el mercado para este propósito y, no de modo sorprendente, los mejores son los más caros. Cuando convertimos de analógico a digital, es importante tomar

tantas muestras de la señal analógica como sea posible. Un buen compromiso es usar la técnica de 2x "oversampling" ("sobremuestreo": técnica de uso de una frecuencia de muestreo máxima cercana a la frecuencia de muestreo; recordar el teorema de Shannon-Nyquist que establece que la frec. de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima a muestrear). La calidad de los filtros utilizados también juega una parte significativa en la calidad global del proceso de conversión.

Como habíamos visto, es más fácil convertir señales analógicas compuestas en señales digitales compuestas, pero las señales digitales en componentes tienen muchas ventajas y el mundo parece estar apuntando en esta dirección tal como se describió anteriormente.

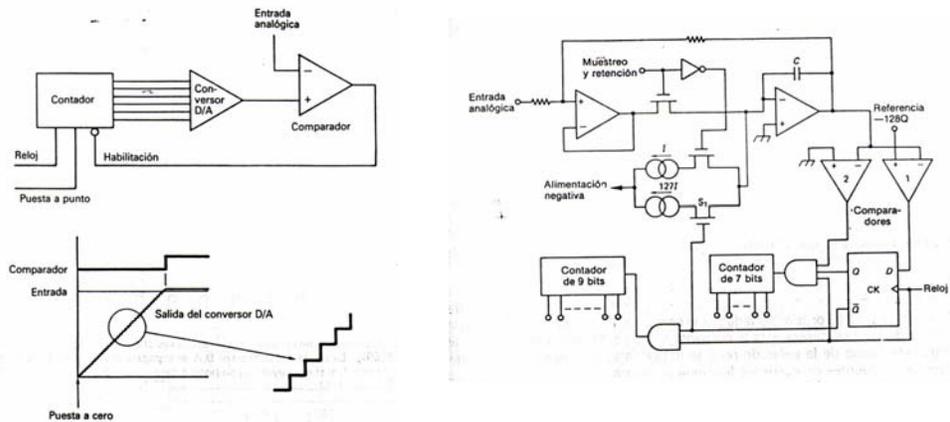
El proceso de **conversión Analógico - Digital** implica una secuencia de cuatro procesos : muestreo, Mantenimiento, cuantificación y codificación. Los procesos de muestreo y mantenimiento realizan los circuitos llamados Sample and Hold (S/H) mientras la cuantificación y codificación realizan los convertidores A/D figura 5.32.



**Figura 5.32** Circuitos Sample and Hold

La estabilidad del proceso de conversión puede ser garantizada gracias a los circuitos S/H, para mantener el voltaje analógico constante hasta que la

conversión A/D se lleve a cabo. En la figura 5.32 a) cuando el conmutador se cierra, la salida sigue a la entrada, y cuando el conmutador se abra, el condensador retiene el voltaje de la señal en ese instante, esto a su vez provoca un largo tiempo de asentamiento dado por la constante de tiempo del condensador y la resistencia de conducción del interruptor. En la figura 5.32 b) se minimiza este problema colocando un interruptor dentro de un lazo de realimentación para la cual se requiere de una adecuada ganancia de lazo abierto. Existen diferentes tipos de convertidores A/D tales como el de **Rampa Digital** llamado a veces el convertidor A/D de cuenta descendente o convertidor contador este conversor A/D compara la salida del conversor D/A con la entrada. La cuenta se para, cuando la salida del conversor D/A alcanza el nivel de entrada. este método, aunque potencialmente preciso, es demasiado lento para audio digital, figura 5.33 a) el de **Doble rampa** es uno de los que tiene mayor tiempo de conversión, pero ofrece la ventaja de un costo relativamente bajo ya que no requiere de componentes de precisión como un DAC Figura 5.33 b). Pero la técnica más simple de que se dispone para conversión PCM es el llamado conversor **Flash** el cual es el ADC más rápido disponible en la actualidad, pero requiere de mucho más circuitería que los otros tipos de convertidores.

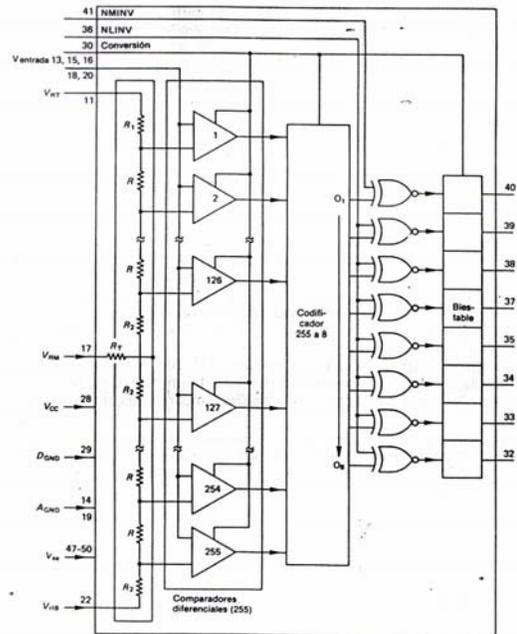


a)

b)

Figura 5.33 Convertidores a) Rampa Digital b) Doble rampa Digital

En la figura 5.34 se muestra un típico conversor flash de 8 bits pensado principalmente para aplicaciones de video. En la figura podemos observar que el circuito requiere de resistencias y comparadores. El gran número de comparadores limita el tamaño de los convertidores A/D paralelo. La señal analógica alimenta la gran cantidad de entradas, y convierte en digital con una resolución de 1 v. Para alcanzar resoluciones más finas se debe utilizar más resistencias para el divisor de voltaje y más comparadores. Las salidas de los comparadores están conectados a un circuito codificador de prioridad que es el que se encarga de producir en la salida el código digital correspondiente. El convertidor Flash no utiliza señal de reloj porque no requiere sincronización o secuenciación. Cuando cambia el valor del voltaje analógico, las salidas de los comparadores cambian y esto a su vez produce un cambio en la salida del codificador. El tiempo de conversión es muy pequeño (10 ns), porque depende solamente del retardo de los comparadores y del codificador.

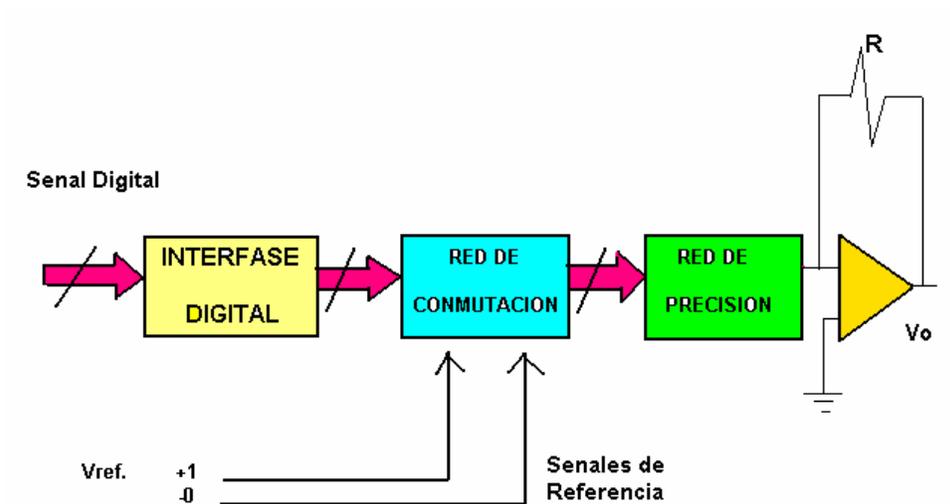


**Figura 5.34** Típico conversor Flash de 8 bits diseñado especialmente para aplicaciones de video.

La finalidad de un **convertor digital-analógico** es tomar valores numéricos y reproducir la forma de onda continua que representan. Afortunadamente, el proceso de conversión digital a analógico es menos complejo. Pero por otra parte un estudio de televisión digital probablemente no requerirá tantos convertidores D/A como convertidores para ir en la dirección opuesta. Sin embargo, en un futuro cercano el mayor requisito para los convertidores D/A será recibir programas en aire en un formato compatible con el aparato de televisión medio (Fig.6). A diferencia de los decodificadores, los codificadores D/A deberían estar genlockeados a una referencia.

En el mundo digital, hay un problema llamado *jitter* (sección 5.2.7) . El *jitter* tal como se describió anteriormente, simplemente, es un movimiento en el tiempo hacia delante y hacia atrás ("vibración") de la señal pulsante digital; los pulsos parecen ser inestables, con sus flancos de ataque "vibrando" a la alta frecuencia. En el dominio digital se puede tolerar más el *jitter* que lo que sería aceptable para una señal compuesta analógica, de manera que, en el proceso de codificación, tenemos que librarnos del *jitter*. Los codificadores generalmente necesitan un buffer de almacenamiento digital y una señal de genlock analógica estable como referencia para proveer una salida estable, NTSC o PAL, libre de *jitter*.

La conversión D/A es el proceso de tomar un valor representado en el código binario y convertirlo en un nivel de voltaje o valor de corriente que es proporcional al código digital. Puesto que este voltaje o corriente puede tomar muchos valores diferentes sobre un rango dado, lo llaman por lo tanto voltaje o corriente analógica. La figura 5.35 presenta el diagrama de bloques de un convertidor D/A típico.



**Figura 5.35** Convertidor D/A básico

La **interfaz digital** convierte las señales digitales de entrada, en voltajes o corrientes apropiados para manejar un conjunto de interruptores que son transistores bipolares (BJT) o unipolares (FET), del bloque de **Red de Conmutación**. La red de conmutación a su vez envía a la entrada de la **Red de Precisión** las señales fijas de la fuente de la señal de referencia. El amplificador operacional O-PAM realiza el proceso de cambiar las corrientes en voltajes y además sirve como acoplador de interfases.

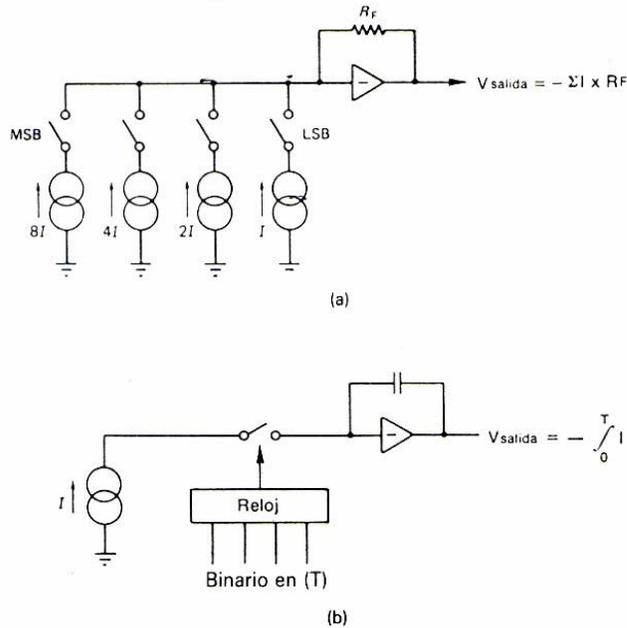
La red de precisión esta formado por resistencias. Por la forma de conexión de estas resistencias en la red de precisión, los convertidores D/A se dividen en dos grupos:

1.- Conversor D/A con corrientes ponderadas

2.- Conversor D/A con integrador sincronizado

El primero consiste en sumar corrientes ponderadas en binario, mientras que en la segunda se controla el tiempo que una corriente constante circula por

un integrador. En la Figura 5.36 se comparan ambos métodos. Parecen simples, pero no son útiles para audio en estas forma debido a limitaciones practicas.



**Figura 5.36** Conversión elemental: a) Convertor D/A con corrientes ponderadas b) Convertor D/A con integrador sincronizado.

- **EQUIPOS CONVERSORES A/D Y D/A**

Específicamente para nuestro proyecto y bajo recomendaciones de los técnicos del departamento de ingeniería de Gamavisión se decidió usar por economía, compatibilidad de normas y ahorro físico de espacio, los convertidores de la **serie de equipos digitales 6800 de LEITCH**, su diseño compacto en forma de tarjetas hace que estos equipos se alojen en unos bastidores especiales. La figura 5.37 muestra la serie de convertidores A/D y D/A para video en componentes y compuesto, y la figura 5.38 presenta los convertidores A/D y D/A para audio. En el anexo A se presentan algunos tipos de convertidores de audio y video existentes en el mercado.

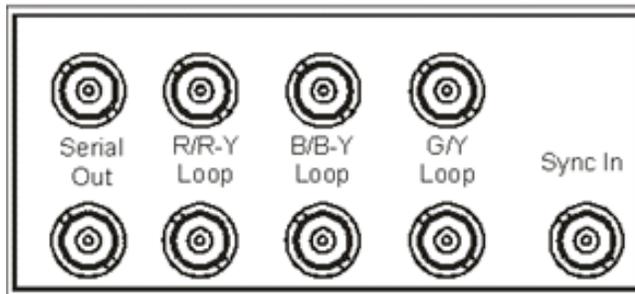
➤ **Conversor de video ADC 6801 y DEC 6804:**

El ADC 6801 convierte las señales RGB (Componentes) en su formato de video digital en serie. Acepta valores de 0.7 p-p nominal y 1.0 v p-p con señal de sincronismos. Cuantifica con una resolución de 10 bits y arroja señal digital con formato SMPTE (capitulo VII) 259M-C con una velocidad de 270 Mbp/s, según lo descrito anteriormente. El DEC 6804 acepta señal de video compuesto NTSC y arroja señal digital con interfase SDI (ver diagrama de bloques).

**ADC 6801**

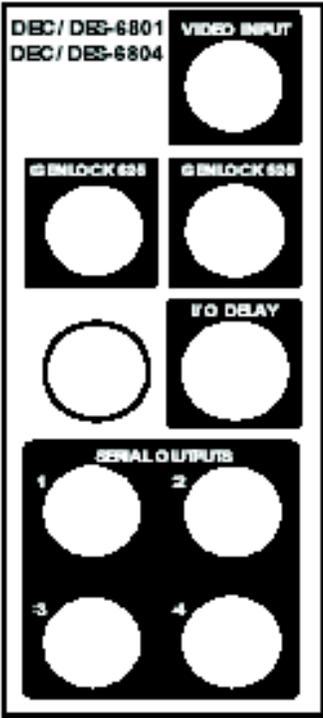


**PANEL DE CONEXIONES ADC 6801**



Rear Connector Layout  
ADC-6801

# PANEL DE CONEXIONES DEC 6804



# Diagrama de bloques Funcional del DEC 6804

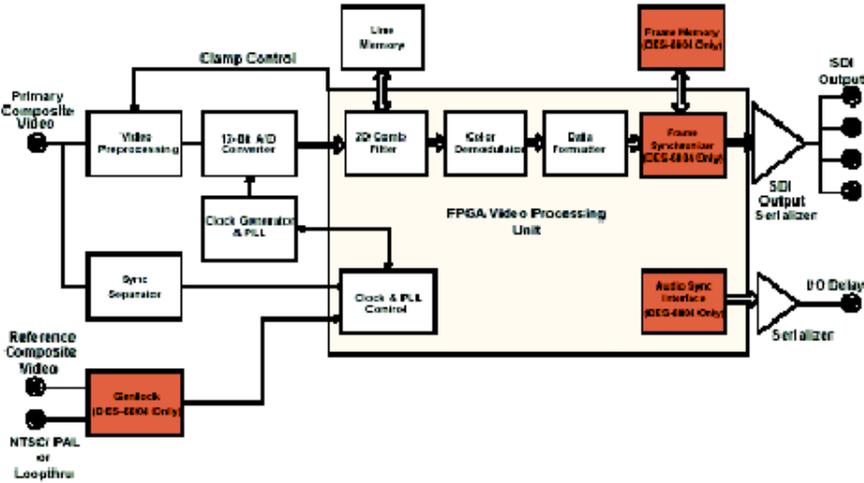


Figure 1-1. Functional Block diagram of the DEC/DES-6804 modules

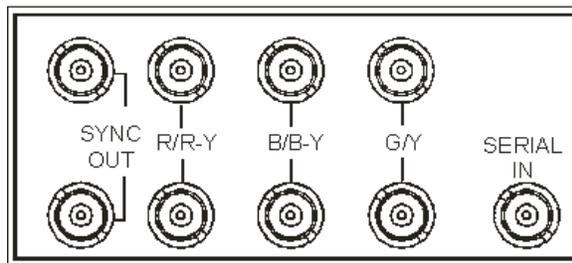
➤ **Conversores de video DAC 6801 y ENC 6801**

El DAC 6801 realiza el proceso inverso del ADC 6801, convierte la señal digital en señales RGB analógicas. El ENC 6801 realiza la conversión de digital a analógico de la señal compuesta digital en señal compuesta analógica NTSC, además soporta aplicaciones de PAL -B y PAL- M



**DAC 6801**

**PANEL DE CONEXIONES DAC 6801**

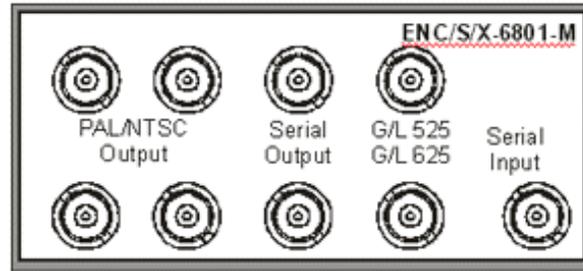


Rear Connector Layout  
DAC-6801



**ENC 6801**

## PANEL DE CONEXIONES ENC 6801

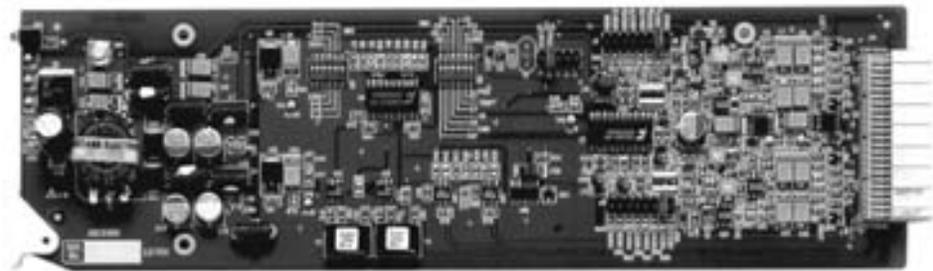


Rear Connector Layout  
ENC-6801  
for MIX-7001 Series  
or FR-7000MB MixBox frame

**Figura 5.37** Equipos convertidores A/D y D/A para video en componentes y compuesto

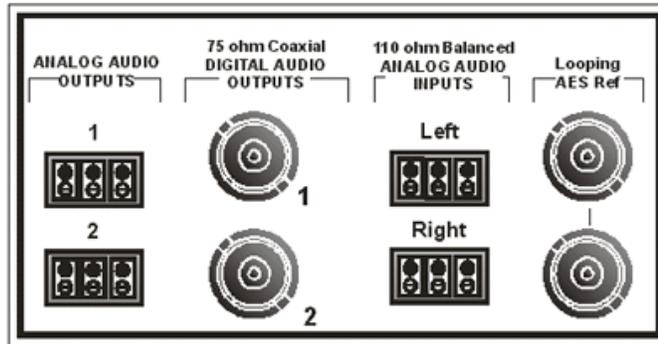
### ➤ **Conversores de audio ADC 6880**

El ADC 6880 realiza el proceso de convertir el audio analógico balanceado del estudio de televisión en formato digital bajo estándar AES3 (capítulo VII). Esta tarjeta recibe dos señales de audio L y R y arroja dos salidas del tipo coaxial de audio digital



**ADC 6880**

## PANEL DE CONEXIONES ADC 6880



## ADC-6880-70BC

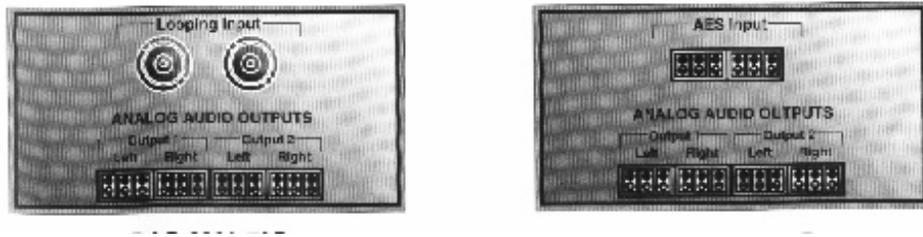
### ➤ Conversor de audio DAC 6880

El DAC 6880 realiza el proceso inverso de la ADC 6880, convierte el audio digital bajo estándar AES3 a su equivalente analógico, acepta datos de 44.1 KHz y 48 KHz tal como se describió en subcapítulos anteriores. Existen dos alternativas para la salida, en formato coaxial SMPTE y balanceado AES3 duales

### DAC 6880



## PANEL DE CONEXIONES PARA EL DAC 6880



**Entrada Coaxial**

**Entrada Audio Digital Balanceado**

**Figura 5.38** Equipos Convertidores A/D y D/A para audio de un Estudio de Televisión

En el mundo digital, necesitaremos muchos tipos de conversores. La televisión digital por componentes ofrecerá calidad de imagen total, generación de efectos especiales, múltiples generaciones de copias, y ahora almacenamiento y edición basado en disco. Cuando su presupuesto lo permita, pase de analógico al mundo 4:2:2 tan pronto como sea posible. Esto le permitirá posteriormente pasar al mundo de la Televisión Digital Terrestre y gozar de innumerables aplicaciones, gracias a la digitalización del audio y video.

## 5.6 TRANSMISIÓN DIGITAL

### 5.6.1 INTRODUCCIÓN A LA TRANSMISIÓN DE DATOS

Una de las ventajas de la digitalización del audio y video, es que todo este caudal de información representadas en bits ( 1 y 0 ) puede ser transportada por canales físicos de comunicación como son: fibra óptica, redes digitales de alta velocidad etc, y ser vistas en ordenadores, fomenta la video conferencia a larga distancia. La transmisión digital y la distribución de información audiovisual permite la comunicación multimedia sobre las redes

que soportan la comunicación de datos, brindando la posibilidad de enviar imágenes en movimiento a lugares remotos.

Existen dos formas de transmisión de datos, analógico y digital. Una de las características del vídeo es que está compuesto por señales analógicas, con lo que se pueden dar las dos formas de transmisión. En los últimos años la transmisión de datos se ha volcado hacia el mundo digital ya que supone una serie de ventajas frente a la transmisión analógica. Al verse la información reducida a un flujo de bits, se consigue una mayor protección contra posibles fallos ya que se pueden introducir mecanismos de detección de errores, se elimina el problema de las interferencias, podemos disminuir el efecto del ruido en los canales de comunicación, conseguir codificaciones más óptimas y encriptado, mezclar con otros tipos de información a través de un mismo canal, y poder manipular los datos con ordenadores para comprimirlos, por ejemplo. Además si queremos difundir el vídeo por vías digitales tendremos que digitalizarlo, con lo que debe ser capturado en su formato analógico y almacenado digitalmente logrando así que sea menos propenso a degradarse durante la transmisión.

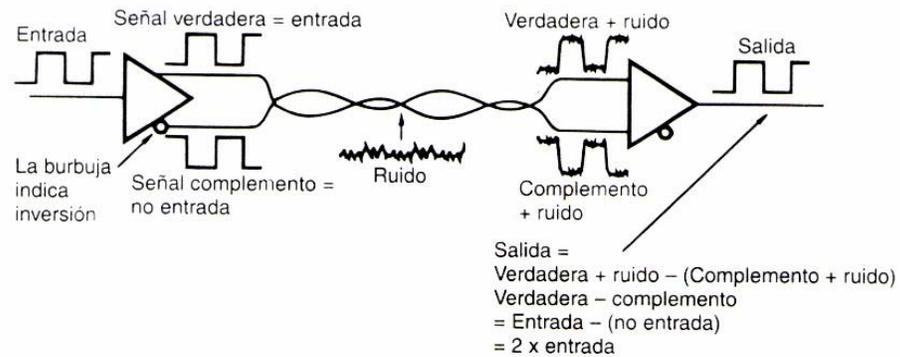
En transmisiones analógicas, las características del canal afectan directamente a la señal, mientras que si la señal se expresa en forma numérica binaria mediante muestreo y cuantificación, la calidad puede hacerse independiente del canal. En la circuitería digital hay una gran inmunidad al ruido porque la señal sólo puede tener dos estados, que tienen una gran separación comparada con la amplitud del ruido. Por consiguiente, no es el canal de transmisión el que es digital; el término se refiere a la forma en que se interpretan las señales recibidas.

En transmisión de datos, los errores tienden a clasificarse en dos categorías. Hay grandes corrupciones aisladas, llamadas ráfagas de errores ( producido por ejemplo a descargas atmosféricas en transmisiones radioeléctricas ), en las que numerosos bits están en su conjunto deteriorados

en una área considerada, por otro lado, hay errores aleatorios ( que se deben a procesos continuos tales como el ruido ) que afectan individualmente a los bits o a los símbolos.

El ruido en un canal ocasiona incertidumbre sobre el voltaje de la señal reproducida. El ruido es estadístico y puede tener cualquier amplitud, cuando el ruido supera una determinada amplitud, puede contaminar los datos. En un estudio de televisión los equipos de grabación digitales, se suele utilizar algún sistema de corrección de errores, y así es posible admitir mayor ruido y errores más frecuentes, y con esto se consigue mayores densidades de grabación. Un punto muy importante de tomar en cuenta es que los procesos de corrección de errores ocasionan retardos que aunque, por ejemplo, sean aceptables en la reproducción de una cinta, no pueden admitirse en un interfaz de audio y video por los consiguientes problemas de sincronización (capitulo VII sección 7.5).

En los interfases a veces se utilizan señales diferenciales para reducir la sensibilidad al ruido. La figura 5.39 muestra que un montaje diferencial se utiliza un par de conductores para cada señal que se alimentan en contrafase , de forma que cuando la señal disminuye en uno de ellos, aumenta en el otro. A veces los conductores están trenzados para mantener la separación entre los conductores y, por tanto, la impedancia es constante. La transmisión puede realizarse mediante conductores eléctricos, ondas radioeléctricas o fibra óptica. Aunque estos medios pueden parecer distintos, en realidad constituyen diferentes ejemplos de desplazamientos de la energía electromagnética de un punto a otro



**Figura 5.39** Transmisión diferencial: se envían dos señales invertidas entre sí. El trenzado de los dos conductores, hace que el ruido captado sea sustancialmente igual en los dos y quedara anulado en el receptor que resta las dos señales para producir una señal unipolar.

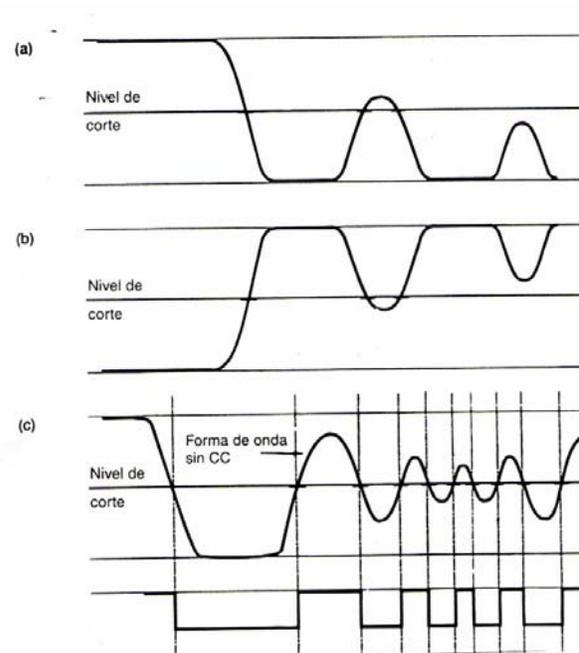
## 5.6.2 RECEPCIÓN DE DATOS

### • DIVISIÓN DE SECCIONES

La figura 5.40 muestra que la división en secciones, o troceado, es un paso inicial en la recepción de datos. Mediante un comparador, el voltaje de la señal recibida se compara con el voltaje que esta en un punto equidistante de los extremos, conocido como línea de base o nivel de corte. Si el voltaje de la señal está por encima de la línea de base, la salida del comparador es de alto nivel, y de bajo nivel si está por debajo.

En la figura 5.40 a), la señal que ha de seccionarse es una onda senoidal que es la fundamental que queda de la onda transmitida. Cuando la amplitud desciende, la forma de onda procedente del seccionador sigue siendo esencialmente igual. Sin embargo en la figura 5.40 b) la forma de onda transmitida tiene un ciclo de trabajo desigual. La componente de corriente continua, o nivel promedio de la señal se recibe con amplitud elevada, pero la amplitud del impulso disminuye cuando éste se hace más corto. Puede ocurrir que no sea posible seccionar la forma de onda.

La figura 5.40 c) muestra el ciclo de trabajo opuesto. El nivel de la señal se desplaza a la polaridad opuesta, y aquí también la división en secciones es imposible. Se llama a este fenómeno línea de base errante, y tiene lugar con cualquier señal cuyo voltaje promedio no sea igual al nivel de corte.



**Figura 5.40** La división en secciones, o troceado, de una señal.

- **RELOJ**

En los circuitos digitales, en general, las señales van acompañadas de una señal de reloj independiente. Sin embargo, en la transmisión, excepto en distancias cortas, no es posible disponer de una señal de reloj separada. En algunos interfaces digitales en serie de video, la velocidad binaria es 270 mega bits por segundo y, por tanto, cada bit tiene una duración de 3.7 ns. Suponiendo que el cable tiene 100 m. De longitud, habrá unos 70 bits en el cable. Con un reloj separado, habría aproximadamente el mismo número de ciclos en el cable del reloj, pero no se puede garantizar que se propaguen a la misma velocidad o que lleguen en fase. La solución consiste en utilizar una forma de onda con señal de reloj.

- **ECUALIZACIÓN**

En la mayoría de las líneas de transmisión, las pérdidas de la señal aumentan con la frecuencia. Esto produce el efecto de reducir los tiempos de subida con el consiguiente cambio de la inclinación de los bordes. Si se divide en secciones una señal con bordes inclinados, cambiara el tiempo en el que la forma de onda cruza el nivel de troceado, y se producirán fluctuaciones (*jitter*).

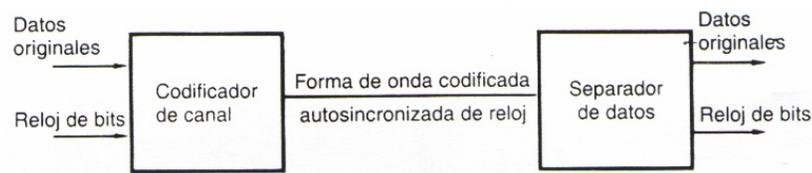
En un cable largo, la inclinación debida a las altas frecuencias produce suficientes fluctuaciones para que las transiciones lleguen al periodo de un bit adyacente. Este efecto, llamado interferencia ínter símbolo, se agrava cuando las señales tienen una mayor asimetría, es decir, impulsos cortos alternados con otros largos. El efecto puede reducirse aplicando ecualización, que consiste, típicamente, en una elevación de la respuesta en altas frecuencias, y eligiendo además un código de canal con asimetría restringida.

En la practica la ecualización tiene lugar en el receptor, ya que no es posible cuanta ecualización hay que aplicar en el transmisor. El ajuste puede ser manual o, en los equipos más recientes, automático.

### **5.6.3 CODIFICACIÓN DE CANAL**

En la practica, los sistemas tienen que utilizar un tipo de modulación, conocido como **código de canal**, que expresa los datos como forma de onda que llevan señal de reloj para rechazar las fluctuaciones, separar los bits recibidos y evitar el sesgo (*skew*) en las líneas de reloj separadas. Las formas de onda codificadas tienen también que estar prácticamente libres de corriente continua (DC) para permitir el troceado cuando existen pérdidas y tener un espectro más estrecho que los datos originales con objeto de hacer posible la ecualización.

La figura 5.41 muestra que se necesita un codificador de canal antes de la etapa de grabación, y que después de la etapa de reproducción, es necesario un decodificador, conocido como separador de datos. Entre otras muchas, una conveniente definición de código de canal podría ser: *“Método de modulación de datos reales de forma tal que puedan ser recibidos correctamente, a pesar de los problemas que se encuentran en un canal real, utilizando la capacidad del canal con la máxima economía”*. La codificación de canal es el arte de convertir datos reales en bits de canal.



**Figura 5.41** La codificación de canal requiere un codificador en el transmisor que combina un reloj de bits en serie para producir una forma de onda con codificación de canal. El receptor tiene un separador de datos que extrae el contenido del reloj de la forma de onda, y los datos mediante decodificación.

Uno de los parámetros fundamentales de un código de canal es la relación de densidad (DR), que puede definirse como la relación, en el peor de los casos, entre el número de bits grabados y el número de transiciones del canal. También puede considerarse como la relación entre la frecuencia de Nyquist de los datos y la respuesta de frecuencia del canal. Cuando se cuenta con mejores equipos para aumentar la capacidad de un canal, la utilización de un código con una mayor relación de densidad, multiplica aún más la capacidad.

- **TIPO DE CODIGOS**

### **CODIGO FM**

Conocido también como código Manchester o bifase marca, fue el primer código binario con señal de reloj utilizado en la práctica y que es

adecuado tanto para transmisión como para grabación. Está libre de CC y es muy fácil de codificar y decodificar. Es el código especificado por el estándar AES/EBU para la interconexión de audio digital.

### **CODIGO 4/5**

En el estándar MADI (Interfaz de Audio Digital Multicanal ) y en el FDDI ( Interfaz de fibra óptica para distribución de datos ) se utiliza una tasa de código de cuatro quintos, donde grupos de cuatro bits de datos se representan por grupos de cinco bits de canal. Cuatro bits permiten formar 19 combinaciones, mientras que con cinco bits, el número de combinaciones posible es 32.

### **CODIGO 8/9**

Se desarrollo este código para permitir la comunicación en serie del video digital en componentes muestreado en el modo 4 : 2 : 2. En este código los grupos de 8 bits de datos se representan por 9 bits de canal.

## **5.7 FUNDAMENTOS DE COMPRESIÓN DE AUDIO Y VIDEO**

### **5.7.1 ¿ PORQUE NECESITAMOS COMPRIMIR?**

Compresión, reducción de velocidad binaria y reducción de datos son términos que significan lo mismo en este contexto. Consiste esencialmente, en transportar la misma información utilizando menor cantidad o velocidad de datos. Hay que señalar que en el lenguaje del audio, tradicionalmente, el término compresión siempre se ha referido a un proceso por el que se reduce la gama dinámica del sonido, mientras que en el lenguaje digital, la misma palabra quiere decir que se reduce la velocidad binaria sin que, teóricamente, ello afecte a la gama dinámica de la señal. Si el contexto está claro, las dos aceptaciones pueden coexistir sin crear demasiada confusión.

Existen dos razones fundamentales que justifican la utilización de las técnicas de compresión.

- Realizar algún proceso que sería imposible sin la compresión.
- Realizar un proceso conocido de un modo más económico

En el caso del DVD ( disco digital versátil o de video ) lo que se pretende es producir imágenes en movimiento utilizando un equipo de disco compacto, casi de tipo normal. La velocidad binaria de un CD no permitirá la grabación de video sin compresión, y este es, un ejemplo de la primera categoría.

En el caso de Broadcast (radiodifusión) la compresión facilita y permite el desarrollo de formatos Multimedia presente en la pantalla del usuario final, es decir el usuario podrá elegir sub-programas, intercambiar información, seleccionar menús que le ayude a escoger opciones de audio y video, en fin la compresión no solo hace posible el Broadcast de audio y video digital sino que lo hace económicamente viable.

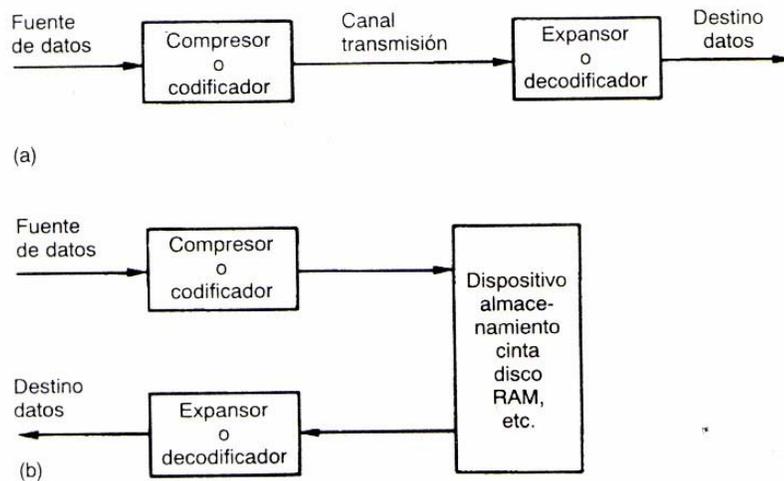
### **5.7.2 APLICACIONES DSE LA COMPRESIÓN**

En este punto trataremos dos campos de aplicación de la compresión: en el proceso de grabación y en la radiodifusión de audio y video digital.

Como podemos observar en la figura 5.42 se presenta en forma de diagrama de bloques los fundamentos de la compresión. Puede verse en la figura 5.42 a ) que en la fuente se reduce la velocidad binaria mediante el compresor. Los datos comprimidos pasan a un canal de comunicación y mediante el expansor vuelven a la velocidad binaria original. Se llama factor de compresión, y también ganancia de codificación, a la relación entre las velocidades binarias de la fuente y del canal. Algunas veces se denomina

compasor al conjunto de un compresor, y un expansor en serie. También puede llamarse codificador al compresor, y decodificador al expansor en cuyo caso se llama codec al conjunto de los elementos en tandem.

La figura 5.42 b) muestra la utilización de un codec para grabación. El tiempo de grabación del equipo aumenta proporcionalmente con el factor de compresión. En el caso de cinta magnética, mejora el tiempo de acceso ya que se reduce la longitud de cinta necesaria para una grabación determinada, y se puede rebobinar más rápidamente.



**Figura 5.42** Sistema de compresión.

En DAB ( Radiodifusión de Audio Digital ) que también se conoce como DR ( Radio Digital ) y en la Transmisión Digital de Televisión, se utiliza la compresión para reducir la anchura de banda necesaria. El espectro electromagnético es limitado y la presión que ejercen otros servicios, obliga a utilizar el ancho de banda lo mejor posible. Afortunadamente, en radiodifusión hay un mercado de consumo para los decodificadores que pueden fabricarse a bajo costo como circuitos integrados.

### **5.7.3 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA COMPRESIÓN DE AUDIO Y LA NORMA MPEG PARA LA COMPRESIÓN DE VIDEO**

En un sistema digital PCM la velocidad binaria es el producto de la frecuencia de muestreo por el número de bits de cada muestra y generalmente es constante. Se denomina redundancia a la diferencia entre la velocidad de información y la velocidad binaria. Los sistemas de compresión se diseñan de modo que se elimine la redundancia. Una de las maneras de conseguir esto es aprovechar la posibilidad de predicción estadística en las señales. Las normas que se utilizan en la actualidad, PAL, NTSC y SECAM son sistemas de compresión de vídeo analógico. En los sistemas digitales se analizan las imágenes para detectar la redundancia y la repetición y eliminar así los datos innecesarios. Las técnicas se desarrollaron inicialmente para transmisión digital pero han sido adoptadas como medio para manipular el vídeo digital en ordenadores y reducir las necesidades de almacenamiento en los VTRs digitales.

La codificación perceptiva en audio tiene como base el principio del *enmascaramiento auditivo* el cual hace que la combinación oído / cerebro sea menos sensible al sonido en una frecuencia en presencia de otro de frecuencia próxima. Si a la entrada se presenta un primer tono, este enmascara las señales a nivel más bajo de frecuencias próximas. La cuantificación del primer tono y de los demás tonos de frecuencia próximas, puede hacerse con poca precisión. Al necesitar pocos bits se obtiene una ganancia de codificación. El aumento del error de cuantificación se enmascara por la presencia del primer tono.

Actualmente se habla mucho de MPGE y en particular de MPG-2, a nivel de Internet, multimedia, DVD, Televisión Digital de Alta Definición ( HDTV ) y otras tecnologías que utilizan el video como forma de comunicación. MPEG (Grupo de Expertos en Imágenes en movimiento) es un estándar internacional, definido por un comité llamado MPEG formado por la ISO ( Organización Internacional de Normalización ), para la representación codificada y comprimida de imágenes en movimiento y audio asociado, orientado a medios de almacenamiento digital. El algoritmo que utiliza además de comprimir imágenes estáticas compara los fotogramas presentes con los

anteriores y los futuros para almacenar sólo las partes que cambian. La señal incluye sonido en calidad digital. El inconveniente de este sistema es que debido a su alta complejidad necesita apoyarse en hardware específico.

En un principio se planificaron cuatro normas MPEG, pero la inclusión de HDTV en MPEG-2 ha hecho que MPEG-3 sea ahora redundante. MPEG-4 se emplea para diversas aplicaciones inconexas; el principal interés de la industria de la televisión se centra en MPEG-1 y MPEG-2.

### **Video MPEG-1**

Establecido en 1992, se especifica originalmente para trabajar con video NTSC con tasas de bits hasta de 1,2 Mbits/seg., la velocidad de datos del CDROM, de modo que se pudiera reproducir vídeo mediante lectores de CD. Sin embargo la calidad no es suficiente para Broadcast.

### **Video MPEG -2**

Establecido en 1994, el estándar MPEG-2 está diseñado para producir imágenes de calidad Broadcast con altas tasas de bits y altas relaciones de compresión. Se especifica originalmente para trabajar con video NTSC y tasas de bits entre 3 y 10 Mbps. Se utiliza principalmente en sistemas de televisión digital DBS ( Direct Broadcast Satellite ) y es el estándar oficial del DVD. hay un interés muy grande en el uso de MPEG-2 para la transmisión digital de señales de televisión, incluyendo HDTV, aplicación para la que se concibió el sistema. La codificación de vídeo es muy compleja, sobre todo porque es preciso que el sistema de decodificación en la recepción sea lo más simple, y por lo tanto barato, posible. Una reciente adición al MPEG-2 es su versión de estudio. Diseñado para el trabajo en estudio, su muestreo es 4:2:2. Para mejorar la calidad de la imagen se utilizan velocidades de transferencia más altas. Las primeras aplicaciones para esto parecen ser en el campo de la producción electrónica de noticias ( ENG), y con algunos servidores de vídeo.

### **Video MPEG-3**

Este formato fue planteado originalmente para cubrir las necesidades de la televisión de alta definición ( HDTV 9, pero luego se encontró que el estándar MPEG-2 podía ser refinado para conseguir los mismos propósitos. Por esta razón se abandono. Proporcionaba ratas de bits entre 20 y 40 Mbps.

### **Video MPEG-4**

Se lo oficializo en 1998, el estándar MPEG-4 está diseñado para la codificación de programas audiovisuales con muy bajas ratas de bits ( 4.800 y 64.000 bps ) y muy altas relaciones de compresión. La oficialización de este estándar habilito un completo espectro de nuevas aplicaciones, incluyendo comunicaciones multimedia móviles interactivas, videotelefonos, correo electrónico multimedia, sensaje remoto, periódicos electrónicos, videotex multimedia, captación de lenguajes de signos etc. Con MPEG-4 nosotros podríamos usar videotelefonos para enviar imágenes, video e-mail y noticias sobre líneas telefónicas analógicas.

La principal reivindicación del MPEG se dio con el DVD. Así la batalla para su aceptación esta ganada. El resto queda en manos del talento y dedicación de los usuarios, creadores y proveedores de aplicaciones.

## **5.8 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE**

### **5.8.1 ASPECTOS TÉCNICOS**

En abril de 1997 la Unión Internacional de Telecomunicaciones definió dos normas cruciales que cambiarán radicalmente los servicios de televisión en los próximos años. Se trata de la adopción de una nueva Norma Mundial para la Televisión Terrenal Digital (DTTB) que abrirá las puertas a la televisión digital de extremo a extremo con calidad de alta definición y que unificará los

sistemas de radiodifusión de televisión a nivel mundial. En esa oportunidad también se llegó a un acuerdo unánime sobre la convergencia hacia una sola norma de producción de Televisión de Alta Definición (TVAD), basada en el formato común de imagen de alta definición.

La Norma mundial para la televisión terrenal digital es una técnica revolucionaria que proporcionará una resolución dos veces superior a la de los sistemas habituales de televisión a color. Además, un sistema de color totalmente nuevo evitará las perturbaciones” (distorsiones del color y de la imagen) que surgen algunas veces con los sistemas analógicos actuales. La resolución que proporciona el nuevo sistema es igual o mejor que la de una película de 35 mm. Además, el sistema soporta 16 canales de sonido, del mismo nivel de calidad que un sistema estereofónico de uso doméstico. Además de ofrecer mejor calidad de sonido que la tradicional FM, el número de canales permite transmitir un programa con varias pistas de sonido para diferentes idiomas.

La nueva Recomendación “marco” unifica dos normas “concurrentes”: la **ATSC**, apoyada por los Estados Unidos, y la **DVB**, elaborada en Europa. En virtud de la Recomendación, los dos sistemas formarán un sólo sistema compatible que pueda funcionar en todo el mundo dentro de los límites físicos que permite el actual entorno de asignación de canales.

La Televisión Digital Terrestre (TDT) constituye la evolución de la actual televisión convencional. Se transforma la imagen, el audio y los datos en información digital, es decir, en bits (0 y 1). Al tratarse de una transmisión digital o numérica, se pueden aplicar procesos de compresión y corrección de errores, lo que, por ejemplo, nos permitiría ver un mayor número de canales, además de una mayor calidad tanto de imagen como de sonido. Facilitando también la transmisión de servicios interactivos.

Sin duda la digitalización de la televisión va a acarrear numerosas ventajas en la manera que entendemos y usamos la televisión. Podemos resumir el impacto de la digitalización en seis puntos fundamentales:

- ✓ Mayor número de canales de Televisión: el incremento en la oferta de canales permite una mezcla entre canales abiertos y canales de pago.
- ✓ Mejor calidad de imagen y sonido: por un lado, es una televisión sin ruidos, interferencias, ni doble imagen, con formatos de imagen panorámico (16/9) y convencional (4/3) y múltiples subtítulos. En cuanto al sonido, será de calidad similar a un CD, con efectos surround y multilingüe.
- ✓ Ofrece más servicios el mejor aprovechamiento del ancho de banda, gracias a la digitalización, permite numerosos servicios: pay per view, servicios interactivos, acceso a Internet...
- ✓ Facilidad de recepción y mayor portabilidad (permite la recepción en vehículos en movimiento).
- ✓ Requiere menor potencia de transmisión para cubrir una zona de servicio.
- ✓ Posee mayor eficiencia en el uso del espectro.

El actual sistema de transmisión analógico emite ondas que viajan a través del aire, La televisión de alta definición lo hace utilizando datos digitales seriados en forma binaria (0 y 1), procesándolos de la misma manera que una PC lo hace con datos y programas, leyéndolos para luego transformarlos en imagen y sonido de altísima calidad. El gran cambio de la TV analógico a la TV digital consiste en un notable mejoramiento de la imagen, casi 10 veces mejor.

Desaparecen los efectos degradantes como la lluvia, nieve, fantasmas tan comunes en la televisión analógica, sobre todo a medida que la onda se aleja del centro de transmisión. El secreto de esta gran calidad es la compresión de la imagen. Esto nos permite optar entre recibir en el mismo ancho de banda, un canal de alta definición o 6 canales de definición estándar, incluyendo la transmisión de datos para aplicaciones como INTERNET. Esta tecnología se llama MULTICASTING.

Básicamente, existen dos normas de Televisión Digital Terrestre, una Americana (desarrollada por el ATSC: Advanced Television Systems Committee O *Comité de Sistemas Televisivos Avanzados*), y otra Europea (desarrollada por el ETSI: European Telecommunications Standards Institute. ).

### **5.8.2 SISTEMA EUROPEO**

En DVB (Digital Video Broadcast) se han producido normas para diferentes servicios en todas las formas de distribución. La tarea de producir especificaciones está prácticamente concluida. En este momento se trabaja en una especificación para Protocolo de Programas de Aplicación API (“Application Programming Interface”) abierto, en contraposición a los sistemas propietarios de uso común hoy día, y en concluir la especificación para canal de retorno en los sistemas de antena colectiva, tema de interés especial en España.

Los servicios de TV Digital por satélite comenzaron en 1996, con un desarrollo desigual según la estrategia de implantación seguida, y con los resultados más espectaculares en Francia, con tres plataformas y más de un millón de abonados en su conjunto.

La difusión terrenal arrancó antes de finales de 1998 en el Reino Unido y Suecia. El DVB está promoviendo fuera de Europa su sistema DVB-T para difusión terrenal como un sistema flexible, con capacidad para televisión de alta definición, adaptable a canales de diferente ancho de banda y susceptible

de ser utilizado en red isofrecuencia con cobertura de todo un país. Esta promoción está orientada sobre todo a China, el sudeste asiático, Australia, Brasil y Argentina. El Reino Unido ha asumido un papel líder en Europa para el desarrollo de la TV digital terrenal (DTT).

El sistema europeo está basado en las especificaciones del DVB-T (Digital Video Broadcast-Terrestrial), realizadas en el ETSI y recogidas en el documento ETS 300 744 de Marzo de 1997. Dicho estándar ha sido adoptado por los países Europeos, así como por países de fuera, como Australia, Brasil o India.

Como se recoge en la propia norma, el proyecto DVB (Digital Video Broadcast) es un consorcio de organizaciones tanto públicas como privadas, con objeto de establecer el marco para la introducción de servicios de televisión digital basados en MPEG-2. El desarrollo del DVB-T se basó en un conjunto de requisitos de usuario producido por el Módulo Comercial (Commercial Module) del proyecto DVB. Los miembros del DVB contribuyeron al desarrollo técnico del DVB-T a través del DTTV-SA (Digital Terrestrial Television-System Aspects), grupo de trabajo del Módulo Técnico (Technical Module). Proyectos europeos como SPECTRE, STERNE, HD-DIVINE, HDTVt, dTTb, y otras organizaciones desarrollaron hardware de sistema y resultados, que eran comunicados al DTTV-SA.

### **5.8.3 SISTEMA AMERICANO**

El Advanced Television Systems Committee ( ATSC ), establece las normas y actividades técnicas para la implementación de la televisión digital terrestre en América.

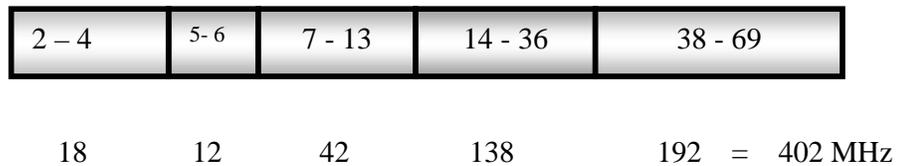
Con aproximadamente 200 miembros la ATSC ha implementado en más de 217 estaciones en 75 ciudades de los Estados Unidos alcanzando 72% de los hogares, Argentina eligió el ATSC en 1998 y Canadá empezara su despliegue de servicio ha finales del 2002. Hay por lo menos una estación comercial de

ATSC operando en **México**, donde la adopción del ATSC es inminente , por su parte se presenta Excelentes perspectivas en **Chile** y en el resto de **América Latina** y **el Caribe**. Las Filipinas y China –Continental aceptan el ATSC el cual ya esta activo en un alto porcentaje.

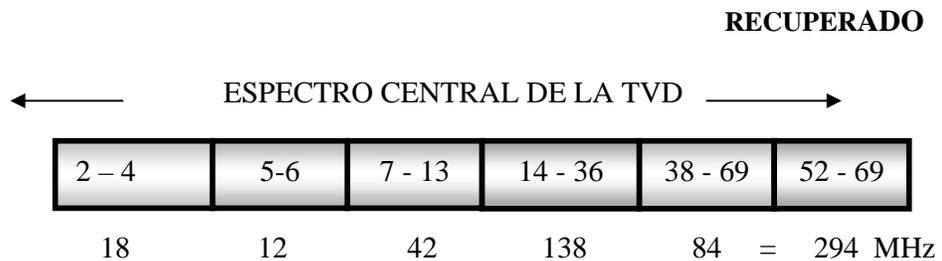
Las metas políticas del ATSC son preservar la televisión abierta y gratuita, y ubicar las emisoras para competir con los servicios de cable y satélite. Un aspecto importante que el ATSC desea conseguir es la recuperación de espectro valioso, el cual permitirá la creación de nuevos servicios inalámbricos usando el espectro recuperado, figura 5.43.

### EFICIENCIA DE ESPECTRO

#### DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE CANALES NTSC



#### ASIGNACIÓN DE CANALES DE TV DIGITAL – FIN DE LA TRANSICIÓN



### 108 MHz RECUPERADO

**Figura 5.43** Distribución y eficiencia del Espectro de TV.

Las ventajas del ATSC son la siguientes :

- ✓ ATSC provee una cobertura más amplia
- ✓ ATSC entrega mayor eficiencia de espectro
- ✓ ATSC es más eficiente en el uso de energía
- ✓ ATSC ofrece aplicaciones flexibles
- ✓ ATSC ofrece más equipo a precios más bajos

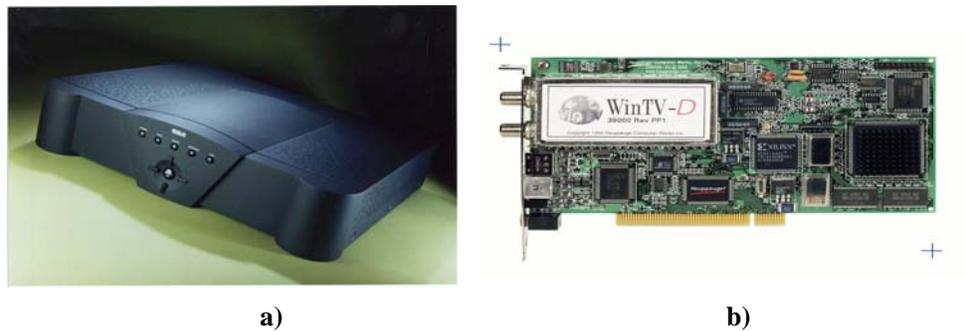
Entre las ventajas técnicas del **ATSC** tenemos:

- ✓ Sistema de transmisión VSB
- ✓ Audio digital Multicanal
- ✓ Debido a su ventaja del umbral de 4 dB SNR, ATSC/VSB requiere 60% menos potencia de transmisión para lograr la misma cobertura.
- ✓ ATSC también requiere 2 dB menos de potencia pico para alcanzar la misma potencia promedio.
- ✓ El equipo de transmisión también puede añadirse más fácilmente, en términos de suministro de electricidad y capacidad de enfriamiento.
- ✓ Implementado con decodificadores de todos formatos (all-format decoders)
- ✓ Contenido de Internet recibido por televisión por aquellos que quizá nunca tendrán acceso a una computadora.
- ✓ Imágenes mucho más nítidas y *surround sound* de calidad CD – una experiencia altamente mejorada para los televidentes.
- ✓ Mejor calidad y mayor cantidad de programas.
- ✓ Una variedad sin límites de nuevos servicios de información.
- ✓ HDTV es el “motor que impulsará la transición hacia la TV Digital”
- ✓ Guías para maestros y alumnos, pruebas, currículos, material para capacitación de maestros, biblioteca con servicios de presta, giras virtuales.
- ✓ Amplia gama de displays de Alta Definición, figura 5.44
- ✓ Receptores Integrados de HDTV



**Figura 5.44** Televisor Digital con relación 16/9 HDTV

✓ Conversores y tarjetas de PC, figura 5.45.



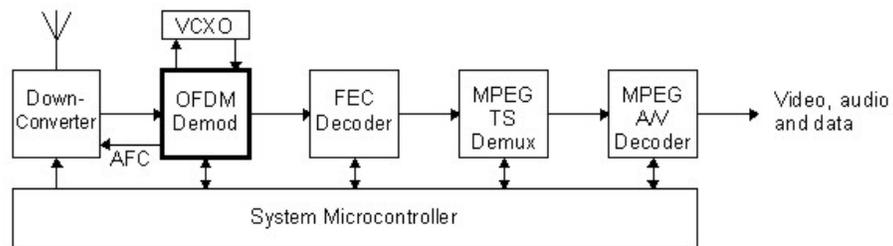
**Figura 5.45** a) conversor de Normas ATSC-NTSC b) tarjeta de PC para televisores HDTV

#### **5.8.4 PLATAFORMA DEL USUARIO FINAL**

Las transmisiones de televisión digital, al igual que las de televisión analógica convencional, pueden llegar al receptor por tres medios diferentes: por transmisores ubicados en la tierra (televisión terrenal), por transmisores

ubicados en satélites (televisión directa por satélite) o por cables físicos que pueden ser coaxiales o de fibra

La **STB (Set Top Box)** es el terminal receptor que hay que instalar en los hogares para la recepción de TDT. En este aspecto son fundamentales los foros DIGITAG (Digital Terrestrial Action Group) y VALIDATE. DIGITAG evalúa las características que debe cumplir el receptor del usuario. VALIDATE es el grupo de trabajo que valida todas las experiencias de Televisión Digital Terrestre, en cuanto a la compatibilidad de los equipos de diferentes fabricantes. En la figura 5.46 se indican los elementos que forman el equipo receptor o STB.



**Figura 5.46** Equipo receptor Digital

A continuación se presenta una tabla comparativa que indica las características fundamentales que existen entre ATSC y DVB para ofrecer el servicio al usuario final.

Características	Descripción	Estándar de Vídeo
<b>STB</b>	Set Top Box (sin dispositivo de imagen). La imagen podría mejorarse substancialmente en relación a la imagen analógica pero limitada por el interfaz que lo une a la TV analógica empleada como dispositivo de imagen.	MPEG-2
<b>4:3</b>	TV integrada con CRT convencional. La imagen se	MPEG-2

	mejora substancialmente en relación a la imagen analógica (ancho de banda horizontal, no cross-colour/luminance). La popularidad aumentará cuando la diferencia de precio con el televisor analógico desaparezca y la finalización de la transmisión en analógico esté cerca.	
<b>16:9</b>	Como 4:3. Esta es la solución más rentable para visualizar todo sin compromiso. Potencialmente podría ser el receptor del <i>mainstream</i> de televisión digital	MPEG-2
<b>16:9 avanzado</b>	Como 16:9 pero mejorado con procesado de señal. Los avances en procesamiento de señal digital junto con el bajo precio de los <i>chips</i> permitirán impresionantes mejoras en la imagen	MPEG-2
<b>16:9 de alta definición</b>	Televisores capaces de representar 720 líneas y más. Se requiere un coste adicional considerable para tener una diferencia apreciable en la calidad de imagen en comparación con 16: 9 avanzado	MPEG-2

**Tabla 5.1** Coste del receptor en relación a la calidad del dispositivo y los nuevos servicios

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Básico</b>	Receptor estándar con Guía Electrónica de Programación (EPG, Electronic Programation Guide) sencilla
<b>Tv de pago (Pay-TV)</b>	Como la anterior + apoyo para Acceso Condicionado (incluido canal de retorno a través de la RTC), EPG enriquecida (Pago por Visión más conocido como Pay Per View)
<b>Tv de pago + servicios interactivos básicos</b>	Como la anterior + navegación por información, telecompra, etc.

<b>Tv de pago + servicios interactivos ampliados</b>	Como la anterior + juegos, almacenamiento local (por ejemplo en disco duro) para recuperar datos por la noche y almacenar <i>plug-in's</i>
--	--

**Tabla 5.2** Algunas opciones del receptor en función de nuevos servicios y procesamiento de información avanzado.

### **5.8.5 LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE Y SU FUTURO EN AMÉRICA LATINA**

Se estima que el mercado de la televisión digital representará centenares de miles de millones de dólares en los próximos diez años. Con las oportunidades de mercado que ofrecerá una norma única mundial, se espera que un gran número de operadores de radiodifusión empiecen a transmitir con el sistema de video digital en los próximos años.

Las transmisiones analógicas irán desapareciendo poco a poco. En los Estados Unidos se ha propuesto un plazo de diez años y en Europa se espera que esta transición dure un mayor tiempo. Se ha previsto que, según vaya produciéndose el tránsito de la transmisión analógica a digital, los receptores analógicos se equipen con dispositivos de adaptación multimedia para que puedan decodificar y procesar la señal digital.

Los efectos de la globalización harán que tarde o temprano la televisión digital se introduzca en nuestro continente y probablemente se inicie en aquellos países de mayor desarrollo .

Las grandes ventajas que tiene la televisión digital con respecto a la televisión analógica hará que con el tiempo esta última tienda a desaparecer, como ya ha sucedido con la televisión en blanco y negro y las transmisiones monofónicas en FM. Así como en tecnología existen las “tecnologías asesinas” que eliminan aquellas que ofrecen mejores prestaciones a menor precio, existen también las “aplicaciones

tecnológicas asesinas”, que van eliminando aplicaciones, como las antes mencionadas: tele-visión monocromática y transmisiones monofónicas en FM.

Los principales aspectos para la implementación de la norma ATSC en América latina, a considerar serían los siguientes:

**\* *Costos de renovación del parque de receptores.***

Como ya se ha visto, se estima que en América Latina existe un parque de receptores de televisión analógica del orden de los 114 millones; los porcentajes de hogares con televisión varían de país en país, pero el promedio están encima del 60%. Hemos visto también que el costo estimado de cualquiera de los tipos de receptores digitales, estará encima de los dos mil dólares. Estos datos, entre otros, necesitan ser considerados en un estudio sobre costos de renovación del parque de receptores.

**• *Costos de adecuación de los transmisores terrenales para transmisiones digitales.***

Los transmisores analógicos requieren de readecuaciones para postproducción de programas. Otros aspectos que podrían considerarse en el estudio podrían estar relacionados con los aspectos de incremento de la producción transnacional, ya que será muy difícil a las productoras latino-americanas entrar a reducir programas de televisión digital de alta definición, si no se prevén plazos razonables para el inicio de las transmisiones en esta nueva tecnología. Impacto de la televisión directa por satélite. Algunos países están acondicionando las licencias de operación a este servicio a que por lo menos uno de los canales que transmita estos satélites sea un canal nacional; ello es posible ya que la capacidad de estos satélites puede llegar a 140 canales.

En fin gracias a las ventajas que tiene la Televisión Digital Terrestre sobre el sistema analógico actual, en América Latina es inminente la adopción

de la tecnología digital; como esta sucediendo en Argentina, Chile y gran parte de los Estados Unidos. En nuestro país pasaran algunos años más para adoptar ya sea parcial o totalmente este revolucionario sistema de información audio visual.

# CAPITULO VI

## FIBRA ÓPTICA

### 6.1 INTRODUCCIÓN A LA FIBRA ÓPTICA

Para solucionar el problema del intercambio de información, se han venido inventando diversas formas a través del tiempo, desde la comunicación con señas hasta la comunicación a distancia por medio de dispositivos tecnológicos avanzados. Los avances logrados en el área de telecomunicaciones han permitido que el hombre desempeñe sus tareas de una manera más eficiente, y es esta la característica que lo está impulsando en gran medida a las nuevas empresas a exigir mayores retos a los expertos en este campo. De este modo se han conseguido soluciones de gran importancia a través del tiempo, como han podido ser los medios de transporte más rápidos (tren, avión, etc) o los avances en medios de comunicación (cables de comunicación, microondas, etc).

Gracias a todo este afán investigador, ha surgido la fibra óptica, una nueva tecnología que ha aparecido como opción para agilizar las telecomunicaciones, dotándolas de rapidez y mejor servicio.

Desde la pasada década las comunicaciones por fibra óptica se han convertido en uno de los medios más importantes de la comunicación telefónica y de datos, rivalizando y superando a veces el uso de satélites de comunicación.

El principio físico del funcionamiento en la fibra óptica es la reflexión total interna de la luz. Cuando un rayo de luz que se propaga por un medio incide sobre otro medio que tiene un índice de refracción menor, con un ángulo de incidencia por debajo de cierto valor crítico, se refleja sin pérdidas en la

superficie de separación. De esta manera, mediante sucesivas en un tubo óptico, el rayo puede transmitirse sin mucha atenuación a gran distancia.

Por lo tanto, una fibra óptica es un filamento flexible de vidrio de alta pureza, del grosor aproximado de un cabello, que consta de un núcleo y un recubrimiento. El recubrimiento tiene un índice de refracción ligeramente menor que el núcleo, permitiendo así la reflexión total interna. A través del mismo se lleva un rayo de luz que no es sensible al ojo humano Figura 6.1.

Una aplicación posible para este nuevo medio, por poner un ejemplo, si se dispusiera de una fibra para cada pequeño elemento de una imagen, un haz de fibras transmitiría una imagen completa de un modo que estaría libre de muchas de las restricciones características de los sistemas ópticos convencionales. La forma de convertir las señales eléctricas convencionales en los sistemas de comunicación tradicional esas señales luminosas, viene a ser algo parecido a cuando se envían señales con una linterna, apagándola y encendiéndola, de acuerdo con una determinada clave o código.



**Figura 6.1** Cable de Fibra Óptica

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre. Con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente unos 40 Kilómetros de fibra óptica.

Las dos partes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. El núcleo es la parte más interna de la fibra y es el que guía la luz. Consiste en una o varias hebras delgadas de plástico o vidrio con un

diámetro de 50 a 125 micras. El revestimiento es la parte que rodea y protege al núcleo. El conjunto de núcleo y revestimiento esta a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento, los roedores y otros riesgos del entorno.

La historia de la comunicación por fibra óptica es relativamente corta. En 1977 se instaló un sistema de prueba en Inglaterra y dos años después se producían ya cantidades importantes de pedidos de este material.

Pese a esto, el concepto de comunicación mediante ondas luminosas era conocido desde bastantes años atrás. Antes de los sesenta, en 1959, como derivación de los estudios en física enfocados en la óptica, se descubrió una nueva utilización de luz, a la que se denominó rayo láser, que fue aplicada a las telecomunicaciones, con el fin de mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura.

Sin embargo esa utilización de láser era muy limitada debido a que no existían los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas provocadas por la lluvia de fotones originados en la fuente denominada láser. Fue entonces cuando los científicos y técnicos especializados en óptica dirigieron sus esfuerzos a la producción de un conducto o canal ,conocido hoy como fibra óptica. En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación. Sin embargo no fue hasta mediados de los años setenta cuando se publicaron los trabajos teóricos llevados a cabo. Estos indicaban que era posible confinar un haz luminoso en una fibra flexible y transparente y conseguir así un medio óptico análogo de hilos metálicos. El problema técnico que habría de resolverse para el avance de la fibra óptica residía en las fibras mismas: absorbían luz, lo que dificultaba el proceso de comunicación.

Para que la comunicación fuera práctica, la fibra óptica debía transmitir señales luminosas que pudieran detectarse a muchos kilómetros. El vidrio

ordinario tiene un haz luminoso de pocos metros. Por ello se desarrollaron nuevos vidrios muy puros con transparencias mucho mayores que la del vidrio ordinario. Estos vidrios empezaron a producirse a principios de los setenta. Este gran avance dio ímpetu a la industria de fibras ópticas. Se usaron láseres o diodos emisores de luz como fuente luminosa en los cables de fibras ópticas. Ambos debían ser miniaturizados para utilizarlos como componente de sistemas de fibra óptica, lo que ha exigido una considerable labor de investigación y desarrollo. Los láseres generan luz “coherente” intensa que permanece en un camino sumamente estrecho. Los diodos emiten luz “incoherente” que ni es fuerte ni concentrada. La fuente a utilizar en cada caso dependerá de los requisitos técnicos propios del diseño del circuito de fibras ópticas en el que se está trabajando.

Esta forma de usar la luz como portadora de información se puede explicar de la siguiente manera: se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

La atenuación de la fibras ópticas ha evolucionado desde los 1.000 dB/Km, en sus primeros momentos, hasta valores de 20 dB/Km en la década de los setenta, cuando comenzó a ser una innovación viable en el campo de las telecomunicaciones. En la actualidad se está bajando ya de los 0,16 dB/Km de atenuación. Con fibras de estas últimas características es posible efectuar enlaces de hasta 200 Km. de longitud sin necesidad de generar la señal.

## **6.2 DESCRIPCIÓN**

La fibra óptica puede definirse como un filamento de vidrio de alta pureza sumamente delgado y flexible (de 2 a 125 micras), similar a un cabello humano, capaz de conducir rayos ópticos (señales sobre la base de la transmisión de luz). Las fibras ópticas poseen capacidades de transmisión

enormes., del orden de miles de millones de bits por segundo. Se utilizan varias clases de vidrios y plásticos para su construcción.

Son fabricadas a altas temperaturas con base en silicio. Su proceso de elaboración es controlado por medio de computadoras, para permitir que el índice de refracción de su núcleo, que es la guía de la onda luminosa, sea uniforme y evite las desviaciones.

Entre sus principales características se puede mencionar que son compactas, ligeras, , con bajas pérdidas de señal, amplia capacidad de transmisión y un alto grado de confiabilidad debido a que son inmunes a las interferencias electromagnéticas de radio-frecuencia. Las fibras ópticas no conducen señales eléctricas, por lo tanto son ideales para incorporarse en cables sin ningún componente conductor y pueden usarse en condiciones peligrosas de alta tensión. Tienen la capacidad de tolerar altas diferencias de potencial sin ningún circuito adicional de protección y no hay problemas debido a los cortocircuitos. Tienen un gran ancho de banda, que puede ser utilizado para incrementar la capacidad de transmisión, con el fin de reducir el costo por canal. De esta forma es considerable el ahorro en volumen en relación con los cables de cobre. Originalmente, la fibra óptica fue propuesta como medio de transmisión debido a su enorme ancho de banda; sin embargo con el tiempo se ha planteado para un amplio rango de aplicaciones además de la telefonía, automatización industrial, computación, sistemas de televisión por cable y transmisión de información de imágenes astronómicas de alta resolución, entre otros.

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o luminosa, por ello se lo considera el componente activo de este proceso. Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina

detector o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original.

El sistema básico de transmisión se compone, en este orden, de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo), empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida.

En resumen, se puede decir que en este proceso de comunicación la fibra óptica funciona como medio de transporte de la señal luminosa, generada bien por un transmisor de LED'S (diodos emisores de luz), bien por un trasmisor basado en diodos láser.

Los diodos emisores de luz y los diodos láser son fuente adecuada para la transmisión de fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además, su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.

Una fibra es un conductor óptico de forma cilíndrica que consta del núcleo (core), un recubrimiento (cladding) que tienen propiedades ópticas diferente de las del núcleo y la cubierta exterior (jacket) que absorbe los rayos ópticos y sirva para proteger al conductor del medio ambiente así como darle resistencia mecánica. Además, y, a diferencia de los pulsos electrónicos, los impulsos luminosos no son afectados por interferencias causadas por la radiación aleatoria del ambiente.

### **6.3 TECNOLOGÍA**

Un sistema de fibra óptica es similar a un sistema de cableado de cobre al que la fibra está reemplazando. La diferencia es que la fibra utiliza pulsos de luz para transmitir la información en lugar de pulsos eléctricos. Si se observan

los componentes que intervienen en una cadena de fibra óptica, se tendrá un mejor conocimiento de cómo funciona el sistema en conjunción con los sistemas basados en líneas de cobre.

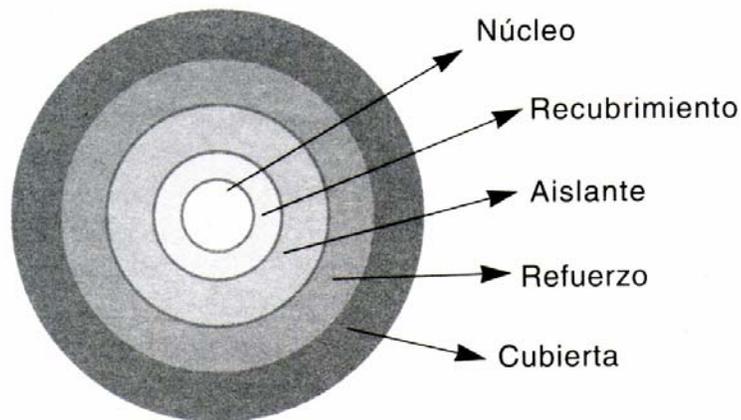
En uno de los extremos del sistema se encuentra el transmisor. Este es el punto donde se origina la información que se transmitirá por la fibra. El transmisor acepta la información codificada en forma de pulsos eléctricos proveniente de la red de cobre. La procesa y la convierte en información codificada en pulsos de luz. Puede utilizarse un diodo LED (Light Emitting Diode- Diodo Emisor de Luz) o un diodo ILD (Injection Laser Diode- Diodo de Inyección Láser) para generar los pulsos de luz. Utilizando una lente, los pulsos de luz son canalizados dentro del medio de la fibra a través de la cual serán transmitidos.

Los pulsos de luz se transmiten fácilmente por la fibra óptica por el principio conocido como reflexión interna total. Este principio establece que cuando el ángulo de incidencia del haz de luz sobre una superficie sobrepasa un valor crítico, la luz no puede salir del cristal; por el contrario, la luz retorna dentro. Cuando se aplica este principio a la construcción del hilo de fibra óptica, es posible transmitir información a través de las líneas en forma de pulsos de luz.

Generalmente hay cinco elementos que forman la construcción de un hilo de fibra óptica; el núcleo óptico, el recubrimiento óptico, un aislante intermedio, material de refuerzo y una cubierta exterior.

El núcleo óptico es el elemento que transporta la luz, en el centro de la fibra. Comúnmente está compuesto por una combinación de silicio y germanio. Alrededor del núcleo está el recubrimiento óptico, hecho de silicio puro. Es esta combinación la que produce el principio de reflexión total interna. La diferencia entre los materiales utilizados para fabricar el núcleo y el recubrimiento crea una superficie extremadamente reflexiva en el punto en el

que se unen. Los pulsos de luz que entran en el núcleo de la fibra son reflejados en la superficie entre el núcleo y el recubrimiento, y así permanecen en el núcleo mientras se va propagando por la línea. Rodeando el núcleo existe un material aislante intermedio que se utiliza para proteger de daños al núcleo y al recubrimiento. En la figura 6.2 presenta un corte transversal de un cable de fibra óptica.



**Figura 6.2** Corte Transversal: Fibra Óptica

El material de refuerzo rodea la capa de aislante intermedio, para prevenir los problemas de estiramientos cuando se realizan los despliegues de fibra. Por último, la cubierta exterior se añade para proteger el cable de fibra de abrasiones disolventes y otros contaminantes o agentes externos.

Una vez que los pulsos de luz llegan al destino, son recogidos por el receptor óptico. El propósito principal de receptor óptico es detectar la luz que incide sobre él y convertirla en una señal eléctrica que contenga la información codificada en forma de luz que se generó en el extremo transmisor. La información electrónica, está entonces lista para ser introducida en cualquier dispositivo de comunicación eléctrico, como puede ser una computadora, un teléfono o un receptor de televisión.

## 6.4 VENTAJAS

### ➤ **Capacidad de transmisión**

La idea de que la velocidad de transmisión estaba limitada principalmente por el medio utilizado, se convirtió hasta que aparecieron las fibras ópticas, ya que ellas pueden transmitir a velocidades mucho más altas de lo que permiten los emisores y transmisores actuales.

Además de ésta, los cables de fibra óptica presentan las siguientes ventajas:

- Mayor capacidad debido al ancho de banda mayor disponible en frecuencias ópticas.
- Inmunidad a transmisiones cruzadas entre cables, causadas por inducción magnética.
- Inmunidad a interferencias estáticas, debido a las fuentes de ruido.
- Resistencia a extremos ambientales. Se ven menos afectadas por líquidos corrosivos, gases y variaciones de la temperatura.
- Seguridad en cuanto a instalación y mantenimiento. Las fibras de vidrio y los plásticos no son conductores de la electricidad, se pueden usar cerca de líquidos y gases volátiles.

### ➤ **Excelente medio para las comunicaciones**

En el último kilómetro de tendido de cableado, es donde con mayor frecuencia se presentan problemas y daños en las comunicaciones de los clientes. Pensando en esto, algunas empresas crearon el proyecto de digitalización de la red mediante el paso a fibra óptica.

La fibra es el soporte ideal por todas las ventajas que brinda, tales como:

- 1.-Supresión de ruidos en las transmisiones.
- 2.-Red abundante.
- 3.-Posibilidad de daño casi nula.

- 4.-Tiempos de respuesta mínimos en la reparación de daños.
- 5.-Mayor número y rapidez en la solicitud y entrega de nuevos servicios.
- 6.-Gran ancho de banda.

También la fibra óptica es una plataforma para la prestación de otros servicios:

- a) Transmisión de datos de alta velocidad.
- b) Posibilidad en el futuro de conexión de nuevos servicios como multimedia o sistemas de televisión por cable, incluyendo la televisión de alta definición.

## **6.5 CARACTERISTICAS**

Existen varios parámetros que caracterizan a una fibra óptica. Se habla de parámetros estructurales y de transmisión, y establecen las condiciones en las que se puede realizar la transmisión de información.

Entre los parámetros estructurales se encuentran:

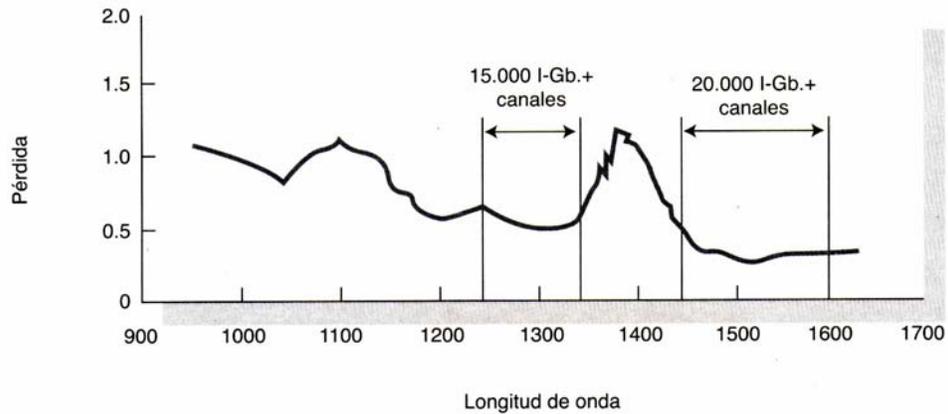
- 1.-El perfil de índice de refracción.
- 2.-El diámetro del núcleo.
- 3.-La apertura mecánica.
- 4.-Longitud de onda de corte.

En cuanto a los parámetros de transmisión se tiene:

- 1.-Atenuación.
- 2.-Ancho de banda.

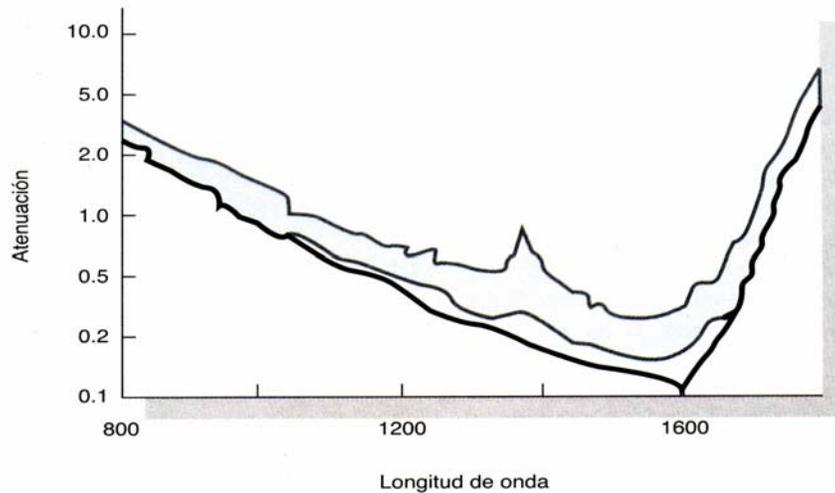
Las principales formas de atenuación son: la absorción y la dispersión, y varía para las diferentes longitudes de onda. En los sistemas de telecomunicaciones es crítico reducirla al máximo para aumentar la distancia

de los repetidores. La absorción es mayor en longitudes de onda corta, de forma que se establece un mínimo en la zona del infrarrojo cercano según se puede observar en las graficas 6.3 y 6.4.



**Figura 6.3** Pérdidas en una fibra óptica en función de la longitud de onda

Las técnicas de fabricación de fibras permiten alcanzar atenuaciones de 0,2 dB/Km en 1.550 nm y 0,35 dB/km a 1.300 nm, que son las longitudes de onda empleadas en telecomunicaciones. Estos son unos niveles de transparencia muy elevados: 0,2 dB/Km significa que el haz de la luz se atenúa un 90% tras viajar por 50 Km. de fibra.



**Figura 6.4** Atenuación en una fibra óptica en función de la longitud de onda

Desde el punto de vista de los sistemas de telecomunicaciones, los parámetros importantes son el ancho de banda disponible y la separación entre repetidores o amplificadores. Valores típicos son de 1 Gbit/s y 200 Km. a 1.550 nm, y separaciones algo menores para 1.300 nm. En general, se utiliza la longitud de onda de 1.550 para largas distancias y 1.300 nm para enlaces más cortos.

#### ➤ **Inmunidad a las interferencias**

El uso de medios transparentes para la propagación de ondas electromagnéticas en forma de luz hace que la fibra óptica no necesite tensiones ni corrientes, esto lo convierte en un medio de comunicación cien por cien inmune a todo tipo de interferencias electromagnéticas a su alrededor y, por lo tanto, en un medio de comunicación altamente confiable y seguro.

Este es uno de los principales factores que motivaron su uso militar, ya que para poder obtener información de ella hay que provocarle un daño que podría detectarse fácilmente con un equipo especializado. No es posible interceptar las comunicaciones por fibra óptica sin que se enteren el emisor o el receptor. Esto no sucede con el cobre, basta con dejar el cobre al descubierto.

El hecho de no necesitar corrientes ni tensiones hace que la fibra óptica sea idónea para aplicaciones en donde se requiera de una probabilidad nula de provocar chispas, como el caso de pozos petroleros o en industrias químicas, donde existe la necesidad de transportar la información a través de medios volátiles.

#### ➤ **Dimensiones y peso**

Una de las características más importantes de la fibra óptica es su tamaño, que en la mayoría de los casos se presenta con un revestimiento de 125 micras de diámetro, mientras que el núcleo, por tanto, es aún más delgado. La

cantidad de información transmitida es enorme. Si se compara peso son cantidad de datos transmitidos, se podría observar, por ejemplo, una comunicación telefónica que se realiza a través de cables tipo TAB, los cuales tienen un grosor de 8 cm, puede transmitir 2.400 llamadas simultáneas, mientras que una fibra óptica sería capaz de alcanzar las 30.720 llamadas simultáneas.

### ➤ **Distancia umbral**

Conforme la señal avanza por el medio, va perdiendo fuerza hasta llegar al punto en que si desea transmitir a mayor distancia debe colocarse un repetidor, un dispositivo que es capaz de volver a dar potencia para seguir avanzando. Un repetidor de fibra es aquel que toma una señal de luz, la convierte a señal eléctrica, la regenera y la coloca en un dispositivo de emisión de luz para que se siga propagando.

Comparadas con el cobre, las fibras ópticas permiten que las distancias entre repetidores sean más grandes. Por ejemplo en un enlace para dispositivos RS-232 (puerto serie) la distancia máxima entre dos nodos es de 15,2 m transmitiendo a una velocidad de 19.200 baudios. Una línea de fibra óptica puede transmitir a esa velocidad hasta una distancia de 2,5 Km. lo que significa que la distancia lograda con la fibra sea 164 veces que la conseguida con el cobre.

Al igual que en la atenuación, la distancia máxima que puede alcanzarse está muy relacionada con el tipo de fibra. En las versiones sencillas se logran distancias típicas de dos kilómetros entre el transmisor y el receptor, con fibras y equipos más sofisticados las distancias pueden llegar hasta 2,5 Km. sin necesidad de repetidor. Aplicaciones de laboratorio han permitido alcanzar distancias de 11 Km. a 5 Gbps, sin la necesidad de los repetidores.

### ➤ **Microcurvaturas**

Las fuerzas laterales localizadas a lo largo de la fibra dan origen a lo que se conoce como microcurvaturas. El fenómeno puede ser provocado por esfuerzos durante la fabricación o instalación y también por variaciones en las dimensiones de los materiales del cable debidos a los cambios de temperaturas. La sensibilidad a las ente: microcurvaturas es función de la diferencia del índice de refracción, así como también de los diámetros del núcleo y del revestimiento. Es evidente que las microcurvaturas incrementan las pérdidas ópticas.

El curvado en un fibra óptica es causado en la fabricación del cable, así como también por dobleces durante la instalación y variación en los materiales del cable debidos a cambios de temperaturas. Los esfuerzos que provoca la torcedura de las fibras son básicamente una fuerza transversal y un esfuerzo longitudinal. El esfuerzo longitudinal no provoca torcedura cuando trabaja para alargar la fibra, no hay cambio en las pérdidas ópticas. Sin embargo, cuando trabaja para contraer a la fibra, este esfuerzo provoca que la fibra forme bucles y se curve, de tal manera que la pérdida óptica se incrementa. Por lo tanto, al evaluar los diseños de los cables se debe poner especial atención en lo siguiente:

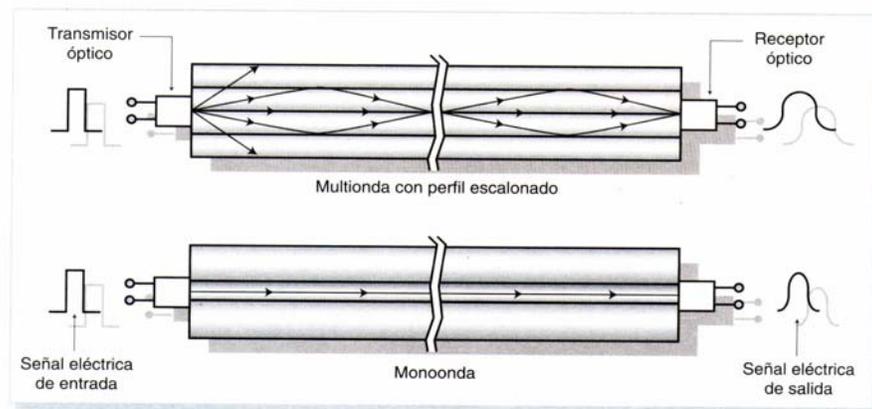
- 1.- La carga transversal trabajando en la fibra durante el cableado, instalación y utilización.
- 2.- El esfuerzo de contracción que ocurre a bajas temperaturas debido a la contracción de los elementos del cable.

Dada las razones anteriores, el eje de la fibra puede curvarse severamente causando graves incrementos en las pérdidas ópticas. Para prevenir esta situación se deben tomar las siguientes precauciones:

- 1.-Mantener un radio de curvatura determinado, seleccionando el radio y la longitud del cableado.
- 2.-Reducir las variaciones técnicas de las fibras protegidas con pequeños coeficientes de expansión térmica disponiéndolas alrededor de un elemento con buenas propiedades térmicas.

### ➤ Modos de propagación

La fibra óptica es un medio fino (de 2 a 125 micras) que transporta rayos de luz. El material con el que está construido puede ser de plástico, vidrio o silicio. Existen dos tipos de fibra: monomodo y Multimodo. (figura 6.5).

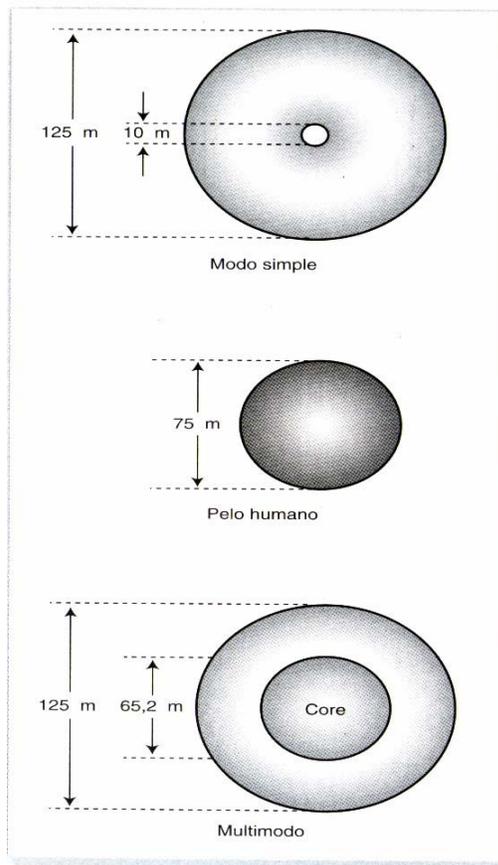


**Figura 6.5** Modos de transmisión Monomodo y Multimodo en una fibra óptica

Cuando una fibra propaga varios modos, se denomina multimodo, es decir, si es capaz de transmitir diferentes haces de luz simultáneamente por el núcleo sin que haya interferencia entre ellos. En caso contrario, si el radio del núcleo o el índice de refracción se reducen, sólo se propagar por la fibra un modo o haz de luz, denominándose en este caso a la fibra Monomodo (figura 6.6).

Las fibras multimodo, con un diámetro típico de 100 micras, permiten la propagación de haces luminosos bajo diferentes ángulos, cada cual con una

propagación distinta que impide su empleo en comunicaciones de larga distancia. Las fibras monomodo tienen un diámetro menor de 100  $\mu\text{m}$  que sólo permite una vía de propagación para los haces luminosos. A modo de comparación, un cabello humano tiene un diámetro de 75  $\mu\text{m}$ .



**Figura 6.6** Comparación de los diámetros de fibras Monomodo y Multimodo con un cabello humano

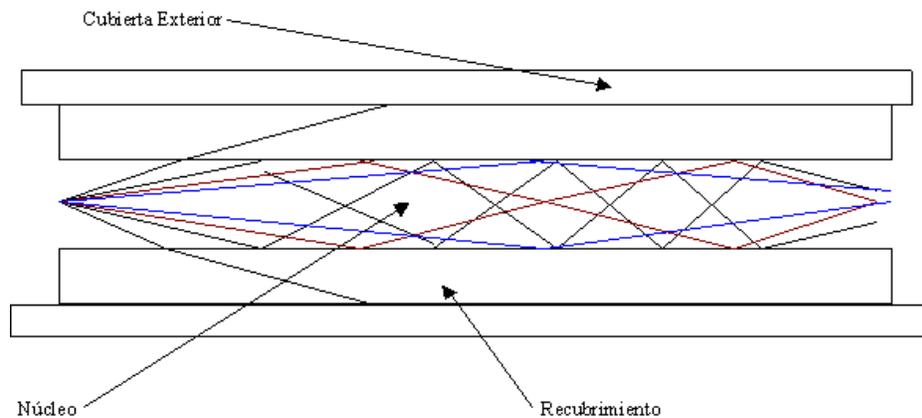
### ➤ Perfil del índice de refracción

Las fibras ópticas actúan como guías de onda cuando se cumple que el índice de refracción del revestimiento es menor que el índice de refracción del núcleo. La tecnología actual desarrolla fibras con dos tipos de perfiles: fibra óptica de salto de índice y fibra óptica de índice gradual.

➤ **Fibra óptica de salto de índice**

La fibra óptica de salto de índice se caracteriza por tener constante el índice de refracción tanto en el núcleo como en el revestimiento. En la figura 6.7 ilustra la configuración de una fibra óptica de salto de índice, en ella se pueden observar los diferentes haces de luz se propagan en línea recta en el interior del núcleo.

Al ser constante el índice de refracción, lo es también la propagación de cada modo, entendida como la velocidad promedio de las velocidades correspondientes a las componentes espectrales del mismo, resultando como consecuencia que el tiempo que tarda una señal luminosa en recorrer una determinada longitud de fibra será diferente para cada modo, produciéndose retardos en ellos, siendo estos retardos acumulativos con la distancia.



**Figura 6.7** Transmisión por una fibra óptica de salto de índice

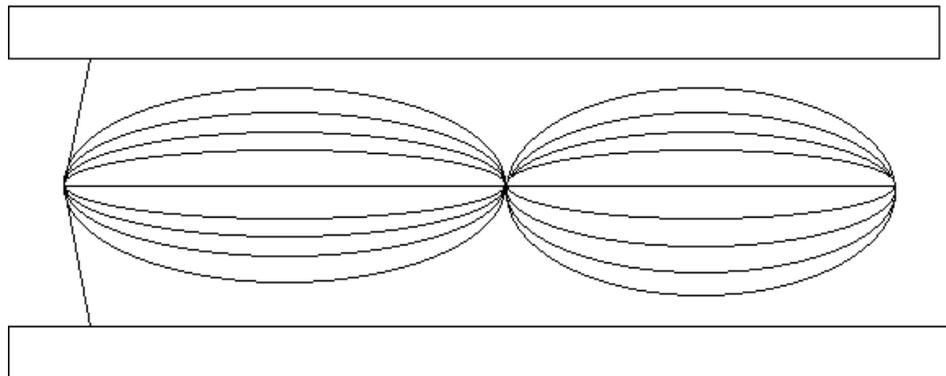
Los modos que se propagan a lo largo de la fibra pueden ser meridionales, que se propagan en zig-zag atravesando el eje óptico y cuya trayectoria está contenida en un mismo plano, o no meridionales, que siguen una trayectoria poligonal.

➤ **Fibra óptica de índice gradual**

La fibra óptica de índice gradual se caracteriza por tener el índice de refracción en el núcleo. Su valor es máximo en el eje de la fibra (centro geométrico transversal del núcleo) y disminuye de forma continua hasta el borde del mismo, donde comienza el revestimiento que tiene constante el índice de refracción.

En la figura 6.8 se representa la configuración de una fibra óptica de índice gradual. En ella los haces de luz, a medida que se alejan del centro meridional de la fibra por la variación del índice de refracción, van variando su dirección tendiendo de nuevo hacia dicho centro.

En las fibras de índice gradual, este disminuye desde el eje óptico hacia el revestimiento. Debido a esta característica aparecen velocidades de propagación diferentes, dependiendo de la distancia a la que se encuentre cada punto del camino óptico con respecto al eje óptico. Sin embargo, los caminos más alejados del eje se recorren a mayor velocidad y son más largos que los caminos próximos al eje, con lo cual el retardo relativo es menor.



**Figura 6.8** Transmisión por una fibra óptica de índice gradual

El valor óptimo del retardo entre modos se determina de acuerdo con la naturaleza del material de la fibra y de la longitud de onda de trabajo. En las fibras de índice gradual, la variación de los modos meridionales son de tipo sinusoidal, estando la trayectoria de cada modo contenida en un mismo plano, en tanto que las trayectorias de los modos no meridionales son de tipo helicoidal.

- **TIPOS BÁSICOS DE FIBRAS ÓPTICAS**

Según las características que se han explicado, podemos distinguir tres tipos principales de fibras en el mercado: multimodales, multimodales con índice gradual y monomodales.

### **6.5.1 FIBRA MULTIMODO**

Los diversos rayos ópticos recorren diferentes distancias y se desfasan al viajar dentro de la fibra. Por esta razón, la distancia a la que se puede transmitir está limitada.

#### **➤ Fibra multimodal con índice gradual**

En este tipo de fibra óptica el núcleo está compuesto de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción. En estas fibras, el número de rayos ópticos que viajan es menor, y, por lo tanto, sufren menos el severo problema de las multimodales.

### **6.5.2 FIBRA MONOMODO**

Esta fibra es la de menor diámetro y solamente permite viajar al rayo óptico central. No sufre del efecto de las otras dos, pero es más difícil de construir y manipular. Es también más costosa pero permite distancias de transmisión mayores.

## **6.6 COMPOSICIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA**

### **6.6.1 INTRODUCCIÓN**

Para poder utilizar fibras ópticas en forma práctica, éstas deben estar protegidas contra esfuerzos mecánicos, humedad y otros factores que afecten a su desempeño. Para ello se les proporciona una estructura protectora, formando así lo que conocemos como cable óptico. Dicha estructura de cables ópticos variará dependiendo de sí el cable va a ser instalado en conductos subterráneos, enterrado directamente, suspendido en postes, sumergido en agua, etc.

El propósito básico de la construcción del cable es el de mantener estables la transmisión y las propiedades de rigidez mecánica durante el proceso de fabricación, instalación y operación.. Las propiedades esenciales en el diseño del cable son la flexibilidad, identificación de fibras, peso, torsión, vibración, límite de tensión, facilidad de pelado, facilidad de cortado, facilidad de alineación del cable y la fibra, resistencia al fuego, atenuación estable, etc. Los parámetros necesarios para formar un cable especial son:

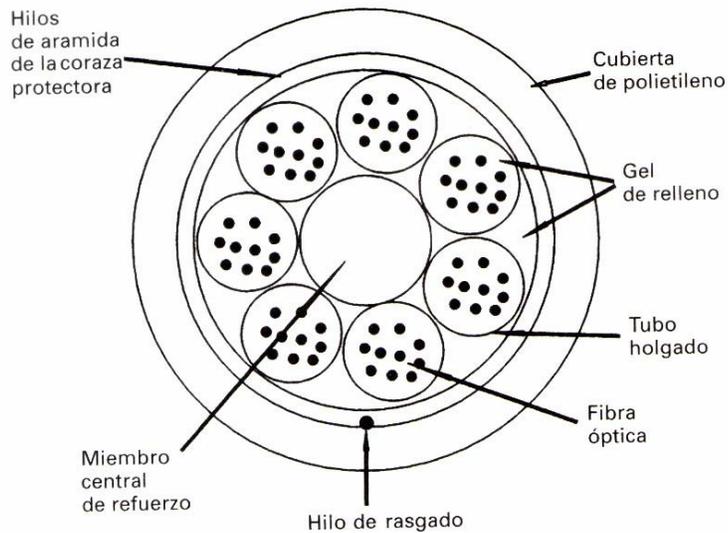
1. Esfuerzo máximo permitido en la fibra durante su fabricación, instalación y servicio; determina la fuerza mínima de ruptura de la fibra y la fuerza requerida para el miembro de tensión.
2. Fuerza lateral dinámica y estática máxima ejercida sobre la fibra, para determinar la configuración del cable y el límite de tolerancia de microcurvaturas.
3. Flexibilidad.
4. Rango de temperatura y medio ambiente en donde el cable va a operar, paralela elección del tipo de materiales a utilizar tomando en cuenta su coeficiente de expansión térmica y su cambio de dimensiones en presencia de agua.

Para cumplir todos estos requisitos se deben observar las siguientes recomendaciones:

1. Evitar cargas o esfuerzos mecánicos sobre fibras.
2. Aislar la fibra de los demás componentes del cable.
3. Mantener las fibras cerca del eje central y proporcionar espacio a las fibras para su mantenimiento.
4. Escoger los materiales de los elementos del cable con mínimas diferencias en sus coeficientes de expansión térmica.

### **6.6.2 CABLE DE ESTRUCTURA HOLGADA**

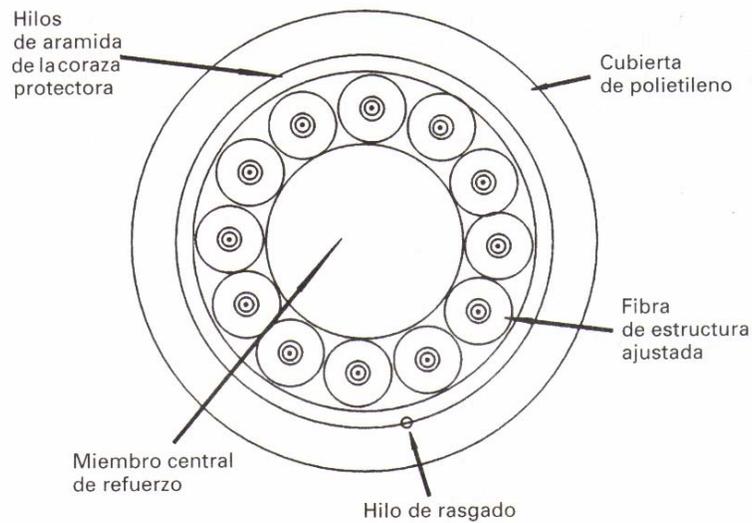
Consta de varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo, y rodeado de una cubierta protectora (figura 6.9). cada tubo, de dos a tres milímetros de diámetro, lleva varias fibras ópticas que descansan halagadamente en el. Los tubos pueden ser huecos o, más comúnmente, estar llenos de un gel resistente al agua que impide que esta entre en la fibra. Cada tubo esta coloreado, o numerado, y cada fibra individual en el tubo, además, esta coloreada para hacer más fácil la identificación. El centro del cable contiene un elemento de refuerzo, que puede ser acero. Este miembro proporciona al cable refuerzo y soporte durante las operaciones de tendido, así como en las posiciones de instalación permanente. La cubierta o protección exterior del cable se puede hacer, entre otros materiales, de polietileno, de armadura o coraza de acero, goma o hilo de aramida y para aplicaciones tanto exteriores como interiores en tendido aéreo o enterrado.



**Figura 6.9** Cable de estructura Holgada.

### **6.6.3 CABLE DE ESTRUCTURA AJUSTADA**

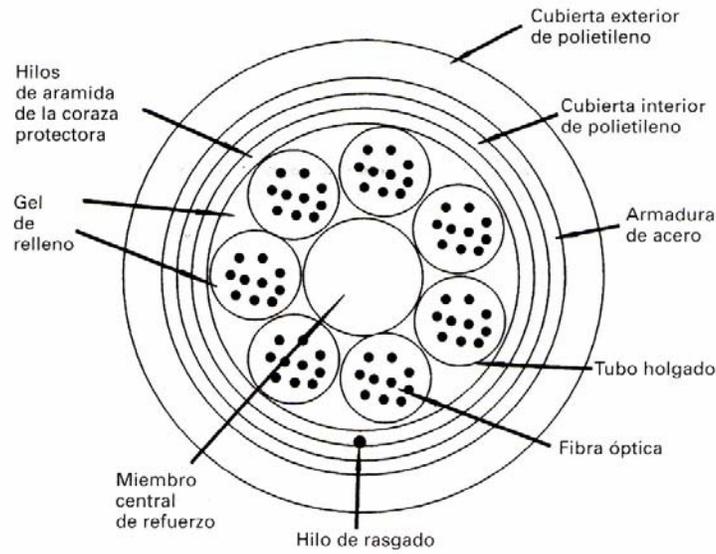
Este tipo de cable contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, y todo ello cubierto de una protección exterior, ver figura 6.10. la protección secundaria proporciona a cada fibra individual una protección adicional frente al entrono así como un soporte físico. Esto permite a la fibra ser conectada directamente sin la protección que ofrece una bandeja de empalmes. Este cable es más flexible y tiene un radio de curvatura más pequeño que el que tienen los cables de estructura holgada. Básicamente esta diseñado para ser instalado en el interior de los edificios, también se puede instalar en tendidos verticales debido al soporte individual de que dispone cada fibra.



**Figura 6.10** Cable de estructura Ajustada

#### **6.6.4 CABLE BLINDADO**

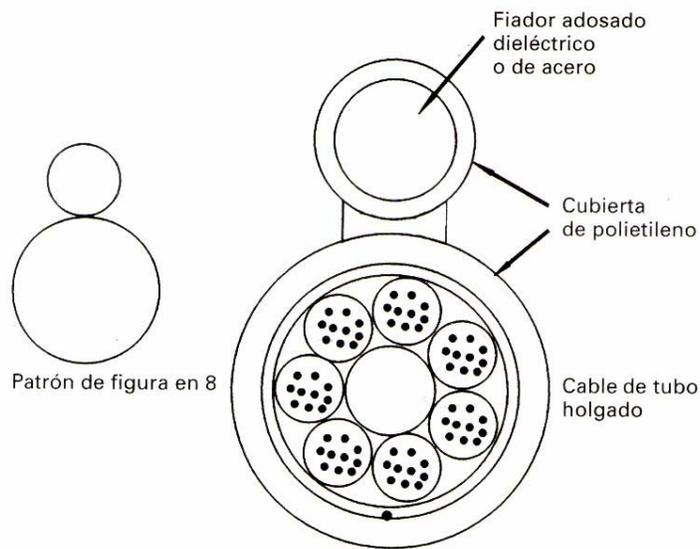
Los cables blindados tienen una coraza protectora o armadura de acero de bajo de la cubierta de polietileno (ver figura 6.11) esto proporciona al cable una resistencia excelente al aplastamiento y propiedades de protección frente a roedores. Se usa frecuentemente en aplicaciones de enterramiento directo o para instalaciones en entornos de industrias pesadas. El cable se encuentra disponible generalmente en estructura holgada aunque también hay cables de estructura ajustada.



**Figura 6.11** Cable Blindado

### **6.6.5 CABLE AUTOSOPORTADO O EN 8**

Es un cable de estructura holgada con un cable fiador adosado. El cable fiador es el miembro soporte que se utiliza en las instalaciones aéreas. Es generalmente un cable de acero para alta tracción con un diámetro comprendido entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{5}{8}$  de pulgada. El cable en 8 se denomina así porque su sección transversal se asemeja al número 8 (ver figura 6.12). se usa en instalaciones aéreas y elimina la necesidad de atar el cable a un fiador preinstalado. Con este tipo de cable la instalación aérea es mucho más fácil y rápida. El fiador se encuentra disponible en acero para alta tracción, o en un material completamente dieléctrico. Se debe tomar muy en cuenta el manejo del fiador cerca de líneas de alta tensión, para seguridad del personal de instalación.



**Figura 6.12** Cable Auto soportado o en 8

### **6.6.6 CABLES PARA USOS ESPECIALES**

#### **➤ CABLE AEREO AUTOSOPORTADO**

Es un cable de estructura holgada diseñado para ser usado en instalaciones aéreas. No requieren un fiador como soporte. Para asegurar el cable directamente a la estructura del poste se utilizan abrazaderas especiales. El cable se sitúa bajo tensión mecánica a lo largo del tendido.

#### **➤ CABLE COMPUESTO TIERRA-ÓPTICO (OPGW)**

Es un cable de tierra que tiene fibras ópticas insertadas dentro de un tubo en el núcleo central del cable. Las fibras ópticas están completamente protegidas y rodeadas pesadas cables a tierra. Es utilizado por las compañías eléctricas para suministrar comunicaciones a lo largo de las rutas de las líneas de alta tensión.

#### **➤ CABLE SUBMARINO**

El cable submarino es un cable de estructura holgada diseñado para permanecer sumergido en el agua. Actualmente muchos continentes están conectados por cables submarinos de fibra óptica transoceánicos. Un ejemplo es el cable Panamericano de fibra óptica que pasa junto a nuestras costas.

### 6.6.7 ESPECIFICACIONES DE UN CABLE DE FIBRA ÓPTICA

En la tabla 6.1 se muestra algunas especificaciones técnicas de un cable de fibra óptica :

ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	COMENTARIO
Tipo de cable	Holgada, ajustada, en 8	
Número de fibras	N	Existen cables con 4, 6, o más fibras ópticas
Peso Nominal	Kg/Km	Peso del cable por kilómetro
Diámetro	mm	Generalmente varía un 5%
Temperatura		
Almacenamiento	°C	Almacenamiento del cable en una bobina
Operación	°C	Temperatura de trabajo durante la instalación
Instalación	°C	Durante la instalación y manejo
Máxima Tensión Aplicada		
Instalación	N (Newton)	Máxima durante la instalación
Permanente	N	Operacional, Ningún cambio observado en la atenuación
Mínimo Radio de Curvatura		
Instalación	cm	Mientras se está instalando el cable
permanente	cm	Operacional
Resistencia a la compresión	N/cm	Operacional
Máxima elevación	m	Requiere herrajes
Cubierta	PVC, Polietileno etc.	

**Tabla 6.1** Especificaciones técnicas de un cable de fibra óptica

## **6.7 EQUIPOS REGENERADORES Y REPETIDORES ELECTRO-ÓPTICO**

Existen dos tipos de generadores de luz para los equipos ópticos en transmisiones por fibra ópticas: los diodos emisores de luz (LED) y los láseres (ILD). Ambos dispositivos tienen ventajas y desventajas y la selección de un dispositivo sobre otro.

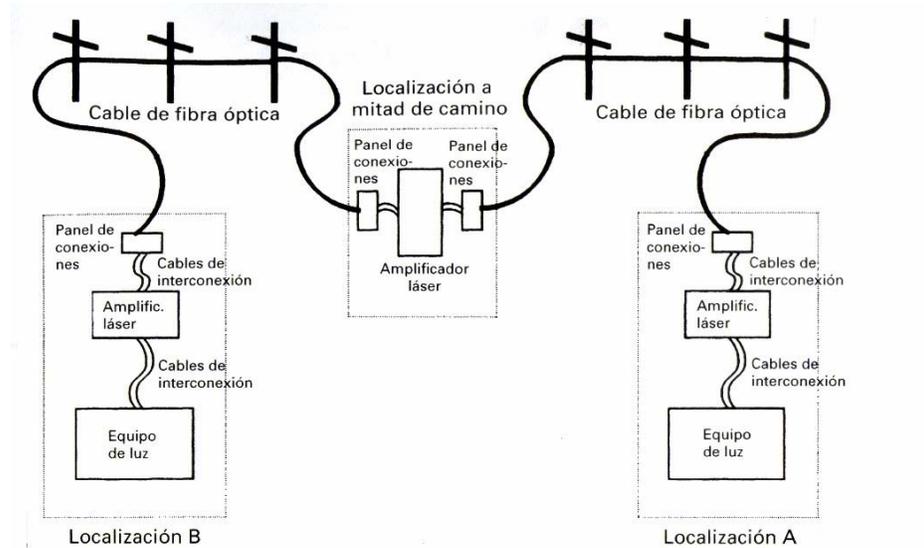
Básicamente un regenerador y repetidor cumplen la misma función. Estos dispositivos toman la señal óptica que ha viajado por una distancia larga y la renueva amplificándola. Los regeneradores o repetidores ópticos son dispositivos electrónicos, que captan la señal óptica atenuada por la larga distancia, la reproducen y la retransmiten.

La tecnología presente puede suministrar comunicaciones por fibra óptica más allá de los 70 Km. (43 millas) antes de que se requiera regenerar la señal, la cual puede extenderse a 150 Km. (93 millas) usando amplificadores láser. Futuras tecnologías podrán extender esta distancia a 200 Km. (124 millas) y posiblemente 1000 Km. (621 millas). El ahorro en el coste del equipamiento del repetidor intermedio, así como su mantenimiento, puede ser sustancial. Los sistemas de cable eléctrico convencional pueden, en contraste, requerir repetidores cada pocos kilómetros.

## **6.8 AMPLIFICADORES ÓPTICOS**

Los amplificadores ópticos se usan para lograr grandes distancias de transmisión por encima de los 200 KM. evitando que la señal se degenere. Se usa con fibras Monomodo, con generadores de luz láser, y operando en longitudes de onda de 1310 o 1550 nm. Los amplificadores ópticos son tipos especiales de láseres que refuerzan directamente la intensidad de la señal óptica sin convertirla en señal eléctrica. Los amplificadores ópticos se suelen conectar en los puntos donde se encuentran los equipos ópticos, a fin de proporcionar un

poderoso refuerzo para la transmisión óptica. También se localizan a mitad de camino de camino de la instalación, para obtener la amplificación y el consiguiente reforzamiento de las señales ópticas débiles a lo largo de las rutas de la fibra óptica. En la figura 6.13 se muestra un sistema de amplificación óptica.



**Figura 6.13** Sistema de Amplificación por láser.

## **CAPITULO VII**

# **DIMENSIONAMIENTO DEL ESTUDIO DE TELEVISIÓN Y DISEÑO DEL ENLACE PARA GAMAVISIÓN**

### **7.1 INTERFACES DE AUDIO Y VIDEO DIGITAL EN UN ESTUDIO DE TELEVISIÓN**

Los sistemas digitales de audio y video permiten que la calidad de la imagen o la del sonido se mantenga alta y estable desde el principio hasta el final de una producción. A diferencia de los sistemas analógicos, la calidad de la señal en un sistema digital no se ve afectada por los normales procesos de grabación, transmisión o transferencia mediante interconexiones. La conversión de la señal al dominio analógico o a la inversa, da lugar a la introducción de ruido y distorsión, que aparecen como artefactos audibles o visibles en el programa. Por esta razón utilizaremos para nuestro dimensionamiento interfaces digitales cuando conectemos o se transfieran señales entre dispositivos digitales, asegurando así que la señal se transporte de modo transparente.

El interfaz digital entre los equipos de Gamavisión en un sistema de audio y video es el punto en el cual se transfieren los datos. Las interconexiones digitales nos van a permitir intercambiar datos de programa e informaciones adicionales tales como datos para informar al receptor de las características de la señal del programa, datos de texto, canales de comunicación etc.

### **7.2 INTERFACES DE AUDIO DIGITAL NORMALIZADAS**

### **7.2.1 GENERALIDADES**

Los interfaces de audio digital se dividen básicamente en dos tipos: los que se han normalizados internacionalmente y los que están asociados principalmente a un fabricante. Algunos interfaces de este último tipo han llegado a utilizarse con mucha frecuencia por otros fabricantes, por que no existía otra alternativa en un momento dado, o para que los distintos equipos fuesen compatibles, pero es importante distinguir las normas que han surgido de la predominancia comercial y de las normas formuladas por los organismos internacionales independientes.

### **7.2.2 SOCIEDAD DE INGENIERIA DE AUDIO (AES)**

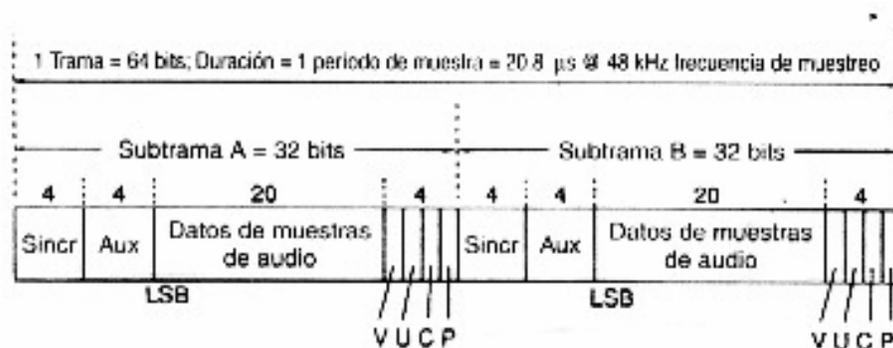
La Sociedad de Ingeniería de Audio (AES) ha liderado siempre las actividades de normalizaciones de las interconexiones digitales. Aunque la AES es una sociedad profesional y no se puede decir que sea un organismo de normalización, sus recomendaciones publicadas en el documento AES3-1985 han constituido la base de todos los documentos de normas internacionales relativos al interfaz de audio digital de dos canales. El interfaz para productos de consumo o de gran público fue desarrollado inicialmente por Sony y Philips, junto a los trabajos realizados por la AE, y por ello existen muchos puntos en común entre las implementaciones de equipos profesionales y de consumo.

Entre las organizaciones que prepararon normas sobre la base de las recomendaciones AES3 pueden citarse el Instituto Americano de Normas (ANSI), la Unión Europea de Radiodifusión (EBU o UER), el Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR), la Comisión Electrónica Internacional (IEC), la Asociación de industrias Electrónicas de Japón (EIAJ) y el Instituto Británico de normas (BSI). Cada una de estas organizaciones redactó un documento describiendo una norma para un interfaz de audio digital de dos canales, y aunque los documentos son muy similares, hay sutiles, o no tan sutiles, diferencias entre ellos.

Como en lo que sigue será necesario referirse a las diferencias entre estas normas, siempre que se pueda generalizar, se utilizara el término “interfaz normalizado de dos canales” – largo pero necesario – en vez de la denominación más común “AES/EBU” . Hay que señalar que en Europa hay una tendencia a referirse al interfaz profesional como “interfaz EBU/AES”.

### 7.2.3 INTERFAZ NORMALIZADO DE DOS CANALES

El interfaz es en serie y auto sincronizado. Esto quiere decir que se transportan dos canales de datos de audio en modo múltiplex en el mismo canal de comunicaciones, y los datos se combinan con una señal de reloj de forma tal que pueda extraerse el reloj en el receptor y ser utilizado para sincronizar la recepción. Como se indica en la figura 7.1, una trama de datos se divide en subtramas, para los canales 1 y 2 respectivamente. Los canales 1 y 2 pueden ser señales monofónicas independientes y los canales izquierdo y derecho de un par estereofónico, y se identifican separadamente por el preámbulo que ocupa los primeros cuatro periodos de reloj de cada subtrama. Las muestra de los canales 1 y 2 se transmiten alternadamente y en tiempo real, en forma tal que las dos subtramas se transmitan dentro del periodo de tiempo de una muestra de audio, con lo que la velocidad binaria de datos del interfaz de la frecuencia de muestreo de audio predominante.



**Figura 7.1** Formato de la trama del interfaz normalizado de dos canales

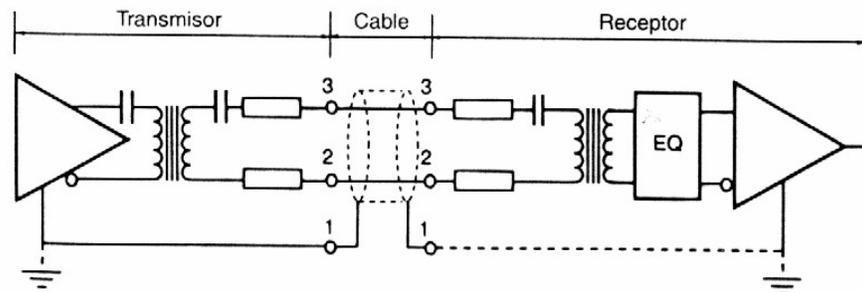
El formato de subtrama consiste en un preámbulo de sincronismo, cuatro bits auxiliares ( que puedan usarse para resolución adicional de audio), 20 bits de muestras de audio en forma de complemento a dos líneas, un bit de validez V (la misión del bit V consiste en indicar si la muestra de audio en la subtrama es “válida” o “fiable”, “segura de libre de errores” ), un bit de Usuario (U) (El bit U es un único bit en cada subtrama que permite que un canal de usuario acompañe a cada canal de audio, y en las distintas normas se suele definir como “para cualquier otra información” ), un bit de carácter de canal ( C ) ( el bit C me indica las características de codificación del canal ), y un bit de paridad ( P ). Los datos de audio se transmiten con el bit menos significativo (LSB) en primer lugar, y todos los LSB que no se utilizan se ponen en cero: de este modo el bit más significativo (MSB) de la muestra de audio, cualquiera que sea la resolución, esta siempre en la posición del bit más significativo (MSB).

En funcionamiento normal solamente se utiliza para los datos de audio una parte de la subtrama de 20 bits, lo que resulta adecuado para la mayoría de la aplicaciones y de productos de consumo. La norma **AES3- 1992** facilitan ahora el medio, dentro de los datos de carácter de canal, para señalar el número real de bits de audio utilizados en los datos transmitidos, con objeto de que el equipo receptor pueda ajustarse en los datos transmitidos, para su adecuada decodificación.

El interfaz normalizado de dos canales utiliza fundamentalmente dos métodos eléctricos para su interfase: uno de ellos es asimétrico con niveles de voltaje relativamente bajos, y el otro es simétrico con voltajes más elevados. También se ha propuesto un enlace coaxial para distancias superiores a 100 metros.

Todas las normas que se refieren a un interfaz para aplicaciones profesionales o de radiodifusión, especifican un interfaz eléctrico simétrico que cumple la recomendación V.11 del CCITT. La figura 7.2 muestra un circuito

diseñado para dar aislamiento y simetría eléctrica mejores que la especificación básica CCITT, como se aconseja en la **AES3 – 1992**. Aunque los transformadores no son obligatorios en todas las normas, son recomendables porque proporcionan un autentico aislamiento eléctrico entre los dispositivos y ayudan a disminuir los problemas de interferencias electromagnéticas.



**Figura 7.2** Circuito eléctrico recomendado para la interfaz normalizado de dos canales.

Aunque la norma AES3 originalmente admite conexión de hasta cuatro receptores a un transmisor, esto no se considera ahora aconsejable debido al desacoplamiento de impedancia que se origina. Al principio, la norma estipulaba para la impedancia de salida un valor de 110 ohmios +/- 20% en la gama de 0.1 a 6 MHz, y para los receptores, 250 ohmios, pero ya no es así en la AES3 – 1992 en la que se establece ahora que la impedancia del receptor debe ser igual a la del transmisor y a la de la línea de transmisión.

### ➤ INTERFAZ COAXIAL

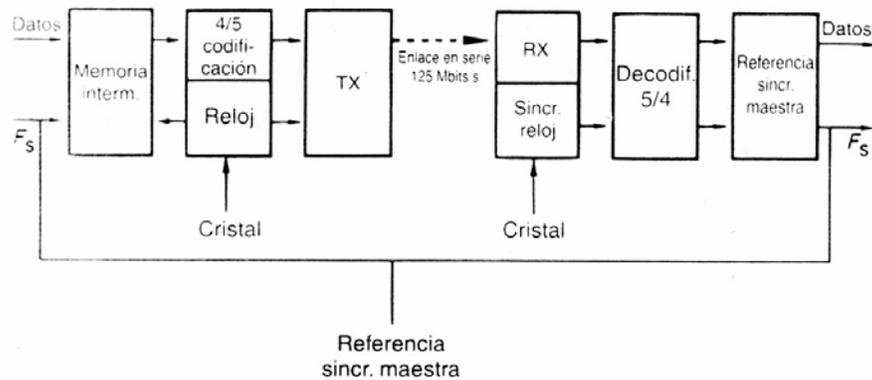
También se ha propuesto la introducción de una versión coaxial del interfaz profesional AES3, llamado provisionalmente **AES – 3ID**, que utiliza cable coaxial de tipo video de 75 ohmios para transportar señales de audio digital a distancias de unos 1000 metros. Se ha previsto un nivel de señal similar al de una señal de video ( 1 voltio ), aunque la señal no esta formateada para que aparezca una señal de video. Las ventajas de este interfaz serían la

facilidad de distribución de audio en un entorno de estudio de televisión, utilizando amplificadores de distribución y cableado de video.

#### **7.2.4 INTERFAZ MULTICANAL NORMALIZADO (MADI)**

Propuesto originalmente en el R. U. En 1998, por cuatro fabricantes de equipos de audio profesional ( Sony, Neve, Mitsubishi, y Solid State Logic ), el llamado interfaz MADI es ahora una norma AES y ANSI. Se diseñó para simplificar el cableado en las grandes instalaciones, especialmente entre grabadoras y mezcladores multipista, y tiene en común con el interfaz de dos canales. Las normas pertinentes son las **AES10 – 1991 ( ANSI S4.43 – 1991 )**. Es probable que las otras organizaciones que adoptaron versiones de AES3 lleguen a adoptar la AES10, en más o menos idéntica forma, en el próximo futuro. Este interfaz se diseñó inintencionadamente para que fuese transparente a los datos de la norma de dos canales y, de este modo, las señales de dos canales pueden incorporarse en un múltiplex MADI de un modo relativamente sencillos.

MADI quiere decir *Multichannel Audio Digital Interface* (Interfaz Multicanal de audio digital); se transfieren 56 canales de audio en serie y en forma asíncrona y por consiguiente, la velocidad binaria es mucho más elevada que en el caso del interfaz de dos canales. Por esta razón los datos se transmiten a un cable coaxial con una terminación de 75 ohmios (no más de 50 metros) o aun enlace de fibra óptica. La verdadera velocidad de transmisión de MADI es de 125 Mbit/s +/- 100 ppm. La figura 7.3 muestra el diagrama de bloques de la comunicación transmisor-receptor. Los datos de entrada pasan por una memoria intermedia (buffer). Por una codificación 4/5 y después se formatean con los símbolos de sincronización antes de la transmisión. El receptor extrae los símbolos de sincronización decodifica los símbolos 4/5 y una memoria intermedia corrige las variaciones de temporización debidas a la naturaleza asincrona del interfaz. Una referencia externa de sincronización asegura que los dos relojes de muestreo están enclavados.



**Figura 7.3** Diagrama de bloques de la transmisión y recepción MADI

**Las características eléctricas** de MADI consiste en una línea de transmisión de 75 ohmios terminada con conectores BNC, utilizando cable coaxial de impedancia de características de 75 +/- 2 ohmios y pérdidas inferiores a 0,1 dB/m (1 – 100 MHz ).

### **7.3 SINCRONIZACIÓN EN LAS INTERFACES DE AUDIO DIGITAL BAJO RECOMENDACIONES AES**

A diferencia del audio analógico, el digital tiene una estructura discreta en el tiempo, ya que es una señal muestreada en la cual las muestras pueden agruparse en tramas y bloques que tienen una cierta duración. Si se tienen que intercomunicar dispositivos de audio digital, o si se tiene que combinar de algún modo señales digitales, es entonces importante que estén sincronizadas con una referencia común con objeto de que las frecuencias de muestreo de los dispositivos sean idénticas y que no exista desviación entre ellas. No basta que dos dispositivos estén trabajando a la misma frecuencia de muestreo nominalmente (por ejemplo, los dos a 44,1 KHz ) ya que entre los relojes de muestreo de los equipos profesionales de audio puede haber diferencias de frecuencia de hasta +/- 10 \* 10<sup>-6</sup>, e incluso una desviación lenta significa que los dos dispositivos no están del todo sincronizados.

El efecto audible que se produce cuando una señal no sincronizada se desvía con respecto a una referencia de sincronismo, o a otra señal, es normalmente un sonido de golpe seco a la frecuencia diferencia de la señal y de la referencia, normalmente a unos 50 dB por debajo del nivel de la señal, debido a la repetición o desaparición de muestras. *Además, cuando se utiliza audio digital con video analógico o digital, la frecuencia de muestreo del audio tiene que sincronizarse a la señal de video de referencia y también a las señales del código de tiempo que se utilice.*

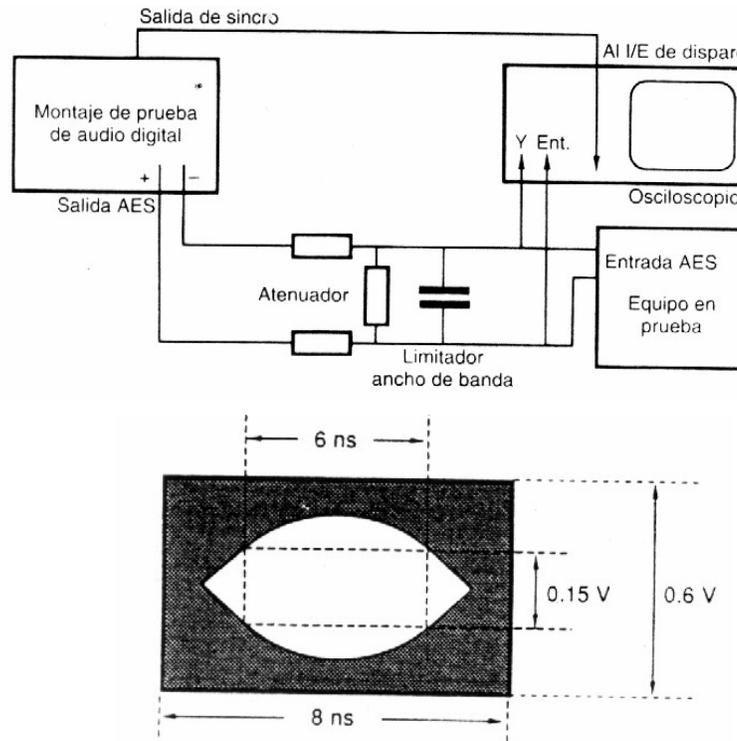
Las recomendaciones AES para la sincronización de las señales digitales de audio figuran en el documento **AES11 – 1991**. se dice en ellas que todos equipos deberían, preferentemente, ser capaces de sincronizarse con una señal de referencia que debería tomar la forma de una señal de interfaz bicanal estándar cuya frecuencia de muestreo es estable dentro de una cierta tolerancia, y que todos los equipos deberían tener una entrada separada para esta señal e sincronización. Si no se adopta este procedimiento, es entonces posible que el equipo se sincronice con el reloj incorporado al código de canal de la señal de entrada de audio de formato AES, técnica conocida como ínter sincronización (genlock).

#### **7.4 METODOS DE DIAGNOSTICO DE LA SEÑAL DEL INTERFAZ DIGITAL**

Debido a la amplia variedad de posibles implementaciones de los interfaces estándar, y a la necesidad de comprobar las señales del interfaz digital para determinar su estado de “salud” como señales eléctricas, han surgido diversos equipos de medida que pueden utilizarse para analizar las características de la señal.

El **diagrama de ojos** de una señal del interfaz bicanal proporciona una indicación aproximada de su salud eléctrica, y da una idea sobre la posibilidad de que sea codificada correctamente. En la figura 7.4 se representa un montaje

de pruebas, en el que es posible variar la atenuación y el flanco de altas frecuencias en un enlace digital, para “cerrar el ojo” de una señal aleatoria de audio digital hasta los límites de la especificación AES3. Una vez hecho esto, se puede verificar si un receptor decodifica los datos correctamente, y saber así si esta dentro de la especificación.



**Figura 7.4** Montaje de equipos para medir la habilidad de un dispositivo para decodificar señales de entrada digitales en los límites del diagrama de ojo aceptable para la decodificación correcta de datos.

La **estimación del Margen de Seguridad** establece que es necesario a veces tener una idea aproximada de lo cerca que está el fallo un interfaz, y una forma de hacer esto consiste en introducir un atenuador de banda ancha en el extremo receptor del enlace y aumentar gradualmente la atenuación hasta que el receptor deja de decodificar la señal. El nivel de atenuación que puede introducirse sin que falle el enlace, es entonces una indicación aproximada del margen de seguridad.

Un tercer método indica que los interfases digitales están diseñados para funcionar en un entorno libre de errores, o dicho en otras palabras, la **existencia de errores** no está prevista en los enlaces digitales y, por consiguiente, no hay ningún medio para corregirlos. Lo que es común a todas las técnicas es que el equipo de comprobación genera una cierta estructura recibida para comprobar los errores de los datos. Es posible entonces intentar aumentar el nivel de ruido en el interfaz, para ver el efecto en la tasa de errores. Mediante la correlación de los errores con la estructura de datos cuando se produce el error, es posible determinar si son dependientes de los datos.

## **7.5 INTERFACES DE VIDEO DIGITAL Y LA NORMA ITU-R 656**

### **7.5.1 INTRODUCCIÓN**

Como es posible cuantificar la distorsión y la atenuación para los distintos tipos de medios de transmisión y las diferentes separaciones físicas, se han definido normas internacionales para la interfaz eléctrica entre dos equipos de comunicación de datos. Estas normas no sólo definen los niveles de señal eléctrica que debe usarse, sino también el empleo y significado de cualesquiera señales y convenciones de control adicionales que se utilicen en la interfaz física. Los dos organismos que formulan normas para interconectar equipo de comunicación de datos son la **Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector Telecomunicaciones (ITU-T: *International Telecommunications Union – Telecommunications Sector*)** que antes era el **Comité consultor internacional de teléfonos y telégrafos (CCITT)**- en Europa y la **Electrical Industries Association (EIA: *Asociación de industrias eléctricas*)** en Estados Unidos. Aunque las normas definidas por ambos organismos cuentan con terminologías un poco distintas, las señales básicas y su significado son los mismos.

De todas las ventajas del video digital, la más importante en los trabajos de producción, es la posibilidad de grabar generaciones múltiples sin pérdida de calidad. Los generadores de efecto realizan transformaciones de las

imágenes en el dominio digital, que serían imposibles en el analógico. En los trabajos de producción de la más alta calidad, es muy conveniente la interconexión digital de los mezcladores, magnetoscopios, y generadores de efecto, para evitar la degradación que introduce la conversión repetida y los procesos de filtrado.

Por lo general, los convertidores de video utilizan convertidores en *paralelo*, en donde todos los bits del valor de píxel se aplican simultáneamente a patillas separadas. Los magnetoscópicos digitales de cabezas rotatorias graban los datos en serie, pero en los circuitos del equipo es más corriente la presentación en paralelo porque permite utilizar chips de memoria más lento, y por tanto más baratos, para el entrelazado y la corrección de base de tiempo. Teniendo todo esto en cuenta, la preferencia por la conexión en paralelo está bien clara porque el video aparece naturalmente en formato paralelo en los equipos típicos.

La conexión en paralelo tiene también sus desventajas que se manifiestan cuando las distancias son más grandes. El cable de conductores múltiples es caro y los conectores voluminosos. Es difícil apantallar bien un cable de conductores múltiples sin que pierda flexibilidad y, lo que es más importante causan problemas de carácter electrónico. Además, estos cables son más anchos que los coaxiales lo que puede dificultar su implantación en instalaciones existentes.

Cuando se quiere interconectar una gran número de unidades con un distribuidor, el equipo será extremadamente complejo debido al número de señales en paralelo existentes. En resumen, puede afirmarse que la tecnología de señales en paralelo nunca sustituirá al distribuidor central analógico de una estación de televisión. *La solución a estos problemas es la conexión en serie. Todas las muestras digitales se multiplexan en un flujo de bits en serie que se codifican para formar un código de canal auto sincronizado que puede enviarse a un único canal.*

Una importante ventaja de la transmisión en serie es que las matrices de distribución, son más fáciles de realizar. Cuando se tienen que interconectar numerosos equipos de modo diverso para diferentes fines, una solución evidente es la matriz de puntos cruzados. Con señales en serie, solamente se necesita un elemento de conmutación por señal mientras que en un sistema paralelo, la matriz sería difícil de manejar. Un sistema serie tiene la desventaja potencial de que la distribución en el tiempo de los bits del bloque tiene que estar perfectamente definida y, una vez normalizada, es muy difícil aumentar la longitud de palabra si esto se considerase necesario. El obsoleto sistema CCIR de 8 bits tenía este problema, y ha sido sustituido por un nuevo estándar de **interfaz digital en serie (SDI)** que desde el principio se diseñó para 10 bits, pero que incorpora dos bits de bajo nivel que pueden transmitirse como cero en las aplicaciones de 8 bits.

EL interfaz paralelo utiliza conectores, conexiones de patillas y niveles eléctricos comunes a los dos sistemas de televisión normalizadas, tanto en sus versiones de señales en componentes como compuesta. Lo mismo puede decirse de los interfaces en serie. Por consiguiente, hay solo dos interfaces eléctricos: paralelo y serie. El tipo de video que se transfiere se refleja en la diferencia de los protocolos.

### **7.5.2 INTERFACES DE VIDEO EN PARALELO**

Las señales digitales compuestas utilizan el mismo interfaz eléctrico y mecánico que cuando se trabaja en componentes 4 : 2 : 2. Esto significa que, por error, es posible conectar una señal en componentes a un equipo de señal compuesta. Aunque es imposible que funcione, no se producirá ningún daño, porque los niveles de señal y las conexiones de las patillas son los mismos.

En el **Interfaz Eléctrico en Paralelo**, cada señal del interfaz es transmitida mediante un par equilibrado que utiliza niveles de excitación **ECL**, (*Emitter – Coupled Logic*, lógica de emisor acoplado, el cual funciona con una alimentación de  $-5.2$  V nominales, y los estados analógicos son  $-0.8$  V para un

“alto” y  $-1.85\text{ V}$  para un “bajo” y es excitado por corriente ), con una impedancia nominal de 110 ohmios.

En el **interfaz paralelo en componentes** los únicos datos de vídeo de utilidad son los muestreados durante la línea activa (la que se muestra en TV, pulsos) las demás se pueden recomponer mas tarde. Solo se necesita estandarizar el tamaño y la posición de una línea digital activa. La posición se especifica como un número dado de períodos de reloj de muestreo procedente del flanco inicial de sincronismo, y la longitud es un número estándar de muestras. La línea digital activa en componentes tiene una longitud de 720 muestras de luminancia, que es algo mayor que la línea analógica activa, lo cual permite cierto grado de deriva en la entrada analógica. La primera y ultima muestra de la línea digital deberían encontrarse en el nivel de supresión es decir, cuando viene el pulso de sincronismo.

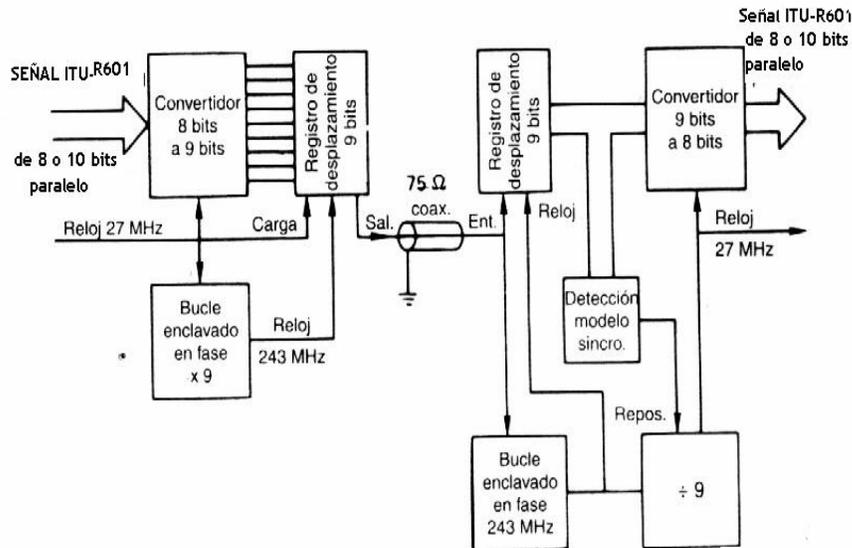
Cuando solos se trasmite la líneas activa, esto deja una gran capacidad de reserva. En 525 líneas, hay mucha más libertad y los datos auxiliares pueden insertarse en cualquier sitio en el que no haya video activo, tanto durante el borrado horizontal, como en el borrado vertical. **Los datos auxiliares** están siempre precedidos por una TRS (señal de referencia de temporización ).

El digital compuesto muestrea a 4 veces la frecuencia de subportadora. **Los interfaces paralelos compuestos** transmiten toda la forma de onda compuesta: sincronismo, bursts o impulsos de sincronización de croma y demás. Aunque los datos auxiliares puedan situarse en la cresta de sincronismo, los flancos de sincronismo deben estar presentes. Si no hay datos auxiliares, los datos del interfaz paralelo constituyen esencialmente el flujo continuo de muestras procedentes de un conversor que digitaliza una señal analógica compuesta normal, prácticamente lo único que necesita para volver al dominio analógico es un DAC y un filtro. Uno de los elementos diferente de este sistema es que el reloj de muestreo en video compuesto está basado en la subportadora.

### 7.5.3 INTERFACES DE VIDEO EN SERIE

La **ITU-R 656** Establece la norma internacional para interconectar equipos digitales de televisión que funcionan de acuerdo con la norma 4:2:2 definida en ITU-R 601 (capítulo 5), que deriva de las normas **SMPTE** (Sociedad de Ingenieros de Cine y Televisión (Society of Motion Picture and Television Engineers). Organización de Estados Unidos, con sucursales internacionales, que incluye representantes de empresas de radiodifusión, fabricantes y particulares que trabajan en el campo del cine y la televisión. Su estructura cuenta con un número de comités que elaboran recomendaciones para ITU-R y para ANSI en los Estados Unidos), **RP125**. Define la señal de borrado, las palabras de sincronismo embebidas, los formatos de multiplexación de vídeo usados por los interfaces **serie y paralelo**, las características eléctricas del interfaz y los detalles mecánicos de los conectores.

La ITU-R 656, se concibió inicialmente para funcionar con datos con longitud de palabras de 8 bits, en la actualidad esta norma acepta valores de hasta 10 bits. Se utiliza codificación de grupo para permitir la transmisión en cable coaxial de 75 ohmios. La figura 7.5 muestra los componentes fundamentales necesarios. En el se explica la transmisión para 8 bits ( igual configuración se utiliza para 10 bits), en este caso se utiliza código 8/9 ( descritas en el capítulo 5). Al convertidor 8/9 se le aplica una entrada de datos en paralelo 4: 2: 2 a 27 MHz de acuerdo con ITU-R601(capítulo 5), con una longitud de palabra de 8 bits. Los octetos de los datos de entrada se convierten en símbolos de 9 bits que salen de un registro de desplazamiento en serie sincronizados con un reloj de 243 MHz obtenido con la entrada de 27 MHz. En la recepción un PLL a 243 MHz se enclava a los datos y produce un reloj. Cuando se ve el modelo de sincronismo, el contador de dividir por nueve es repuesto en fase para que pueda captar correctamente los símbolos de 9 bits del registro de desplazamiento, que son entonces reconvertidos a 8 bits.



**Figura 7.5** Circuitería Básica para la transmisión en serie de datos procedente de un arreglo en paralelo

## 7.6 INTERFAZ DIGITAL EN SERIE (SDI)

*El Interfaz Serie Digital se esta convirtiendo en el interfaz estándar de video de la era digital.* Norma basada en una velocidad de transferencia de 270 Mbits/seg (capítulo 5). Se trata de un interfaz independiente de la polaridad, común para vídeo digital tanto ITU-R 601 por componentes como compuesto y cuatro canales de audio digital (embebido) ( norma SMPTE . La mayoría de los equipos digitales nuevos de Broadcast incluyen SDI, lo cual simplifica mucho su instalación y la distribución de la señal. Utiliza el conector BNC de 75 ohmios y cable coaxial estándares que se utilizan comúnmente para vídeo analógico, y puede transmitir la señal más de 200 metros (dependiendo del tipo de cable).

El estándar de interconexión para vídeo digital serie (SDI) está definido en el documento **SMPTE 259M** ("Estándar propuesto por SMPTE: 10bit, 4:2:2 Componente y 4fSC Señal digital Compuesta"), incluye la capacidad para **embeber (o multiplexar)** señales de audio digital dentro de la señal de vídeo

digital serie. Estos datos son transportados como parte del área de datos suplementarios (ancillary data).

Las especificaciones de audio embebido están mas ampliamente detalladas en el **SMPTE 272M** ("Estándar propuesto por SMPTE: Formato de los datos de audio AES/EBU y datos auxiliares en el espacio de Vídeo Digital de Datos Auxiliares"), el cual define el mapeado de señales de Audio Digital AES/EBU dentro de la señal de Vídeo Digital Serie.

El interfaz serie utiliza un código de conclusión que es más fácil de implementar en una instalación de cable porque no se necesita sincronización separada para la aletorización. El SDI funciona con perdidas de cable de hasta 30 dB. Las perdidas aumentan con la frecuencia y por consiguiente, tanto el estándar de video como el grado del cable que se utilice afectan a la máxima distancia que la señal puede recorrer con seguridad. La tabla 7.1 da algunos ejemplos de longitudes de cable que pueden utilizarse. Para nuestro dimensionamiento del estudio no superaremos las longitudes presentadas en esta tabla, debido a la característica de punto de fallo (crash knee) del SDI.

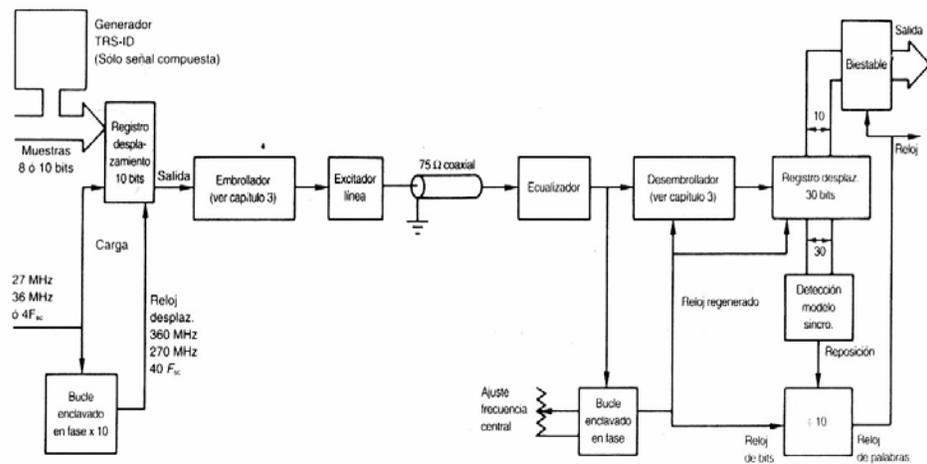
<b>SISTEMA</b>	<b>RELOJ</b>	<b>FUNDAMENTAL</b>	<b>LONG. PUNTO DE FALLO</b>	<b>LONG. PRÁCTICA</b>
NTSC compuesto	143 MHz	71.5 MHz	400 m	320 m
Componentes 601	270 MHz	135 MHz	290 m	230 m
Componentes 16:9	360 MHz	180 MHz	210 m	170 m

CABLE: PSF ½, BELDEN 8281

O cualquier cable con una perdida de 8.7 dB/100 a 100 MHz.

**Tabla 7.1** Longitudes de cable máximas aconsejadas en función del tipo de cable y de la velocidad de datos para dar una perdida no superior a 30 dB.

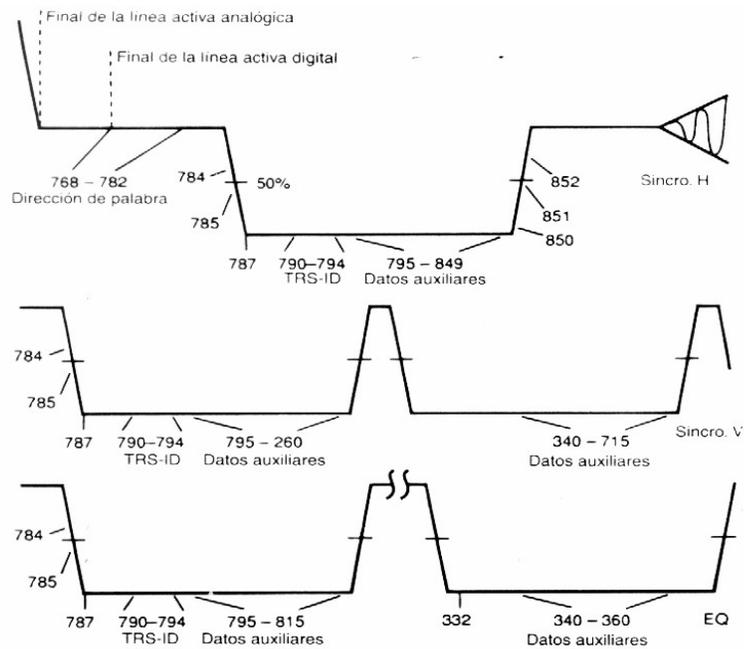
En la figura 7.6 se muestra los componentes necesarios para un enlace serie de señal compuesta. La entrada esta formada por datos en paralelo de señal **compuesta o en componentes** , con una longitud de palabra de hasta diez bits. Los datos van a un registro de desplazamiento de 10 bits que está sincronizado a diez veces la velocidad de entrada, que será 360MHz, **270 MHz** o  $40 \cdot F_{sc}$  . Los datos en serie emergen del registro de desplazamiento con los LSB en primer lugar y pasan a continuación por el embrollador, en el cual u bit determinado se convierte en la OR exclusiva de si mismo y dos bits que están adelantados cinco y nueve impulsos de reloj. *La forma de onda resultante es simétrica con respecto tierra y tiene una amplitud de 800mV pico a pico entre terminales de una carga de 75 Ohmios. Esta señal puede llevarse a un cable coaxial de 75 ohmios con conectores BNC. El SDI está restringido a enlaces punto a punto. Los receptores serie contienen terminaciones correctas que están presentes permanentemente y no debe intentar excitar más de una carga por medio de piezas T ya que se producirán reflexiones que comprometerían gravemente la integridad de los datos.*



**Figura 7.6** Componentes fundamentales de un enlace SDI.

### ➤ AUDIO EMBEBIDO EN EL SDI

En el SDI en componentes se pueden mandar paquetes de datos auxiliares durante el borrado. La elevada frecuencia de reloj en componentes hace que haya capacidad de hasta dieciséis canales de audio enviados en cuatro grupos. El SDI de señal compuesta tiene que transportar los bordes de sincronismo analógico y las salvas en forma digita, y solo dispone de la extremidad, o fondo, del sincronismo para los datos auxiliares. Debido a lo anterior y a que la frecuencia de reloj es más baja, la señal compuesta tiene una capacidad para datos auxiliares mucho menor que en el caso de componentes, pero todavía es posible transmitir un paquete de datos de audio con cuatro canales de audio en un grupo. La figura 7.7 muestran donde pueden situarse los datos auxiliares para el NTSC. Obsérvese que la señal de referencia de temporización y de identificación (TRS-ID) se añade durante el borrado, y el receptor puede detectar las estructuras que contiene. La TRS-ID consta de cinco palabras que se insertan inmediatamente después del borde frontal del sincronismo de video.



**Figura 7.7** Situación de los datos auxiliares en el NTSC

En el formato básico del audio embebido, canales de 20-bit muestreados a 48kHz pueden ser multiplexados dentro de la señal de vídeo digital serie. En este caso, el reloj que determina el muestreo de la señal de audio está enganchado a la señal de vídeo. Esta aproximación básica (llamada **Nivel A en SMPTE 272M**) permite hasta cuatro canales de audio embebido en el modo de 4fSC compuesto y hasta 16 canales en el modo componentes 4:2:2. Generalmente, estos canales de audio están configurados como pares AES/EBU.

Con el audio embebido "**extended**" (mejorado) se obtiene una mayor capacidad, implementando así todas las posibles características del estándar de audio SMPTE embebido. Se incluyen aquí los cuatro bits auxiliares del subframe AES/EBU que ofrecen una resolución por muestra de 24 bits u otras características especificadas por el usuario. En audio embebido extended, también permite que el muestreo de audio utilice un reloj no síncrono con el vídeo, frecuencias distintas de 48kHz, información de retardo audio/vídeo para cada canal de audio, identificación de canal y conteo de cuadro. Esta última característica es utilizada intensivamente en los sistemas de 525 líneas donde no existe una relación íntegra entre los 48kHz de muestreo de audio y los cuadros de vídeo. SMPTE 272M define esta capacidad mejorada en nueve niveles de operación (**nivel B a J**).

El hardware de audio embebido puede ser construido para adaptarse a los 20 bits (Nivel A), a los 24 bits (**Niveles B y C**) o a ambos. Los dos formatos pueden ser compatibilizados de tal forma que los equipos a 20 bit acepten los 24 bit de datos pero descodifiquen solamente los 20 más significativos. Se dice de estos dispositivos que cumplen con **SMPTE 272M-AB**, ya que pueden adaptarse a los niveles A y B tal como se define en SMPTE 272M. El nivel B de operación acepta los paquetes de datos ampliados a 24 bit pero no utiliza los datos contenidos en ellos. Por otra parte, el sistema de 24 bit puede ajustar los cuatro bits menos significativos a cero cuando encuentra una palabra de 20 bit. Tales dispositivos cumplen con la norma **SMPTE 272M-ABC**.

La multiplexación de los datos de audio en el canal de datos de vídeo es efectuada de diferente forma en los formatos de compuesto que en los de componentes. En los formatos de vídeo compuesto, los datos de audio son llevados en el espacio para datos auxiliares que proporciona el periodo de sincronismo de horizontal. En los formatos en componentes, donde existe mas espacio para los datos auxiliares, el audio embebido se sitúa entre las palabras end of active vídeo (EAV) y start of active video (SAV), inicio y fin respectivamente de la línea de vídeo activa. Este es el motivo por el que los formatos en componentes pueden llevar mas canales de audio (12 canales de 24 bit AES/EBU o 16 canales de 20 bit AES/EBU).

La señal de audio digital incorporada en el SDI puede ser procesada independientemente en cualquier punto utilizando un demultiplexor. Este dispositivo deserializa la señal y extrae los datos de audio, introduce los datos de forma síncrona en un buffer con el intervalo apropiado. Entonces, un microprocesador toma el audio de los buffer, añade las cabeceras AES/EBU de subframe de datos apropiadas y entonces los vuelve a serializar como señal de solo audio. Finalmente, un transmisor AES/EBU, restaura el formato de los datos para cumplir las especificaciones, típicamente fija el reloj a 48kHz y los engancha con la señal de vídeo.

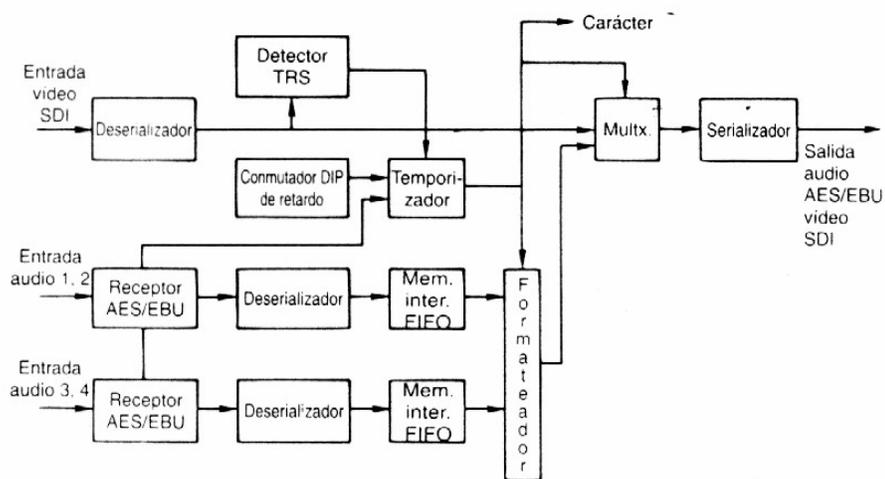
Este proceso de audio hace que la señal de audio se vea retardada con respecto a la de vídeo. Sin embargo la cantidad de retardo es típicamente menor de 10ms, lo cual no debería ser un problema a menos que el proceso de multiplexión/demultiplexión sea aplicada a la señal en numerosas ocasiones. En la tabla 7.2 se muestra en resumen los niveles de implementación de audio embebido.

<b>A</b>	SÍNCRONO 48 KHZ, AUDIO 20 BITS
<b>B</b>	SÍNCRONO 48 KHZ PARA VIDEO COMPUESTO
<b>C</b>	SÍNCRONO 48 KHZ, 24 BITS CON PAQUETES EXTENDIDOS
<b>D</b>	AUDIO ASÍNCRONO

<b>E</b>	AUDIO 44,1 KHZ
<b>F</b>	AUDIO 32 KHZ
<b>G</b>	FRECUENCIA DE MUESTREO VARIABLE 32-48KHZ
<b>H</b>	SECUENCIA DE TRAMA DE AUDIO
<b>I</b>	SEGUIMIENTO DEL RETARDO DE TIEMPO
<b>J</b>	Z BITS EN UN PAR DE CARACTER DE CANAL NO COINCIDENTE

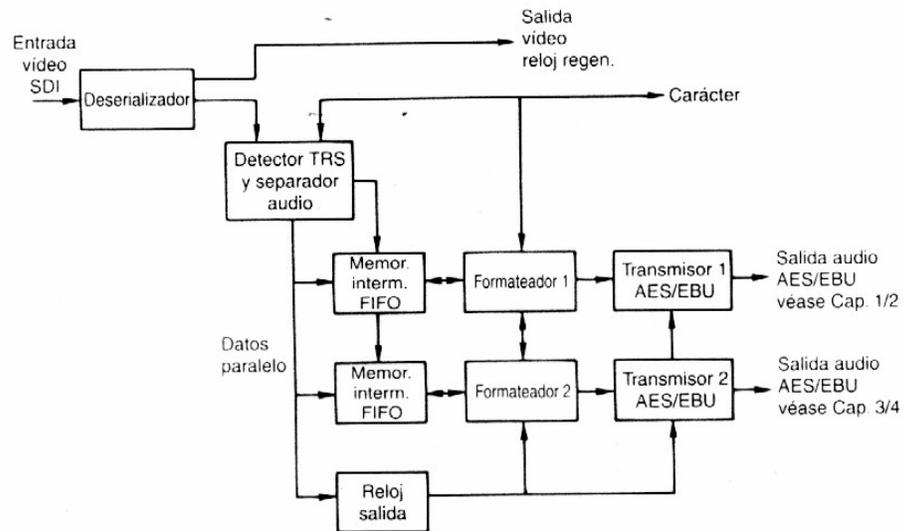
**Tabla 7.2** Diferentes niveles de implementación de audio insertado.

La figura 7.8 muestra una unidad típica de inserción de audio, en donde pueden verse las memorias intermedias FIFO. En un sistema como este, lo único que importa es que la velocidad media de datos de audio sea correcta. Pueden producirse errores instantáneos de temporización dentro de la gama de las memorias intermedias. Los datos de audio no pueden ser insertados en el punto0 de conmutación del video, ni en las áreas reservadas para los paquetes EDH, pero siempre que los datos estén extendidos uniformemente por toda la trama, se puede insertar y recuperar audio a 20 bits con unas 48 muestras de audio de proceso de memoria intermedia.



**Figura 7.8** Unidad típica de inserción de audio.

La figura 7.9 muestra un extractor típico de audio insertado. El extractor reconoce los datos auxiliares TRS o indicador, y entonces decodifica la ID para determinar el contenido del paquete. Las direcciones de grupo y de canal se utilizan entonces para dirigir los símbolos extraídos al canal de audio apropiado. Se utiliza una memoria FIFO para extender en base de tiempos los símbolos a la frecuencia de muestreo correcta.

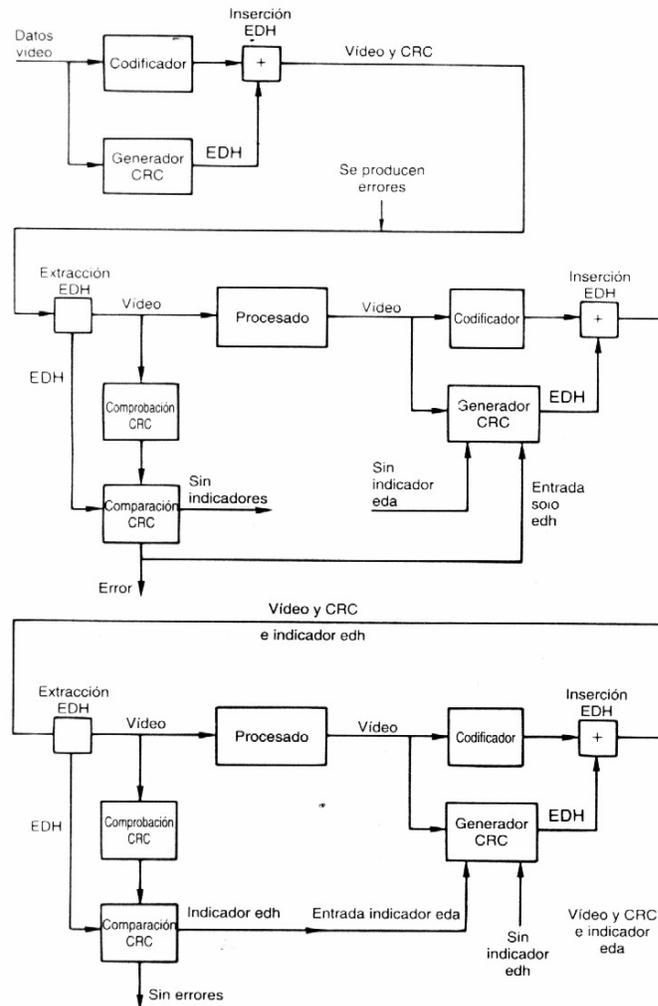


**Figura 7.9** Extractor típico de audio

### ➤ EDH : DETECCIÓN Y TRATAMIENTO DE ERRORES

Como se dijo anteriormente el SDI se está convirtiendo en la interfaz de la era digital del futuro, pero en el estándar original no se habían previsto medios para comprobar la integridad de los datos. EDH es una opción que puede resolver este problema en gran medida. La figura 7.10 muestra un sistema de transmisión de SDI equipado con EDH. En el primer transmisor, se transmiten los datos de un campo y, simultáneamente, se hacen llegar a un generador de comprobación cíclica de redundancia (CRC). El cálculo de la CRC consiste en una división matemática por un polinomio, y el resto es el resultado. El resto se transmite en un paquete especial de datos auxiliares que se envía durante el intervalo vertical, antes de que se haya realizado alguna conmutación en la unidad de distribución. El primer receptor tiene un

generador CRC idéntico que realiza un calculo en el campo recibido. El extractor de datos auxiliares, identifica el paquete EDH y le demultiplexa del flujo de datos principal. El resto procedente del paquete auxiliar, se compara entonces con el resto calculado localmente. Si no hay error en la transmisión, los dos valores serán idénticos, y no hay que realizar acción alguna.



**Figura 7.10** Sistema EDH típico que ilustra la forma en que se detectan los errores y se establecen los indicadores.

## 7.7 DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA INTERCONEXIÓN DE LOS EQUIPOS AUDIO Y VIDEO BAJA ESTANDAR DIGITAL EN EL ESTUDIO DE TELEVISIÓN DE GAMAVISIÓN

Anteriormente se han explicado con detalle los fundamentos teóricos y se ha tratado varios interfaces estándar como el SDI, interfase que se tendrá en cuenta para nuestro dimensionamiento.

Los principales equipos de audio y video que actualmente Gamavisión posee se detalla en la tabla 7.3

<b>EQUIPO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Cámara Sony M-7 o DX 30	Portátil, y su conexión con el CCU se lo realiza por medio del cable de cámara
Unidades Control de Cámara de Sony (CCU)	Entrada: Cable de cámara y salidas de video compuestas (RGB) o video compuesto (NTSC)
Equipo Corrector de Base de Tiempo o TBC	Un TBC digital y dos analógicos de la marca LEITCH
Generador de Caracteres o Write Decko	Es una computadora con un Software generadora de caracteres especiales y una tarjeta analógica de salida al switcher
Distribuidores Analógicos	De la marca Leitch y Videotek. Entrada y salidas analógicas que aceptan señales compuestas de video
Botoneras analógicas	De la marca Leitch, aceptan señales de audio y video, balanceado y compuesto respectivamente
Patch Panels de Audio y Video	Reciben y enrutan 24 señales analógicas
	Monitores de circuito cerrado situadas

Monitores Sony y LG	en el departamento técnico, VTR y departamento de producción
Betacams de Sony	Situada en el área de VTR o master de proyección
Magnetoscopio ¾	Situada en el área de VTR o master de proyección
Dvcams de Sony	Situada en el área de VTR o master de proyección
Switcher Analógico de Grass Valley Group	Situada en el departamento de producción o master
Consolas de Audio	Una consola situada en el control master de proyección o VTR y dos situadas en el departamento de sonido
Distribuidores de Audio Analógicos	Acepta señales de audio balanceado
Micrófonos inalámbricos y convencionales	Su conexión se lo realiza directamente a la consola de audio
Getner	Controlador Telefónico
Reproductor de Disco Compacto	Su conexión se lo realiza directamente a la consola de audio
Reproductor de Cintas de Audio Deck	Su conexión se lo realiza directamente a la consola de audio
Computador	Con software MP3
Ecuador	Situado en el departamento técnico utilizado para medir la señal de audio

	que será enviada al cerro del carmen
Amplificador de audio	Situada en el departamento técnico, utilizada para chequeo de audio de los micrófonos y salida de consola
Compresor de audio	Reduce distorsiones y saturaciones del audio

**Tabla 7.3** Principales equipos de audio y video existentes en el estudio de televisión de Gamavisión

Con motivos de minimizar los costos de una futura implementación se decidió mantener vigente algunos equipos de tecnología analógica, lo cual es importante para nuestro análisis posterior. Cuando hablamos de **dimensionamiento**, nos referimos básicamente al proceso de **transición** hacia un nuevo entorno digital y a la integración e interconexión de los nuevos equipos digitales con el actual sistema analógico. El análisis y dimensionamiento presentado en este proyecto esta orientado para una inmediata implementación por parte de Gamavisión sin alterar el actual sistema de equipos e interconexión de tecnología analógica.

Para este proceso se debe llevar a cabo en primer lugar el chequeo del espacio físico, para alojar la nueva electrónica digital los cuales son en su mayoría tarjetas electrónicas alojadas en bastidores especiales con su respectiva fuente de poder, que serán ubicados en los Racks de comunicación situados en el departamento técnico como el correcto acondicionamiento para el switcher digital ubicado en el control master. Luego de realizar el proceso antes descrito, se debe revisar los niveles de voltaje AC del sistema eléctrico, de tal manera que estos sean los correctos para evitar el deterioro de cada uno de los equipos o algún tipo de interferencia en la señal.

Las dos principales fuentes generadoras de video son: el Switcher de video y la master de proyección o VTR. Por su parte el audio es manejado por

las consolas de sonido y la master de proyección ( audio generado por los magnetoscopios ).

La figura 7.11 muestra el origen de la señal de video generada en primera instancia en la cámara y enviada a la Unidad de control (CCU). El CCU dispone de salidas de video en Componentes analógicas RGB (ver anexo B), las cuales serán convertidas al formato digital por medio del **ADC-6801** (tabla 7.4) y conectadas a la posición 1 al 6 del switcher digital. Por su parte los equipos como el TBC analógico 1 recibe señal de Quito vía microonda y el TBC analógico 2 recibe señal de la microonda terrestre llamada remoto 1 o remoto 2 usada para la recepción de señal vía microonda dentro de Guayaquil (estos remotos son usados para la transmisión de algún partido de fútbol, noticias etc.) que a su salida presentan señal de video NTSC (video compuesto), será convertida al formato digital usando el convertidor **DEC-6801** (tabla 7.5) conectadas posteriormente a las posiciones 7 y 9 del switcher. Por su parte Gamavisión cuenta con un TBC digital (numero 3 de LEITCH), adquirido cuando el canal inició sus transmisiones vía satélite, la salida de este equipo ingresa directamente a la posición 8 del switcher. El Write Decko o generador de caracteres ingresa a la posición 11 del switcher, previo a la digitalización de la señal proveniente de la tarjeta de video de la computadora.

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>Entrada de Video Analógico en Componentes</b>	
Niveles de voltaje nominal de la señal	0.7 Vp-p nominal, 1.0 Vp-p nominal con sincronismo
Impedancia	75 Ohmios
Perdida de Retorno	>40 dB a 5.5 MHz
Cuantificación	10 bits
Estándares	SMPTE/EBU en <b>componentes ( RGB)</b> para 525 líneas

Ganancia Graduable	+/- 10%
<b>Salidas de Video Digital en Serie</b>	
Numero de salidas	2
Estándares	<b>259M: 270 Mbp/s para 525 líneas</b>
Conector de interfase	BNC por IEC
Impedancia	75 Ohmios
Perdida de Retorno	18 dB con frecuencia de reloj
Nivel de la señal	800mV +/- 10%
Tiempo de subida y bajada de los flancos de la señal	400-700 ps
Retardo entre la entrada y salida de la señal	3.6 ms
<b>Bastidor de Alojamiento</b>	<b>FR-6804-1 ANEXO A</b>

**Tabla 7.4 CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL DE VIDEO ADC-6801**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>Entrada de Video Analógico Compuesto</b>	
Estándar	<b>NTSC (video compuesto)</b>
Nivel de la Señal	1 Vp-p +/- 3 dB
Impedancia	75 Ohm
Perdida de retorno	>40 dB a 5.75 MHz
Cuantificación	10 bits
Respuesta de Frecuencia	+/- 0.1 dB a 5.75 MHz
<b>Salida de Video Digital en Serie</b>	
Numero de salidas	4
Estándar	<b>259 M, 270 Mbp/s</b>

Conector de interfase	BNC por IEC
Impedancia	75 Ohm
Perdida de retorno	>18 dB
Nivel de voltaje nominal de la señal	800 mV +/- 10%
DC offset	0V; +/- 0.5 V
Tiempo de subida y bajada de los flancos de la señal digital	400 – 700 ps
Jitter	<400 ps
Retardo	1 línea + 2 us
<b>Bastidor de Alojamiento</b>	<b>FR-6804-1 ANEXO A</b>

**Tabla 7.5 CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL DE VIDEO DEC-6801**

La combinación de todas las señales de video antes de pasar al Switcher Digital, serán enviadas a un Patch panel y luego a los distribuidores Digitales: **VSM-6804** (tabla 7.6) o **VSD-6801**, se ha elegido al primero ya que la característica importante de este distribuidor es que presenta en sus salidas cuatro señales analógicas y cuatro digitales, es decir que internamente este distribuidor realiza un proceso de conversión de digital a analógico. Esto nos ayuda bastante para nuestro dimensionamiento, porque al tener salidas analógicas se puede realizar la conexión directa hacia la botonera de técnica analógica y hacia los monitores de chequeo ubicados en la sala master y departamento técnico. Por su parte el VSD-6801 solo me arroja señal digital (8 en total).

Según lo descrito anteriormente el “cerebro” de un estudio de televisión es el Switcher de video digital, el cual realiza el proceso final de distribución y combinación de todas las fuentes generadoras de video y a su vez permite la creación de efectos digitales sorprendentes los cuales se dejan a la imaginación del director de cámaras, elaborando así un producto final vistoso en los televisores del publico en general. Las principales salidas de este equipo son

Programa (PGM), Prevista y salidas opcionales de Programa 1 al 3, cuyas salidas son enviadas hacia los distribuidores digitales de programa. La tabla 7.7 y el anexo B muestran las características técnicas del switcher digital de Grass Valley serie Zodiak. y las diferentes formas de interconexión respectivamente.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>Entrada de Video Digital en Serie</b>	
Estandar	<b>SMPTE; 259M: 270 Mbp/s</b>
Conector de interfase	BNC
Impedancia	75 Ohm
Perdida de Retorno	>18 dB
Ecuilización	Automático arriba de los 30 dB para cable coaxial.
<b>Salidas de Video Digital en Serie</b>	
Numero de salidas	4
Estandar	<b>SMPTE; 259M 270 Mbp/s 525 lineas</b>
Conector de interfase	BNC
Impedancia	75 Ohm
Nivel de la señal	800mV p-p
DC offset	0V +/- 0.5 V
Tiempo de subida y bajada de los flancos de la señal digital	700 – 1000 ps
Jitter	< 740 ps
<b>Salidas de Video Analógico Compuesto</b>	
Numero de Salidas	4
Tipo	<b>NTSC</b>
Impedancia	75 Ohm

Perdida de Retorno	36 dB a 5MHz
Nivel de la Señal	1 Vp-p +/- 3 dB
DC offset	+/- 100 mV
Pre-Ecualización	0-100 M cable coaxial
Cuantificación de salida	10 – 8 bits
<b>Controles e Indicadores</b>	
Selección de estándar	Auto/Manual
Blanco vertical	Pass/Blank
Croma	On/Off
Setup	On/Off
Modalidad de video	Normal/Barras de color
Ancho de banda de Croma	650 KHz/1.3 MHz
Mono Burst	On/Off
Error en los Datos	Led Rojo
Estándar 525 líneas	Led Verde
<b>Bastidor de Alojamiento</b>	<b>FR-6804-1 ANEXO A</b>

**Tabla 7.6 CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL DISTRIBUIDOR DIGITAL VSM-6804**

El control master de proyección o VTR de Gamavisión tiene un arreglo actual de los equipos como se muestra en la figura 7.12 en el cual observamos las maquinas Betacam, Dvcam y la maquina ¾ con salidas de audio y video analógico como podemos apreciar cada una de los magnetoscopios están sincronizados con la señal de Black Burts y las salidas de audio y video se enrutan hacia las botoneras analógicas vigentes de programa y VTR en las posiciones descritas como se muestra en la figura 7.13 y 7.14 para video y audio respectivamente (ver anexo B). En la botoneras de programa ingresan todas las señales de audio y video provenientes de las maquinas (posición 1 al 8) y conectadas en paralelo a la botonera de VTR. La primera es la encargada de enrutar el video y audio final hacia la microonda o fibra óptica y la segunda

permite enviar la señal de audio y video hacia la consola de sonido y switcher digital respectivamente.

El punto más importante en esta etapa es la digitalización del paquete completo de video, para la botonera de VTR cuya señal ingresa a un distribuidor analógico y a su vez una de las salidas de este distribuidor es enviada hacia a un convertidor DEC-6801 y enrutada hacia el switcher posición 10.

Se elige la salida de programa (PGM) y programa 1 las cuales antes de ingresar a la botonera de programa (posición 10 y 11 respectivamente) son enviadas a los distribuidores digitales como se muestra en la figura 7.11. En el momento que el operador de VTR en coordinación con el director de cámaras deciden enviar algún programa específico, la persona de VTR habilita la botonera de programa “ponchando” los botones 10 u 11 dejando pasar la señal del switcher hacia la microonda analógica y para su ingreso a la fibra el paquete completo de video compuesto NTSC es convertido previamente al formato digital por medio del DEC-6801 para luego ingresar al multiplexor para su transmisión por la fibra óptica. Así mismo las señales de satélite, Quito y el resto de los magnetoscopios son enviados al aire seleccionando las botoneras correspondientes.

Igual procedimiento sucede con el audio (figura 7.16) . La señal de audio de la botonera de VTR es enviada hacia la consola de sonido, equipo que es manejado por el “sonidista” persona encargada del chequeo continuo del audio. Como se muestra en la figura 7.14 y 7.15 las salidas de la consola llamadas consola 1 y consola 2 son enviadas hacia la botonera de programa para luego ser direccionadas hacia la consola de aire (manejada por el operador de VTR para regular los niveles de audio antes de su transmisión al aire) para finalmente ser digitalizada usando el ADC-6880-70BC (tabla 7.10: convertidor A/D audio y tabla 7.11 convertidor D/A), la cual es enviada hacia un

distribuidor de audio digital (tabla 7.12) para luego una de las salidas de este distribuidor, ser conectada al multiplexor.

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>ELECTRICAS:</b>	
Voltajes AC: Bastidor y Panel Principal	100 – 125 Vac , 200 – 250 Vac 50-60 Hz
<b>TEMPERATURA:</b>	
Bastidor Principal	Especificación: 20° a 30° C Operacional: 0° a 40° C
Panel Principal	Especificación: 20° a 30° C Operacional: 0° a 35° C
Humedad Relativa	Arriba del 90%
<b>ENTRADAS DE VIDEO DIGITAL EN SERIE</b>	
Numero de Entradas	64
Tipo de conector	75 Ohmios BNC (SMPTE-259M)
Voltaje nominal de la señal de video	800 mV p-p
Perdida de retorno	>15 dB 5 MHz a 270 MHz
Máxima Longitud de cable (tipo de cable Belden 8281)	738 ft (225 m)
Numero de bits	10
<b>SALIDA DE VIDEO DIGITAL EN SERIE</b>	
Número de salidas	26 salidas, 2 BNC por salida ( 52 BNCs)
Tipo de conectores	75 Ohmios BNC (SMPTE-259M)
Amplitud	800mV p-p
Tiempo de los flancos de subida y bajada de la señal de video digital	Entre 400 picosegundos y 1.5 nanosegundos
Numero de bits	10

<b>ENTRADA DE REFERENCIA ANALÓGICA</b>	
Tipo de señal	Compuesto color ,Negro (NTSC), 525 (60HZ)
Conectores	Dos de 75 Ohmios BNC
Perdida de Retorno	>40 dB a 5 MHz
Impedancia	75 Ohmios

**Tabla 7.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SWITCHER DIGITAL DE ZODIAK**

El diagrama de audio del estudio de Gamavisión se presenta en la figura 7.16 en el cual podemos apreciar como las diferentes fuentes generadoras de audio como son los micrófonos, los reproductores de cinta (deck), compact disc, controlador telefónico (Getner), el audio proveniente de la etapa de VTR etc. ingresan a la consola principal, para el chequeo continuo de los niveles como sobre modulación o saturación del audio problema que se puede escuchar en los televisores en forma de zumbido o golpe seco.

La figura 7.17 muestra como la señal digitalizada de la botonera de programa VTR ingresa al multiplexor **MXA-6801** (tabla 7.8), que junto con la señal de audio digital AES proveniente de etapa de VTR y el control master de sonido, son combinadas y convertidas en formato de interfaz SDI.

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>Salidas</b>	
Numero de salidas	<b>4 SDI</b>
Estándares	<b>SMPTE 259M</b>
<b>Entrada de video</b>	
Numero de entradas	1
Impedancia	75 Ohmios

Tipo de conector	BNC
Perdida de retorno	>18 dB
Estándar	<b>SMPTE 259M</b>
<b>Entradas de audio</b>	
Número de entrada	<b>2 AES</b>
Impedancia	75 Ohmios desbalanceado o 110 Ohm balanceado
Estándar	<b>AES3-1992</b>
<b>Bastidor de Alojamiento</b>	<b>FR-6804-1 ANEXO A</b>

**Tabla 7.8 CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL MULTIPLEXOR DE AUDIO Y VIDEO DIGITAL MXA-6801**

Finalmente la salida del MXA-6801 va conectado a la entrada SDI del Transmisor Óptico **OTX-6002** (tabla 7.9 y figura 7.18) para su transmisión por la fibra óptica hacia el cerro del carmen. Este modem es compacto y portátil, la particularidad de este equipo es que acepta **dos señales SDI** una destinada a la transmisión regular y la otra para algún otro tipo de aplicación que sea necesario. En la parte 7.14 de este capítulo se especifica las principales características de algunos equipos existentes en el mercado, que realizan la misma operación de transmisión de video digital sobre fibra óptica.

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>TRANSMISOR OPTICO</b>	
<b>Entrada de Video Digital SDI</b>	
Numero	2
Conector	BNC
Impedancia	75 ohmios
Velocidad de transmisión / Estándar	<b>270 Mbp/s (SMPTE-259M)</b>
Ecuación	300 m cable Belden 8281, >30 dB SMPTE-259M

<b>Salida SDI</b>	
Numero	2
Conector	BNC
Impedancia	75 Ohmios
Velocidad de transmisión / Estándar	<b>270 Mbp/s (SMPTE-259M)</b>
<b>Salida Óptica</b>	
Numero de salidas	2
Conector	<b>ST</b>
Longitud de Onda Central	1330 nm
Ancho Espectral	80 nm máx. 120 nm
Tipo de Señal	NRZ
Potencia media Óptica de Operación (Tx)	min. -19 dBm a -15.5 dBm max -14 dBm
Tiempo de Subida y Bajada Óptica	Máx. 2.0 ns
Tipo de Fibra	<b>Multimodo o Monomodo</b>
<b>RECEPTOR OPTICO</b>	
<b>Salida de Video Digital</b>	
Números de salidas	4
Conector	BNC
Impedancia	75 Ohmios
Velocidad de datos	<b>270 Mbp/s (SMPTE-259M)</b>
<b>Entrada óptica</b>	
Numero de Entradas	2
Conector	<b>ST</b>
Entrada de Longitud de Onda central	1330 nm
Sensibilidad de Recepción	Min. -29 dBm, Max. -14 dBm
Tipo de fibra	<b>Multimodo o Monomodo</b>

**Tabla 7.9 CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL TRANSMISOR Y RECEPTOR ÓPTICO DE LEITCH.**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>Entradas</b>	
Número de Entradas	2 canales de audio balanceado (Left y Right)
<b>Tasa de Muestreo</b>	<b>44.1 y 48 KHz</b>
Conector	Cable descubierto tipo XLR ajustable
Nivel Máximo de Entrada	+30 dBu
Ajuste del Nivel de Entrada	+16 dBu a +30 dBu = 0dBFS calibrado y +/- 2.0 dB de ajuste variable, puentes (jumpers) para selección
Impedancia	>30 Kohmios balanceado
<b>Referencias de Entrada</b>	
Tipo de señal de Referencia	<b>AESII o AES3</b>
Conector para Referencia	BNC
Impedancia	10 Kohmios
<b>Salidas</b>	
Numero de Salidas	2 – 75 Ohm BNC y 2 –110 Ohm balanceado para la versión (70BC)
Nivel de Voltajes	
Salida Balanceada	3.5 a 5.0 V p-p
Salida Coaxial	1.0 V p-p +/-10 %
Respuesta de Frecuencia	+/- 0.05 dB (20-20 KHz)
<b>Bastidor de Alojamiento</b>	<b>FR-6804-1 Anexo A</b>

**Tabla 7.10 CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL PARA AUDIO ADC-6880**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>Entradas</b>	
Número de entradas	<b>1-20 bit AES3 balanceado 110 Ohm o 1-20 bit AES3 coaxial 75 Ohm</b>
Frecuencia de Muestreo	<b>32, 44.1, 48 KHz</b>
Conector	110 Ohm balanceado (XLR) 75 Ohm coaxial
<b>Nivel de Voltajes</b>	
Máximo	7.0 V p-p para 110 Ohm 1.0 V p-p para 75 Ohm
Mínimo	2.0 V p-p para 110 Ohm 100 mV p-p para 75 Ohm
<b>Salidas</b>	
Numero de salidas	2 Dual estereo ( 2 Left, 2 Right)
Respuesta de Frecuencia	+/- 0.1 dB (20-20 KHz)
<b>Bastidor de Alojamiento</b>	<b>FR-6804-1 Anexo A</b>

**Tabla 7.11 CARATERISTICAS TÉCNICAS DEL CONVERTIDOR DIGITAL-ANALOGICO PARA AUDIO DAC-6880**

Algunos puntos importantes que se debe tomar en cuenta en el análisis, son los siguientes:

👁 Las unidades de distribución digitales tienen la ventaja de que no ocasionan a las señales pérdida de calidad, ya que lo único que hacen es transferir una serie de números. Por el contrario, las unidades de distribución analógica sufren inevitablemente interferencias y ruido, por muy bien hechas que estén, lo que reducen la calidad en cada paso de la señal.

👁 *La sincronización de la señal ha sido siempre una cuestión crítica en video analógico, pero la adopción del nuevo sistema digital hacen que*

*los requisitos sean mucho menos estricto* .Para evitar variaciones del retardo de propagación, las longitudes de cable coaxial desde el distribuidor hasta el Switcher digital puede tener su propio corrector local de base de tiempo (TBC). Siempre que las señales se reciban con una temporización dentro de la ventana de las entradas, todas las entradas son retemporizadas a la misma fase dentro del Switcher.

- ☞ La velocidad binaria y la distancia son los factores fundamentales que determina la viabilidad de un cable. La figura 7.19 muestra como la integridad de los datos se deteriora rápidamente a partir de un valor critico de la longitud del cable. En el llamado punto de fallo (crash knee) se produce una repentina subida de la tasa de errores, y la operación solo puede ser fiable a la izquierda de ese punto. No se deben aumentar las cifras señaladas de longitud de cable. Puesto que el SDI es un interfaz de punto a punto, todos los receptores están equipados con una terminación interna. No hay por tanto la posibilidad de conexión en bucle pasivo ni de utilizar una T coaxial para monitorado.
  
- ☞ Una vez que el video y el audio en nuestro dimensionamiento se convierten al dominio digital, son datos, o números, y si estos números pueden ser entregados sin cambios en el otro extremo del interfaz digital, entonces el interfaz no ha ocasionado ninguna perdida de calidad. Este es uno de los puntos fuertes de la nueva tecnología y del equipamiento digital elegido.

Por el contrario, las señales analógicas están sujetas a perdidas de generación en cada grabación, y a ruido y distorsión en cada transmisión. Esta herencia analógica ha llevado a la practica de monitorear la forma de onda analógica en cada etapa, con objeto de realizar algunos ajustes para minimizar la perdida de calidad. La tradición del Waveform o monitor de forma de onda y del vectoroscopio están tan arraigadas que a pesar de la transición a la

tecnología digital que es totalmente diferente, muchos creen que no son necesarios nuevos métodos de monitorado.

☞ Para nuestro dimensionamiento es necesario tres distintas áreas de comprobación y que en el momento de la implementación de los equipos y cableado se deben tomar muy en cuenta.

- ✓ En primer lugar, en la instalación, debería ser posible verificar que el enlace está funcionando con un margen adecuado de seguridad, y que la longitud del cable no sea excesiva para el tipo de cable que se ha escogido ( parte 7.8).
- ✓ En segundo lugar, es necesario comprobar la integridad de los datos del enlace para asegurar que la tasa de errores ( B E R ) es aceptable, y sigue siendo aceptable cuando el sistema es forzado o marginado a trabajar en condiciones más difíciles que las que experimentara en servicio.
- ✓ En tercer lugar, los sistemas digitales pueden estar afectados por un problema que no tiene paralelo en el dominio analógico. Se trata del error de protocolo en el que la transmisión de los datos es correcta pero las dos unidades correspondientes no pueden entenderse. El protocolo de una señal incluye la naturaleza y posición de las estructuras TRS, la situación de los bloques EDH y el audio embebido. Además hay que considerar que, con objeto de ajustar correctamente los convertidores A/D, es necesario monitorear los valores de código reales que salen de un convertidor y compararlos con los voltajes analógicos originales.

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>Entradas</b>	
Numero	1
Tipo de Conector	BNC
Impedancia	75 Ohm
Nivel de Señal	1 V p-p (normal) 0.1 V p-p (mínimo)
Frecuencia de Muestreo	22 – 56 Khz.
Perdida de retorno	30 dB
<b>Salidas</b>	
Numero	8
Tipo de Conector	BNC
Impedancia	75 Ohm
Niveles	1.0 V p-p
<b>Indicadores Luminosos de Error (se muestran los nombres en Ingles como esta impreso en la tarjeta)</b>	<b>Descripción</b>
All Ok	Led verde: Dato presente y libre de Errores
No Lock	Led Rojo: No existe ingreso de datos o no pueden ser bloqueados
Validity	Led Rojo: Bit de validez
Parity	Led Rojo: Bit de Paridad incorrecto
CRC	Led Rojo: El CRC de los datos que ingresan no corresponden al CRC original
ALARM	Led Rojo: La alarma externa que indica el contacto de la tarjeta insertada con el bastidor
Longitud Máxima del Cable	> 2000 pies ( cable Belden 8281 o

	equivalente)
Modo de Ecuación	Automático o manual con Jumpers para selección
Jitter	< 5ns
Retardo de Propagación	< 600 ns
<b>Bastidor de Alojamiento</b>	<b>FR-6804-1 Anexo A</b>

**Tabla 7.12 DISTRIBUIDOR DIGITAL PARA AUDIO AES: AES-6880**

### **7.8 INTERFAZ ELECTRICO: TIPO DE CABLE Y CONECTORES A USAR EN LA INTERCONEXIÓN**

Fundamentalmente existen dos categorías de cables coaxiales, para transmisión en banda ancha (con altas tasas de velocidad) y para transmisión en banda base. El cable coaxial para transmisión en banda ancha puede emplearse para aplicaciones que precisen de hasta 300 MHz, gracias a la naturaleza analógica de las señales, menos críticas que las digitales. Estos cables tienen una impedancia característica de 75 Ohmios, y se utiliza fundamentalmente en transmisión de señales de televisión por cable (CATV) tanto para las transmisiones comerciales como en *circuitos cerrados de televisión* .

Este equipo de cable pertenece a la serie RG o cable televisión y utiliza conectores de tipo BNC y TNC. En tabla 7.13 se describen algunos tipos de cables coaxiales de esta serie y su grafico se presenta en la figura 7.20.

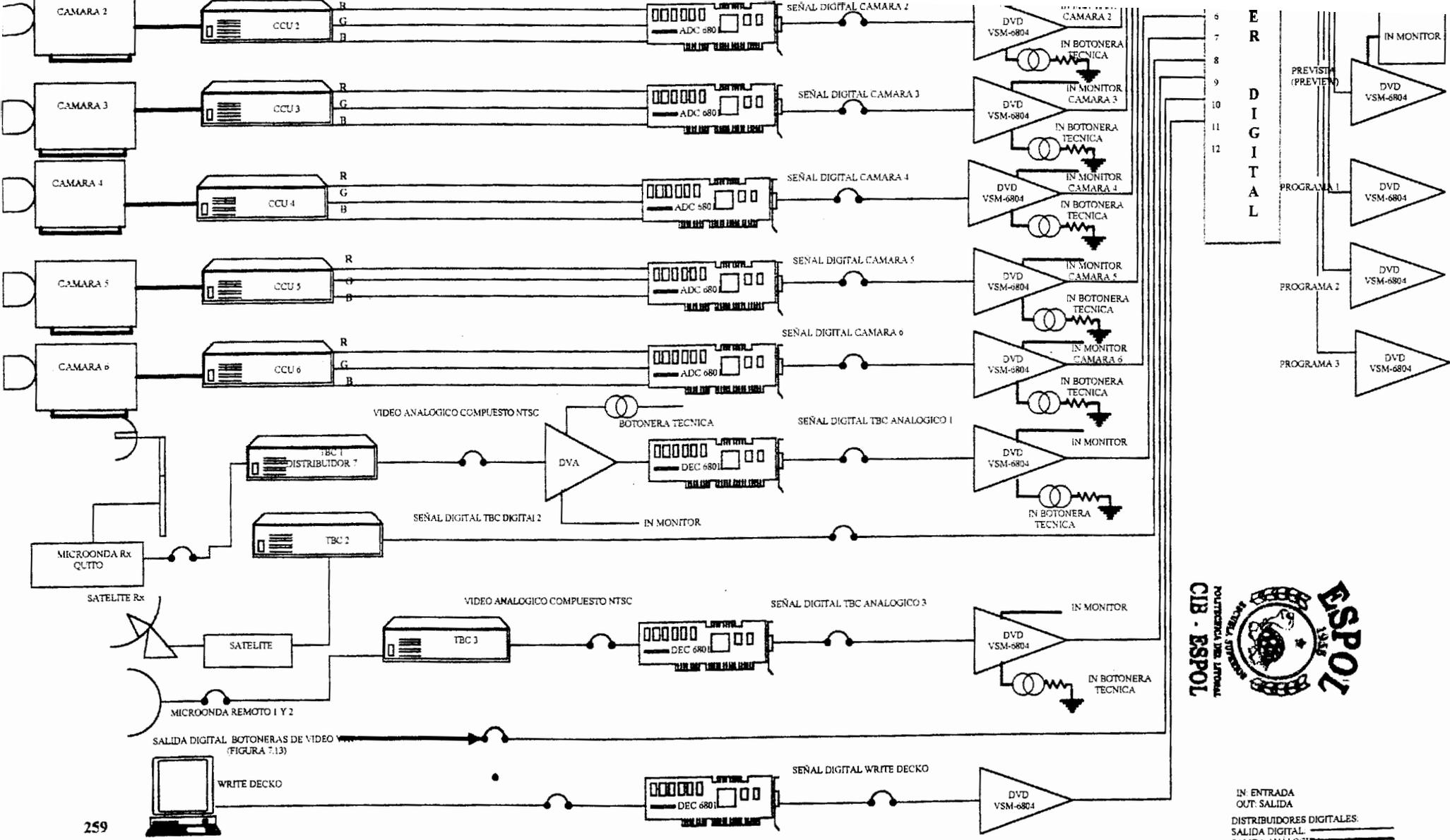


FIGURA 7.11 GENERACIÓN, DIGITALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL VIDEO



IN ENTRADA  
 OUT: SALIDA  
 DISTRIBUIDORES DIGITALES  
 SALIDA DIGITAL  
 SALIDA ANALOGICA

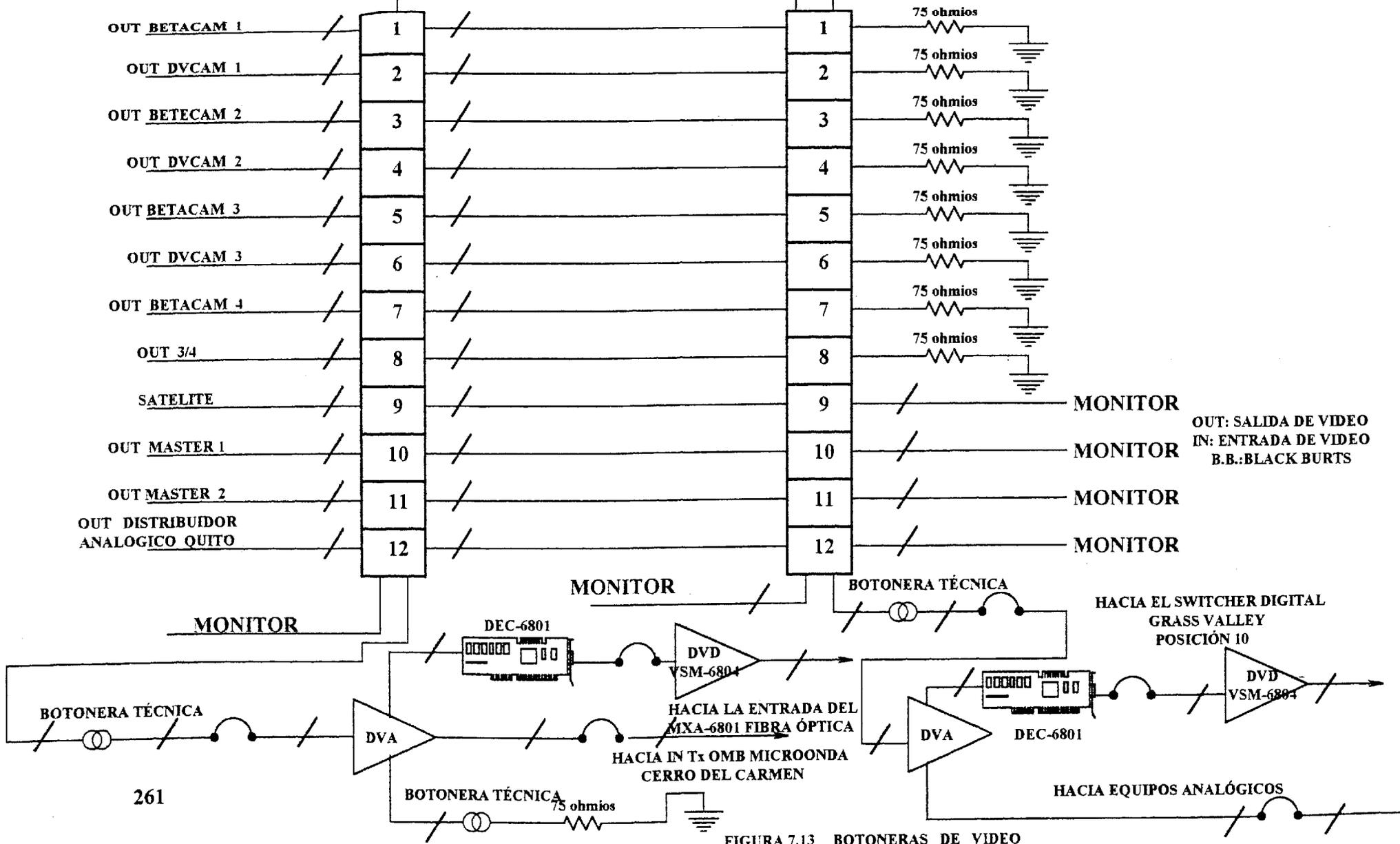
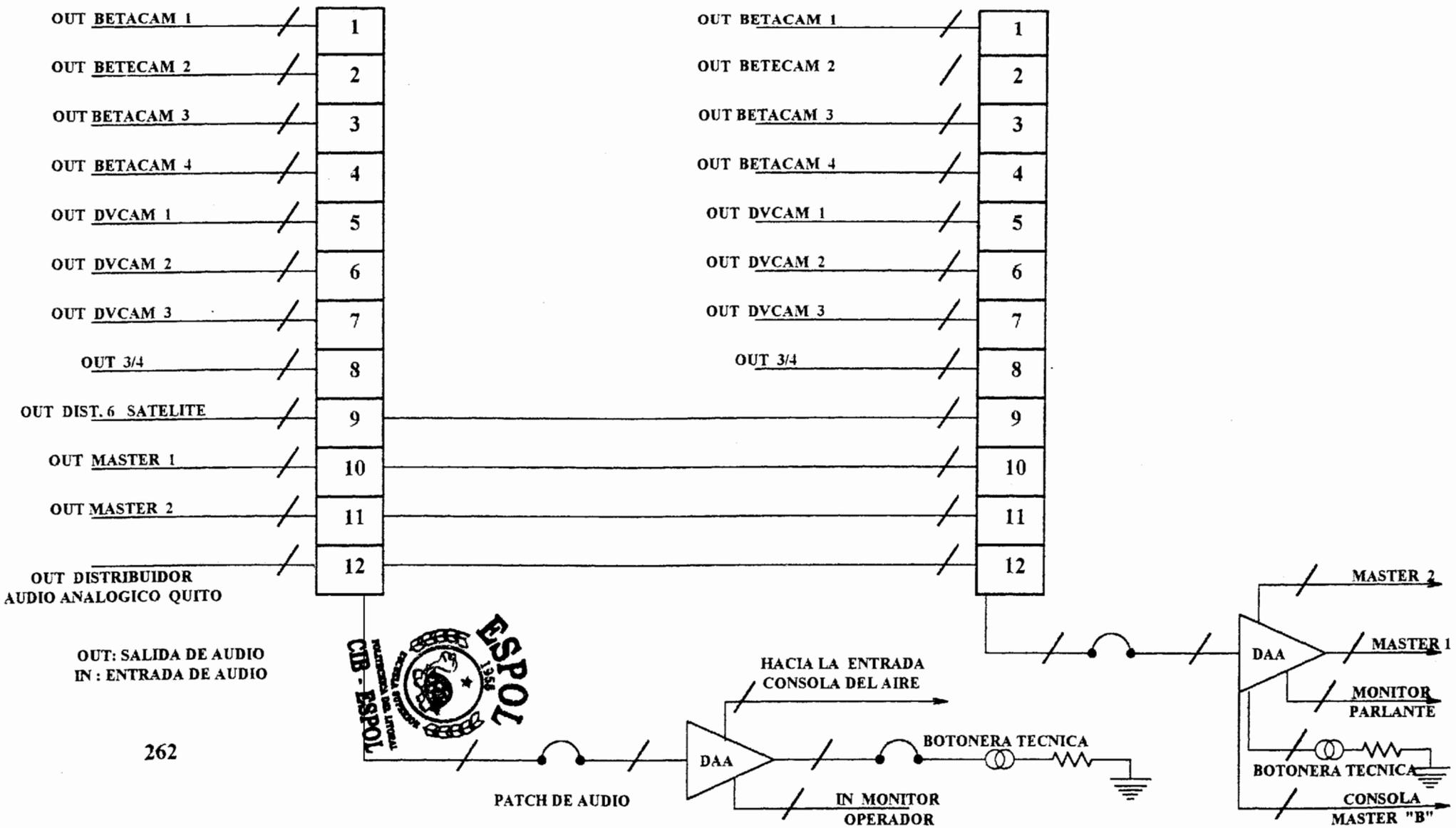


FIGURA 7.13 BOTONERAS DE VIDEO



OUT: SALIDA DE AUDIO  
IN : ENTRADA DE AUDIO

262

FIGURA 7.14 BOTONERAS DE AUDIO

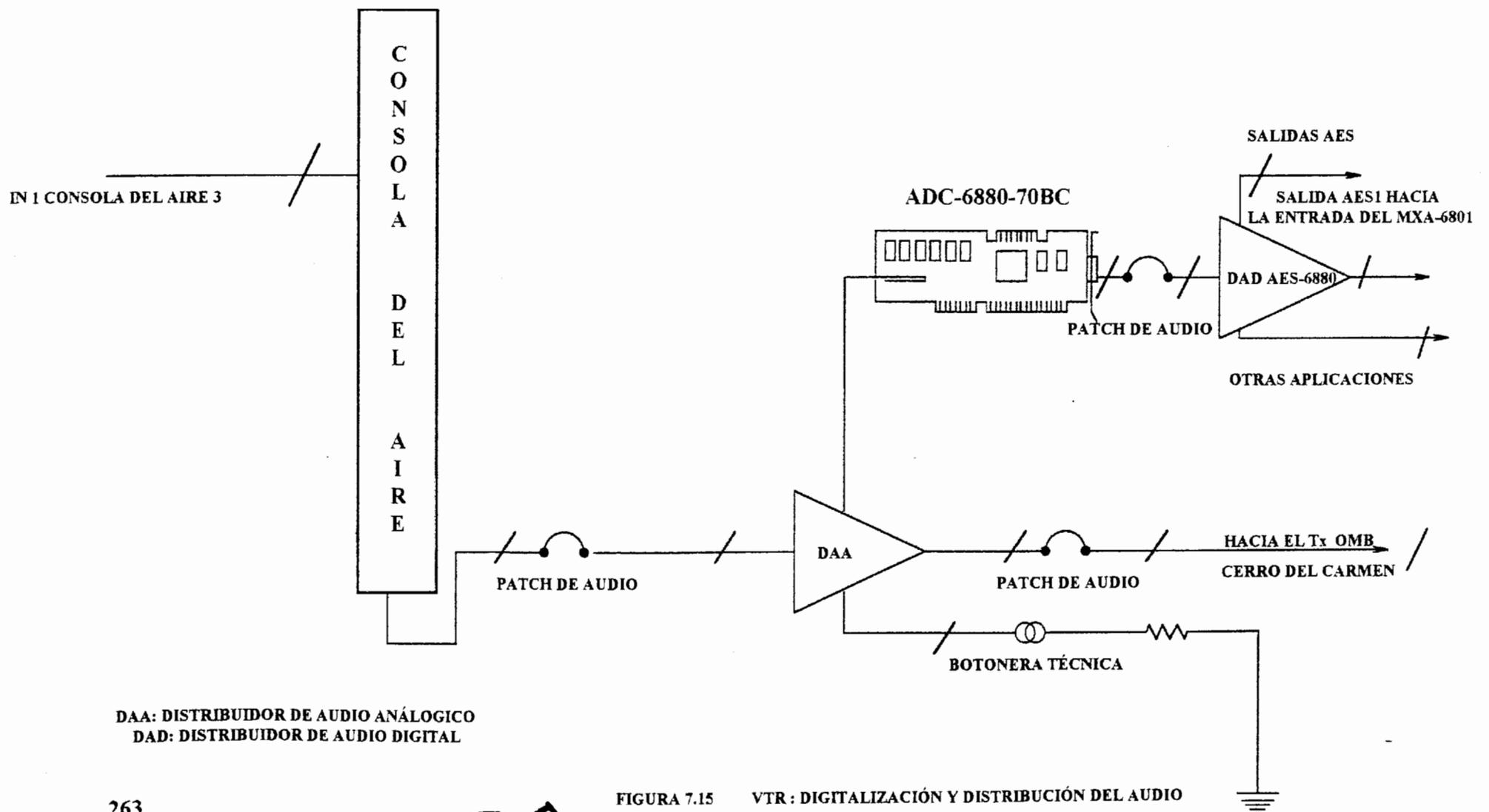


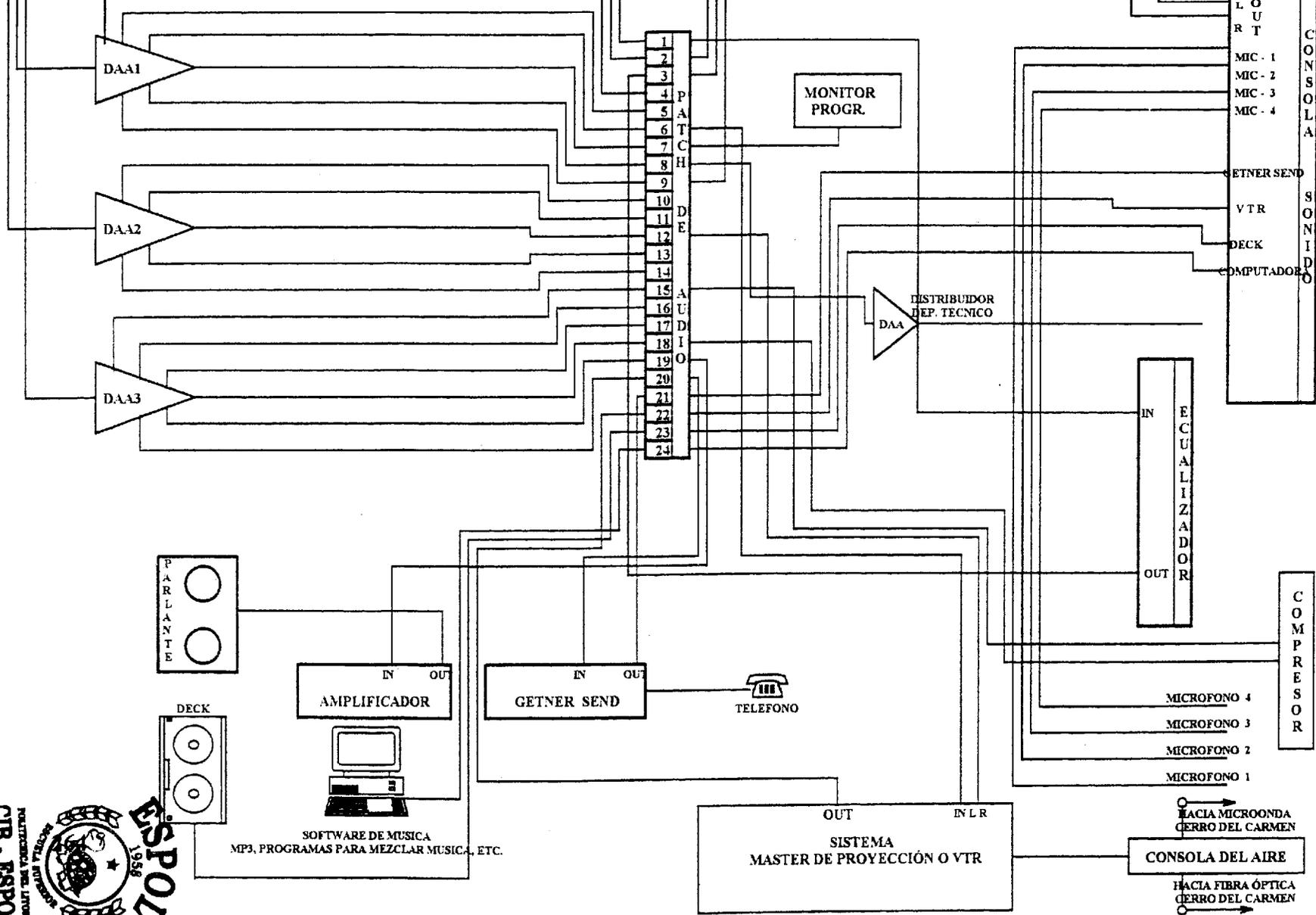
FIGURA 7.15 VTR : DIGITALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL AUDIO



CIB - ESPOL



ESPOL



CONSOLE  
MIC - 1  
MIC - 2  
MIC - 3  
MIC - 4  
GETNER SEND  
VTR  
DECK  
COMPUTADOR

COMPRESOR

MICROFONO 4  
MICROFONO 3  
MICROFONO 2  
MICROFONO 1

HACIA MICROONDA  
CERRO DEL CARMEN  
CONSOLA DEL AIRE  
HACIA FIBRA OPTICA  
CERRO DEL CARMEN

MONITOR  
PROGR.

DISTRIBUIDOR  
REP. TECNICO  
DAA

EQUILIZADOR  
IN  
OUT

GETNER SEND  
IN  
OUT

TELEFONO

AMPLIFICADOR  
IN  
OUT

PARLANTE

DECK

SOFTWARE DE MUSICA  
MP3, PROGRAMAS PARA MEZCLAR MUSICA, ETC.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
PATCHE

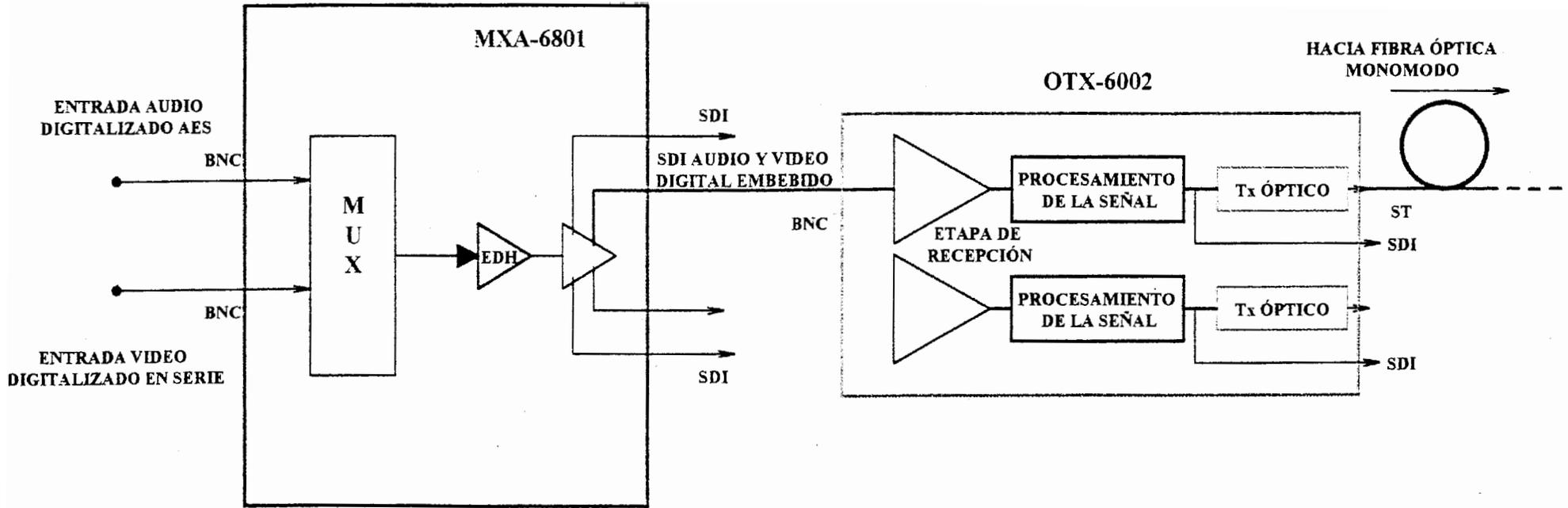
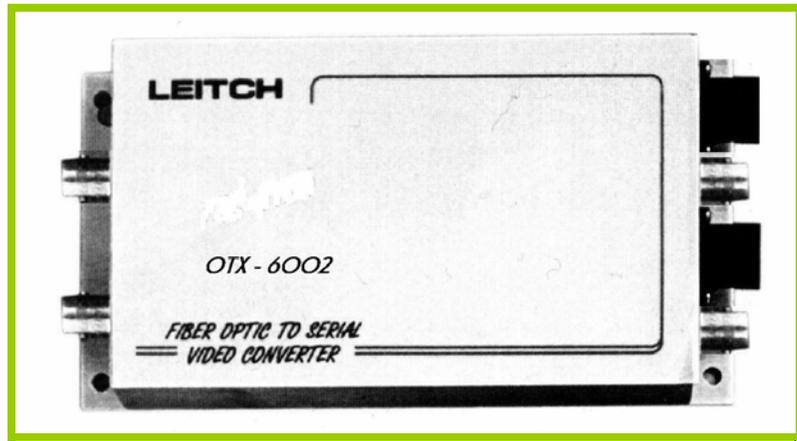
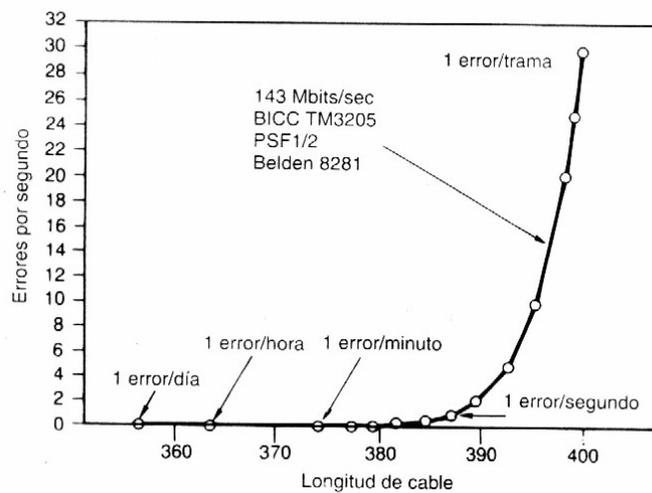


Figura 7.17 MULTIPLEXACIÓN Y TRANSMISIÓN AUDIO Y VIDEO DIGITAL



**Figura 7.18** Trasmisor Óptico de Video Digital SDI de LEITCH



**Figura 7.19** Curva que muestra como la tasa de errores aumenta bruscamente a partir de una cierta longitud de cable, que recibe el nombre de punto de fallo (crash knee)

DENOMINACIÓN DEL CABLE	DESCRIPCIÓN
RG-58/U	Núcleo de cobre sólido
RG-58 A/U	Núcleo de hilos trenzados
RG-58C/U	Especificación militar del RG-58 A/U

<b>8281</b>	<b>Flexible de doble Blindado, disponible en 10 diversos colores. Transmisión analógica y digital.</b>
RG-59	Transmisión de banda ancha (cable de televisión)
RG-.6	Mayor diámetro que RG-59 utilizado en transmisiones de banda ancha con frecuencias mayores.
RG-62	Redes ARCnet

**Tabla 7.13** Tipo de cables coaxiales



**Figura 7.20** Cable Coaxial BELDEN 8281

Básicamente en los Estudios de Tv. profesionales usan un conector llamado **BNC** ( figura 7.21), un nombre sobre cuya derivación no hay dos especialistas que se pongan de acuerdo. El que más prevalece es el “*conector de bayoneta naval*” porque fue en su origen usado por la armada. Esta diseñado de tal manera que puede ser conectado mediante rosca, haciendo una conexión segura, pero aún así, es fácil de conectar y/o conectar con una mano. En la tabla 7.14 se muestra los diferentes elementos de la familia BNC.



**Figura 7.21** Conector Tipo BNC de CANARE

<b>ELEMENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Conector de cable BNC	Esta soldado, o incrustado, en el extremo de un cable, para conectarlo a los equipos.
Conector BNC en T	Conecta la tarjeta de red del equipo con el cable coaxial
Conector acoplador BNC (barrel)	Se utiliza para unir dos cables coaxiales gruesos para obtener uno de mayor longitud
Terminador BNC	Cierra el extremo del cable del bus para absorber las señales perdidas

**Tabla 7.14** Diferentes Elementos de la Familia BNC

Para nuestro proyecto usaremos el cable **coaxial 8281** (Altas velocidades de transmisión Analógica y Digital), perteneciente a la familia RG y de la serie **LV-77S** cuyo fabricante es **CANARE**, marca muy usada en los estudios de televisión y sobre todo en los cableados analógicos actuales. En la tabla 7.15 se detalla las características del cable elegido. El tipo de conector para este cable, como se describió anteriormente es el BNC dela serie **BCP-C4B**, de CANARE, figura 7.21. Para el sistema de audio digital usaremos el mismo cable coaxial, y en las etapas en la cuales se presente audio balanceado, se usara cable de tres hilos que según las normas, especifican que se utilice el

conector de audio convencional **XLR** de tres patillas (IEC 268-12) presentado en la figura 7.22, utilizando la patilla 1 para pantalla, y las patillas 2 y 3 para la señal de datos simétrica. Es importante que el lector observe la figura 5.38 del capítulo 5: los paneles de conexión de los convertidores de audio.

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
Principales Aplicaciones	Interconexiones de Video Digital en Serie HDTV y Analógico
Estándares de Video Digital/Analógico	SMPTE-259M/NTSC
Longitud de rollo	300 metros
Peso estándar en 300 metros	22 Kilogramos
Espesor del recubrimiento exterior PVC	1.1 milímetros
Impedancia	75 Ohmios
Longitud Aceptable en transmisión digital a 270 Mbp/s	940 ft mínimo 1210 ft máximo
Valor Nominal de Atenuación A 270 Mbp/s	3.5 dB/100 ft 11.5 dB/100m

**Tabla 7.15** Características Técnicas Principales del cable elegido



**Figura 7.22** Conectores de Audio XLR : hembra y macho de tres pines

## **7.9 PROCEDIMIENTO GENERAL DE INSTALACIÓN DEL CABLE DE FIBRA OPTICA**

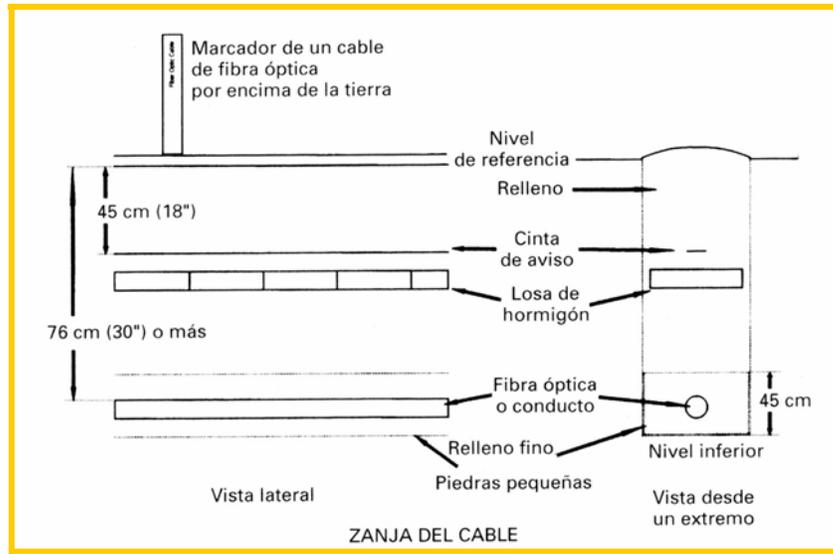
### **7.9.1 EN EXTERIORES**

Las dos instalaciones más populares en exteriores son la **instalación aérea entre postes** y la **instalación de cable enterrado bajo tierra**, para este tipo de aplicaciones generalmente se usa el cable de estructura holgada de exteriores y además se dispone de cables con protección extragruesa y con cubierta blindada o armadura.

Un *cable de fibra óptica se puede enterrar directamente* bajo tierra o situar en un conducto enterrado. La adquisición de maquinaria pesada y especializada para hacer zanjas, es necesario para este tipo de trabajo el cual una vez puesto a punto el proceso de instalación seguirá a buena marcha. En estas instalaciones se utilizan cables especiales para ser directamente enterrados sin protección adicional.

Previo a las excavaciones, se deben investigar las condiciones del suelo a lo largo de la ruta del cable, para determinar la selección del equipamiento de colocación del cable, el tipo de cable o conducto y la profundidad de la instalación. Todas las utilidades que existen bajo tierra, como los cables enterrados, las cañerías y otras estructuras a lo largo de la ruta, deben ser identificadas y localizadas.

La figura 7.23 detalla las dimensiones de un cable de fibra óptica enterrado en una zanja o foso, el cual cuesta más tiempo que hacer surcos directamente, pero permite una instalación más controlada. Las zanjas se cavan a mano o a maquina hasta la profundidad indicada.



**Figura 7.23** Cable de fibra óptica enterrado.

El fondo de la zanja debe ser plano, nivelado y libre de piedras y además estas zanja deben hacerse tan rectas como sean posibles. Justo por encima del cable se puede enterrar una cinta de aviso brillante, para alertar a las futuras operaciones de cavado, para alertar a los obreros de mantenimiento de la presencia del cable enterrado. En presencia de roedores es importante seleccionar cables con una pesada cubierta blindada que proporcione resistencia y protección contra estos animales.

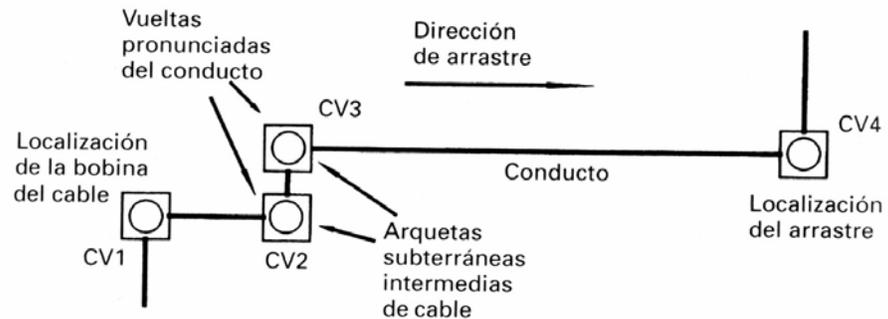
Los empalmes (si los hubiere) se pueden almacenar en cajas de empalme diseñadas para instalaciones subterráneas. Las cajas se entierran a nivel de la superficie para permitir un acceso fácil. Un cable de fibra óptica se puede tender dentro de sistemas de canalización nuevos o existentes. Los conductos o tuberías proporcionan al cable protección y un medio para la instalación y eliminación futura de cables. Los conductos se pueden sobredimensionar, o se pueden instalar conductos sobrantes para permitir la colocación de cables adicionales en la ruta.

La mayoría de las canalizaciones y tuberías se construyen con polietileno de alta densidad (PEAD), PVC o un compuesto de epoxy de fibra de vidrio. Los conductos son frecuentemente de color negro o gris. Los conductos y subconductos tienen un radio de curvatura mínimo. No se deben curvar los conductos más allá de dicho radio. En aplicaciones de cable enterrado se deberían usar conductos de pared gruesa que tengan capacidad para resistir la fuerza de compresión del relleno y del tráfico terrestre.

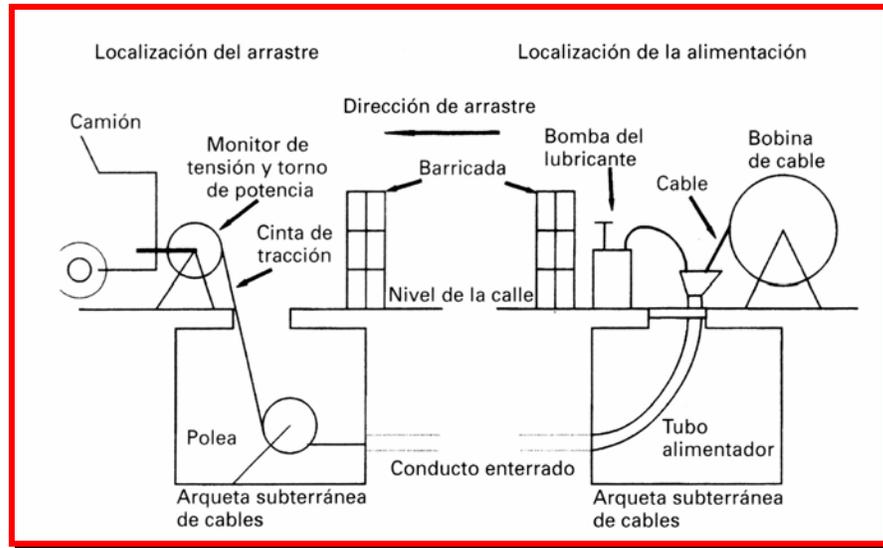
- **Procedimiento de Tendido del cable**

- Asegurarse de guardar las precauciones de seguridad (identificación de arquetas, presencia de gases, combustibles, cables de energía, etc.).
- Preparación, inspección e identificación de los conductos a utilizar. (lubricado, dimensionado, etc.). El propósito fundamental de dicho lubricante es reducir el coeficiente de fricción del cable y, por tanto, reducir la tensión que se ejerce sobre el cable durante el procedimiento de instalación por tracción.
- Preparar cable guía de tracción, de ser preciso (ver figura 7.25).
- Instalar cable guía.
- Respetar los radios de curvatura apropiados.
- Colocar la bobina de cable en los soportes adecuados para facilitar el desencarretado.
- Colocar las poleas y rodillos necesarios para facilitar el arrastre del cable a través de los conductos y arquetas del trayecto.
- Instalar fijador y asegurar al fijador (abrazadera de fijación).
- Atar el cable al fijador en la abrazadera de manera temporal.
- Ajustar el fijador para una adecuada operación.
- Iniciar la operación de estirar a mano sin brusquedad y mantener la velocidad de estirado y lubricar el cable si es necesario. Para minimizar las tensiones del cable, se deberán planificar las localizaciones de las bobinas o carretes que alimentan las arquetas cerca de las curvas más pronunciadas. Los puntos de arrastre y colocación de las bobinas deberían estar, si fuera posible, en las arquetas de las esquinas como lo muestra la figura 7.24.

- En cada arqueta se verificará el guiado del cable y se realizará la reserva de cable si esta es precisa (sobre todo en arquetas de cambio de dirección)..
- Continuar el tendido procurando que los extremos de los cables de cada trayecto, coincidan en una arqueta para su posterior mecanización mediante empalmes. Prever la longitud necesaria para la realización de los empalmes fuera de la arqueta).
- Identificar en las arquetas de empalme, los extremos de cada cable con etiquetas de identificación de cable óptico
- Asegurarse de que durante el tendido (siempre que sea posible mediante tracción manual) se mantienen una holgura de desencarretado de 3 o 4 metros para evitar excesiva fuerza de tracción y rozaduras en el cable.
- Terminado el trayecto deberá realizarse una verificación del tendido del cable óptico mediante un OTDR con el fin de comprobar que no haya sufrido daño alguno el cable (roturas, radios de curvatura excesivos, etc.).
- Acondicionar el cable y cerrar cada una de las arquetas del trayecto correspondiente. (grapeado del cable, identificación de reservas, sellado de conductos, etc.)

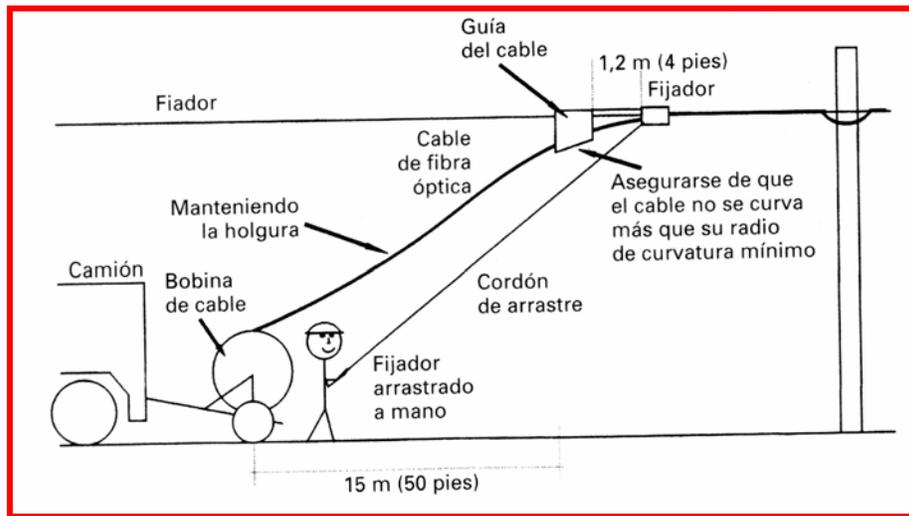


**Figura 7.24** Localización de la tracción y de la bobina



**Figura 7.25** Sistema de tracción de cable en conductos subterráneos

*La instalación aérea* se la realiza atando el cable de fibra óptica a un fiador existente de acero o instalando un cable de fibra óptica auto soportado a lo largo de la distancia entre postes. Ver figura 7.26



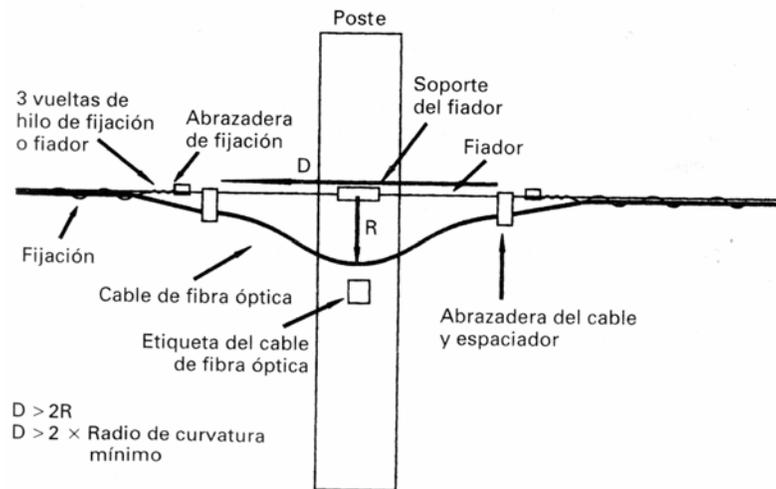
**Figura 7.26** Proceso de instalación Aérea

Entre los postes se instala un fiador de acero, a la tensión y pandeo adecuados para soportar el cable de fibra óptica. Los cables de fibra óptica se colocan junto al fiador mediante camiones y trailer de bobinas de cable. Para asegurar el cable al fiador se utiliza una guía y un fijador de cables. Un camión con una vagoneta aérea debería seguir al fijador con objeto de asegurar que el fijador está actuando correctamente y que el cable se está ajustando adecuadamente a las posiciones de la línea.

- **Procedimiento de instalación aérea**

Asegurarse de guardar las precauciones de seguridad (desconexión eléctrica, etc.).

- Instalar el fiador (correcto conexión a tierra).
- Preparar equipamiento
- Instalar cable guía y fijador al fiador.
- Respetar los radios de curvatura apropiados.
- Elevar el cable de FO hasta el cable guía y fijador.
- Mantener la distancia de seguridad de la bobina de cable (15 mts.) en relación al fijador.
- Instalar fijador y asegurar al fiador (abrazadera de fijación).
- Atar el cable al fiador en la abrazadera de manera temporal.
- Ajustar el fijador para una adecuada operación.
- Fijar un cabo de tiro al fijador.
- Iniciar la operación de estirar a mano sin brusquedad y mantener la velocidad de estirado respetando la distancia de seguridad de la bobina.
- En cada poste se detiene el tendido y se realiza el lazo de expansión (Ver Fig.. 7.27) si este es preciso.
- Continuar el tendido identificando en cada poste con etiquetas de aviso de cable Óptico.
- Cuando sea preciso, las cajas de empalmes se pueden montar en postes o en el cable fiador

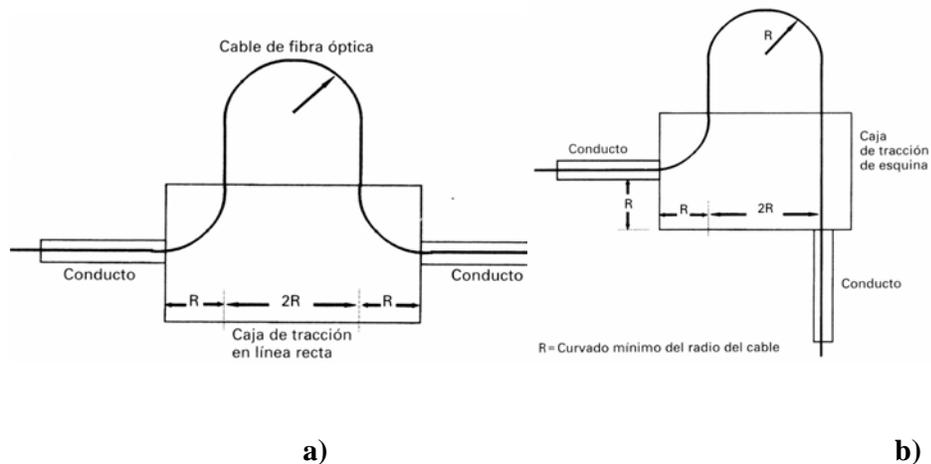


**Figura 7.27** Lazo de Expansión

## 7.9.2 EN INTERIORES

Los cables de fibra óptica se pueden instalar en un conducto existente en el edificio o en una red de bandejas de cables. Tanto para la instalación en exteriores como en interiores una condición crítica es el radio de curvatura. Si se va a tender un cable dentro de un conducto o una bandeja, el radio de curvatura del conducto debe ser mayor que el radio de curvatura mínimo del cable en condiciones de carga. Si se coloca un cable en una bandeja y no se estira, entonces la curvatura de la bandeja puede ser tan pronunciada como el radio de curvatura mínimo del cable sin carga.

Existen una cajas de tracción o tendido y se utilizan para evitar longitudes de conducto grandes, con objeto de facilitar el arrastre y rebajar las tensiones de tracción. Se sitúan generalmente en las curvas o cerca de ellas y en largos tramos rectos. En la figura 7.28 se presenta las cajas de tracción.



**Figura 7.28** Cajas de tracción a) en línea recta b) esquina

Por lo general la instalación en interiores se la realiza a mano. A continuación se detalla el procedimiento general de la instalación.

- **Procedimiento de instalación en interiores**

- Identificar y abrir todas las cajas de tracción, conductos y bandejas de cable, y asegurarse que no estén obstruidas y de que cumplen todos los requerimientos del cable de fibra óptica, como ,por ejemplo el radio de curvatura.
- Se instala en la ruta completa del conducto-bandeja un tramo continuo de cinta de tracción.
- Atar al cable el orificio de tendido y el eslabón giratorio. Asegurarse de que tanto el orificio de tendido como el conjunto del eslabón giratorio no tienen esquinas afiladas y se pueden fijar fácilmente a lo largo de todos los conductos, cajas de tracción y bandejas de cable
- Atar la cinta de tracción instalada al eslabón giratorio.
- Tirar a mano del cable a lo largo de la primera sección del conducto-bandeja y fuera de la primera caja de tracción.
- Enrolle el cable sobre el suelo, formando una figura en 8 para evitar torsiones. Continúe con la tracción del cable hasta que se haya tendido todo el cable a lo largo de la primera sección.

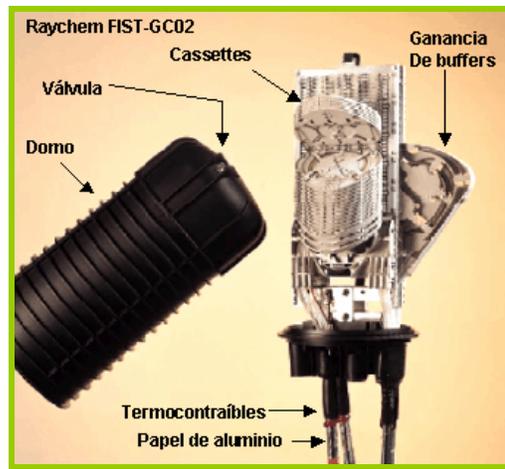
- Vuelva a alimentar de cable la caja de tracción y tienda el cable hasta la siguiente caja. Continué este procedimiento hasta que se haya instalado todo el cable.
- Si se encuentra bandejas de cable en la ruta, en ves de seguir tendiendo el cable se puede acomodar el cable en ellas.
- Dependido del diseño de ingeniería, se deberían dejar enrollados al menos seis metros de cable para empalmes futuros y conexiones a armarios.
- Finalmente, se debería probar el cable de fibra óptica, para asegurarnos de que durante la instalación no ha sufrido ningún daño.

## **7.10 EMPALMES Y TERMINACIÓN DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA**

El empalme de fibra óptica es la técnica que se utiliza para unir permanentemente dos fibra ópticas en una conexión de bajas perdidas. Esta conexión se puede realizar usando dos métodos de empalme : empalme por fusión o empalme mecánico. El empalme por fusión proporciona la conexión de perdidas más bajas. Para realizar el empalme de la fibra esta técnica utiliza un dispositivo denominado empalmadora de fusión. Una buena empalmadora de fusión proporciona empalmes consistentes, con bajas perdidas, generalmente 0.1 dB para fibras Monomodo o Multimodo.

Por su parte el empalme mecánico es una técnica alternativa de empalmado que no requiere una empalmadora de fusión. Utiliza un pequeño empalme mecánico, aproximadamente de 6 cm de largo y de 1 cm de diámetro que une permanentemente las dos fibras ópticas. Un empalme mecánico es un conector de fibra pequeño que alinea dos fibras desnudas de manera precisa y que les asegura mecánicamente. En el mercado existen empalmes mecánicos para fibras Monomodo o Multimodo. Las perdidas de conexión de los empalmes mecánicos son mayores que las de los empalmes por fusión y están en el rango comprendido entre 0.1 y 0.8 dB.

Las cajas de empalmes se utilizan para proteger del entorno tanto el cable de fibra óptica pelado como los empalmes. Hay cajas para montajes interiores y exteriores. Los empalmes exteriores se protegen dentro de una caja de empalme, la cual posee en un extremo unos tubos cerrados que se cortarán en su extremo por donde deba pasar un cable, para luego sellarse con termocontraíbles. La caja posee una tapa o domo que se cierra sobre la base con una abrazadera sobre un o-ring. Sobre el domo se encuentra la válvula de presurización. La de tipo exterior debería ser a prueba de intemperie y con un sellado impermeable. La figura 7.29 muestra una caja de empalmes típica.



a)

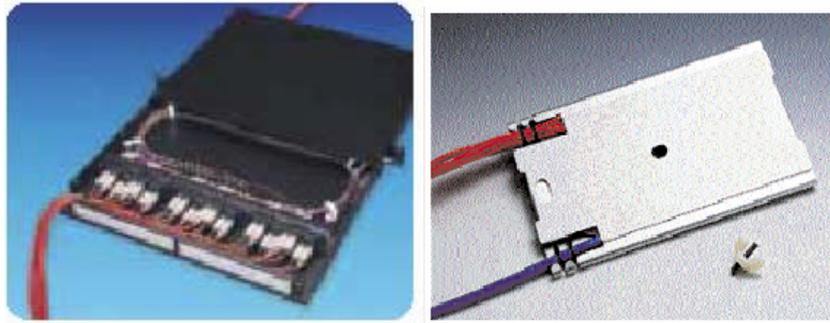


b)

**Figura 7.29** Caja de empalmes a ) Uso Exterior / aéreo b) montada en pared

La bandeja de empalmes como se ilustra en la figura 7.30, se usan para proteger y mantener los empalmes individuales tanto mecánicos como por

fusión y usada en interiores. Una bandeja de empalme diseñada para 810 nm puede causar una atenuación adicional a un longitud de onda de 1550 nm. Debería especificarse siempre la longitud de onda óptica de operación a la hora de comprar las bandejas.



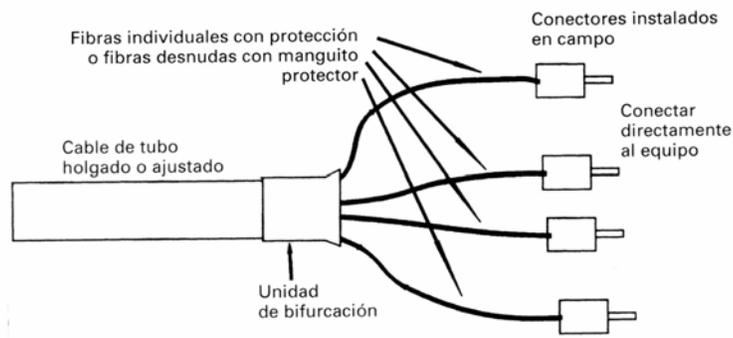
**Figura 7.30** Bandeja de empalmes

Existen dos técnicas diferentes para terminar una fibra óptica:

- Técnica instalable en campo (in situ)
- Técnica del pigtail o latiguillo

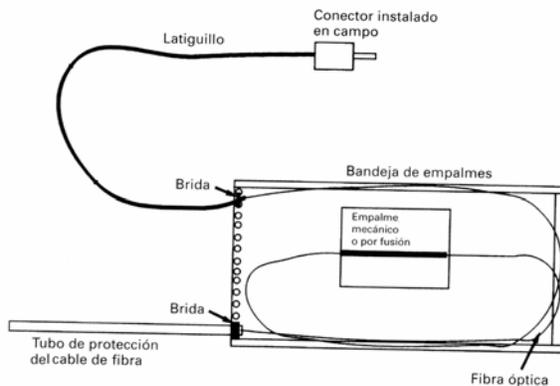
La técnica del conector instalable en campo permite la terminación directa de las fibras ópticas utilizando conectores especialmente diseñados. Para este propósito. El procedimiento de instalación implica el fijado del conector a la fibra óptica del cable con epoxy y luego el pulido del extremo del conector para proporcionar un conector de bajas pérdidas. La ventaja de esta técnica es que no se requieren empalmes para la terminación. Para una instalación que use cable de estructura ajustada con un bajo número de fibras, esta técnica puede resultar atractiva.

La desventaja de esta técnica es que lleva mucho tiempo y que no es popular para la terminación de fibras ópticas. Se requiere el curado del pegamento del conector y un meticuloso pulido de la fibra. Para fibras Multimodo, la calidad resultante de la conexión es generalmente buena. Los conectores se pueden instalar tanto en un cable de fibra óptica ajustada como holgada. En la figura 7.31 presenta la terminación de un cable de FO in situ.



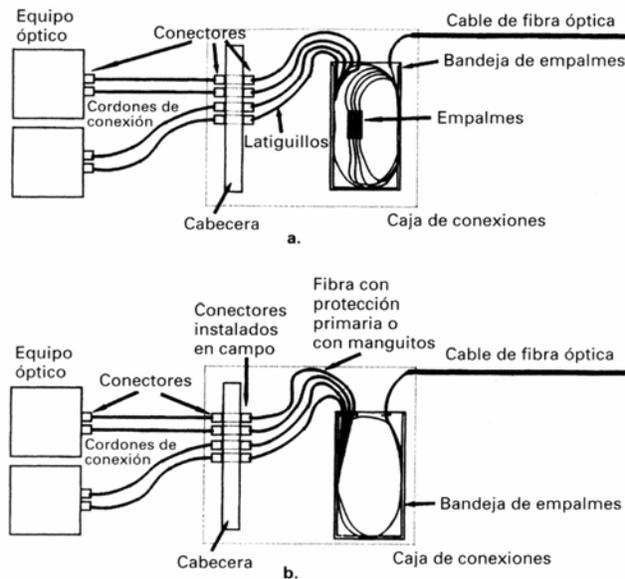
**Figura 7.31** Conector instalable en campo

La terminación con latiguillo implica el empalme de un latiguillo ensamblado en fabrica con una fibra óptica. Esto asegura una instalación de calidad del conector, con bajas pérdidas de potencia y bajas pérdidas de retorno en la conexión. Se utilizan frecuentemente una bandeja de empalmes y una caja de empalmes para alojar el empalme y el conector. El latiguillo puede tener cualquier longitud, permitiendo la mejor disposición de la fibra óptica en los armarios del equipamiento. Este es el camino más fácil para terminar un cable de FO (Fibra óptica) y puede ahorrarnos mucho tiempo en terminaciones de cable con una gran número de fibras. La desventaja de este método es de alto costo de un latiguillo si se compara con un conector instalable en campo. Este método es popular para fibras Monomodo y para terminaciones de cables de estructura holgada. En la figura 7.32 muestra la terminación de FO con latiguillo.



**Figura 7.32** Terminación de FO con latiguillo.

Otro tipo de terminación más versátil es el uso de un panel de conexiones, el cual proporciona una conexión e identificación rápida y fácil de la fibra y permite además la conexión cruzada entre el equipamiento y otros cables de fibras. El cable de FO se puede terminar usando la técnica del latiguillo o la del conector instalable en campo. La figura 7.33 a. Es un diagrama de la configuración de la terminación en latiguillo. Las FO del cable se empalman a los latiguillos, que a su vez se conectan a los adaptadores de la cabecera del panel de conexiones. La figura 7.33 b. Muestra la configuración del conector instalable en campo. Las FO del cable se terminan in situ y luego se conectan a los adaptadores del frontal del panel de conexiones. No se requiere empalmes.



**Figura 7.33** Terminación en panel de conexiones.

## 7.11 MANEJO DEL CABLE

Debido a las propiedades vítreas de un cable de FO siempre se debe manejar el cable con cuidado. Las fibras de vidrio se rompen fácilmente si se ignoran las técnicas propias de manejo. A continuación se resume algunas precauciones que se deben llevar a cabo en la manipulación del cable de FO.

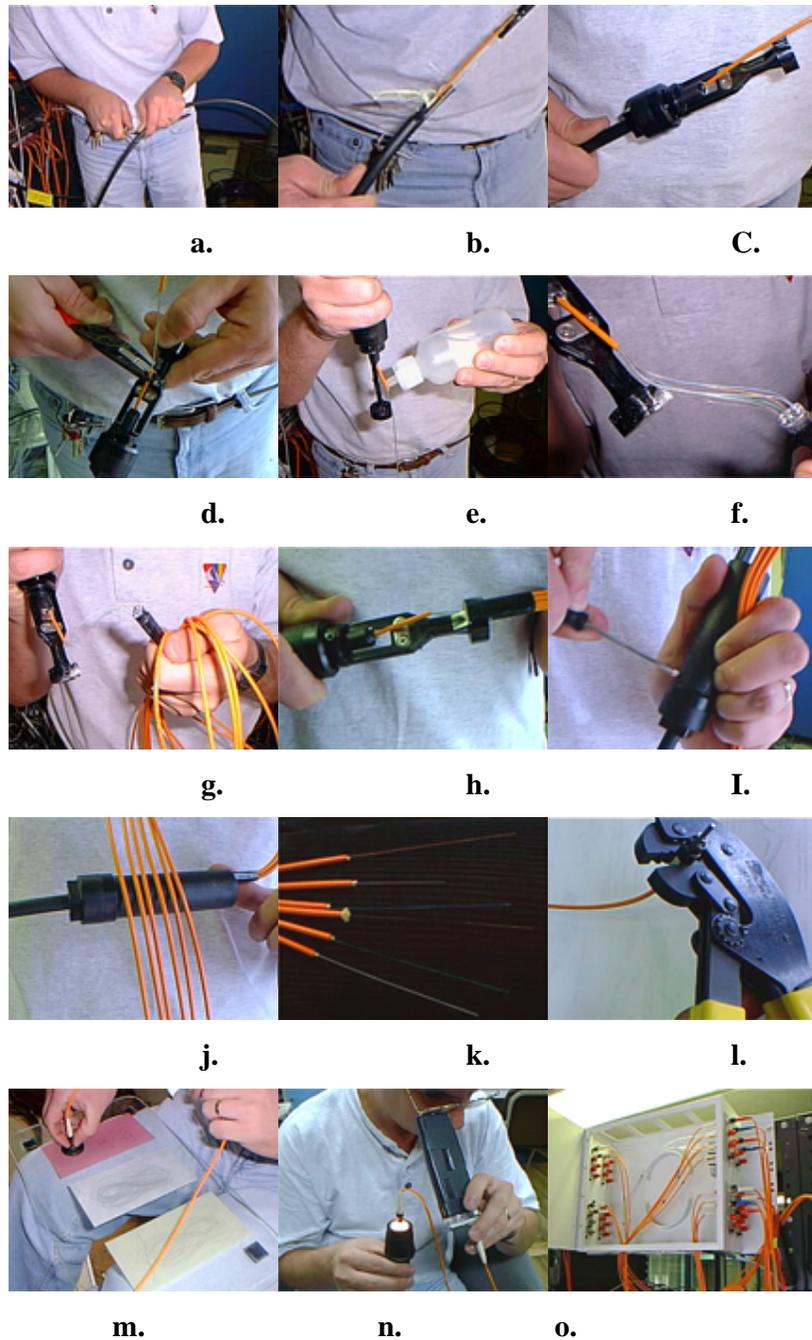
## **SEGURIDAD EN EL MANEJO.**

- CORTE Y PELADO DEL CABLE ( uso de guantes y gafas de seguridad)
- TROZOS DE FO (depositados en contenedores, utilización de pinzas)
- LUZ DE LÁSER (no se debe mirar al extremo de una FO( Prever la conexión del láser)
- TENSIÓN DEL CABLE (precaución a la tracción mecánica, efecto latigazo)
- SOLVENTES Y SOLUCIONES DE LIMPIEZA (evitar exposición prolongada, riesgo incendio e intoxicación)
- EMPALMADORA DE FUSIÓN( alto riesgo de exposición a chispa eléctrica).

## **CUIDADO EN EL MANEJO.**

- RESPETAR RADIOS DE CURVATURA
- VARIABLE SEGÚN EL Ø EXT. DEL CABLE ( Ej. 20 Ø E.)
- DISTINTO DURANTE LA INSTALACIÓN (mayor que después de la misma)
- VARIABLE SEGUN LA LONGITUD DE ONDA ( a 1.550 nm mayor que a 1.310 nm.)
- TENSIÓN DE TENDIDO
- MENOR A LA DE LOS CABLES CONVENCIONALES ( Generalmente especificada por el fabricante.)
- PREFERIBLEMENTE TENDIDO MANUAL (Siempre que esto sea posible)
- TENDIDO ASISTIDO (Control de la tracción: manual o automática)
- MANTENER LAS CARGAS POR DEBAJO DE LAS ESPECIFICADAS.

No respetar el radio de curvatura mínimo, las condiciones de carga u otras recomendaciones pueden dañar el cable y/o aumentar la atenuación. En la figura 7.34 desde la a. Hasta la o. Se presenta una secuencia de la preparación del la FO para su instalación en el panel de conexiones:



**Figura 7.34** Manejo de la Fibra óptica y proceso para la instalación en el panel de conexiones

✂ En la figura 7.34 a. podemos ver el inicio del proceso para la preparación de un Cable de Fibra Óptica que será conectado a un panel

de distribución. Como primer caso, la cubierta exterior del cable de Fibra Óptica debe ser cuidadosamente retirada.

✂ En **b.** la cubierta ha sido separada, ahora se debe retirar con cuidado para que el delgado tubo que contiene las fibras ( en nuestro caso 6) no se rompan o se quiebren todas o algunas de las fibras. En caso de quebrarse alguna fibra se deberá iniciar todo el proceso, lo cual implica pérdida de materiales y tiempo.

✂ En **c.** ahora se acaba de montar en el cable un soporte especial, el cual llevará acoplado el o los bifurcadores que separarán cada una de las fibras. El tubo que contiene las fibras es de color anaranjado, como se muestra en la imagen.

✂ En **d.** ahora, el técnico ha separado el tubo que contiene las fibras. Este proceso se lleva a cabo con herramientas especiales, que permiten un mayor margen de seguridad, evitando así la rotura de alguna de las fibras. En la fotografía se pueden ver las seis Fibras Ópticas de este cable.

✂ En **e.** las fibras dentro del tubo vienen inmersas en una "jalea" especial que las aísla de agentes externos como la humedad. Esta jalea debe ser retirada totalmente de Cada una de las fibras, para luego instalar el bifurcador. En este caso, se está procediendo a limpiar las fibras con Alcohol Isopropílico

✂ En **f.** aquí, la imagen nos muestra cuando las seis fibras han sido introducidas en el bifurcador. De uno de sus extremos salen seis tubitos de hule suave (color anaranjado), lo que permite manipular las fibras fácilmente. En el otro extremo se encuentran los minúsculos orificios por donde son introducidas las fibras.

- ✘ En **g.** ahora podemos apreciar más detalladamente el soporte y el bifurcador, los cuales deberán ser acoplados. Este es un bifurcador para 6 fibras, existen de otras capacidades. En esta imagen y en la anterior ya podemos ver las delgadísimas fibras en las que se ha estado trabajando.
  
- ✘ En **h.** a esta altura del proceso podemos ver acoplados el soporte con el bifurcador de fibras. Podríamos decir que la parte más delicada del procedimiento a terminado.
  
- ✘ En **i.** ahora se procede a instalar la cubierta del soporte, la cual le dará fortaleza y seguridad a esta parte del cable de Fibra Óptica. Esta cubierta plástica es asegurada por dos tornillos a la base del soporte
  
- ✘ En **j.** Así podemos apreciar el soporte terminado y los seis tubos anaranjados del bifurcador, conteniendo cada uno de ellos una fibra.
  
- ✘ En **k.** En esta imagen tenemos el otro extremo de los tubos del bifurcador, así como también la salida de las seis Fibras Ópticas. En estos extremos de las fibras se procederá a instalar los respectivos conectores a cada una de ellas.
  
- ✘ En **l.** En el proceso de instalación del conector para fibra, procedimiento que también se ejecuta con herramientas especiales, podemos ver la "remachadora", utilizada para fijar y sellar los conectores. Después de instalado el conector, se corta la fibra y se procede a pulirla en la punta de cada uno de los conectores.
  
- ✘ En **m.** La fibra deberá quedar bien pulida para así evitar pérdidas durante la transmisión de la señal de luz. En el pulido se utilizan tres tipos de lija muy fina: la de color rojo que es de 1 micra, la amarilla de

0.5 y la blanca de 0,38micras. El proceso se hace a partir de la más gruesa hasta finalizar en la más delgada.

✂ En n. Todo este proceso hasta ahora descrito, termina con el análisis del acabado de la fibra, para ello usamos un microscopio y un emisor de luz. Con este microscopio se puede observar el pulido de la fibra durante el proceso ya sí poder decidir el momento en que la fibra se encuentra perfectamente pulida y terminada.

✂ En o. Observamos el panel de conexiones el cual puede albergar hasta 24 Fibras Ópticas. La función del panel es poder interconectar cada una de las fibras con los respectivos equipos transmisores / receptores tal como se describió en la parte 7.10.

## **7.12 ANALISIS DE LA RUTA GAMAVISIÓN-CERRO DEL CARMEN PARA EL TENDIDO DEL CABLE**

El punto de partida del cable de FO, como sabemos es el estudio de Televisión de Gamavisión, situado en Abel Romero Pastillo #114 y Av. De la Américas a un costado de las instalación de Suratel y TC televisión y la parte final del tendido termina en el centro de transmisión de dicha estación de televisión, ubicado en la Av. De la Antenas, aun costado del Edificio de Ecuatronix y Radio Costanera, en el Cerro del Carmen.

La factibilidad de la ruta elegida, es un parámetro que establece la facilidad en el momento de la instalación, tales como la accesibilidad a los puntos en los cuales se coloquen los lazos de expansión y para algún tipo de mantenimiento preventivo o correctivo. La seguridad del cable y equipos de FO así como del personal técnico de instalación es un aspecto muy importante que se debe tomar en cuenta en el momento de la elección de la ruta ante posibles daños provocados por intentos de robo, futuras construcciones, postes en mal estado etc. Los puntos más críticos de la ruta se presentan en el

momento que el cable de FO realiza un cruce en avenidas anchas y de alto tráfico vehicular sobre todo en el paso de vehículos pesados que podrían tumbar al cable provocando un corte en el enlace y gastos adicionales de reparación. Cuando nos referimos a gastos estamos hablando básicamente a la parte económica de la instalación y tendido de la fibra. Debemos analizar los costos estimados de materiales, equipos, mano de obra, mantenimientos posteriores y costos para la disposición de infraestructura adecuada para el tendido.

Tal como se describió anteriormente existe dos maneras de instalación del cable de FO, los cuales son tendido aéreo para lo cual se usan los postes de alumbrado eléctrico y el canalizado. Gran parte de nuestro tendido se lo realizara por postes de la empresa eléctrica evadiendo y respetando las zonas de regeneración urbana que lleva a cabo el Municipio de Guayaquil, el cual ha establecido la no ubicación de cables colgantes que afecten a los trabajos de regeneración y por ende a la excelente vistosidad de la ciudad que esto conlleva.

Uno de los principales objetivos, del recorrido era buscar la ruta apropiada que nos lleve hacia una de las vías alternas para la subida al Cerro del Carmen en dirección Norte a Sur, sin necesidad de ingresar al centro de la ciudad y zonas regeneradas. Esta vía alterna (acondicionada a partir de la construcción de los túneles) es la calle Sargento Buitrón a la cual se la considero como vía de rápido acceso al cerro para el tendido del cable de FO. Según el plano D existen dos vías alternas más para subir al Cerro del Carmen, una es por Ecuavisa (parte regenerada) y la otra vía que se comunica con la calle Alfredo Baquerizo Moreno. El cable de FO como podemos apreciar necesariamente debe ingresar al centro de la ciudad y con la necesidad de instalación de ducteria en algunos tramos de regeneración urbana, aumentando los costos de instalación y permisos municipales. Por estos antecedentes se eligió la primera alternativa inicialmente mencionada.

Para el análisis de la ruta se usaron algunos planos de la ciudad que detallan la ubicación de postes de alumbrado eléctrico, calles y principales avenidas de acceso. La tabla 7.16 nos detalla las características de la ruta Gamavisión – Cerro del Carmen.

<b>RECORRIDO</b>	<b>NÚMERO DE POSTES</b>	<b>TRAMO (PLANO E1)</b>	<b>DISTANCIA EN METROS DEL RECORRIDO (PLANO E)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>PLANO A</b>				
Estudio Gamavisión- Abel Romero Pastillo-Av. Juan Tanca Marengo- Alberto Borges <b>Figura 7.35 a al f</b>	30	1	1060.93	En la intersección de las calles Abel Romero Pastillo y Av. Juan Tanca Marengo el cable de FO realiza un cruce para tomar la Av. J.T.Marengo en dirección Norte a Sur
<b>PLANO B</b>				
Alberto Borges-Av. De las Américas - Av. Carlos Plaza Dañin. <b>Figura 7.35 g al l</b>	21	2	825.56	El cable de FO realiza nuevamente otro cruce sobre la Av. De las Américas para tomar la Av. Carlos Plaza Dañin e ingresar a la Ciudadela la Atarazana
<b>PLANOS B-C</b>				

<p>Carlos Plaza Dañin y Av. De las Américas – Nicasio Safadi (Cdla. la Atarazana)</p> <p><b>Figura 7.35 m al q</b></p>	25	3	802.81	<p>El cable de FO realiza un tercer cruce sobre la Av. Carlos Plaza Dañin en la Cdla. La Atarazana para luego tomar la calle Nicasio Safadi en dirección Norte a Sur</p>
<b>PLANO C</b>				
<p>Av. Carlos Plaza Dañin y Nicasio Safadi – Sufragio Libre – Av. Pedro Menéndez Gilbert (Sector Hospital de niños Alejandro Mann)</p> <p><b>Figura 7.35 r</b></p>	35	4	1024.36	<p>Un nuevo cruce se realiza sobre la Av. Pedro Menéndez Gilbert, esta avenida es muy usada por algunos vehículos de transporte pesado para lo cual se debe tomar muy en cuenta la altura para la instalación del cable.</p>
<b>PLANO D</b>				
<p><b>Sargento Buitrón</b>-calle del Lorenzo Ponce (Sector Cementerio General)</p> <p><b>Figura 7.35 s</b></p>	19	5	946.80	<p>Sobre la calle Sargento Buitrón se encuentran ubicados los túneles del cerro del Carmen (Zona Regenerada)</p>

<b>al v</b>				
Calle del Lorenzo Ponce. – Av. De las Antenas (Cerro del Carmen) – Centro de Transmisión Gamavisión <b>Figura 7.35 w</b> <b>al ad</b>	12	6	590.27	En su trayecto por la Calle del Lorenzo Ponce. la FO sale directamente a la intersección con la Av. De las Antenas a un costado de los antiguos tanques de agua para tomar su recorrido final hacia el centro de transmisión de Gamavisión.

**Tabla 7.16 CARACTERISTICAS DE LA RUTA ESTUDIO DE TELEVISIÓN GAMAVISIÓN – CENTRO DE TRANSMISIÓN.**

En el siguiente cuadro se resume los valores de la ruta en el cual se ha considerado la cantidad total de postes y la distancia entre el estudio de Gamavisión y su centro de transmisión en el cerro del carmen.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL DE POSTES</b>	<b>DISTANCIA TOTAL EN METROS</b>	<b>DISTANCIA TOTAL EN KILÓMETROS</b>
<b>CANTIDAD</b>	<b>142</b>	<b>5250.73</b>	<b>5.25073</b>

**Tabla 7.17** Resumen Cuantitativo de la Ruta

# PLANO A

CRUCE



GAMA  
VISION

stitucion

Abel Romero Pastillo Abel Romero Pastillo

Decima

Novena

Octava

Septima

Sexta

Quinta

Cuarta

Tercera

Segunda

Primera

FIBRA  
OPTICA



Aviles Aguirre  
Pastino Cornejo

Alberto Borges

Arbolada Zavalala

Eugenio Almazan

Jose Alavedra Tama

Juan Rolando Goeldi

Francisco Rodriguez Gazon

Beneta

Montana

Allan Shaboo

Mr. Paul Bandares Dues

Charles Lindberg Charles Lindberg

John Galen

Mr. Fernando Vas

Cap. Rodrigo R

sbnte. Manuel E

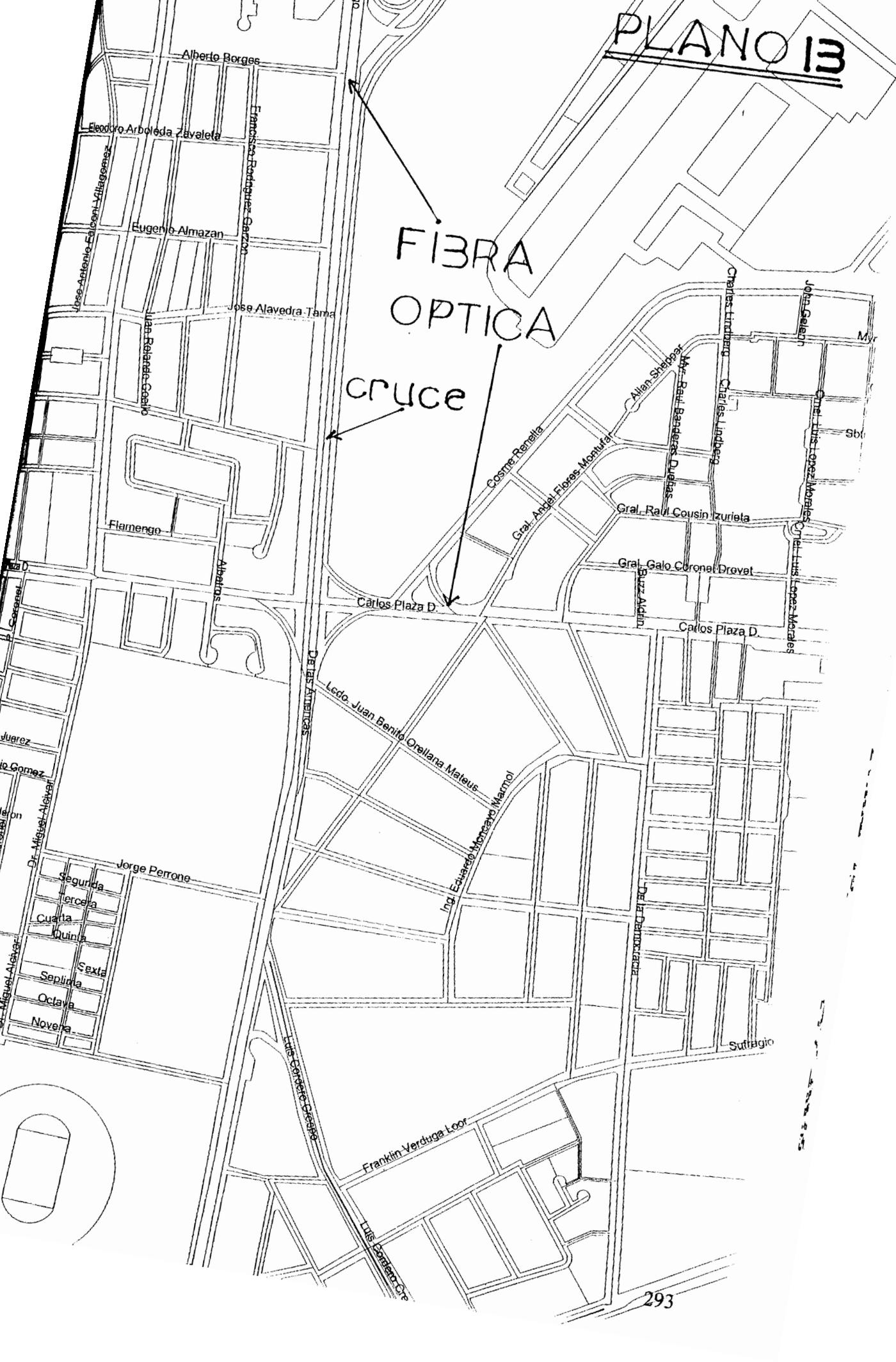
292

Enle. Pyro

# PLANO 13

FIBRA OPTICA

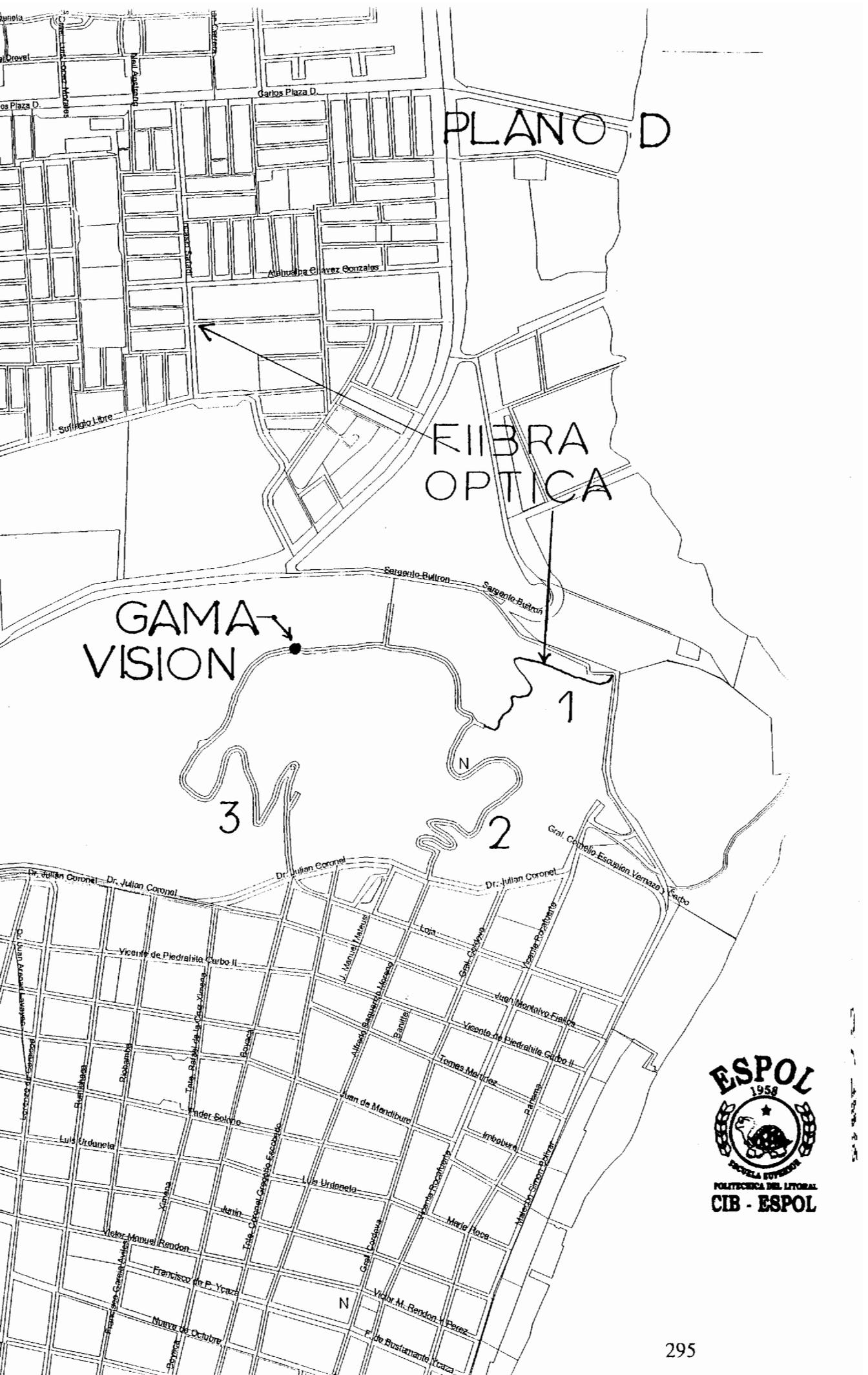
CRUCE



# PLANO C

Pedro Menéndez Gilbert





PLANO D

FIBRA OPTICA

GAMA VISION

3

2

1



POLITECNICA DEL LITORAL  
CIB - ESPOL



TRAMO 2: 825.56 m

TRAMO 1: 1060.93 m

F.O. 6 HILOS

TRAMO 3: 802.81 m

TRAMO 4: 1024.36 m

TRAMO 5: 946.80 m

CENTRO DE TRANSMISIÓN  
C. CARMEN

TRAMO 6: 590.27 m

296



G1

Vista Panorâmica:  
recorrido F. O.

G2

PLANO E



a)



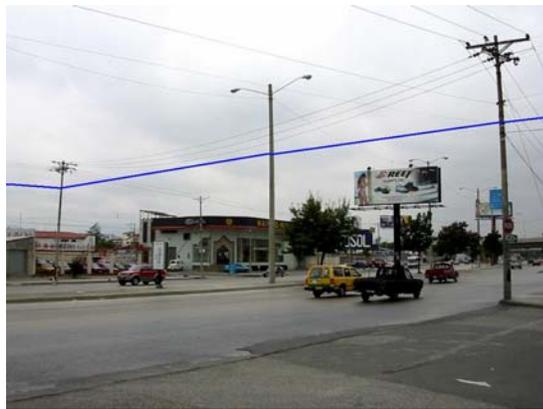
b)



c)



d)



e)



f)



**g)**



**h)**



**i)**



**j)**



**k)**



**l)**



m)



n)



o)



p)



q)



r)



s)



t)



u)



v)



w)



x)



y)



z)



ab)



ac)

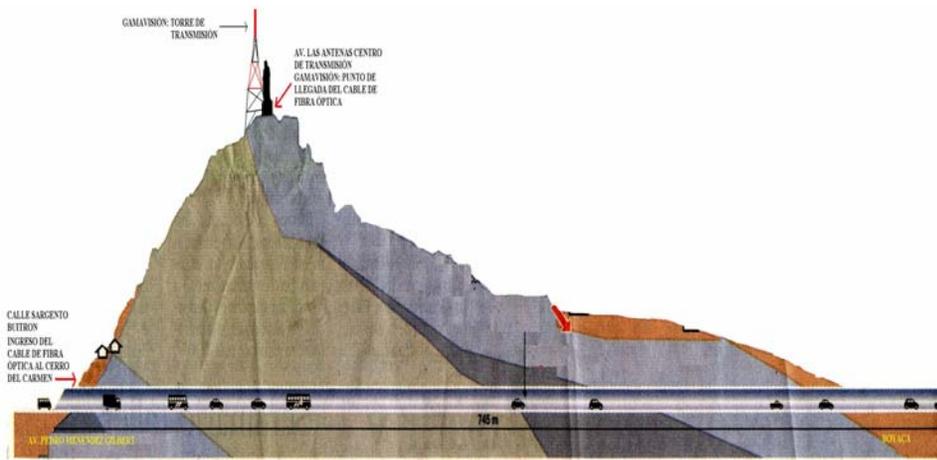


ad)



**Figura 7.35** Recorrido del cable de Fibra óptica : Tendido Aéreo.

En la figura 7.35 se muestra una sucesión de imágenes, en la cual podemos ver diferentes tramos de la ruta ya establecida. Desde el estudio de televisión de Gamavisión hasta su centro de transmisión, esta serie de tomas abarca en forma general el recorrido del tendido del cable de FO, vías de acceso y puntos de cruce. Con el propósito de representar la magnitud de la altura del Cerro del Carmen, la figura 7.36 nos muestra al cerro en vista lateral y además nos señala los puntos de ingreso de la FO al cerro y el punto de terminación del tendido.

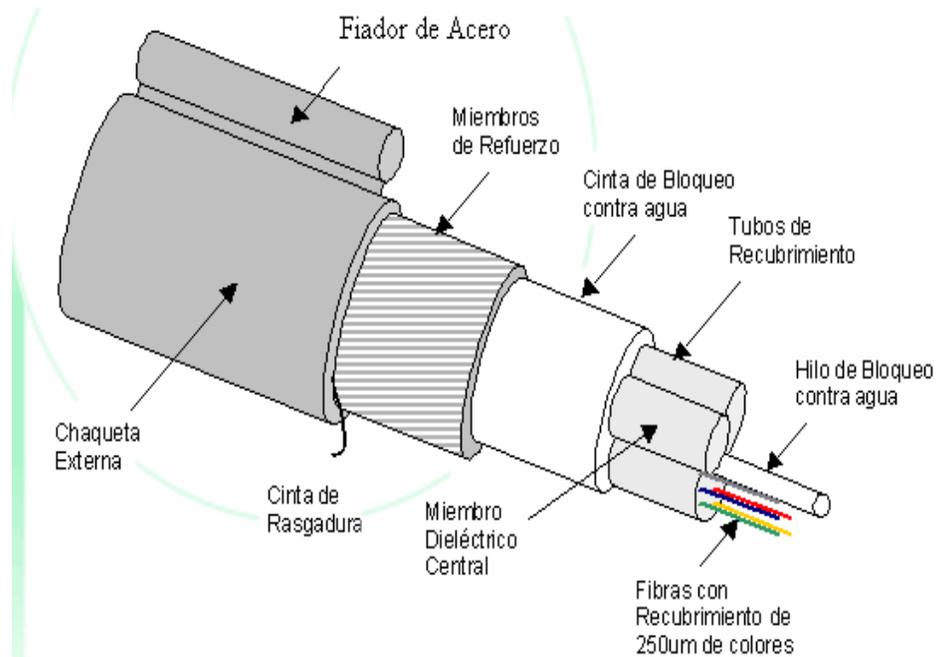


**Figura 7.36** Vista lateral Cerro del Carmen

- **Elección del Cable óptico de 6 fibras para el Tendido Aéreo**

Considerando la tabla 7.17 y el tipo de tendido elegido (TENDIDO AEREO), necesitamos un cable óptico, para exteriores el cual debe ser fuerte, a prueba de intemperie y resistentes al ultravioleta (UV) el cable debe resistir las variaciones máximas de temperatura que se pueda dar durante el proceso de instalación y a lo largo de su vida útil. A menudo un cable se especifica con dos rangos de temperatura. Un rango especifica las temperaturas de instalación y manejo del cable y el otro rango indica el máximo rangos de temperaturas del cable después de que éste esté instalado y se halle en su posición estática final.

Se ha escogido el diseño “Figura 8” (capítulo VI) el cual permite que la instalación sea de un solo paso, reduciendo así los costos de instalación (figura 7.37). Requiere herramientas y métodos de instalación estándar de Figura 8. Además está diseñado para aislar las fibras de los rigores de la instalación en condiciones de carga de tormenta y Puede ser instalado en tramos de más de 500 pies (150 metros) bajo condiciones de tormentas fuertes. La chaqueta PE es fuerte, duradera y fácil de remover (Polietileno PE, es una cubierta de protección del cable bastante común para instalaciones exteriores. La cubierta de tipo negro tiene una buenas propiedades de resistencia frente a la intemperie y la humedad).



**Figura 7.37** Estructura interna del Cable óptico a usar

En la tabla 7.18 se detalla las características técnicas del cable de FO a usar en el tendido seleccionado.

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>Especificaciones Mecánicas:</b>	
Temperatura operativa	Almacenaje: -40°C a + 70°C  Instalación: -30°C a +70°C  Operación: -40°C a +70°C
Instalaciones Típicas	Externas, aéreas, Auto-soportadas
Numero de Fibras	6
Tipo de Fibras	Monomodo
Número de tubos	5
Peso Nominal	316 Kg. / Km.
Diámetro Externo Nominal	11.5 mm
Radio Mínimo de Curvatura	Cargado: 17.3 cm Instalado : 23.2 cm
Máxima Tensión de Carga	Cargado: 2700 N Instalado : 890 N
Largo Nominal	2000 m
<b>Rendimientos de Transmisión :</b>	
Rendimiento	Monomodo (1310 / 1550 nm)
Atenuación Máxima	0.4 dB / Km.
Coefficiente de dispersión a 1310 nm	3.5 ps/ nm * Km

**Tabla 7.18** Características Técnicas de la Fibra óptica a usar en el tendido Aéreo

## 7.13 PLANIFICACIÓN DEL ENLACE

La atenuación, el ancho de banda y las pérdidas totales del enlace, son los factores más importantes a considerar en el diseño de enlaces por fibra óptica.

La atenuación es la pérdida de potencia óptica en una fibra, y se mide en dB y dB / Km. Una pérdida del 50% de la potencia de entrada equivale a -3dB. Las pérdidas pueden ser intrínsecas o extrínsecas.

**Intrínsecas:** dependen de la composición del vidrio, impurezas, etc., y no las podemos eliminar.

Las ondas de luz en el vacío no sufren ninguna perturbación. Pero si se propagan por un medio no vacío, interactúan con la materia produciéndose un fenómeno de dispersión debida a dos factores:

- Dispersión por **absorción:** la luz es absorbida por el material transformándose en calor.
- Dispersión por **difusión:** la energía se dispersa en todas las direcciones.

Esto significa que parte de la luz se irá perdiendo en el trayecto, y por lo tanto resultará estar atenuada al final de un tramo de fibra.

**Extrínsecas:** son debidas al mal cableado y empalme.

Las pérdidas por curvaturas se producen cuando le damos a la fibra una curvatura excesivamente pequeña la cual hace que los haces de luz logren escapar del núcleo, por superar el ángulo máximo de incidencia admitido para la reflexión total interna.

- **Atenuación por Tramo**

Es debida a las características de fabricación propia de cada fibra (naturaleza del vidrio, impurezas, etc.) y se mide en dB/Km, lo cual nos indica cuántos dB se perderán en un kilómetro.

- **Atenuación por Empalme**

Cuando empalmamos una fibra con otra, en la unión se produce una variación del índice de refracción lo cual genera reflexiones y refracciones, y sumándose la presencia de impurezas, todo esto resulta en una atenuación. Se mide en ambos sentidos tomándose el promedio. La medición en uno de los sentidos puede dar un valor negativo, lo cual parecería indicar una amplificación de potencia, lo cual no es posible en un empalme, pero el promedio debe ser positivo, para resultar una atenuación.

- **Margen de reserva de Atenuación**

Constituye el nivel de pérdidas estimadas que nos proporcionara la suficiente confianza para mantener el debido funcionamiento del equipo de comunicaciones a lo largo de la vida del sistema. Con el tiempo, todos los sistemas se degradan de manera apreciable. Este aspecto debería ser previsto en la etapa de diseño del sistema con el fin de maximizar la vida del mismo. Factores que contribuyen a la degradación de la fibra óptica son la atenuación debida a la absorción de grupos OH, el decaimiento de la potencia del generador de luz, el decrecimiento de la sensibilidad del receptor, el incremento de las pérdidas del enlace por reparaciones en los empalmes y el incremento de las pérdidas motivado por la contaminación. El calculo margen de reserva de atenuación se realiza mediante un valor estimado, comprendido entre 0.2 y 0 dB / Km, según la tabla 7.19

Para la velocidad de 270 Mbps requerida por el sistema y tratando con fibra óptica Monomodo y una longitud de 1300 nm, en la tabla 7.19 con

valores ya estandarizados, se indica la planificación con todos los parámetros de atenuación que deben tenerse en cuenta para un sistema de 270 Mbps.

	<b>UNIDADES</b>	<b>VALORES</b>
Velocidad de Bits	<b>Mbit/s</b>	<b>270</b>
Tipo de Fibra		Monomodo (1300 nm)
<b>Transmisor Óptico</b>		
Diodo Láser		FPR (Resonador Fabry-Perot)
Longitud de Onda	nm	1290-1330
Ancho Espectral	nm	4
Potencia de Transmisión (detrás del conector)	dBm	-6
<b>Receptor Óptico</b>		
Potencia de Recepción	dBm	-37
Máxima Atenuación en el campo regenerador	dB	28
Coefficiente de atenuación de la fibra	dB / Km.	0.4
Atenuación promedio por empalmes	dB	0.1 – 0.05
Coefficiente de reserva o margen de reparación	dB / Km.	0.2 – 0
Coefficiente de atenuación de la planta del cable	dB / Km.	0.7 – 0.425
Longitud del campo regenerador	Km	40 – 65.8

**Tabla 7.19** Planificación de atenuación total a 1300 nm para un sistema de conductores de fibra óptica con 270 Mbits.

#### □ **Calculo del Coeficiente de Atenuación máximo de la Fibra Óptica**

La longitud del enlace es de 5.25073 Km. En todo el trayecto del tendido se precisan cuatro empalmes, un empalme en cada una de la bandeja de empalmes situada en el rack del departamento técnico del estudio central de Gamavisión y otro en el centro de transmisión, dos empalmes más se usaran para conectar las tres secciones de cable entre si, usando rollos de 2 Km. (Figura 7.38). Los empalmes serán realizados en el exterior, por lo cual se ha elegido el método de fusión con unas perdidas de 0.1 dB. El cable terminara en una bandeja de empalmes y se conectara la fibra óptica a los equipos por medio de latiguillos, y la perdida de estos no se añaden a la instalación del enlace porque ya están especificados en la características técnicas del equipamiento del fabricante. Por lo general los latiguillos son de una longitud de apenas 3 metros, por lo que la atenuación de su fibra óptica es mínima y puede ignorarse.

La siguiente formula, sirve para determinar la atenuación del enlace:

$$a_R = L * \alpha_{LWL} + n * a_{sp} + L * \alpha_{Res} \quad \text{ec. 1}$$

donde:

$a_R$  = Atenuación del campo Regenerador

$L$  = Longitud del Enlace, en Km.

$n$  = Número de empalmes

$\alpha_{LWL}$  = Coeficiente de atenuación, en dB / Km.

$a_{sp}$  = Atenuación de empalmes, en dB

$\alpha_{Res}$  = Reserva de Atenuación, en dB / Km.

Nuestro primer paso, será comprobar el coeficiente de atenuación máximo que puede tener el conductor de fibra óptica a utilizarse en el proyecto.

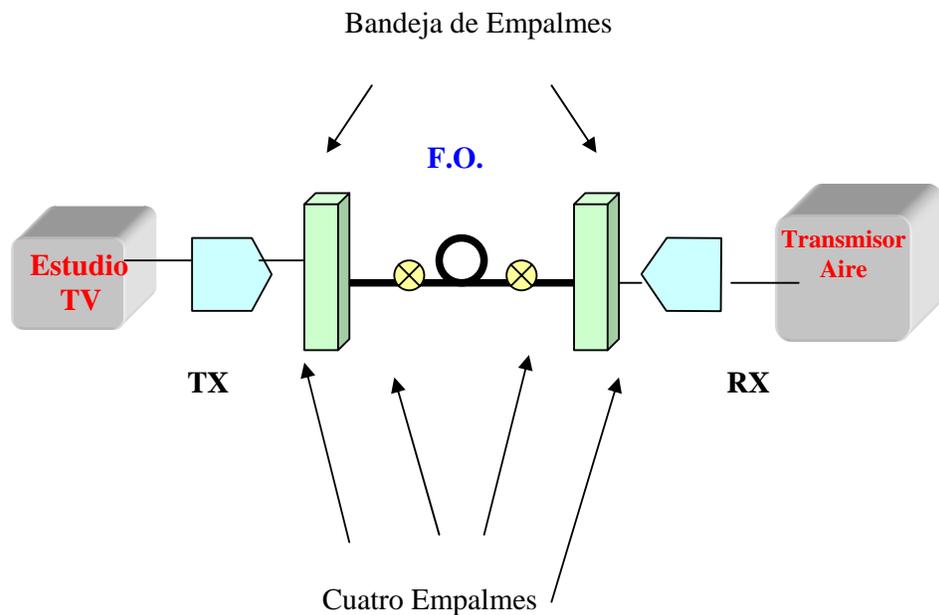
Entonces de ec.1 anterior tenemos:

$$\alpha_{LWL} = \frac{a_R - n * a_{sp} - L * \alpha_{Re s}}{L} \quad \text{ec. 2}$$

De la tabla 7.19 se obtiene los datos para el cálculo de la atenuación:

$$\alpha_{LWL} = 28 \text{ dB} - (4 * 0.1 \text{ dB}) - (5.25073 \text{ Km.} * 0.2 \text{ dB / Km.}) / 5.25073 \text{ Km.}$$

$$\alpha_{LWL} = 5.06 \text{ dB / Km. a } 1300 \text{ nm.}$$



**Figura 7.38** Enlace Estudio de Tv. – Transmisor Aire vía Fibra Óptica

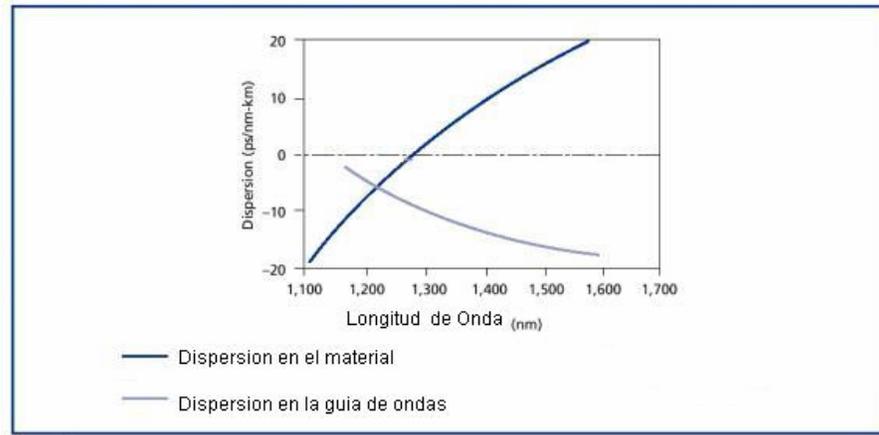
Según el valor determinado de Atenuación, la fibra óptica utilizada para nuestra instalación debería tener una atenuación no mayor que 5.06 dB / Km. a 1300 nm.

#### □ **Cálculo del Ancho de Banda del tendido**

La capacidad potencial de transportar información crece con el ancho de banda del medio de transmisión y con la frecuencia de portadora. Las fibras ópticas tienen un ancho de banda de alrededor de 1 THz, aunque este rango está lejos de poder ser explotado hoy día.

Mientras que con la atenuación se describen las pérdidas de la luz que se producen a lo largo del conductor de fibra óptica, el ancho de banda constituye una medida de su comportamiento dispersivo a lo largo del tendido de la fibra.

Cuando hablamos de comportamiento dispersivo, nos referimos básicamente a la disminución en el ancho de banda originada en las fibras Multimodo por la *dispersión intermodal*, y en el caso de las fibras Monomodo por la dispersión *intramodal o cromática*. La **dispersión cromática** describe la tendencia para diferentes longitudes de onda que viajan a diferentes velocidades en una fibra. En longitudes onda donde la dispersión cromática es alta, los pulsos ópticos tienden a expandirse en el tiempo y provocar interferencia, lo cual puede producir una inaceptable velocidad del bit. La dispersión cromática de una fibra consiste de dos componentes – **Material y Guía de Onda**- como se muestra en la figura 7.39, el componente material depende de las características de dispersión de los dopantes y del silicio de construcción. Estos materiales no ofrecen mucha flexibilidad a ajustes significantes en la dispersión de la fibra, así que ese esfuerzo se ha enfocado en alterar la dispersión de guías de ondas de las fibras ópticas.



**Figura 7.39** Componentes de Dispersión de los Materiales y Guías de onda

Estos dos componentes en la fibra óptica provocan un retardo en la propagación del haz lumínico, retardo que es directamente proporcional a la longitud de la fibra óptica tendida.

Si nuestro transmisor óptico acopla al conductor de fibra óptica Monomodo seleccionado un pulso luminoso con un ancho espectral  $\Delta\lambda$ , el mismo varía en el tiempo a causa de la dispersión cromática  $M(\lambda)$ , expresada en ps / nm.\* Km. Con una duración efectiva del pulso  $T_1$  al principio del conductor y  $T_2$  después de una longitud L, se calcula el ensanchamiento efectivo del pulso  $\Delta T_{ef}$ , expresado en picosegundos (ps) con la siguiente ecuación.

$$\Delta T_{ef} = \sqrt{T_2^2 - T_1^2} = M(\lambda) * \Delta\lambda * L \quad \text{ec. 3}$$

El ancho de banda B del tendido con un conductor de fibra óptica Monomodo se puede calcular con la siguiente expresión que viene dado en función del ensanchamiento efectivo del pulso  $\Delta T_{ef}$ .

$$B \approx \frac{0.441}{\Delta T} \quad \text{ec. 4}$$

Entonces, de las tablas 7.18 y 7.19 obtenemos los valores de  $\Delta\lambda = 4nm$  y  $M(\lambda) = 3.5 \frac{ps}{nm * Km}$ , respectivamente.

De ec. 3 tenemos que:

$$\Delta T = 3.5 \frac{ps}{nm * Km} * 4nm * 5.25073Km$$

$$\Delta T = 73.5 ps$$

De acuerdo con ec. 4 el ancho de banda de nuestro tendido con fibra óptica Monomodo es:

$$B \approx \frac{0.441}{73.5 ps}$$

$$B \approx 6GHz$$

□ **Calculo del Ancho de banda eléctrico requerido por el sistema**

El ancho de banda eléctrico del sistema  $B_{SE}(MHz)$  se determina a partir de la velocidad de transmisión de datos requerida en Mbps entregados por el equipo óptico. El ancho de banda depende del método de modulación. Para una señal del tipo NRZ el ancho de banda del sistema esta expresado por la ecuación:

$$B_{SE} (MHz) = \frac{VelocidadTransmsión(Mbps)}{2} \quad \text{ec. 5}$$

$$B_{SE} (MHz) = \frac{270Mbps}{2}$$

$$B_{SE} (MHz) = 135MHz$$

□ **Perdidas totales del Enlace**

De acuerdo con la tabla 7.9 y con la siguiente relación, podemos calcular las pérdidas totales del enlace:

$$\text{Perdidas Totales del Enlace} = \text{Potencia media Salida transmisor} - \text{Sensibilidad receptor}$$

$$\text{Perdidas Totales del Enlace} = -19 \text{ dBm} - (-29 \text{ dBm})$$

$$\text{Perdidas Totales del Enlace} = \mathbf{10 \text{ dB}}$$

Para determinar las pérdidas en la fibra óptica usamos la siguiente fórmula:

$$\text{Perdidas en la fibra óptica} = \text{Perdidas total del enlace} - \text{Margen óptico} - \text{Pérdidas de empalmes}$$

$$\text{Perdidas en la fibra óptica} = 10 \text{ dB} - 2 \text{ dB} - (4 * 0.1 \text{ dB})$$

$$\text{Perdidas en la fibra óptica} = \mathbf{7.6 \text{ dB}}$$

El margen óptico es un parámetro que permite prever futuras contingencias, como pueden ser empalmes adicionales de fibra óptica, ampliaciones del tendido, conexiones sucias etc, se le ha dado un valor de 2 dB recomendada por algunos fabricantes de fibra óptica. Cabe señalar que los

cálculos de Perdidas en el enlace y fibra óptica, van de acuerdo a los datos técnicos del equipo óptico a usar en el enlace.

### 7.14 EQUIPOS ÓPTICOS EXISTENTES EN EL MERCADO

A parte del equipo óptico seleccionado para nuestro proyecto el OTX/RX-6002 de **LEITCH**, existen en el mercado otros equipos ópticos cuyo funcionamiento y operación son similares a nuestro equipo elegido. Citaremos cuatro fabricantes de equipamiento óptico con su respectiva figura y tabla de características técnicas las cuales nos permiten realizar una comparación de los parámetros más importantes. La figura 7.40 muestra un equipo óptico **GV-270-TV1** de la marca **CRISA** cuyas características técnicas se presenta en la tabla 7.20.



**Figura 7.40** Transmisor y Receptor óptico de **CRISA**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>Entrada de Video Digital</b>	SDI (ITU-R 601)
Ecuación	0- 300 m cable Belden 8281
Ancho de Banda	270 Mbps (SDI)
Tipo de Conector	BNC
Resolución	12 bits
Ganancia Diferencial	< 1%
<b>Salida óptica</b>	
Tipo de Fibra	Multimodo o Monomodo

Longitud de Onda Central	1300 nm
Tipo de Conector	SC
Velocidad de Transmisión	270 Mbps
Instalación	En Racks

**Tabla 7.20** Características técnicas del Transmisor de CRISA

De igual manera en la figura 7.41 se presenta el transmisor y receptor óptico **CI-FOSTREAM-TX/RX** de la marca **COMINTEL**, las dimensiones de equipo son semejantes al de LEITCH, sus características se detallan en la tabla 7.21.



**Figura 7.41** Transmisor y receptor óptico de COMINTEL

CARACTERISTICAS	VALORES / UNIDADES
<b>Transmisor Óptico</b>	
<b>Entrada de video</b>	
Estándar	SDI a 270 Mbps (SMPTE-259 M)
Tipo de conector	BNC, 75 Ohmios
Ecuación	Hasta 300 m de cable coaxial Belden

	8281
<b>Salida óptica</b>	
Velocidad de Transmisión	270 Mbps
Conector Óptico	FC
Perdidas de Retorno	-19 dBm a 270 MHz
Potencia insertada en la fibra	-3 dBm
<b>Receptor Óptico</b>	
<b>Entrada óptica</b>	
Nivel de la señal óptica a la entrada	1mW / 800nA
Longitud de Onda central	1310 nm
Sensibilidad	-31 dBm
Perdidas de retorno	-30 dB
Conector Óptico	FC
<b>Salida de Video</b>	
Estándar	270 Mbps SDI
Nivel de señal de video	0.7 Vp-p a 2 Vp-p

**Tabla 7.21** Características técnicas del Transmisor y receptor Óptico de COMINTEL

Un equipo muy interesante por su tamaño y ampliamente usado en transmisiones de campo, es el fabricado por la marca **MIRANDA**, la figura 7.42 presenta al transmisor y receptor óptico de MIRANDA, **FEO-171p** y **FOE-171-p** respectivamente y en la tabla 7.22 se describen sus características técnicas.

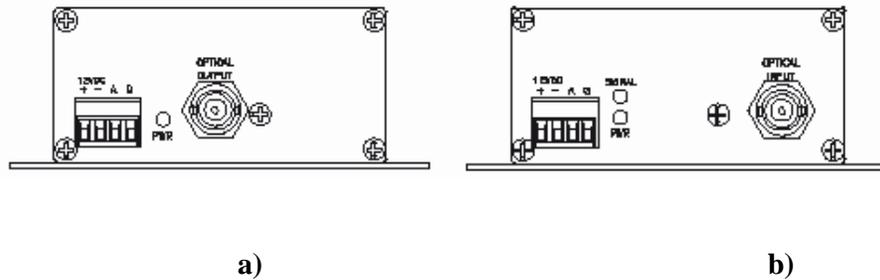


**Figura 7.42** Transmisor y receptor Óptico de **MIRANDA**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>Transmisor Óptico</b>	
<b>Entrada de Video Digital</b>	
Estándar	270 Mbps SDI (SMPTE-259M)
Ecuilización	275 m con cable coaxial Belden 8281
Perdida de Retorno	>15 dB con 270 Mbps
Tipo de conector	BNC, 75 Ohmios
<b>Salida Óptica</b>	
Velocidad de transmisión	270 Mbps
Longitud de onda central	1310 nm
Potencia de Transmisión	-7.5 dBm
Tipo de fibra	Monomodo
Tipo de Conector óptico	SC
<b>Receptor Óptico</b>	
<b>Entrada óptica</b>	
Estándar	270 Mbps
Sensibilidad	-25 dB
Tipo de Fibra	Monomodo
Conector	SC
<b>Salida de Video Digital</b>	
Estándar	270 Mbps SDI
Perdida de Retorno	>15 dB
Conector	BNC, 75 Ohmios

**Tabla 7.22** Características técnicas transmisor y receptor óptico de **MIRANDA**

Por ultimo en la figura 7.43, se presenta el equipo de transmisión video digital sobre fibra óptica, cuyo fabricante es **OPTELECOM**. Estos equipos son muy usados por algunas empresas que ofrecen servicio de televisión pagada de nuestra ciudad debido a su tamaño portátil, semejante al equipo de **LEITCH**. Las características técnicas se detallan en la tabla 7.23.



**Figura 7.43** Equipo óptico **OPTELECOM** a) Transmisor b) Receptor

CARACTERISTICAS	VALORES / UNIDADES
<b>Entrada de Video Digita / Estándar</b>	270 Mbps, SDI (SMPTE-259M)
Nivel de Señal	0.5 a 1.0 Vp-p
Conector	BNC, 75 ohmios
<b>Salida Óptica</b>	
Velocidad de Transmisión	270 Mbps
Longitud de onda central	1310 nm
Tipo de fibra	Monomodo
Longitud de enlace	51-71 Km.
Tipo de conector	ST
Certificación	ISO 9001

**Tabla 7.23** Características técnicas equipo óptico **OPTELECOM**

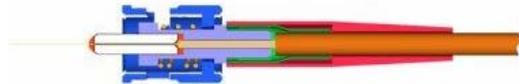
## 7.15 CONECTORIZACIÓN

Para poder conectar un cable de fibra a un equipo es necesario que en cada fibra se arme un conector, o bien, cada fibra se empalme con un **PIGTAIL** (latiguillo), que es un cable de una sola fibra que posee un conector en una de sus puntas, armado en fábrica tal como se describió anteriormente.

En la actualidad hay un buen número de conectores de fibra óptica disponibles. Como hemos observado en todas las tablas de características técnicas de los equipos ópticos, ninguno está estandarizado con un tipo particular de conector, es importante requerir del fabricante el tipo de conector adecuado. Un conector se compone básicamente de un casquillo o férula, un cuerpo, una cápsula o corona y un manguito descargador de tensión.

El casquillo es la porción central del conector que de hecho contiene la fibra óptica. Puede estar fabricado en cerámica, acero o plástico. Para la mayoría de los conectores, el casquillo cerámico ofrece las menores pérdidas por inserción y la mejor repetitividad. La cápsula y el cuerpo pueden ser de acero o de plástico. Para hacer una conexión, la cápsula se puede atornillar, cerrar girando o ajustar con un muelle. El manguito descargador de tensión libera de tensiones a la fibra óptica.

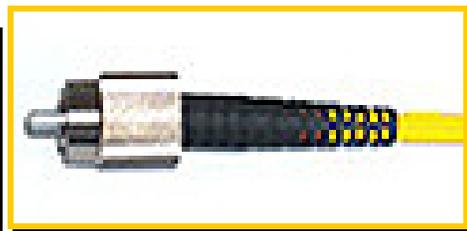
En la figura 7.44 se muestra una gran variedad de conectores que se diferencian por sus aplicaciones o simplemente por su diseño:



a)



b)



c)

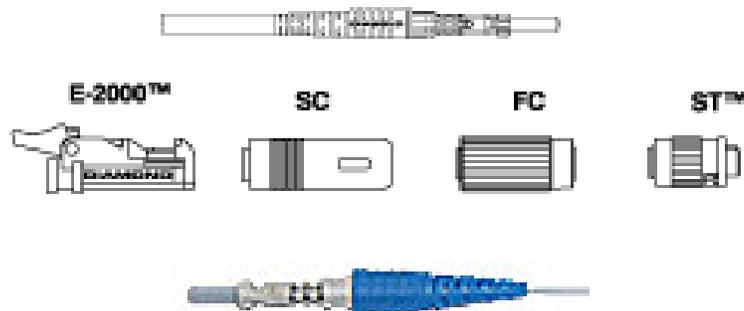


d)

**Figura 7.44** Tipo de conectores ópticos a) ST b) SC c) FC d) DIN

El conector ST es muy popular para conexiones de fibra Monomodo y Multimodo, con unas pérdidas en promedio que rondan los 0.5 dB. Tiene una conexión de cierre en giro que no pierde en ambientes con vibraciones. El tipo SC es un nuevo conector modular, de alta densidad. Tiene bajas pérdidas (por debajo de 0.5 dB) y comúnmente se los utiliza en instalaciones Monomodo. El conector FC, muy usado para fibras Monomodo. También se lo conoce como FC-PC. Tiene bajas pérdidas, con un promedio aproximado de 0.4 dB. El conector tipo DIN se usa principalmente para fibras Monomodo.

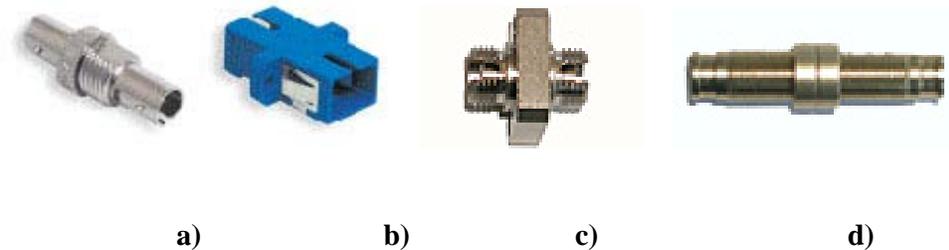
También existen conectores con el cuerpo intercambiable según la necesidad, como el **Alberino de Diamond**, ver figura 7.45.



**Figura 7.45** Conectores ópticos intercambiables

- **Acopladores o adaptadores**

Son como pequeños tambores o cajas que reciben un conector de cada lado produciendo el acople óptico, con la mínima pérdida posible, ver figura 7.46. Se utilizan en los distribuidores, para facilitar la desconexión y cambio rápido, acoplando el pigtail que se haya empalmado al cable de fibra con el patchcord que se conecta a los equipos receptores / emisores. También se usan para conectar un tramo de fibra a los equipos de medición.



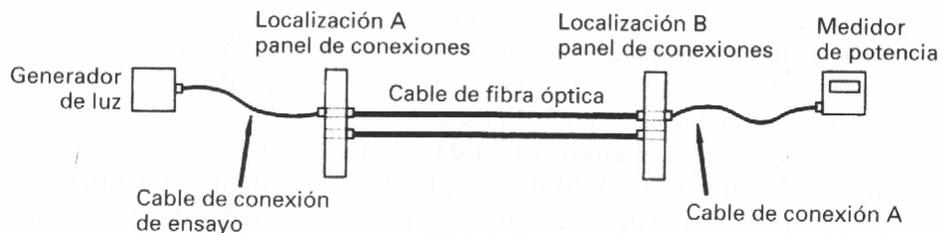
**Figura 7.46** Acopladores o Adaptadores para a) ST b) SC c) FC d) DIN

## **7.16 MÉTODOS DE VERIFICACIÓN DE LA POTENCIA Y LOCALIZACIÓN FÍSICA DE ANOMALIAS EN EL ENLACE**

Para obtener un buen rendimiento de un sistema de cableado, se necesita mucho más que simplemente comprar cables y componentes de conexión de buena calidad. Para poder garantizar el máximo potencial en todo el ancho de banda, un sistema estructurado de cableado necesita estar diseñado, instalado y administrado correctamente. El procedimiento de verificación de la potencia nos sirve para determinar con precisión la atenuación de nuestro enlace de fibra óptica. Básicamente este procedimiento se realiza como prueba final en la parte de recepción del enlace. En el momento que se realice estas pruebas el medidor de potencia y el generador de luz deben ser ajustados a la misma longitud de onda central que para nuestro caso es 1310 nm.

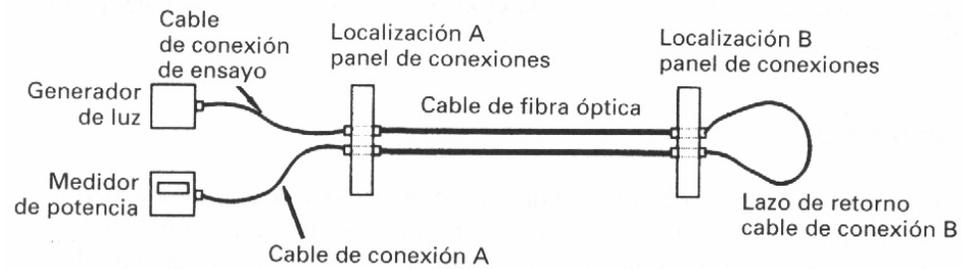
Existe *el método de medición de la atenuación por transmisión de la luz* y presenta dos *configuraciones final-final y lazo de retorno*, el cual se

clasifica en el método de corte y método de inserción. El *método de corte* permite medir la atenuación, determinándose la potencia de luz en dos puntos (A y B en Km.) del conductor de fibra óptica. El punto B está al final del conductor de fibra óptica y el punto A muy próximo a su comienzo; se trata de un método destructivo, pues para obtener el punto B es necesario cortar un tramo corto del conductor de FO. El *método de inserción* es un método no destructivo, en el cual se determina la potencia luminosa en el extremo del conductor de FO bajo medición para luego compararla con la potencia luminosa en el extremo de un tramo corto de conductor de FO; este tramo corto se usa como referencia y debe tener las mismas características y conformación que el conductor de FO bajo medición. En la figura 7.47 observamos en forma general el método de medición de la atenuación por transmisión de luz, la cual se acopla al principio del conductor de FO (generador de luz), luego recorre el conductor y finalmente se mide en el extremo de éste (medidor de potencia).



**Figura 7.47** Método de medición de la atenuación por transmisión de luz, configuración final-final.

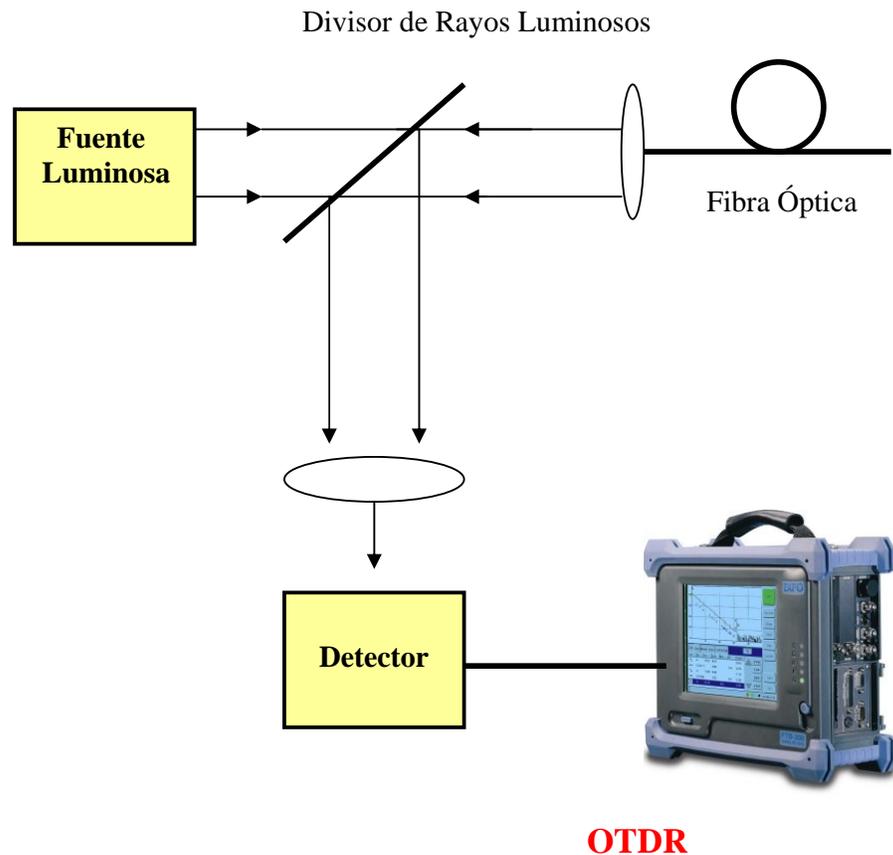
Existe otro tipo de configuración denominado lazo (loop) de retorno. La configuración lazo de retorno, consiste según la figura 7.48 de la instalación de un cable de conexión que una las dos fibras y se genere el retorno de la intensidad de la luz proveniente del generador luminoso, hacia el medidor de potencia y así poder ser evaluado.



**Figura 7.48** Método de medición de la atenuación por transmisión de luz, configuración Lazo de retorno.

Un segundo método que nos permite visualizar las características de atenuación de una fibra óptica a lo largo de toda su longitud es el *método de la retrodispersión*, el cual utiliza un *reflectómetro óptico en el dominio del tiempo*, llamado comúnmente *OTDR*. Es un instrumento de medición que envía pulsos de luz, a la longitud de onda deseada, para luego medir sus “ecos”, o el tiempo que tarda en recibir una reflexión producida a lo largo de la FO, figura 7.49.

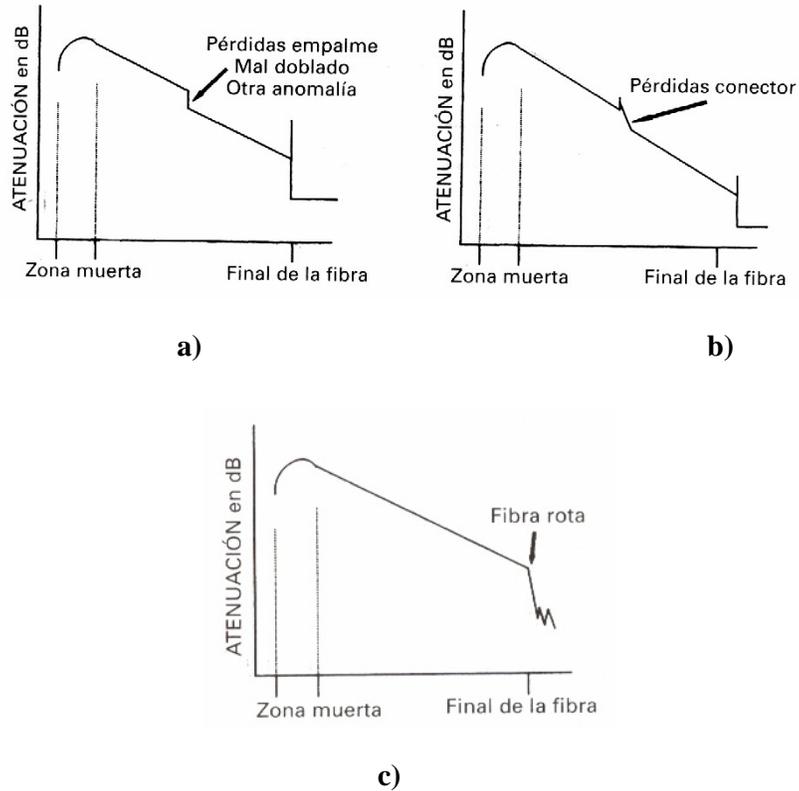
Estos resultados, luego de ser promediadas las muestras tomadas, se grafican en una pantalla donde se muestra el nivel de señal en función de la distancia sobre el eje X y la atenuación sobre el eje Y (ver figura 7.50). A través de esta pantalla se podrán medir atenuaciones de los diferentes tramos, atenuación de empalmes y conectores, atenuación entre dos puntos, etc. También se utiliza para medir la distancia a la que se produjo un corte, o la distancia total de un enlace, o para identificar una fibra dándole una curvatura para generar una fuga y observando en la pantalla del OTDR ver si la curva se “cae”.



**Figura 7.49** Método de la Retrodispersión. Se utiliza el OTDR instrumento que trabaja basado en el principio de la retrodispersión.

Gracias al OTDR se puede ubicar con exactitud la localización física de las anomalías en el enlace de FO. Sin embargo, la localización física real de anomalías depende de la precisión de OTDR, de la precisión del valor del índice de refracción suministrado por el fabricante para el núcleo de la fibra, y del exceso de longitud de fibra en el cable. Este exceso de cable es debida al pequeño manajo de fibras en el conjunto del cable y su plegado en espiral alrededor del elemento central de refuerzo. En la figura 7.50 podemos observar las curvas típicas de un OTDR de la medición a un cable de FO.

De acuerdo con la siguiente ecuación y si se conoce tanto el porcentaje en exceso como el índice de refracción, pueden realizarse los cálculos para determinar la localización física de anomalías.



**Figura 7.50** Curvas típicas del OTDR a) Perdidas por empalme o curvatura de la fibra b) Perdidas por conector (sucios o mal realizados) c) Fibra Óptica rota en algún tramo del enlace

$$d_{roturafísica} = \frac{d_{OTDRrotura}}{(1 + d_{\%Exceso} / 100)}$$

$d_{roturafísica}$  = Distancia real del cable hasta la rotura de la fibra óptica.

$d_{OTDRrotura}$  = Longitud de la fibra rota medida con un OTDR utilizando un índice de refracción preciso para el núcleo de la fibra.

$d_{\%exceso}$  = Cantidad en exceso de la fibra dentro del cable.

## 7.17 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Tal como se describió en el capítulo 3, el mantenimiento de un sistema de comunicaciones se clasifica en dos categorías: mantenimiento en el cual el servicio no se ve afectado (mantenimiento preventivo) y mantenimiento que afecta al servicio (mantenimiento correctivo). Un sistema de fibra óptica a fin de garantizar su funcionamiento debe estar sometido a un mantenimiento preventivo semestralmente (dos veces al año).

El *mantenimiento preventivo*, involucra el inspeccionamiento visual del cable de fibra óptica en cada uno de los tramos del enlace, para poder identificar algún tipo de deterioro del cable tales como cortes, rasgaduras o deformaciones (No debe permitirse que entre agua en los conductos del cable). Los latiguillos, conectores y los radios de curvatura de los cables deberían ser comprobados minuciosamente para evitar la atenuación del enlace.

El chequeo de los herrajes y abrazaderas en los postes es importante para la detección de oxidación. Se debe reportar la presencia de algún obstáculo (árboles, construcciones etc.) que afecten el tendido del cable. El chequeo semestral involucra la inspección de los equipos ópticos (equipo transmisor y receptor óptico, bandeja de empalmes ) y la limpieza de estos en presencia de polvo o suciedad. La revisión de los niveles de voltaje y sistema de aire acondicionado para evitar el sobrecalentamiento de los equipos.

El mantenimiento correctivo se da cuando el cable de FO presenta algún tipo de corte y deformación que afecte el haz de luz y por ende la potencia de recepción y tasa de bits. En primer lugar se detecta el problema y con la ayuda del OTDR se identifica el lugar en el cual la fibra óptica esta rota o doblada (excesivo radio de curvatura), con este datos se procede a la movilización de personal capacitado para arreglar el daño. En el caso de la ruptura de la fibra, la empalmadora de fibra y equipo de reparación es imprescindible. Las fibras operacionales deben ser desconectadas y medidas las

atenuaciones de la fibra mediante el OTDR, un generador de luz y medidor de potencia óptico. Estos datos resultados deben ser comparados con datos registrados anteriormente en nuestra instalación con el fin de chequear la variación de potencia y atenuación.

Como nuestro enlace es netamente digital, es importante realizar la prueba de **B E R** (tasa de error de bits) que consiste en un ensayo punto-punto que permite comprobar la calidad de nuestro sistema digital o del canal en presencia de algún tipo de error. El ensayo mide cuantos bits de la transmisión de datos se reciben con error. El B E R es la relación entre el número total de bits recibidos con error y el número total de bits transmitidos.

$$BER = \frac{\text{Número de bits recibidos con error}}{\text{Número total de bits transmitidos}}$$

Un valor de B E R de  $10^{-10}$  indica que, en promedio, se recibe un error de bit por cada diez mil millones de bits enviados. Este valor de B E R es adecuado para nuestro sistema de transmisión de audio y video digital.

El mantenimiento preventivo también puede ser realizado cuando el servicio este arriba, pero con la autorización y coordinación para cortar el enlace. Para el canal de televisión las horas precisas del corte se deben efectuar en la madrugada, efectuando el chequeo de atenuaciones, parámetros de potencia y niveles de ganancia del enlace. Además en el corte se deben revisar la parte interna de los conectores y evitar algún tipo de suciedad que atenué la señal.

## **7.18 COSTO DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Los costos de instalación se detalla en las siguientes tablas, en las cuales consta el precio de los materiales que se usaran para el tendido del cable de FO. No se considera en esta tabla el precio de los equipos activos

como son: equipo transmisor y receptor óptico. Estos datos fueron provistos a nivel personal, por una empresa que se dedica a la instalación de FO en la ciudad, por lo cual es una información superficial proveniente de un análisis y comparaciones estimadas.

<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>COSTO UNIDAD (U.S.D \$)</b>	<b>COSTO INSTALACIÓN (U.S.D \$)</b>	<b>COSTO TOTAL INSTALACIÓN + MATERIALES (U.S.D \$)</b>
1060.93	m.	Cable de Fibra Óptica Monomodo (con mensajero) figura 8 de 6 hilos	3.96	1.20	5474.3988
1	unidad	Bandeja de empalmes	80,00		80,00
6	fibras	Empalmes por Fusión	20,00		120
12	par	Herrajes	4.00		48,00
18	par	Abrazaderas para poste de un solo gancho	4.20		75.6
6	unidades	Conector Monomodo o ST	3.47	10,00	80.82

6	unidades	Medición y certificación con OTDR		20,00	120,00
		Material vario	25,00		25,00

**Tabla 7.24** Costo de instalación y materiales : TRAMO 1 (Empalme # 1)

<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>COSTO UNIDAD (U.S.D \$)</b>	<b>COSTO INSTALACIÓN (U.S.D \$)</b>	<b>COSTO TOTAL INSTALACIÓN + MATERIALES (U.S.D \$)</b>
825.56	m.	Cable de Fibra Óptica Monomodo (con mensajero) figura 8 de 6 hilos	3.96	1.20	4259.8896
9	par	Herrajes	4.00		36,00
12	par	Abrazaderas de postes de un solo gancho	4,20		50,40

**Tabla 7.25** costo de instalación y materiales : TRAMO 2

<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>COSTO UNIDAD (U.S.D \$)</b>	<b>COSTO INSTALACIÓN (U.S.D \$)</b>	<b>COSTO TOTAL INSTALACIÓN + MATERIALES (U.S.D \$)</b>
802.81	m.	Cable de Fibra Óptica Monomodo (con mensajero) figura 8 de 6 hilos	3.96	1.20	4142,499
1	Unidad	Caja de empalmes impermeabilizadas para exteriores aéreo	75,00		75,00
6	fibras	Empalme por fusión	20,00		120,00
10	par	Herrajes	4.00		40,00
15	par	Abrazaderas para poste de un solo gancho	4.20		63,00
6	unidades	Medición y certificación		20,00	120,00

		n con OTDR			
		Material vario	25,00		25,00

**Tabla 7.26** costo de instalación y materiales : TRAMO 3(Empalme # 2)

CANTIDAD	UNIDAD	TIPO DE MATERIAL	COSTO UNIDAD (U.S.D \$)	COSTO INSTALACIÓN (U.S.D \$)	COSTO TOTAL INSTALACIÓN + MATERIALES (U.S.D \$)
1024.36	m.	Cable de Fibra Óptica Monomodo (con mensajero) figura 8 de 6 hilos	3.96	1.20	5285.697
15	par	Herrajes	4,00		60,00
20	par	Abrazaderas para poste de un solo gancho	4.20		84,00

**Tabla 7.27** Costo de instalación y materiales : TRAMO 4

<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>COSTO UNIDAD (U.S.D \$)</b>	<b>COSTO INSTALACIÓN (U.S.D \$)</b>	<b>COSTO TOTAL INSTALACIÓN + MATERIALES (U.S.D \$)</b>
946.80	m.	Cable de Fibra Óptica Monomodo (con mensajero) figura 8 de 6 hilos	3.96	1.20	4885,488
1	Unidad	Caja de empalmes impermeabilizadas para exteriores aéreo	75,00		75,00
6	fibras	Empalme por fusión	20,00		120,00
8	par	Herrajes	4.00		32,00
11	par	Abrazaderas para poste de un solo gancho	4.20		46,20
6	unidades	Medición y certificación con OTDR		20,00	120,00
		Material vario	25,00		25,00

**Tabla 7.28** Costo de instalación y materiales : TRAMO 5 (Empalme #3)

<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>COSTO UNIDAD (U.S.D \$)</b>	<b>COSTO INSTALACIÓN (U.S.D \$)</b>	<b>COSTO TOTAL INSTALACIÓN + MATERIALES (U.S.D \$)</b>
590.27	m.	Cable de Fibra Óptica Monomodo (con mensajero) figura 8 de 6 hilos	3.96	1.20	3045,793
1	unidad	Bandeja de empalmes	80,00		80,00
6	fibras	Empalmes por Fusión	20,00		120
5	par	Herrajes	4.00		20,00
7	par	Abrazaderas para poste de un solo gancho	4.20		29,4
6	unidades	Conector Monomodo ST	3.47	10,00	80,82
6	unidades	Medición y certificación con OTDR		20,00	120,00
		Material vario	25,00		25,00

**Tabla 7.29** Costo de instalación y materiales : TRAMO 6 (Empalme #4)

**TOTAL COSTOS INSTALACIÓN Y MATERIALES (U.S.D \$) = 29.210,004**

En la tabla 7.30 se presenta los costos de mantenimiento preventivo del enlace de fibra óptica, en la cual se considera el pago al personal técnico encargado de dicho trabajo y la Movilización. Los costos de mantenimiento correctivo se detallan en la tabla 7.31. cabe señalar que este tipo de mantenimiento puede durar algunos días y por lo tanto estos datos son estimados y van de acuerdo con valores proporcionados por empresas que se dedican a este tipo de trabajos.

<b>MOTIVO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>COSTOS MANTENIMIENTO PREVENTIVO (U.S.D\$)</b>
Movilización de cable fibra óptica, equipos, estado de postes, herrajes y abrazaderas, caja de empalmes, etc. (semestral)	Tiempo estimado de Movilización = 2 días Pagos a personal técnico (3 técnicos)	250
Movilización para personal y material de apoyo	Combustible y gastos extras	50
	<b>TOTAL MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>300</b>

**Tabla 7.30** Costos mantenimiento preventivo (semestral) del enlace de FO.

<b>MOTIVO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>COSTOS MANTENIMIENTO CORRECTIVO (U.S.D\$)</b>
Cable de fibra óptica: Roto	Empalme de 6 fibras	120
Movilización de maquinaria y equipo especial para reparación del cable y personal técnico especializado	Combustible y gastos extras	150
Pago a personal Técnico especializado	4 técnicos para realizar empalmes, mediciones con OTDR y reinstalación del cable.	350
	<b>TOTAL MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	<b>620</b>

**Tabla 7.31** Costos mantenimiento Correctivo del Enlace

### **7.19 PLANTA TRANSMISORA: AMPLIFICACIÓN Y TRANSMISIÓN DE LA SEÑAL AL AIRE PREVIO A LA CONVERSIÓN ÓPTICO - ELÉCTRICO.**

La señal de audio y video digital que viaja por la fibra óptica, proveniente del estudio de televisión llega a la primera etapa de recepción: al

receptor óptico ORX-6002 (características técnicas tabla 7.9), este equipo se encarga de realizar la conversión óptico – eléctrico de la señal, la cual a su vez ingresa al demultiplexor ADM-6800 (LEITCH, tabla 7.32) para separar las señales de audio y video. Lo interesante del ADM-6800 es que en sus salidas presenta 2 pares de señal analógica balanceada (L y R) tipo XLR (ver Anexo B para detalles), las cuales posteriormente ingresan a la etapa de distribución de audio analógico existente en el centro de transmisión de Gamavisión y finalmente ingresar al transmisor principal de 10 KW y secundario de 1KW. La señal de video digital que proviene del demultiplexor es ingresada a un distribuidor principal de video digital VSM-6804, el cual según características antes descritas obtendremos una salida analógica que será ingresada a la red de distribución de video del centro de transmisión que junto con la señal de audio se conectan al transmisor. En la figura 7.51 podemos observar la interconexión de los equipos de audio y video antes descritos.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
<b>Entrada Video Digital</b>	
Estándar	SMPTE-259M, 270 Mbps
Conector	BNC
Impedancia	75 Ohm
Perdida de retorno	>18 dB
Nivel de Señal	800 mV ± 10%
Ecuilización	Automático
<b>Salida Video Digital</b>	
Estándar	SMPTE-259M, 270 Mbps
Conector	BNC
Impedancia	75 Ohm
Perdida de retorno	>18 dB

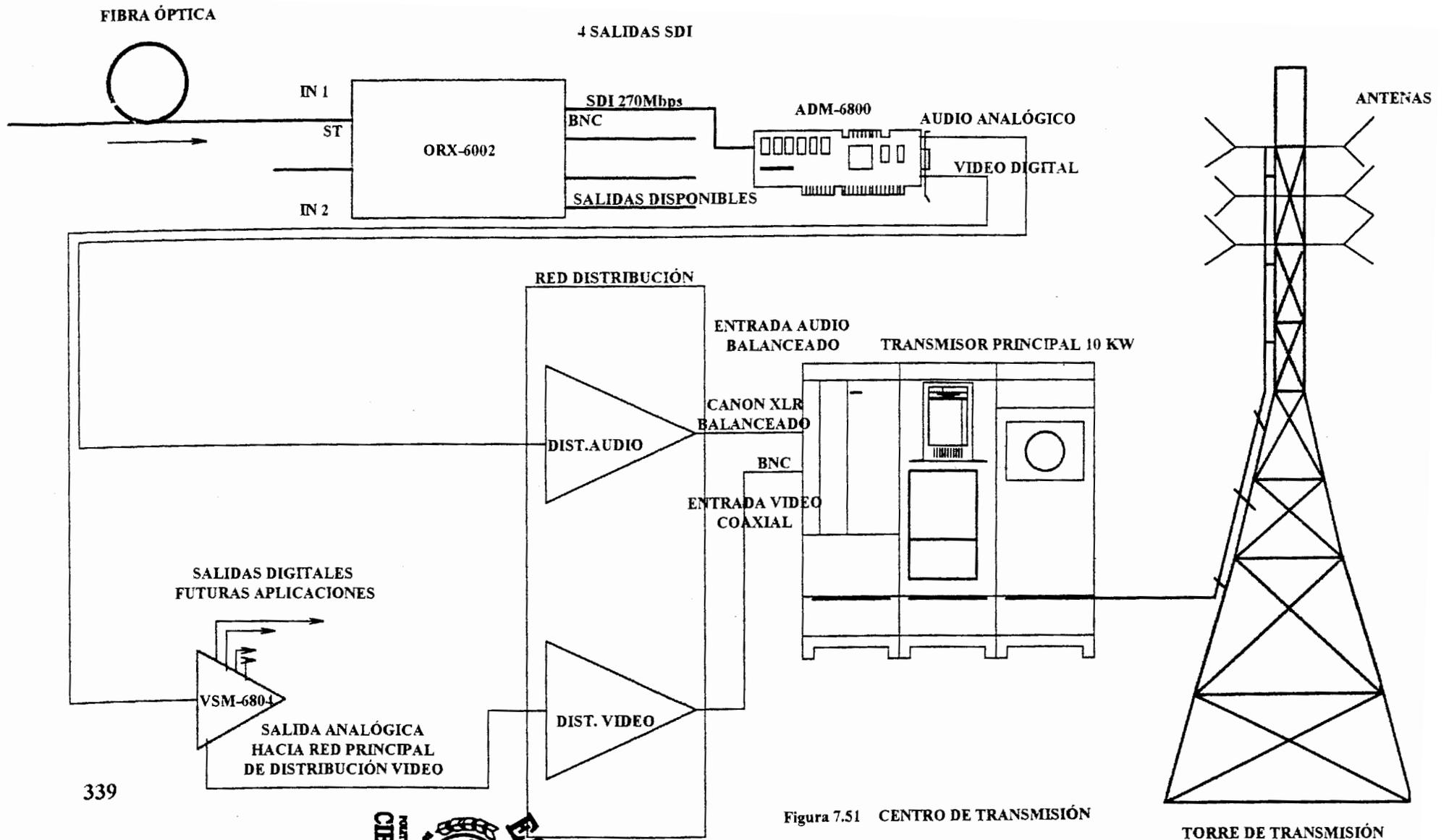
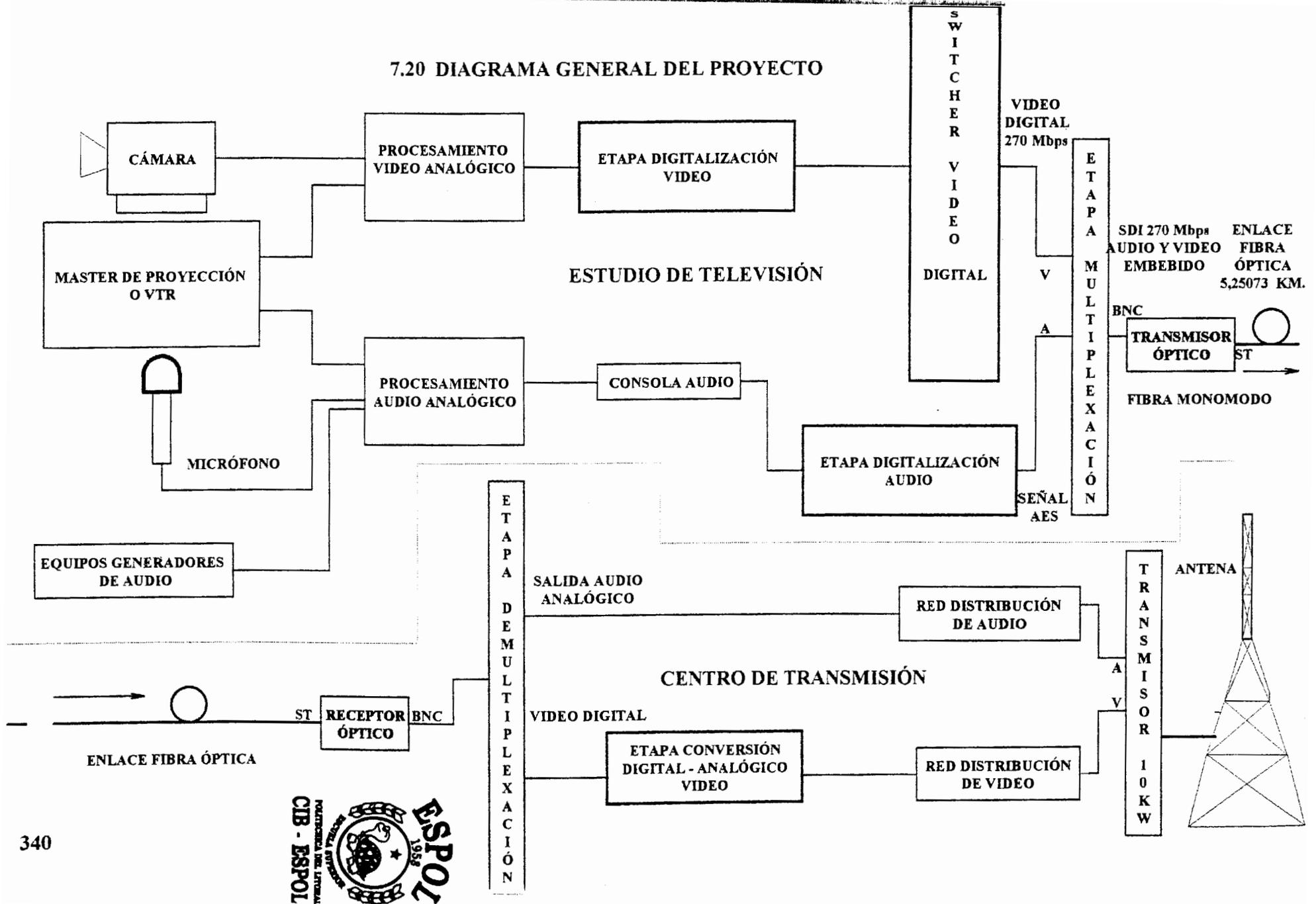


Figura 7.51 CENTRO DE TRANSMISIÓN

## 7.20 DIAGRAMA GENERAL DEL PROYECTO



## 7.21 ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y ECONÓMICO ENTRE EL ENLACE DE FIBRA ÓPTICA Y MICROONDA

### III ANÁLISIS TÉCNICO

Para el análisis técnico consideraremos tres puntos básicos en común entre el enlace de fibra óptica y microondas los cuales son:

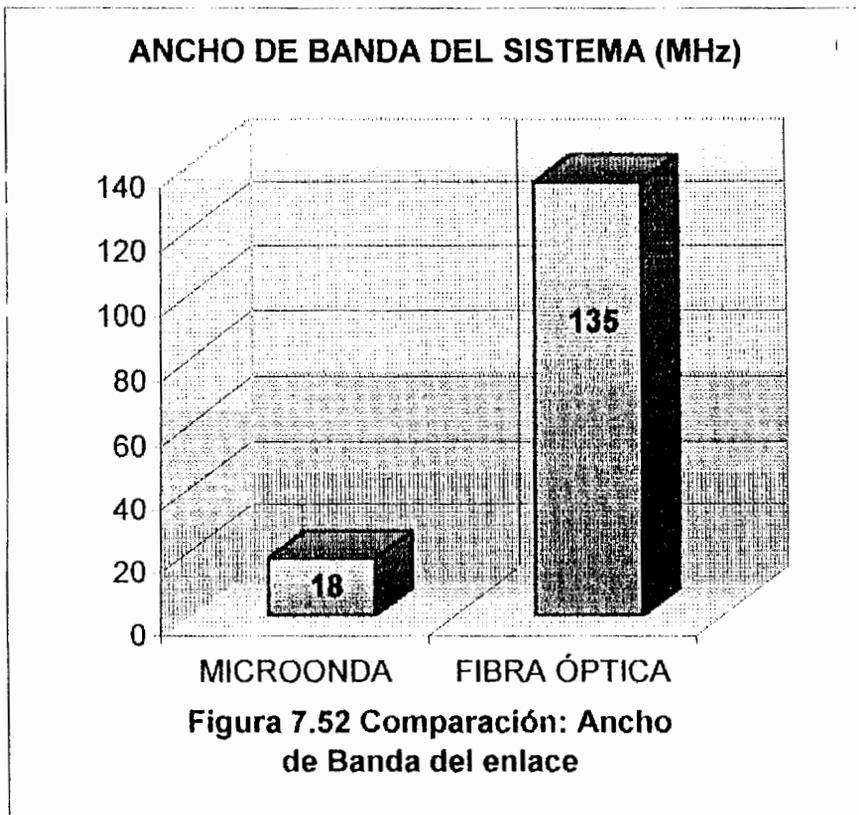
- ANCHO DE BANDA DEL SISTEMA
- NIVELES DE SEGURIDAD DEL ENLACE
- TIEMPO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL ENLACE

#### ANCHO DE BANDA DEL SISTEMA

El ancho de banda del enlace de microonda viene dado en las características técnicas del equipo (manuales técnicos). Para nuestro caso el ancho de banda del transmisor OMB, que enlaza al estudio de televisión de Gamavisión con el cerro del Carmen es: **18 MHz**.

Por su parte el ancho de banda del enlace de fibra óptica que se calculo es: **135 MHz**. En la figura 7.52 se presenta gráficamente la comparación del ancho de banda.





### NIVELES DE SEGURIDAD DEL ENLACE

La seguridad del enlace se puede clasificar en tres puntos básicos los cuales son seguridad en:

- TRANSMISIÓN DE LA SEÑAL
- MEDIO FÍSICO DE TRANSMISIÓN
- OBRA CIVIL E INFRAESTRUCTURA DEL ENLACE

- Seguridad en la transmisión de la señal



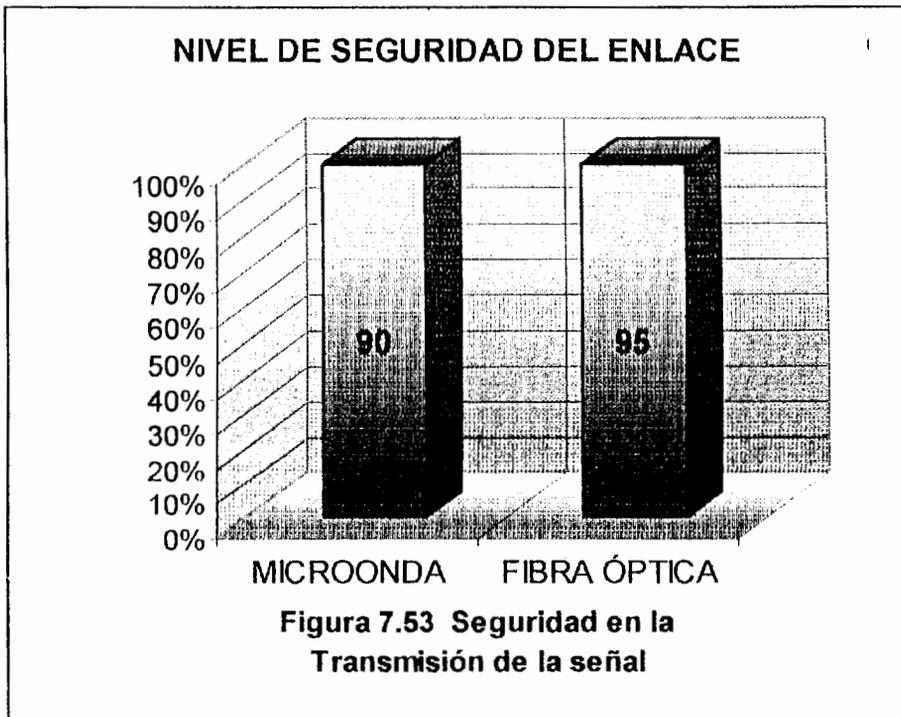
Se entiende como seguridad en la transmisión de la señal a la posible interceptación de la misma, algún tipo de interferencia que degrade o interrumpa la señal, señales pirata etc.

Para el enlace de microonda se puede presentar problemas en la transmisión de la señal cuando algún tipo de enlace que trabaje a la misma frecuencia pueda tumbar dicha señal. Pero este inconveniente se puede eliminar realizando un correcto estudio de interferencia y un debido control del espectro de frecuencias, por parte de entidades regulatorias.

Por su parte el margen de seguridad que presenta el enlace de fibra óptica es alta, debido a que para interceptar la señal que viaja por la fibra necesariamente se requiere de un trabajo que demanda un alto grado de experiencia, tiempo y equipo especial para poder romper la fibra y desviar la señal hacia lugares clandestinos.

Es importante señalar que cuando se presenta problemas a nivel de microonda, la detección de la señal que esta degradando el enlace tarda bastante tiempo en cambio cuando se presenta algún tipo de ruptura en la fibra óptica esta se puede localizar inmediatamente con un OTDR.

Para propósito de comparación y con el análisis antes descrito, se ha estimado un porcentaje de seguridad en la transmisión de la señal para el enlace de microonda en un **90%** y para la fibra óptica en un **95%**. En la figura 7.53 se presenta gráficamente la comparación del nivel de seguridad en la transmisión de la señal.

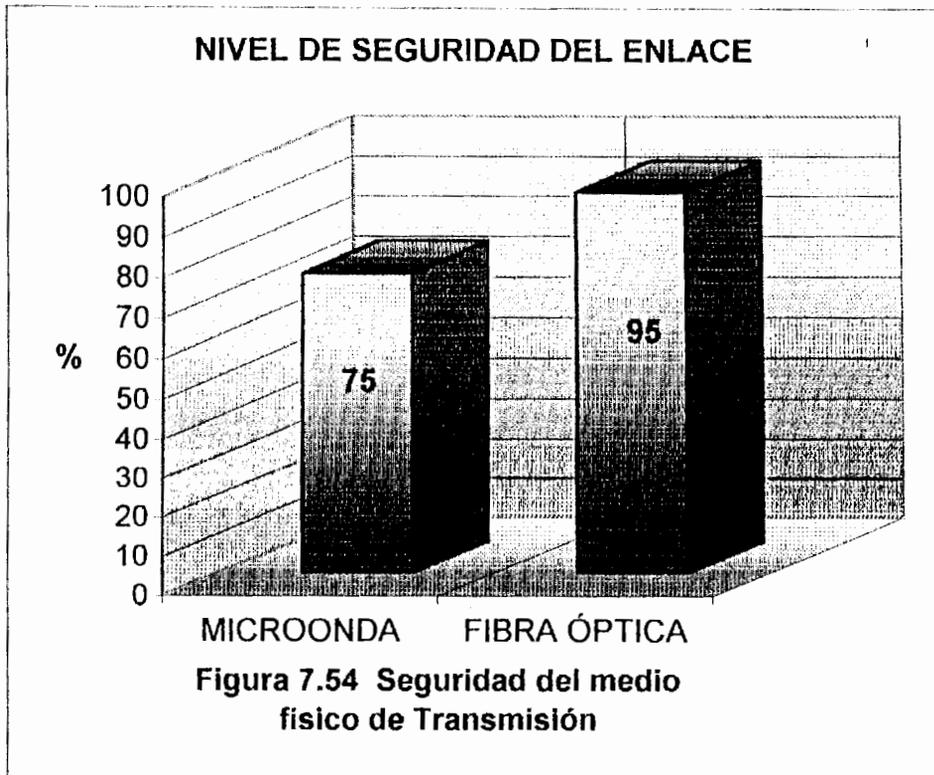


- **Seguridad del medio físico de transmisión**

Para el enlace de microonda se deben tomar en cuenta algunos factores externos que afecten el medio por el cual viaja la señal tale como: obstrucción en la línea de vista, agentes climatológicos como descargas y rayos eléctricas en una tempestad lluviosa que alteren el campo electromagnético generado por el enlace. Para estos casos y por motivos de seguridad se recomienda la instalación de un pararrayos cercanos a la ubicación de la antena.



Por su parte la fibra óptica gracias a su característica de inmunidad a campos electromagnéticos cercanos que afecten, degraden o atenúen la señal, es en si un medio confiable tanto para la transportación de la señal como para la seguridad humana, por lo no que no constituye una fuente generadora de radiación electromagnética. Los valores que se ha establecido al enlace de microonda y fibra óptica por los motivos antes descritos son : **95%** y **75%** respectivamente. En la figura 7.54 se presenta gráficamente la comparación del nivel de seguridad del medio físico de transmisión.

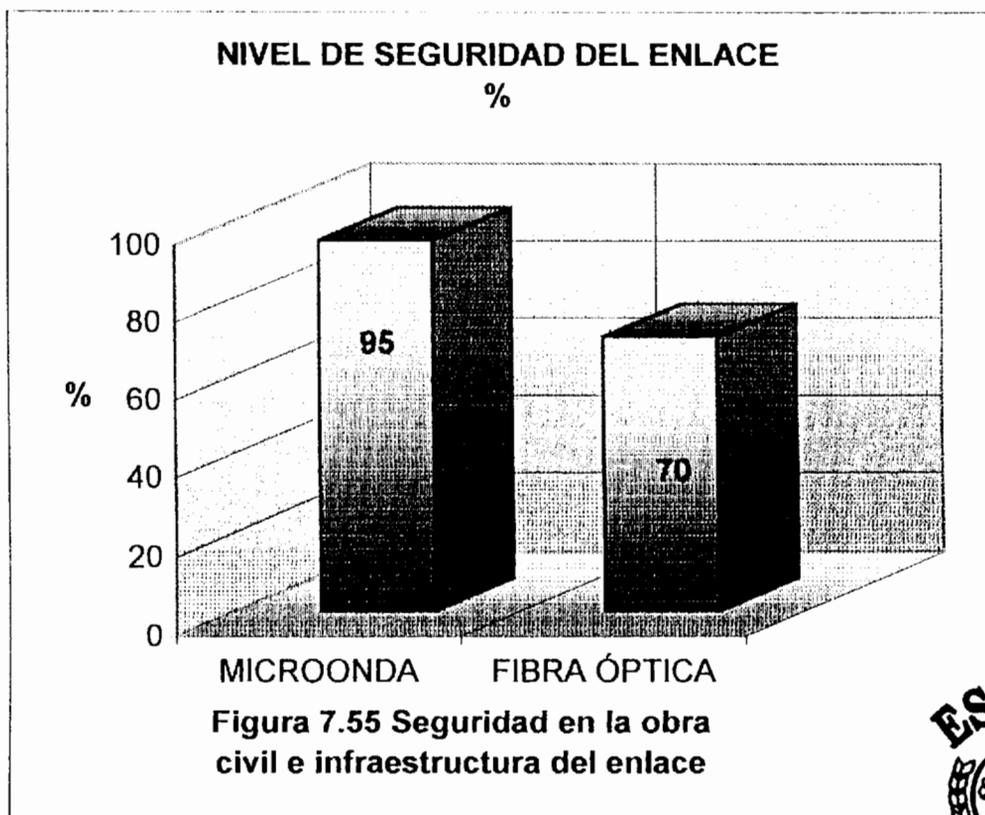


- **Seguridad en obra civil e infraestructura del enlace**

Entenderemos por seguridad en la obra civil e infraestructura del enlace a las exigentes medidas de seguridad que se debe aplicar para el cuidado de las partes físicas instaladas, equipos activos y no activos que forman parte del enlace. Por ejemplo para el enlace microonda tenemos los mástiles en los cuales se instalarán las antenas, estos no deben presentar ningún tipo de oxidación así como los templadores que sujetarán dichos mástiles, otro punto es la ubicación de la antena esta se debe ubicar en lugares relativamente altos para ganar línea de vista y no se encuentre expuesta al alcance del hombre o agente externo que pueda dañar o alterar la infraestructura ya instalada. Lo antes descrito se puede solucionar con personal de seguridad que vigile constantemente el lugar donde se encuentra las antenas y solo se permita el paso a personal autorizado a las instalaciones.



Como sabemos el cable de fibra óptica realiza un recorrido que atraviesa avenidas, ciudadelas, pasa junto a casas y edificios y por lo tanto siempre se encuentra expuesta a cualquier tipo de daño por parte del hombre. Con datos estimados y con motivos de comparación se ha valorado a la seguridad de la obra civil e infraestructura del enlace en un: 95% para microonda y 70% para el tendido de fibra óptica. Estos valores se presentan en forma de gráfico en la figura 7.55.

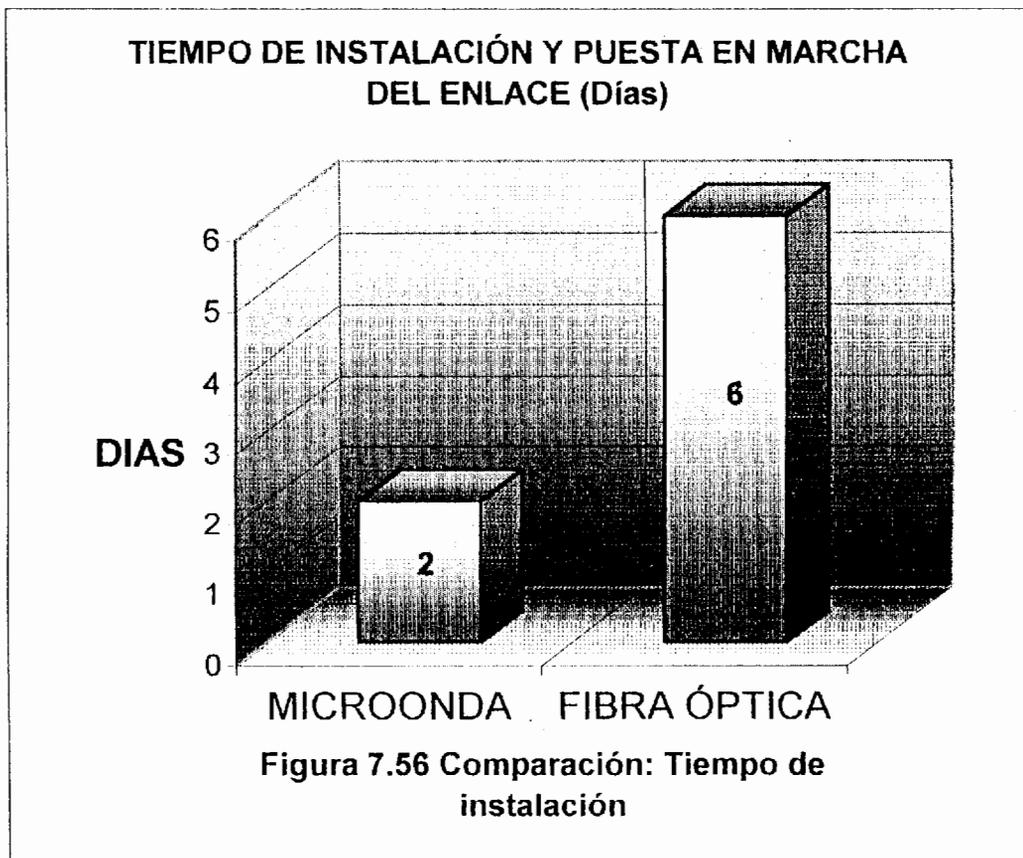


- **Tiempo de instalación y puesta en marcha del enlace**

En un enlace de microonda se instala dos mástiles para la ubicación de las antenas una en el estudio de televisión y otro en el centro de transmisión, la instalación de las antenas en los mástiles, el correcto apuntamiento o alineamiento de las antenas, el paso del cable de RF por ducterías o canaletas,

la realización de los conectores del sistema y la correcta calibración de la señal (buenos niveles de audio y video libre de piso de ruido) en enlace esta listo para entrar en funcionamiento inmediatamente. Para todo este procedimiento se ha estimado el tiempo de instalación en dos días aproximadamente.

Según datos proporcionados por personal dedicado a la instalación de fibra óptica para un tendido de 6 hilos con una distancia de 5 Km., un máximo de dos puntos de empalme (12 empalmes), realización de conectores, medición y certificación del enlace se ha estimado el tiempo de instalación de la fibra óptica (**tendido Aéreo**) en 6 días aproximadamente. En el anexo C se presenta un cronograma general de instalación y registros que se deben llevar a cabo en la instalación del cable de fibra óptica.



## ▣ ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico se lo puede clasificar en tres puntos importantes:

- COSTO DE INSTALACIÓN Y MATERIALES
  
- COSTO DE LOS EQUIPOS ACTIVOS
  
- COSTO DE MANTENIMIENTOS: PREVENTIVO Y CORRECTIVO

### COSTO DE INSTALACIÓN Y MATERIALES

Para estimar los costos de instalación y materiales del enlace de microonda, se realizó una fiscalización de la obra civil que en la actualidad cuenta Gamavisión. Por ejemplo en el estudio de Televisión Gamavisión cuenta con un mástil de aproximadamente 7 metros y con ducterías desde la terraza hasta el departamento técnico, en cambio en el centro de transmisión ubicado en el Cerro del Carmen y considerando la altura con respecto al estudio, solo se encuentra instalado un mástil de 2 metros con su respectiva ductería y canaletas hasta el cuarto de equipos. Considerando todos estos factores, los costos de instalación y materiales (sin considerara equipos activos) para obra civil del enlace de microonda se presenta en la tabla 7.33



<b>CANTIDAD</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>COSTO UNIDAD (U.S.D \$)</b>	<b>COSTO INSTALACIÓN (U.S.D \$)</b>	<b>COSTO TOTAL INSTALACIÓN + MATERIALES (U.S.D \$)</b>
1	Mástil en estudio de TV.	220	100	320
1	Mástil centro de transmisión	60	30	90
2	Ducterías o canaletas para el tendido del cable de RF	150		300
2	Instalación de antenas, equipos y ducterías (incluye alineamiento de antenas)		100	200
	Materiales Varios	100		100
			<b>TOTAL COSTOS DE INSTALACIONES Y MATERIALES</b>	<b>1010 \$</b>

**Tabla 7.33** Costos de instalación y materiales obra civil: enlace de microonda

El costo de instalación y materiales para el enlace de fibra óptica se presenta en la tabla 7.29 el cual tienen un valor de : **29210.004\$**. En la figura 7.57 se presenta gráficamente la comparación de los costos estimados de instalación y materiales para el enlace de microonda y fibra óptica.

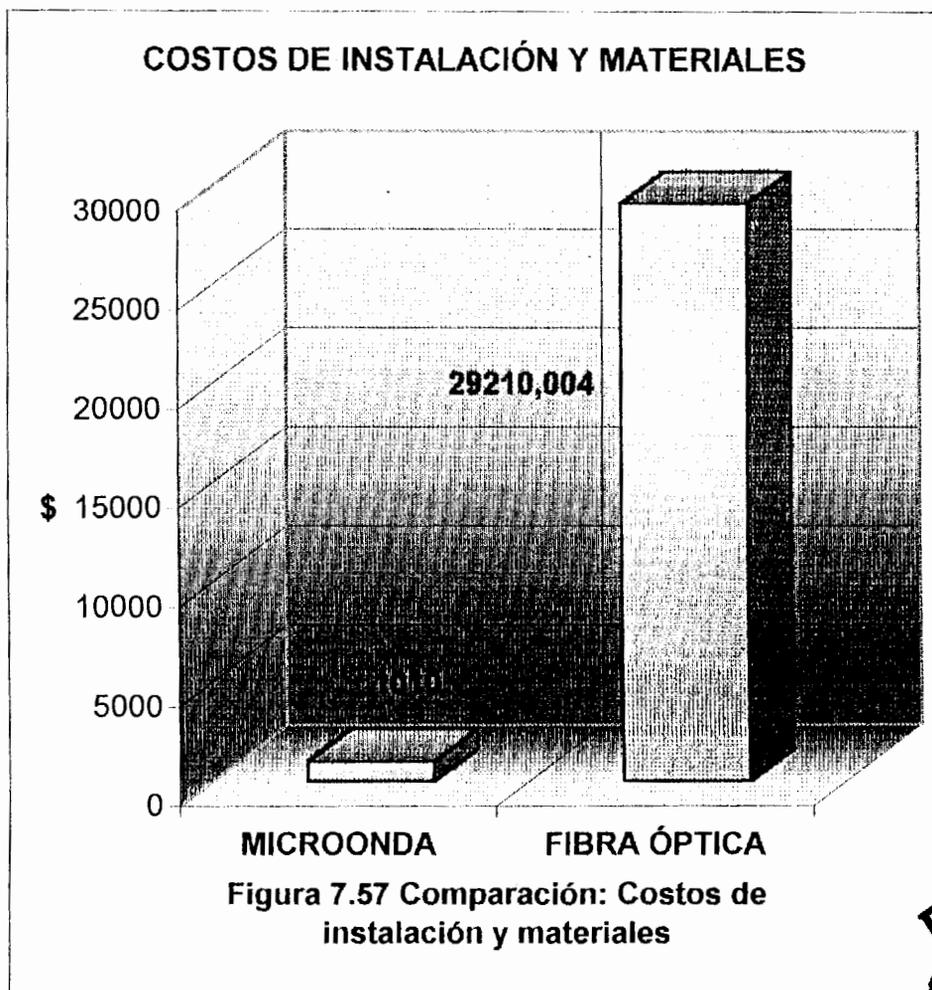


Figura 7.57 Comparación: Costos de instalación y materiales

### COSTO DE LOS EQUIPOS ACTIVOS

Según información proporcionada por el personal técnico de Gamavisión en la tabla 7.34 se presenta el costo estimado de los equipos activos para el enlace de microonda. Se incluye además el costo de las antenas.



<b>CANTIDAD</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO UNIDAD (U.S.D.\$)</b>	<b>COSTO TOTAL (U.S.D \$)</b>
2	Transmisor y Receptor microonda OMB	5500	11000
2	Antenas Parabólicas de 6 pies ANDREW	1500	3000
		<b>TOTAL COSTOS EQUIPOS ACTIVOS</b>	<b>14000</b>

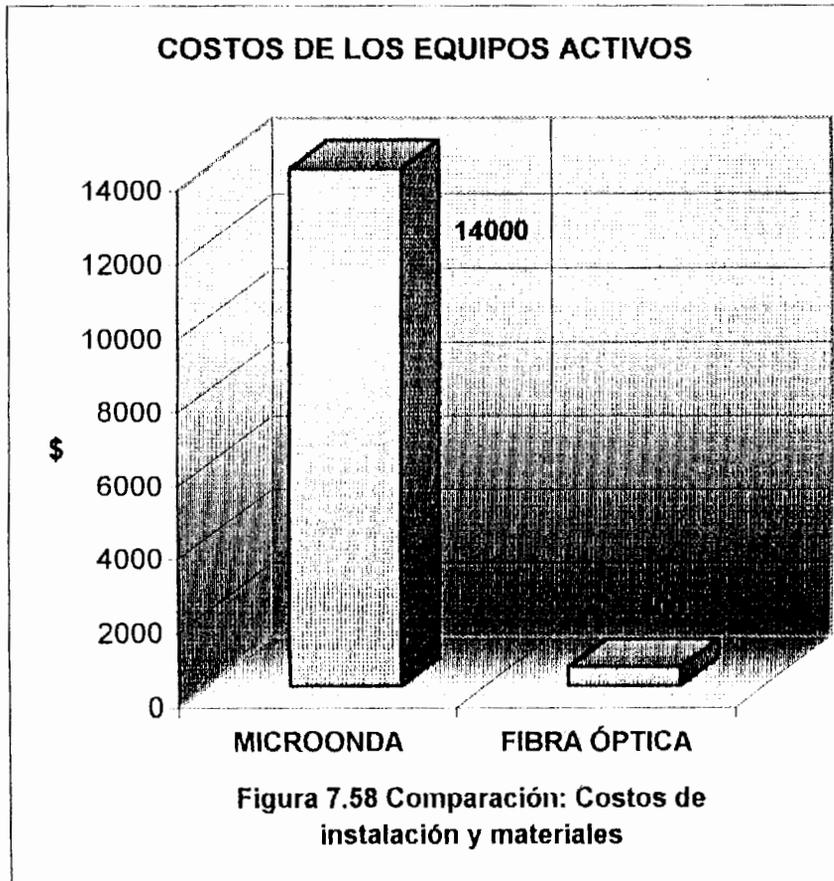
**Tabla 7.34** Costos de equipos activos: enlace microonda

Los costos de los equipos activos para el enlace de fibra óptica se muestra en la tabla 7.35. es importante señalar que estos valores son estimados que van de acuerdo con averiguaciones y comparaciones con otros equipos similares. En la figura 7.58 podemos ver gráficamente el valor de los costos de los equipos activos para cada uno de los enlaces.



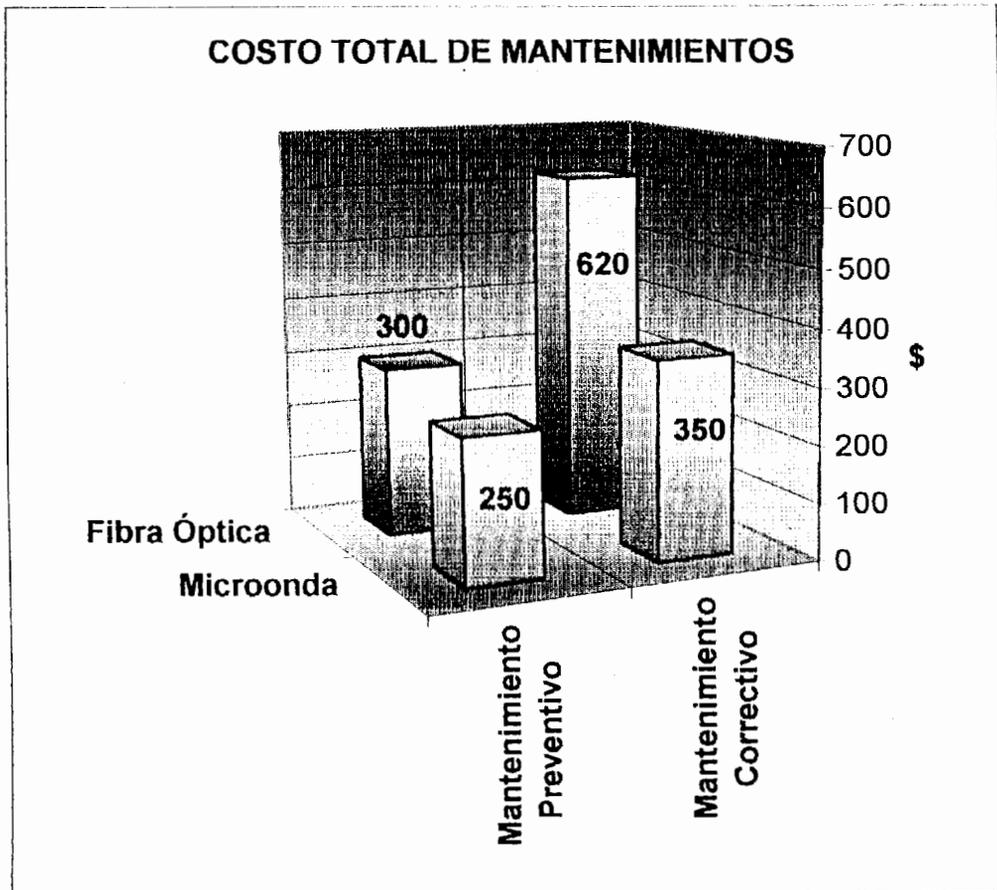
CANTIDAD	EQUIPO	COSTO UNIDAD (U.S.D.\$)	COSTO TOTAL (U.S.D \$)
2	Transmisor y Receptor óptico LEITCH	250	500
		<b>TOTAL COSTOS EQUIPOS ACTIVOS</b>	<b>500</b>

**Tabla 7.35** Costo estimado de equipos activos : enlace de fibra óptica



## COSTO DE MANTENIMIENTO: PREVENTIVO Y CORRECTIVO

En el capítulo 3 tabla 3.1 y tabla 3.2 se detalla los costos de mantenimiento preventivo y correctivo respectivamente para el enlace microonda y en las tablas 7.30 y 7.31 de este capítulo se muestran los costos de mantenimiento para el enlace de fibra óptica.



**Figura 7.59 Comparación: Costos de mantenimiento preventivo y correctivo**

Nivel de Señal	800 mV $\pm$ 10%
Tiempo de subida y bajada de la señal	400-700 ps (20% a 80% amplitud)
<b>Salida Audio Analógico</b>	
Tipo de conector	XLR (balanceado) o BNC (según modelo)
Impedancia	66 Ohm balanceado
Nivel de señal máxima	24 dBu (Ajustable desde 6 a 24 dBu)
Respuesta de Frecuencia	< $\pm$ 0.15 dB, 50 Hz-10KHz, <-0.3 dB, 10 KHz-20KHz
<b>Salida Audio Digital AES</b>	
Estándar	Balanceada AES-3 1992
Impedancia	75 Ohm coaxial o 110 Ohm balanceado
Conector	BNC
<b>Bastidor de Alojamiento</b>	<b>FR-6804-1</b>

**Tabla 7.32 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEMULTIPLEXOR DE AUDIO Y VIDEO DIGITAL ADM-6800**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ☞ La forma de onda de la señal de televisión y el método de generarla han condicionado el diseño de todos los equipos de televisión. Su transmisión analógica sin distorsiones es esencial para la obtención de buenas imágenes en los sistemas actuales, y esto permanecerá así hasta la adopción de una norma de televisión digital.
- ☞ El objetivo principal por el cual se diseña y se equipa las salas de control en un estudio de televisión es para proporcionar las facilidades necesarias a todo el personal técnico encargado de realizar todo el proceso de ajuste y calibración de la señal de audio y video previo a su transmisión al aire. En realidad no existe un diseño normalizado, pero el primer criterio a tener en cuenta es su flexibilidad y la correcta organización de espacios para futuras instalaciones de equipos con nueva tecnología.
- ☞ El estatus del ingeniero en las salas de control cambiara notablemente en la era digital a causa del rendimiento y la estabilidad de los equipos digitales logrando invertir más tiempo operando que ajustando los equipos.
- ☞ A medida que las normas y sistemas digitales entren y dominen el mundo de la televisión, nos veremos en la necesidad de implementar un medio que soporte la gran cantidad de información audiovisual que se genere en el estudio de televisión. La fibra óptica con sus ventajas de ancho de banda, transmisión de datos a altas velocidades y niveles de seguridad aceptables, nos ofrece una alternativa muy interesante como un medio físico para transportar señales de audio y video digitales.
- ☞ La electrónica digital, los microprocesadores, los sistemas de compresión ha permitido el rediseño completo de los sistemas de control y potentes computadoras han proporcionado la manipulación de las señales de video.
- ☞ El audio esta también en el mismo proceso de evolución y pronto los estudios totalmente digitales estarán a nuestro alcance a medida que los equipos analógicos estén listos para su reemplazamiento.

- ☒ Hasta entonces, en los canales de nuestro país veremos transiciones de tecnologías, es decir el cambio paulatino de sistemas de audio y video analógicas a digitales. El objetivo principal de todo este proceso de transiciones, es llegar al usuario final el cual poseerá un televisor de alta definición que brinde variedad en la programación y la interactividad entre el usuario y la estación de televisión.
  - ☒ Las conversiones tienen por único objeto usar las facilidades ofrecidas por los equipos digitales que los analógicos no pueden ofrecer.
  - ☒ La gran variedad de equipamiento digital existente en el mercado permite que los ingenieros de diseño cuenten con diferentes alternativas para elegir el tipo de fabricante, costos, compatibilidades de normas e interfaces y flexibilidad de instalación.
  - ☒ El proveer información técnica a un canal de televisión para la implementación de un medio físico de respaldo totalmente digital como es la fibra óptica y su futura integración al nuevo mundo digital, representa una de las características principales de esta tesis, que pretende ser una base para futuros proyectos relacionados con la Televisión Digital Terrestre.
- 
- ☒ Se recomienda la debida organización de espacios en los racks de comunicación ubicadas en la sala de control técnico de Gamavisión para la facilidad de instalación de los nuevos equipos digitales, módem óptico y la bandeja de empalmes.
  - ☒ Para la sala de control master se debe acondicionar un lugar adecuado para la colocación del nuevo switcher digital el cual a diferencia del analógico posee más componentes audiovisuales.
  - ☒ Se debe tener cuidado en el momento de realizar el ponchado de los conectores BNC, los cuales deben regirse a normas de instalación ya establecidas, para evitar perdidas de datos e introducción de errores.

# ANEXO A

## A-1 EQUIPOS CONVERTIDORES EXISTENTES EN EL MERCADO

### FABRICANTE "MIRANDA"



**Tarjeta: Conversor Analógico-Digital de video en componentes ASD-111i**

CARACTERISTICA	VALORES / UNIDADES
Entrada de video analógico	En componentes RGB 0.7 Vp-p Nominal 1.0 V p-p Nominal con sincronismo
Perdida de retorno	>35 dB a 5.75 MHz
Tipo de señal	NTSC en componentes
Salida de video Digital	SMPTE-259M, 270 MHz
Perdida de retorno	>15 dB a 270 MHz
Jitter	<0.2UI
Cuantización	10 bits
Muestreo	27 MHz
Respuesta de frecuencia	$\pm 0.1$ dB a 5.5 MHz y $+0/-0.15$ dB desde 5.5 a 5.75 MHz

**Características técnicas Convertidor Analógico-Digital de video ASD-111i**



**Tarjeta: Conversor Analógico-Digital de video compuesto ASD 211i**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
Entrada de video analógico	NTSC video compuesto (525 líneas)
Perdida de retorno	: > 35 dB a 5.75 MHz
Salida de video digital	SMPTE-259M, 270 MHz
Perdida de retorno	>15 dB a 270 MHz
Cuantización	10 bits
Muestreo	27 MHz

**Características técnicas Convertidor Analógico-Digital de video ASD-211i**



**Tarjeta: Conversor Analógico-Digital para audio ASD-711i**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
Entrada de audio analógico	Estereo balanceado
Impedancia	600 ohmios o 15 Kohmios
Referencia externa	AES3 (balanceado 110 ohmios)
Salida de audio digital	Señal AES3

Nivel de señal	3.8 Vp-p
Impedancia	110 Ohmios balanceado
Jitter	0.008 UI
Conector BNC	Impedancia 75 ohmios
Cuantización	24 bits
Muestreo	32, 44.1, 48, 96 KHz
Distorsión	<-98 dB
Retardo en el proceso	780 us

**Características técnicas Convertidor Analógico-Digital para audio ASD-711i**



**Tarjeta: Conversor Digital-Analógico de video SDM-101i**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
Entrada de video digital	SMPTE-259M , 270 MHz
Ecuación	250 metros cable Belden 8281
Perdida de retorno	>15 dB a 270 MHz
Salida de video analógico	En componentes RGB
Nivel de señal	0.7 Vp-p nominal o 1.0 Vp-p con sincronismo
Perdida de retorno	>35 dB a 5.75 MHz
Cuantización	10 bits
muestreo	27 MHz
Retardo de procesamiento	1.2 us

**Características técnicas Convertidor Digital – analógico para video en componentes SDM-101i**



**Tarjeta: Conversor Digital-Analógico de video SDM-211i**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
Entrada video digital	SMPTE-259M, 270 MHz
Ecuación	250 metros cable Belden 8281
Perdida de retorno	>15 dB a 270 MHz
Salida video analógico	Compuesto NTSC 525 líneas
Nivel de señal	0.7 Vp-p nominal o 1.0 Vp-p con sincronismo
Perdida de retorno	>35 dB a 5.75 MHz

**Características técnicas Convertidor Digital – analógico para video en compuesto SDM-211i**



**Conversor Digital-Analógico para audio SDM-711i**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>VALORES / UNIDADES</b>
Entrada de audio digital	AES3
Nivel de señal	0.2 Vp-p a 7 Vp-p
Impedancia	110 Ohmios
Pedida de retorno	>15 dB a 12 MHz
Salida audio analógico	Balanceado estereo
Impedancia	<50 ohmios
Nivel de señal	24 dBu
Cuantización	24 bits
Muestreo	20 KHz a 50 KHz

### **Características técnicas Convertidor Digital – analógico para audio SDM-711i**

## **A-2 DISTRIBUIDORES DIGITALES**

**FABRICANTE VIDEOTEK**



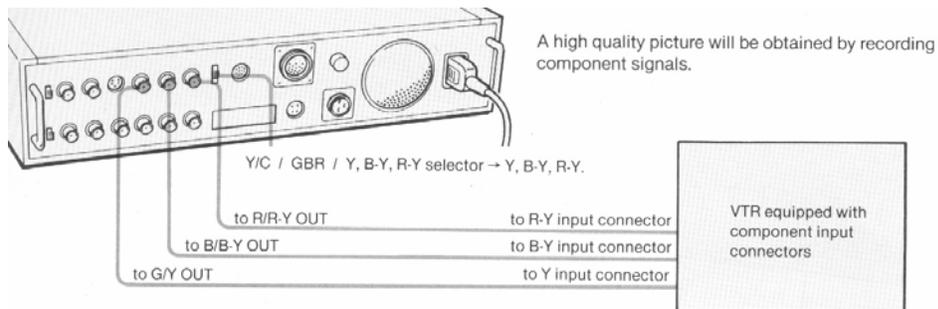
### **Distribuidor digital audio y video HDA-1500**

El distribuidor digital a diferencia de LEITCH, viene en forma de caja y no en tarjeta. El modelo HDA-1500, tiene una entrada para señal digital y en sus salidas presenta 4 señales digitales y 4 analógicas. Trabaja bajo estándar digital SMPTE-259 M a 270 MHz y analógica NTSC para video compuesto.

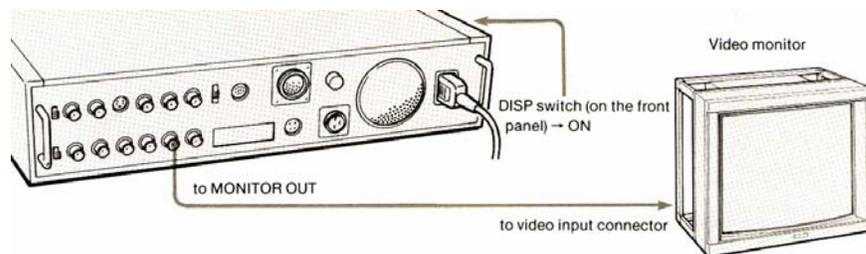
# ANEXO B

**B: INTERCONEXIONES**

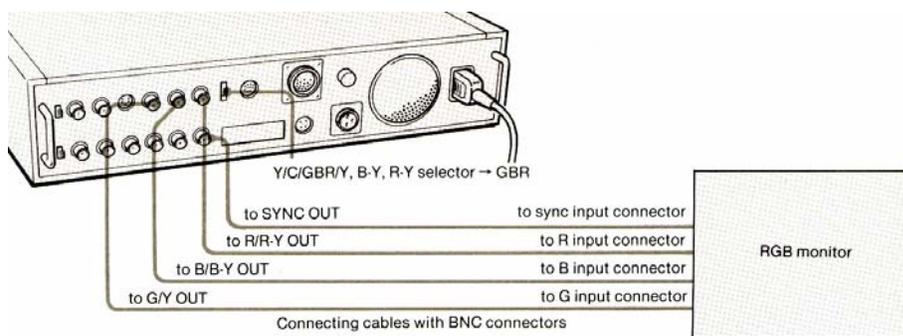
**B-1 UNIDAD CONTROL DE CAMARA (CCU)**



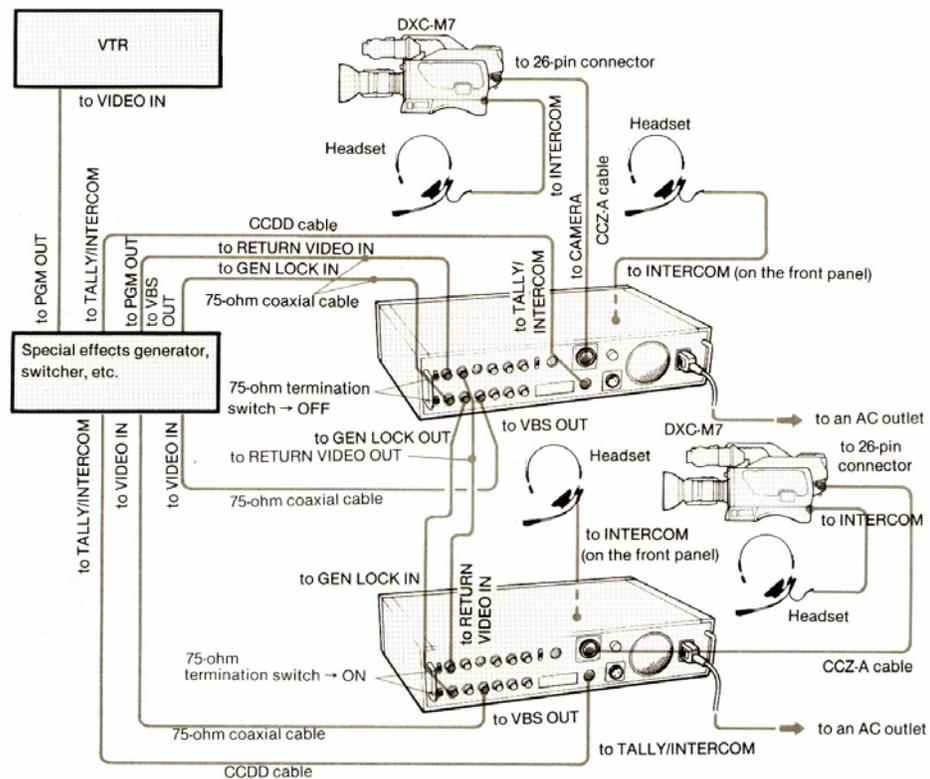
**CONEXIÓN : CCU - UNIDAD VTR, DISTRIBUIDOR, CONVERTIDOR DIGITAL etc (Señales RGB).**



**CONEXIÓN: CCU-MONITOR (Señal Compuesta)**

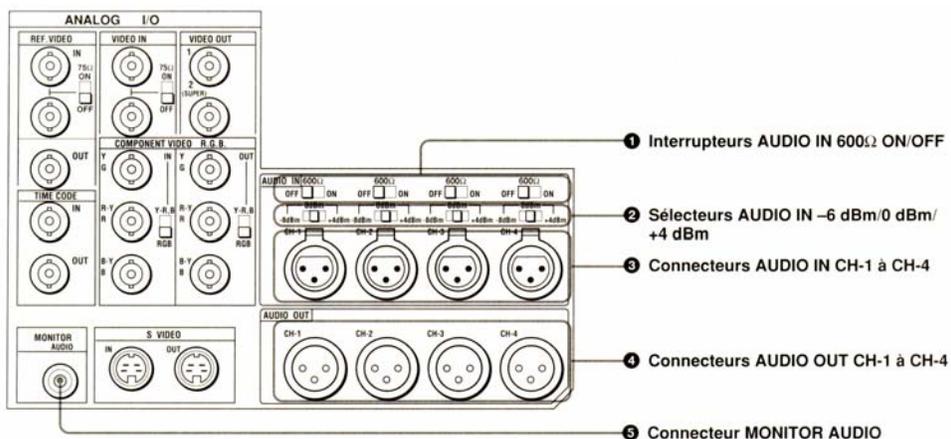


**CCU-MONITOR (Señal RGB)**



**CONEXIÓN DOS O MAS CAMARAS Y CCUs EN SERIE**

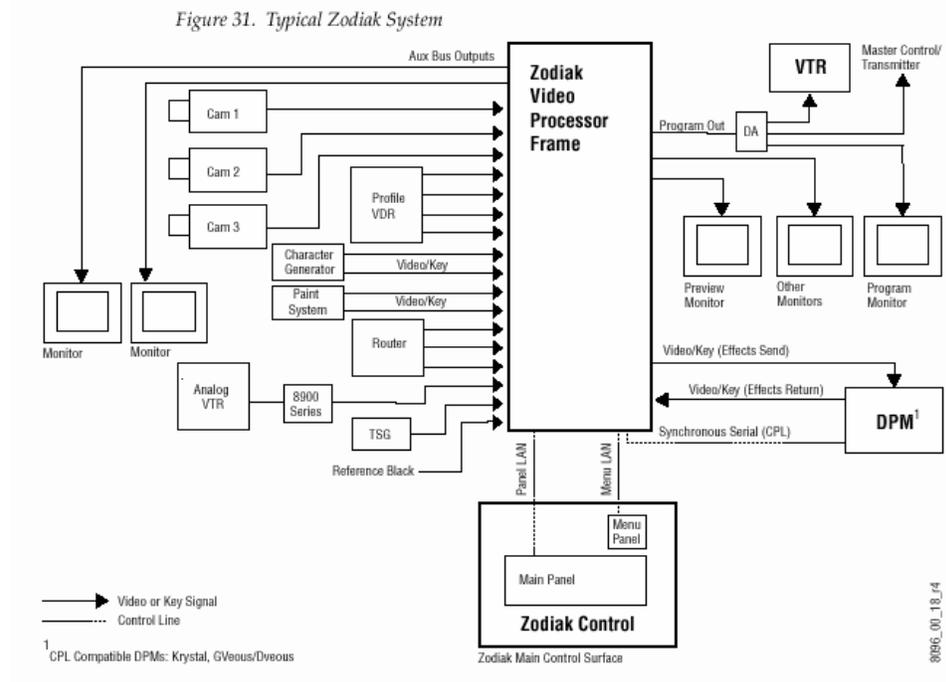
**B-2 MAGNETOSCOPIOS: MASTER DE PROYECCIÓN**



**MAGNETOSCOPIO : PANEL TRASERO DE CONEXIONES AUDIO Y VIDEO**



**B-3 SWITCHER DIGITAL**



**SWITCHER DIGITAL**

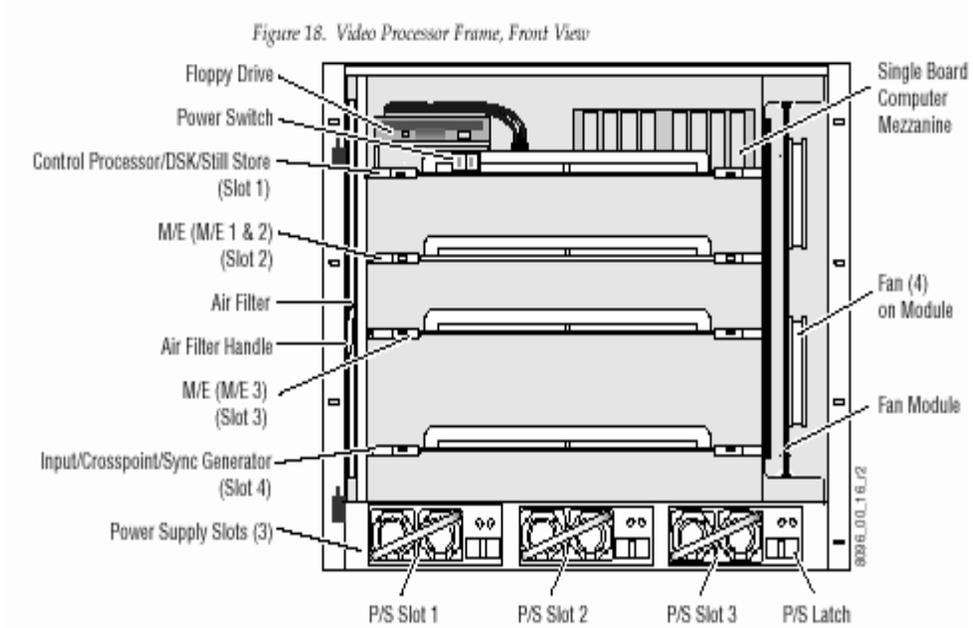
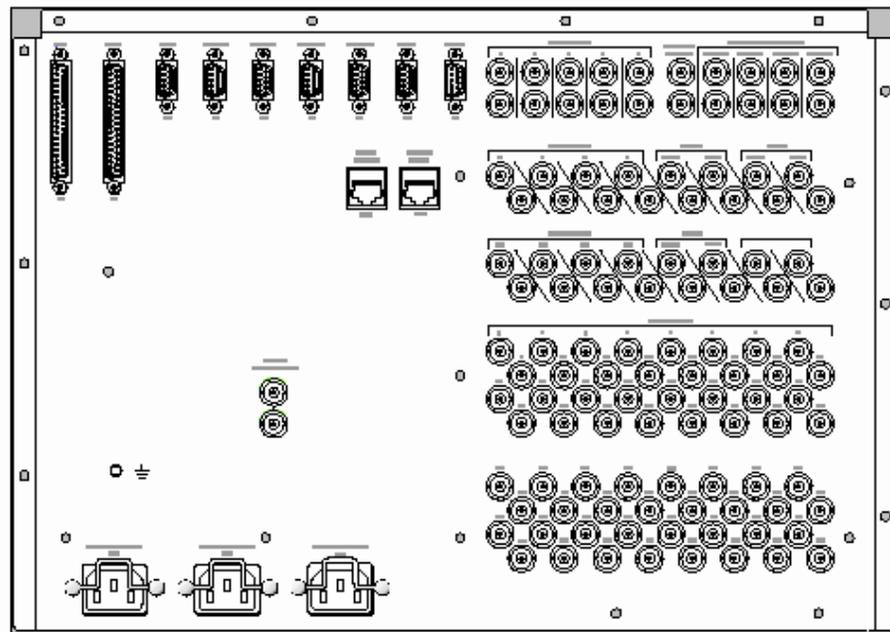
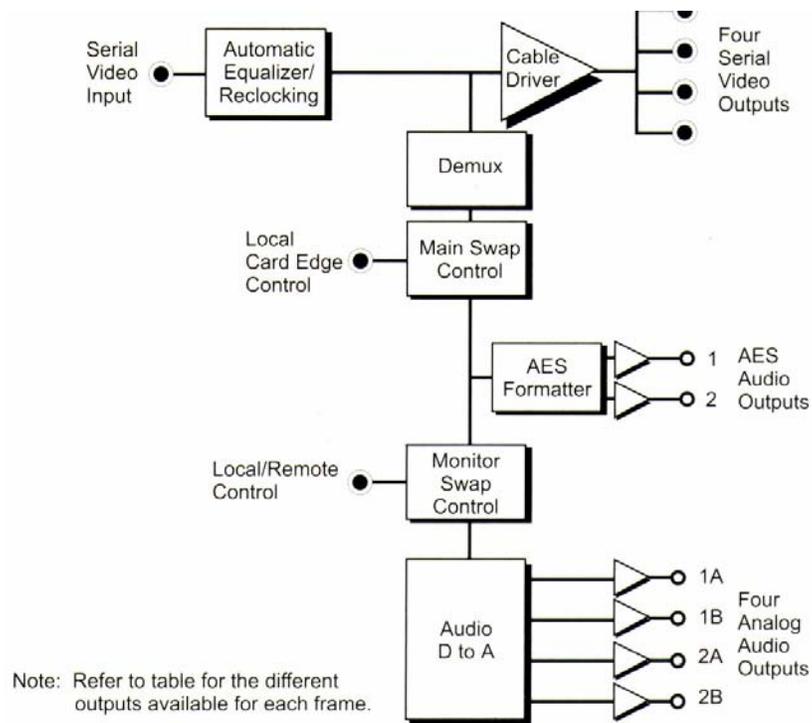


Figure 19. Video Processor Frame, Rear View

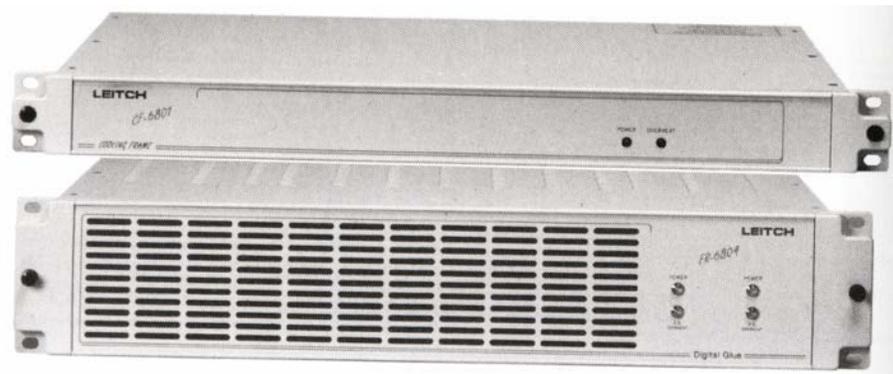


**PANEL DE CONEXIONES: SWITCHER DIGITAL**

**B-4 DEMULTIPLEXOR ADM-6800**

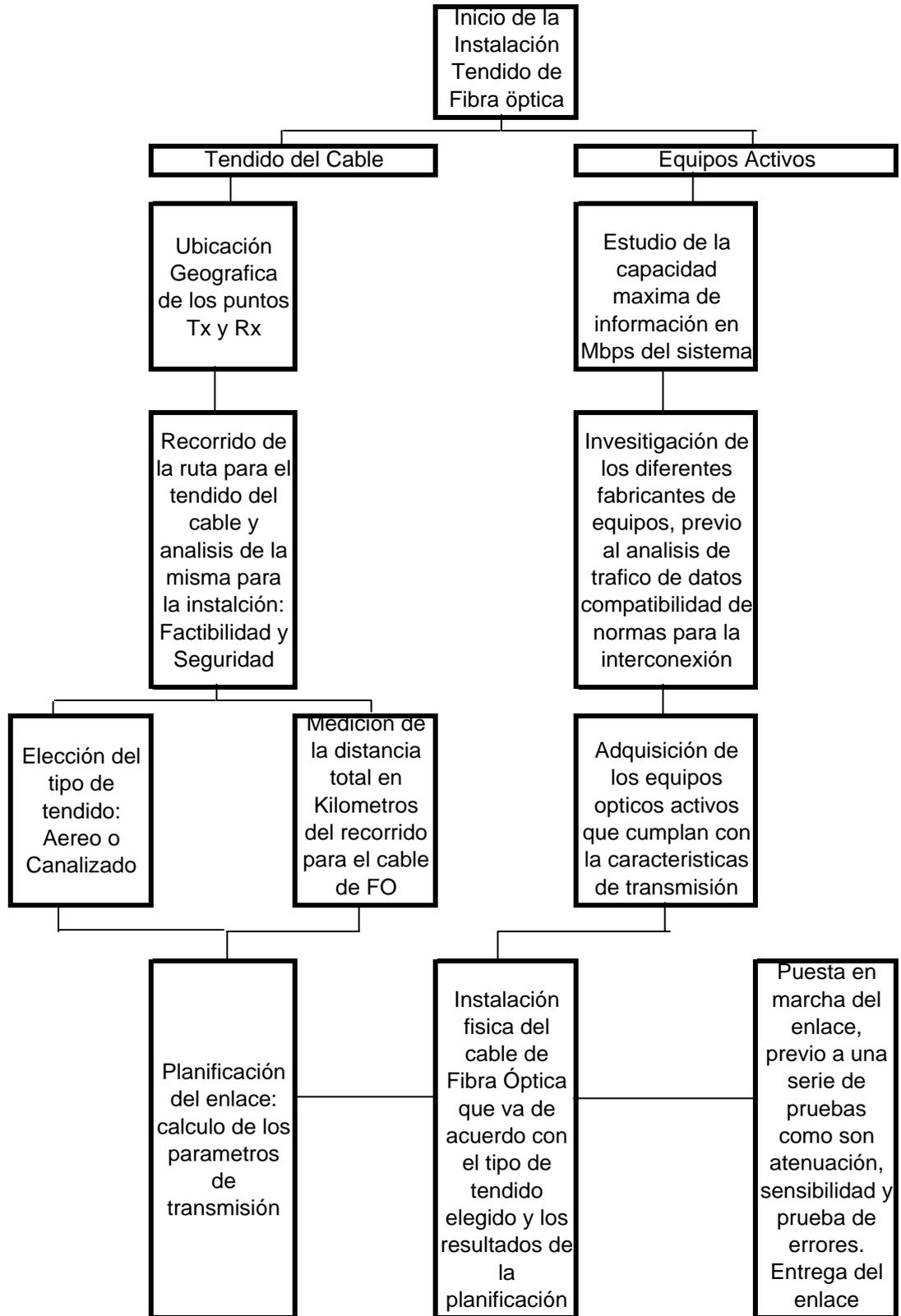


**DEMULTIPLEXOR ADM-6800**

**B-5 BASTIDOR FR-6804-1**

**BASTIDOR FR-6804-1 PARA TARJETAS: CONVERTIDOR A/D Y D/A**

# ANEXO C



CRONOGRAMA GENERAL DE INSTALACIÓN: FIBRA ÓPTICA

## C-2 RESUMEN: REGISTROS DE LA INSTALACIÓN

Los siguientes puntos resumen los diferentes registros que se deben tomar en cuenta en el momento de adquirir la fibra óptica y los equipos activos. Todo esto se lo lleva a cabo con el objetivo de tener archivado cierta información técnica del enlace que a la postre sirve para un determinado proceso de contabilidad, ingresos a bodega, que tipo de equipo y fabricante adquirir en el futuro etc. Estos puntos son los siguientes:

- ✍ Diagramas que incluyen las rutas del cable de fibra óptica y detalles.
- ✍ Localización física de los empalmes.
- ✍ Diagrama esquemática de las interconexiones.
- ✍ Puntos de ubicación de las cajas de empalmes : interiores y exteriores.
- ✍ Tipo de conector y fabricante.
- ✍ Longitud del cable de fibra óptica instalado.
- ✍ Fabricante y Fecha de compra e instalación de la fibra óptica y equipos activos.
- ✍ Tipo de cable, diámetro y peso.
- ✍ Características técnicas del cable de fibra óptica.
- ✍ Nombre del fabricante del equipo óptico activo así como el modelo y número de serie.
- ✍ Detalle del manejo del equipo, mantenimiento e instrucciones para su reparación.
- ✍ Especificaciones técnicas y de operación de los equipos activos.

Registro de los ensayos con OTDR de la fibra óptica instalada:

- ✓ Atenuación.
- ✓ Trazas de las curvas individuales de cada fibra.
- ✓ Documentación graficada en papel de las curvas arrojadas por el OTDR.
- ✓ Perdidas en cada conector y empalmes individuales.

- ✓ Nombre del fabricante, modelo y número de serie del equipo en medición.
- ✓ Perdidas por otros anomalías.
- ✓ Pérdida del enlace total por cada fibra.
- ✓ Potencia de Transmisión y sensibilidad del receptor.
- ✓ Margen de nivel óptico.
- ✓ Medidas de pérdida de retorno.
- ✓ Longitudes de onda de los ensayos.

Toda esta documentación sirve para la realización de algún tipo de mantenimiento preventivo o correctivo o para un futuro dimensionamiento del sistema. Con toda esta información al técnico encargado se le facilita el trabajo y su proceso se realiza más ágilmente.

## BIBLIOGRAFÍA

**Gordon White : Técnicas del Video : Instituto Oficial de Radiotelevisión Española RTVE.**

**Francis Rumsey y John Watkinson :** Manuel de Interfaz Digital : RTVE.

**John Watkinson :** El Arte del Audio Digital : RTVE

**Leon W. Couch :** Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos.

**Julian Espinoza de los Monteros :** Técnico en Telecomunicaciones Tomo No 1.

**Jade Clayton :** Diccionario Ilustrado de Telecomunicaciones

**Leitch :** Catalogo General. Guía Completa del Audio y Video Profesional. 2001

**Andrew :** Catalogo General. 1998 : Antenas, Líneas y Torres de Transmisión.

**Bob Chomycz :** Instalaciones de Fibra Óptica: Fundamentos, Técnicas y Aplicaciones.

**Günther Mahlke y Peter Gössing :** Conductores de Fibra Ópticas : Siemens.

**Sony Corporation :** Manual de instrucciones : Digital Camcorder DX-30 , M-7, Dvcam y Betacam, Camera Control Unit CCU-M7.

**Cortesía Gamavisión:** Manuales, Revistas y Folletos varios, relacionados con la producción y generación del video.

### **Paginas Web:**

[www.telesistema.com.ec](http://www.telesistema.com.ec)

[www.conartel.gov.ec](http://www.conartel.gov.ec)

[www.conatel.gov.ec](http://www.conatel.gov.ec)

[www.suptel.gov.ec](http://www.suptel.gov.ec)

[www.fuac.edu.co](http://www.fuac.edu.co)

[www.unitecnic.com](http://www.unitecnic.com)

[www.telecast.com](http://www.telecast.com)

[www.omb.com](http://www.omb.com)

[www.broadcast-link.com](http://www.broadcast-link.com)

[www.screen.it](http://www.screen.it)

[www.iteso.mx](http://www.iteso.mx)

[www.corning.com/cablesystems](http://www.corning.com/cablesystems)

[www.grassvalleygroup.com](http://www.grassvalleygroup.com)

[www.siemon.com](http://www.siemon.com)

[www.leitch.com](http://www.leitch.com)

[www.videotek.com](http://www.videotek.com)

[www.canare.com](http://www.canare.com)

[www.miranda.com](http://www.miranda.com)

[www.krop.es](http://www.krop.es)

[www.optelecom.com](http://www.optelecom.com)

[www.comintel.com](http://www.comintel.com)