

CONTENIDO

CAPÍTULO I	8
TELEVISION DIGITAL	8
1.1 INTRODUCCIÓN	8
1.2 MARCO TEÓRICO	9
1.2.1 METODOLOGIA	9
1.3 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE VIDEO	9
1.3.1 CONVERSIÓN ANALÓGICA A DIGITAL	10
1.3.2 MUESTREO DE LA SEÑAL ANALÓGICA	11
1.3.3 ESTRUCTURAS DE MUESTREO	14
1.3.3.1 ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:4:4	15
1.3.3.2 ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:2:2	16
1.3.3.3 ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:1:1	17
1.3.3.4 ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:2:0	18
1.3.4 CUANTIFICACIÓN DE LOS VALORES MUESTREADOS	19
1.3.6 RELACIÓN SEÑAL RUIDO DE LA SEÑAL DIGITAL	22
1.4 COMPRESIÓN DE VIDEO Y AUDIO	22
1.4.1 COMPRESIÓN DE VIDEO	23
1.4.1.1 CODIFICACIÓN DE LONGITUD VARIABLE	24
1.4.1.2 CODIFICACIÓN DE HUFFMAN	25
1.4.1.3 LA TRANSFORMADA DISCRETA DE COSENO	27
1.4.1.4 CUANTIFICACIÓN	30
1.4.2 COMPRESIÓN DE AUDIO	32
1.4.2.1 REDUNDANCIA E IRRELEVANCIA	33
1.4.2.2 DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL DE AUDIO	33
1.5 EL ESTÁNDAR MPEG-2	36
1.5.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	37
1.5.2 LA NECESIDAD DE LA COMPRESIÓN	39
1.5.3 PERFILES Y NIVELES	40
1.5.4 IMÁGENES EN MPEG-2	42
1.5.4.1 IMÁGENES I	42
1.5.4.2 IMÁGENES P	43
1.5.4.3 IMÁGENES B	43
1.5.5 PREDICCIÓN Y COMPENSACIÓN DE MOVIMIENTO	44
1.5.6 ESTÁNDAR DE AUDIO MPEG-2	49
1.5.5.1 CAPAS DE AUDIO EN MPEG-2	50

1.5.5.2 CAPA I DE AUDIO	51
1.5.5.3 CAPA II DE AUDIO	51
1.5.5.4 CAPA III DE AUDIO	52
1.6 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	53
1.6.1 RESTRICCIONES DE UHF	53
1.6.2 ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS	54
1.6.2.1 LA TV DIGITAL EN AMÉRICA LATINA Y EL ECUADOR	54
CAPÍTULO II	57
ANÁLISIS DE LOS ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE	57
2.1 ESTÁNDAR ATSC	57
2.1.1 SISTEMA DE TRANSMISIÓN	58
2.1.2 FORMATOS DE VIDEO	60
2.1.3 TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DE VIDEO EN ATSC.	62
2.1.4 MULTIPLEXADO DE LOS FLUJOS DE DATOS	65
2.1.4.1 MÚLTIPLEX DE TRANSPORTE DE PROGRAMA SIMPLE	65
2.1.4.2 MÚLTIPLEX DEL SISTEMA	66
2.1.5 EL GRUPO DE IMÁGENES (GOP)	67
2.1.6 MODULACIÓN 8-VSB	69
2.1.7 MODULADOR 8-VSB	71
2.1.8 CUADRO DE DATOS VSB	74
2.1.9 SEGMENTO DE DATOS ATSC	77
2.1.10 MODULACIÓN DE AMPLITUD	79
2.2 ESTÁNDAR DVB-T	82
2.2.1 FACILIDADES DEL ESTÁNDAR DVB – T	83
2.2.2 TELEVISIÓN DIGITAL ESTÁNDAR Y TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN	84
2.2.3 MODOS DE TRANSMISIÓN	85
2.2.3.1 TRANSMISIÓN NO JERÁRQUICA	85
2.2.3.2 TRANSMISIÓN JERÁRQUICA	86
2.2.4 FORMATOS DE VIDEO	88
2.2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA MODULACIÓN COFDM	89
2.2.6 SISTEMA DE MODULACIÓN COFDM	89
2.2.6.1 MULTIPLEX DE ADAPTACIÓN Y DISPERSIÓN DE ENERGÍA	91
2.2.6.2 CODIFICACIÓN EXTERNA	93
2.2.6.3 INTERCALACIÓN EXTERNA	94
2.2.6.4 CODIFICACIÓN INTERNA	95
2.2.6.5 INTERCALACIÓN INTERNA	96
2.2.6.6 ADAPTACIÓN DE CUADRO E INSERCIÓN DE PORTADORAS PILOTO	99
2.2.6.7 MODULADOR OFDM	99
2.3 ESTÁNDAR ISDB-T	104

2.3.1 APLICACIONES DEL ESTÁNDAR ISDB-T	104
2.3.2 TRANSMISIÓN OFDM EN FORMA SEGMENTADA	104
2.3.3 AJUSTE DEL TIEMPO DE INTERCALACIÓN DE DATOS	105
2.3.4 MODOS DE OPERACIÓN	105
2.3.5 TRANSMISIÓN SEGMENTADA	106
2.3.6 TRANSMISIÓN EN MODO JERÁRQUICO	107
2.3.7 TRANSMISIÓN EN MODO PARCIAL O DE BANDA ANGOSTA	108
2.3.8 CUADRO MULTIPLEXADO	109
CAPÍTULO III	113
<hr/>	
INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA TELEVISIÓN DIGITAL	113
3.1 INTRODUCCIÓN	113
<hr/>	
3.2 INFRAESTRUCTURA PARA EL ESTUDIO	113
3.2.1 INFRAESTRUCTURA ANALÓGICA EXISTENTE	114
3.2.2 INFRAESTRUCTURA DIGITAL EXISTENTE	116
3.2.3 INFRAESTRUCTURA EN HDTV	118
3.3 LA RED	119
<hr/>	
3.3.1 INFRAESTRUCTURA LAN (WAN)	119
3.4 INFRAESTRUCTURA PARA LA TRANSMISIÓN	121
<hr/>	
3.4.1 INTERFASES DE FLUJO DE DATOS Y MULTIPLEXADO	122
3.4.2 INTERFASE DE SERIE ASÍNCRONA (ASI)	122
3.5 MODULACIONES DIGITALES	123
<hr/>	
3.5.1 FORWARD ERROR CORRECTION (FEC)	128
3.5.2 ANCHO DE BANDA OCUPADO POR RF	129
3.5.3 ENLACES DE MICROONDA	129
3.5.4 TRANSMISORES TERRESTRES	132
3.5.4.1 MODULADOR DE FI	132
3.5.4.2 ANCHO DE BANDA	132
3.5.4.3 COMPARACIÓN ENTRE LAS TRANSMISIONES DIGITALES Y ANALÓGICAS	134
CAPÍTULO IV	135
<hr/>	
ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	135
4.1 COSTO DE LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA IMPLANTAR TV DIGITAL	135

4.1.2 COSTO DE ESTUDIO Y PRODUCCIÓN	135
4.1.3 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE TV DIGITAL DESDE ANALÓGICA	138
4.1.4 COSTO CUANDO SE TIENE UNA BASE DIGITAL INSTALADA	141
4.2 GASTOS OPERATIVOS ACTUALES	143
4.3 GASTOS OPERATIVOS CON TV DIGITAL	145
4.4. INGRESOS DEL CANAL	146
4.4 AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN EN EQUIPOS	148
4.4.1 PUNTO DE EQUILIBRIO	148
4.4.2 VALOR PRESENTE NETO (VPN)	149
4.4.3 TASA DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (TIR)	150
CONCLUSIONES	153
RECOMENDACIONES	156
ANEXO 1	157
ANEXO 2	178
ANEXO 3	179
ANEXO 4	180
ANEXO 5	184
ANEXO 6	186
ANEXO 7	187
ANEXO 8	188
GLOSARIO	189
BIBLIOGRAFÍA	203

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1 Conversor Analógico Digital	10
Figura 1.2 Espectro en banda base de la señal a muestrear	11
Figura 1.3 Espectro de los pulsos de muestreo	12
Figura 1.4 Espectros de la señal a muestrear y de la señal muestreada	13
Figura 1.5 espectro de la señal de Luminancia y la señal de muestreo	14
Figura 1.6 Estructura de muestreo 4:4:4	15
Figura 1.7 Estructura de muestreo 4:2:2	16
Figura 1.8 Estructura de muestreo 4:1:1	17
Figura 1.9 Estructura de muestreo 4:2:0	18
Figura 1.10 Niveles de cuantificación de la señal de Luminancia	20
Figura 1.11 Niveles de cuantificación de las señales Cb y Cr	21
Figura 1.12 Elementos de la información de video	24
Figura 1.13 Transformación mediante DCT	29
Figura 1.14 Zonas de alta y baja frecuencia después del proceso DCT	30
Figura 1.15 Proceso de compresión de video	31
Figura 1.16 Codificación PCM	35
Figura 1.17 Cuantificación de la señal muestreada	36
Figura 1.18 Cuadro comparativo de perfiles y niveles MPEG-2	41
Figura 1.19 Tipos de imágenes MPEG-2	42
Figura 1.20 Sistema de codificación DPCM	44
Figura 1.21 Bloque de 16x16 muestras desplazado entre imágenes	46
Figura 1.22 Generación del vector de movimiento	48
Figura 1.23 Codificación temporal	49
Figura 1.24 Capa II de audio	52
Figura 1.25 Capa III de audio	53

CAPÍTULO II

Figura 2.1 Características del estándar ATSC	58
Figura 2.2 Diagrama de bloques de un programa de TV digital en ATSC	59
Figura 2.3 Proceso de Transmisión y recepción en ATSC	63
Figura 2.4 Múltiplex para formar un flujo de transporte	66
Figura 2.5 Múltiplex para formar un flujo de bits	67
Figura 2.6 Espectro VSB y espectro NTSC	70
Figura 2.7 Diagrama del modulador 8-VSB	71
Figura 2.8 Paquete MPEG-2	72
Figura 2.9 Formato de los datos en ATSC	75
Figura 2.10 Segmento de datos en ATSC	78
Figura 2.11 Campo de datos ATSC	79
Figura 2.12 Espectro de doble banda lateral	80
Figura 2.13 Espectro de la frecuencia RF 8-VSB	81
Figura 2.14 Características principales del estándar DVB-T	83
Figura 2.15 Tipos 7e servicios transmitidos en DVB-T	84
Figura 2.16 Capacidad de programas a transportar en modo No	86

Jerárquico

Figura 2.17 Capacidad de programas a transportar en modo Jerárquico	87
Figura 2.18 Modos de operación en 2K y 8K en OFDM	89
Figura 2.19 Modulador COFDM	90
Figura 2.20 Generador PRBS	91
Figura 2.21 Paquetes de transporte MPEG-2	93
Figura 2.22 Intercalación y desintercalación externas	95
Figura 2.23 Codificación interna	96
Figura 2.24 Intercalación de bits y símbolos, transmisión No Jerárquica, QPSK	97
Figura 2.25 Intercalación de bits y símbolos, transmisión No Jerárquica, 64QAM	98
Figura 2.26 Intercalación de bits y símbolos, transmisión Jerárquica, 64QAM	99
Figura 2.27 Espectro de portadoras adyacentes en OFDM	100
Figura 2.28 Multitrayecto con retardo inferior al intervalo de guarda	101
Figura 2.29 Distribución de frecuencias en tiempo y frecuencia	103
Figura 2.30 Inserción del intervalo de guarda	103
Figura 2.31 Segmento de datos en ISDB-T	106
Figura 2.32 Segmento de datos intercalados	107
Figura 2.33 Ejemplos de transmisión COFDM	108
Figura 2.34 Recepción ISDB-T de banda angosta	109

CAPÍTULO III

Figura 3.1 Infraestructura analógica existente	114
Figura 3.2 Infraestructura digital existente	116
Figura 3.3 Infraestructura en HDTV	118
Figura 3.4 Esquema de un canal totalmente digital	120
Figura 3.5 Enlace entre dos estaciones de TV	121
Figura 3.6 Ejemplos de constelaciones QAM	124
Figura 3.7 Modulador 16 QAM	126
Figura 3.8 COFDM	127
Figura 3.9 Comparación entre enlaces analógicos y digitales	131

CAPÍTULO IV

Figura 4.1 Diagrama esquemático de un canal de TV digital	137
Figura 4.2 Esquema de interconexión del canal entre dos ciudades	141
Figura 4.3 Modulador digital Harris apex ATSC	142
Figura 4.4 Transmisor digital Harris ranger UHF	143

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

1.1 Codificación Huffman	25
1.2 Asignación de bits en la codificación Huffman	26
1.3 Asignación de símbolos en la codificación Huffman	26
1.4 Segunda agrupación de símbolos	27
1.5 Estado final de los símbolos en la codificación Huffman	27

CAPÍTULO II

2.1 Formatos de video más comunes en EE.UU	60
2.2 Formatos de video y relaciones de imagen usados en ATSC	62
2.3 Cantidad de macrobloques 4:2:0 en los distintos formatos	68
2.4 Parámetros principales del segmento ATSC	77
2.5 Parámetros principales para HDTV y SDTV	86
2.6 Parámetros principales para transmisión Jerárquica	88
2.7 Formatos más comunes de video en SDTV y HDTV en el estándar DBV-T	88
2.8 Parámetros principales en COFDM en 2k y 8k	102
2.9 Duración de los símbolos	102
2.10 Tiempos de intercalación de los datos	105
2.11 Número de paquetes TSP	110

CAPÍTULO IV

4.1 Costo de equipos para estudio	138
4.2 Costo de la red de almacenamiento	139
4.3 Costo de la LAN	139
4.4 Costo de los equipos para transmisión	140
4.5 Costo de los equipos para transmisión	142
4.6 Costo de mantenimiento y reparación	144
4.7 Salarios promedio del Dpto. Técnico de TV	145
4.8 Ingresos diarios y mensuales por concepto de publicidad	147
4.9 Ingresos esperados por publicidad después de implantar TV Digital	148

CAPÍTULO I

TELEVISION DIGITAL

1.1 INTRODUCCIÓN

La Televisión Digital ha permitido el desarrollo de equipos completamente digitales, imposibles de lograr con tecnología analógica. En la actualidad es posible diseñar y equipar un canal de TV con equipos 100% digitales, como son Routers, Switchers de video, Generadores de Caracteres, Generadores de Efectos, Cámaras, Videograbadoras y editoras no lineales de video.

Estaciones que operan con señales de video en SDI (Serial Digital Interface), logran la más alta calidad de imagen. A su vez el audio digital AES/EBU, permite tener una excelente calidad de sonido.

La televisión digital conlleva muchas ventajas:

- Mejora la calidad de audio y video ya que la señal digital es menos sensible al ruido
- Permite la transmisión de varios programas de SDTV (TV de definición estándar) por el mismo ancho de banda que ocupa un canal analógico actual, o un programa de HDTV (TV de alta definición) en ese mismo espectro.
- Permite la integración de la TV con Internet y servicios multimedia.
- Es posible utilizar redes de frecuencia única, esto es, emplear la misma frecuencia para transmisión y recepción.
- Permite la recepción móvil

En este estudio, se revisarán los métodos de digitalización, compresión y transmisión de una señal de video y de audio, así como los estándares existentes en DTV-T (televisión digital terrestre). Posteriormente se hará un análisis del costo

que implicaría la introducción de esta tecnología en el país y los beneficios que se obtendrían de tal implantación.

1.2 MARCO TEÓRICO

El marco teórico se encuentra disponible en las regularizaciones escritas por los comités de radiodifusión de Estados Unidos y Europa respecto a la Televisión Digital Terrestre. Dichos comités mantienen disponibles esta información en Internet, siendo ésta la principal fuente de información para la elaboración de este proyecto.

1.2.1 METODOLOGIA

La metodología utilizada está basada en la recopilación de información respecto a TDTV, disponible en Internet y en libros y revistas especializados.

También, se recurrió a entrevistas y encuestas realizadas a personal técnico y administrativo de las principales estaciones de Televisión del país

1.3 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE VIDEO

En 1982, el entonces CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications), estableció la recomendación CCIR-601 para la digitalización de señales de video en el estudio. Luego, el CCIR se convirtió en el ITU-R (International Telecommunications Union) y la recomendación pasó a llamarse ITU-R.B.601.

Esta norma establece los parámetros para la digitalización de la señal de video, a partir de las señales por componentes analógicos (Y, Pr, Pb), ¹para los estándares 525/60 y 625/50² en los formatos 4:3 y 16:9³.

¹ Luminancia y Diferencias de color. Componentes en que se separa a la señal de video para Televisión

² Número de líneas de la pantalla / frecuencia de barrido vertical

³ Relación entre el ancho y el alto de la pantalla de Televisión

Los distintos procesos para digitalizar la señal de video por componentes se detallan a continuación

1.3.1 CONVERSIÓN ANALÓGICA A DIGITAL

El proceso de digitalización de una señal consta básicamente de tres pasos:

- a) Muestreo de la señal analógica
- b) Cuantificación de los valores muestreados
- c) Codificación de la señal digital

Estos procesos se efectúan con el conversor Analógico / Digital, como se muestra en la figura 1.1.

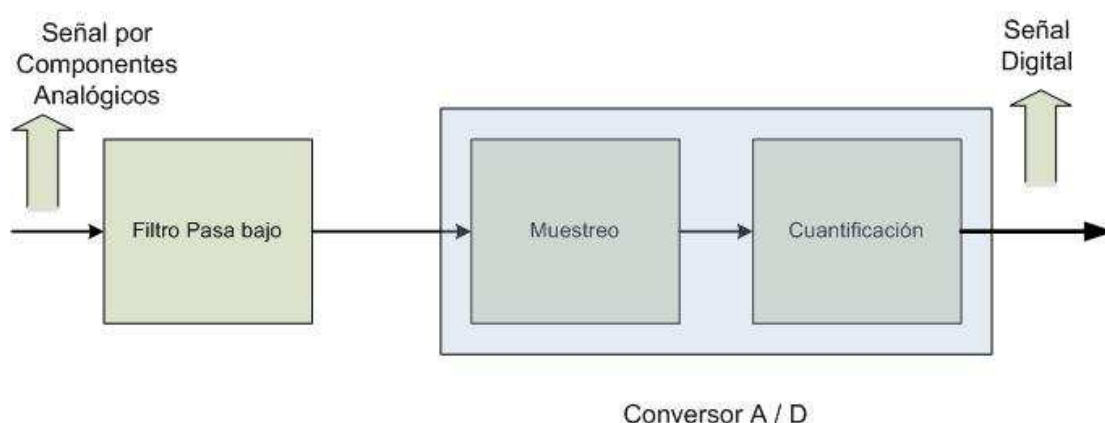


Figura 1.1 Conversor Analógico - Digital

La señal de entrada es limitada en banda por un filtro Pasa Bajas, el cual evita que se mezclen las frecuencias de la señal de entrada con las frecuencias de la señal de muestreo. Así se evitan efectos indeseables en la imagen.

El filtro limita el ancho de banda cuando las frecuencias de la señal a muestrear, superan la mitad de la banda de la frecuencia de muestreo. Por ejemplo, si la señal de muestreo es de 10 Mhz, el filtro cortarías las frecuencias por encima de 5 Mhz.

El efecto que se produce cuando se mezclan las frecuencias a muestrear con las frecuencias de muestreo se conoce como aliasing.

Además, se cumple con el teorema de muestreo de Nyquist, que indica que para cualquier fin práctico, se conserva toda la información de una señal, al muestrearla con una frecuencia que sea el doble de la señal a muestrear.

1.3.2 MUESTREO DE LA SEÑAL ANALÓGICA

El proceso de muestreo consiste en tomar muestras de pixeles de la señal analógica, la frecuencia a la que se toman estas muestras, se denomina frecuencia de muestreo.

La señal a muestrear es modulada por un tren de pulsos de corta duración a intervalos regulares T

La frecuencia de muestreo viene dada por:

$F_m = 1/T$; donde T es el período o intervalo de muestra

En la figura 1.2 se representa el espectro general de una señal analógica.

Como primer paso hacia la digitalización, esta es la señal que se va a muestrear

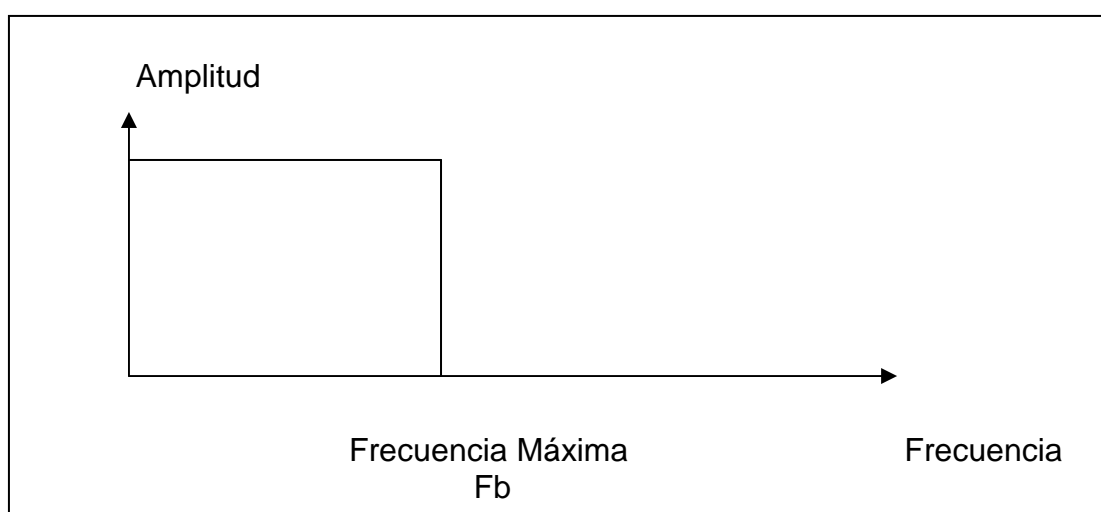


Figura 1.2 Espectro en banda base de la señal a muestrear

El ancho de banda de esta señal tiene una frecuencia máxima F_b . La pendiente de caída abrupta de la figura es para un filtro pasa bajas de espectro ideal.

Esta señal será muestreada por un tren de pulsos angostos, representados en la figura 1.3. En esta, se representa la frecuencia de muestreo fundamental F_m y la del doble de la fundamental $2F_m$. Para cada pulso de muestreo, fundamental y sus armónicos, se generan dos bandas laterales. Para la fundamental, la banda lateral inferior es $F_m - F_b$ y la banda lateral superior es $F_m + F_b$.

Para $2F_m$ las bandas laterales son $2F_m - F_b$ y $2F_m + F_b$ y así sucesivamente. Para que no se mezclen las frecuencias del espectro de entrada, con el espectro de la banda lateral inferior de la frecuencia de muestreo, es necesario que se cumpla la siguiente condición:

$$F_m \geq 2F_b$$

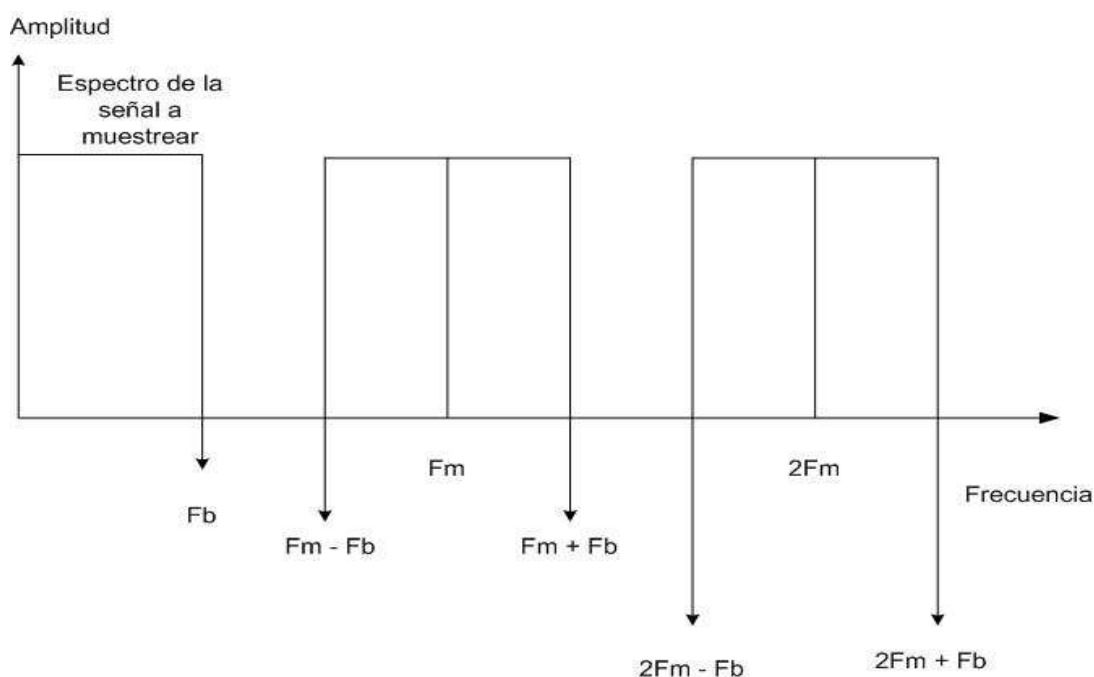


Figura 1.3 Espectro de los pulsos de muestreo

Las señales utilizadas para ser muestreadas, son denominadas componentes analógicas (Y Pr Pb), de la recomendación ITU-R.BT.601.

La frecuencia a la cual se deben tomar las muestras de cada una de las componentes, tiene que cumplir dos condiciones básicas; la primera es que debe ser múltiplo entero de la frecuencia de línea y la segunda es que debe cumplir con el teorema de Nyquist.

En la figura 1.4 se representa el espectro de la señal a muestrear y el espectro de la señal de muestreo.

En este ejemplo, debido a una baja frecuencia de muestreo o a un filtrado inapropiado en la señal a muestrear, se produce aliasing. En la figura se observa como la banda lateral inferior del espectro de muestreo ($F_m - F_b$), se superpone con la banda lateral superior de la señal de entrada o señal a muestrear (F_b), produciéndose aliasing.

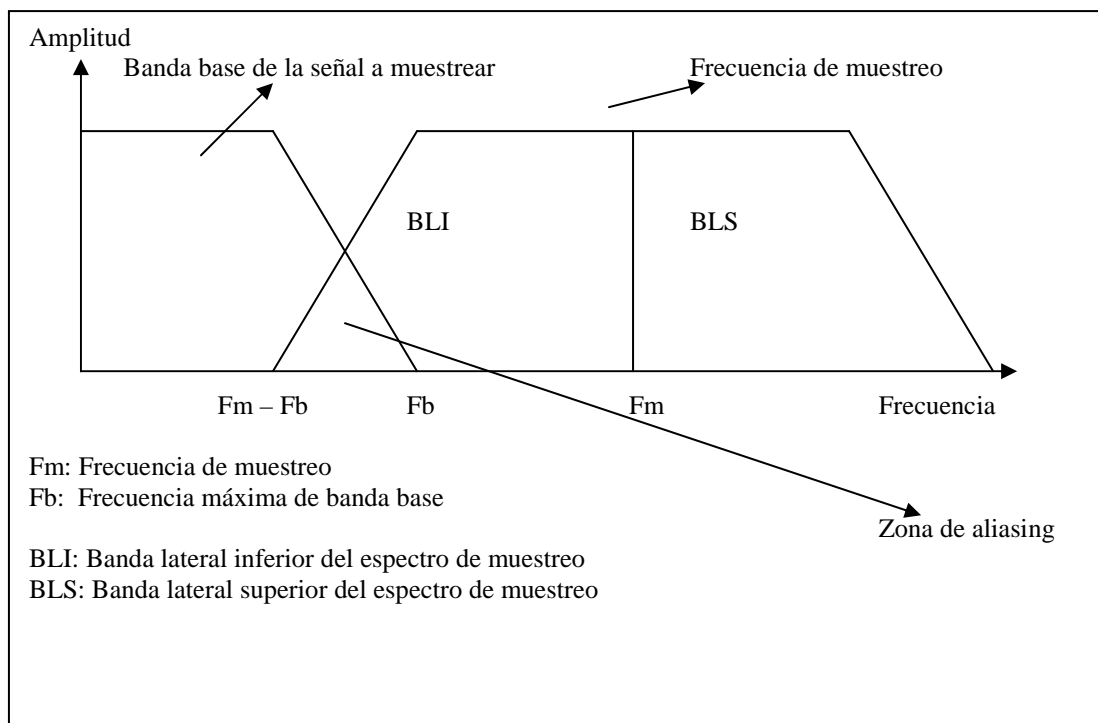


Figura 1. 4 Espectros de la señal a muestrear y la señal de muestreo

La señal de luminancia (Y) tiene un ancho de banda de 5,5 Mhz⁴, esta señal se muestrea a 13,5 Mhz, es decir, se ajusta al teorema de Nyquist y además es múltiplo entero de la frecuencia de línea. Los estándares 525/60 (NTSC) y 625/60 (PAL) utilizan la misma frecuencia de muestreo para la luminancia.

La figura 1.5 muestra el espectro para esta frecuencia de muestreo. En este caso no se produce aliasing.

Las señales Cr y Cb son muestreadas a otras frecuencias, dependiendo de la estructura de muestreo utilizada. De la estructura empleada y la cantidad de bits por muestra va a depender la calidad de la señal digital obtenida, en términos de relación señal-ruido (S/N).

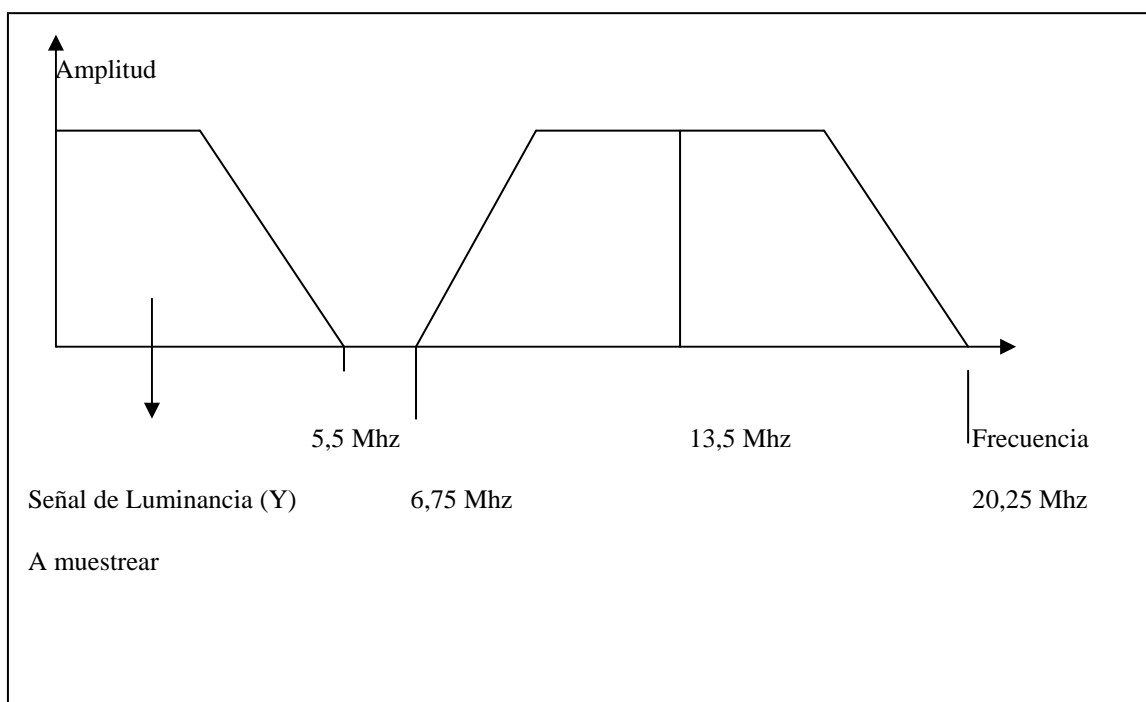


Figura 1. 5 Espectro de la señal de Luminancia y la señal de muestreo

1.3.3 ESTRUCTURAS DE MUESTREO

⁴ ITU -R 601

Existen varias estructuras de muestreo, y dependiendo de cual se elija, junto con la resolución de bits por muestra, dependerá la velocidad binaria final, y por consiguiente la calidad de esa señal digital.

1.3.3.1 ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:4:4

En esta estructura de muestreo, como puede apreciarse en la figura 1.6, cada cuatro pixeles consecutivos se muestrean cuatro muestras de luminancia, cuatro muestras de diferencia al azul y cuatro muestras de diferencia al rojo.

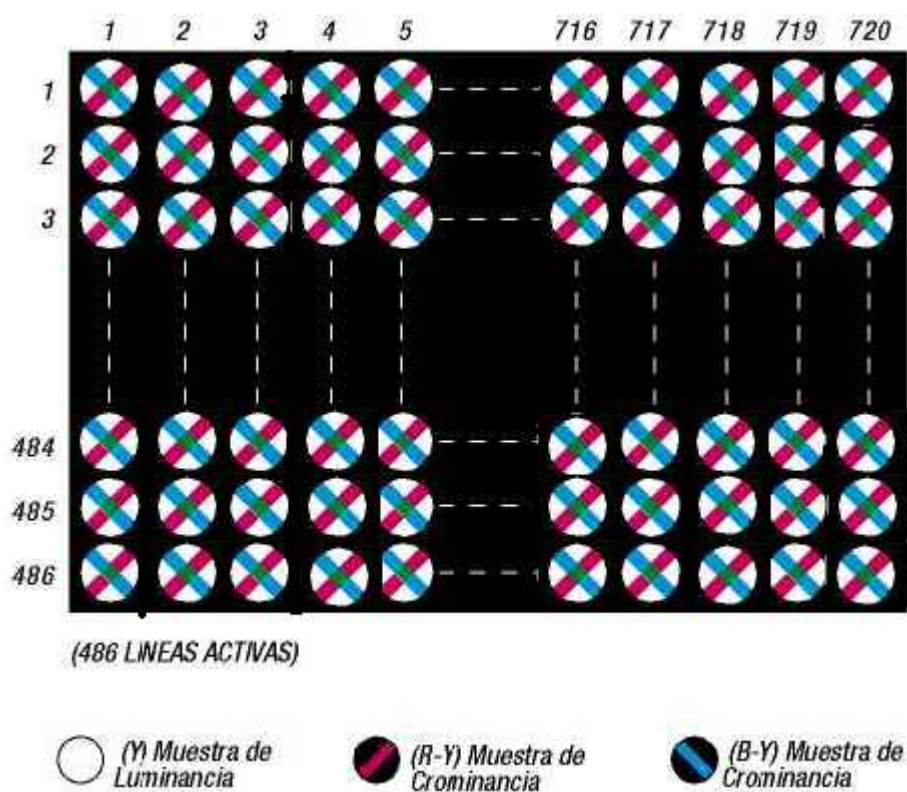


Figura 1.6 Estructura de muestreo 4:4:4

Las frecuencias de muestreo de los tres componentes es la misma (13,5 Mhz), siendo la frecuencia total de muestreo la suma de todas ellas, es decir 40,5 Mhz.

La frecuencia total de muestreo multiplicada por el número de bits por muestra nos da la velocidad binaria total de ese tren de datos.

Suponiendo la cuantificación a 10 bits por muestra, en esta estructura de muestreo la velocidad binaria total será: $40,5 \text{ Mhz} * 10 \text{ bits} = 405 \text{ Mbps}$.

1.3.3.2 ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:2:2

Esta estructura es la más utilizada en aplicaciones profesionales, aquí, cada cuatro pixeles consecutivos se muestrean cuatro muestras de luminancia y dos muestras de cada una de las señales diferencia de color.

La cantidad de muestras por línea activa es de:

720 muestras de luminancia

360 muestras de CB

360 Muestras de Cr

Las frecuencias de muestreo para esta estructura son 13,5 Mhz para Luminancia y 6,75 Mhz para las dos señales diferencias de color, siendo la frecuencia total de muestreo de 27 Mhz.

En la figura 1.7 se representa la estructura de muestreo 4:2:2

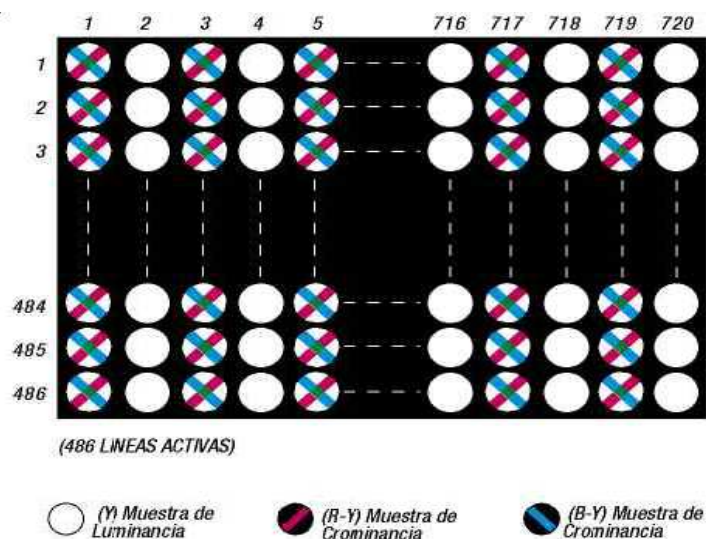


Figura 1.7 Estructura de muestreo 4:2:2

La recomendación ITU-R.BT.301 establece los parámetros de codificación de señales, específicamente para la estructura 4:2:2 a 8 y 10 bits de resolución; de modo que la velocidad binaria total quedaría definida así:

Con 8 bits de resolución $27 \text{ Mhz} * 8 \text{ bits} = 216 \text{ Mbps}$

Con 10 bits de resolución $27 \text{ Mhz} * 10 \text{ bits} = 270 \text{ Mbps}$

1.3.3.3 ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:1:1

Es utilizada en aplicaciones semiprofesionales.

En la figura 1.8 se representa esta estructura de muestreo

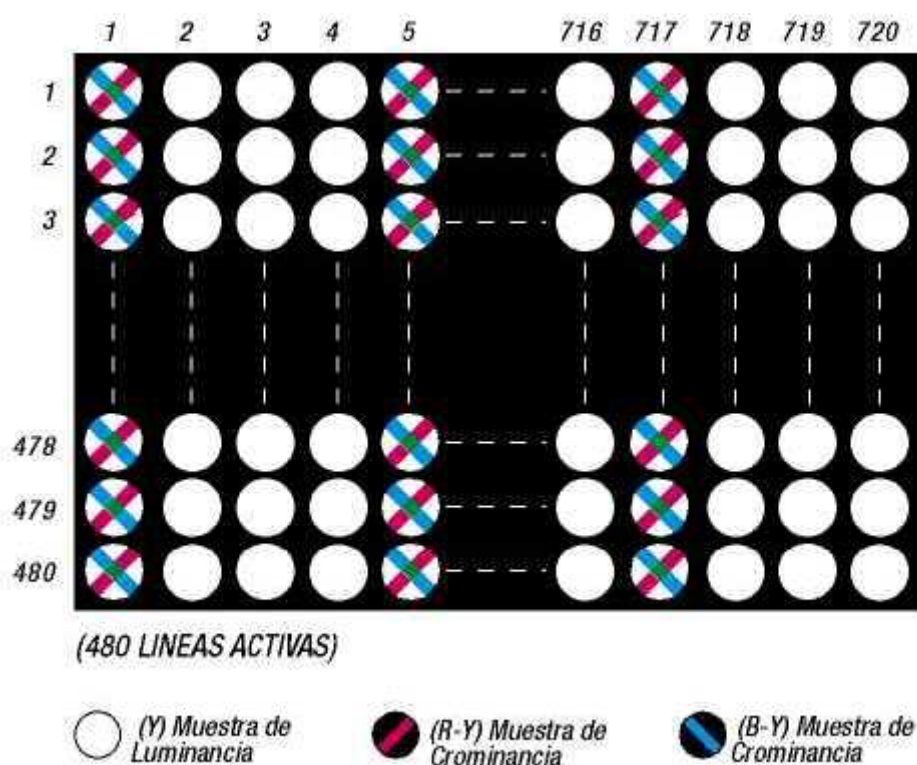


Figura 1.8 Estructura de muestreo 4:1:1

Al analizar una línea de barrido, se observa que por cada cuatro muestras consecutivas de luminancia, se muestrea un píxel de Cr y uno de Cb. Es decir, que la primera muestra corresponde a Y, Cb y Cr, debido a que los píxeles están

sobrepuestos. En la segunda, tercera y cuarta muestras de línea, solo se muestrea luminancia.

Las frecuencias de muestreo para esta estructura son: 13,5 Mhz para la señal de luminancia; y 3.375 Mhz para Cr y Cb

La velocidad binaria con 8 y 10 bits de resolución sería:

Con 8 bits $(13,5+3,375+3,375) * 8 = 162$ Mbps

Con 10 bits $(13,5+3,375+3,375) * 10 = 202,5$ Mbps

1.3.3.4 ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:2:0

Es la más utilizada para muestrear señales que serán comprimidas en MPEG-2. Aquí, en líneas alternadas no se muestrean las señales diferencia de color, en estas líneas solo se muestrea luminancia. En la figura 1.9 se puede apreciar este tipo de estructura.

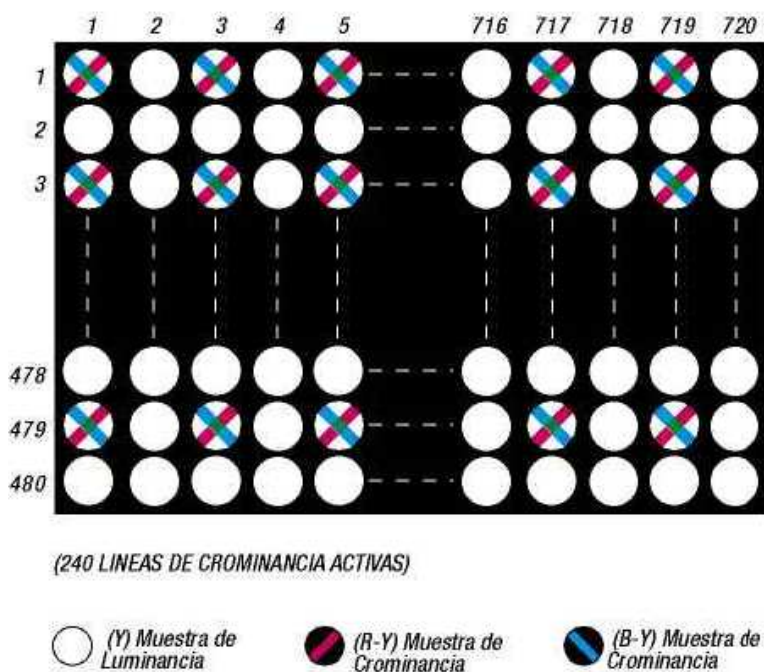


Figura 1.9 Estructura de muestreo 4:2:0

Las líneas 1 y 3 corresponden al primer campo, donde el muestreo es como un 4:2:2 y las líneas 2 y 4 corresponde al segundo campo, en cuyas líneas no se muestrea croma.

1.3.4 CUANTIFICACIÓN DE LOS VALORES MUESTREADOS

Una vez que las señales de luminancia, y diferencia de color (Y, Cr, Cb) son muestreadas, para continuar el proceso de digitalización de la señal, se procede a efectuar la cuantificación.

La cuantificación es el proceso de dar valores binarios de determinada longitud (palabras de bits), a cada uno de los valores de voltaje en amplitud muestreados.

La cuantificación convierte la muestra analógica a un número binario. Para cuantificar una señal que ha sido muestreada a 8 bits por muestra tendremos $2^8 = 256$ niveles de cuantificación numerados de 0 a 255.

Para 10 bits tenemos $2^{10} = 1024$ niveles de cuantificación numerados de 0 a 1023.

A mayor número de bits por muestra, se tiene mayor cantidad de niveles de cuantificación y por lo tanto se tiene una mejor resolución y una mejor relación señal a ruido (S/N).

En la figura 1.10 se representan los niveles de cuantificación para 8 y 10 bits por muestra, para la señal de luminancia.

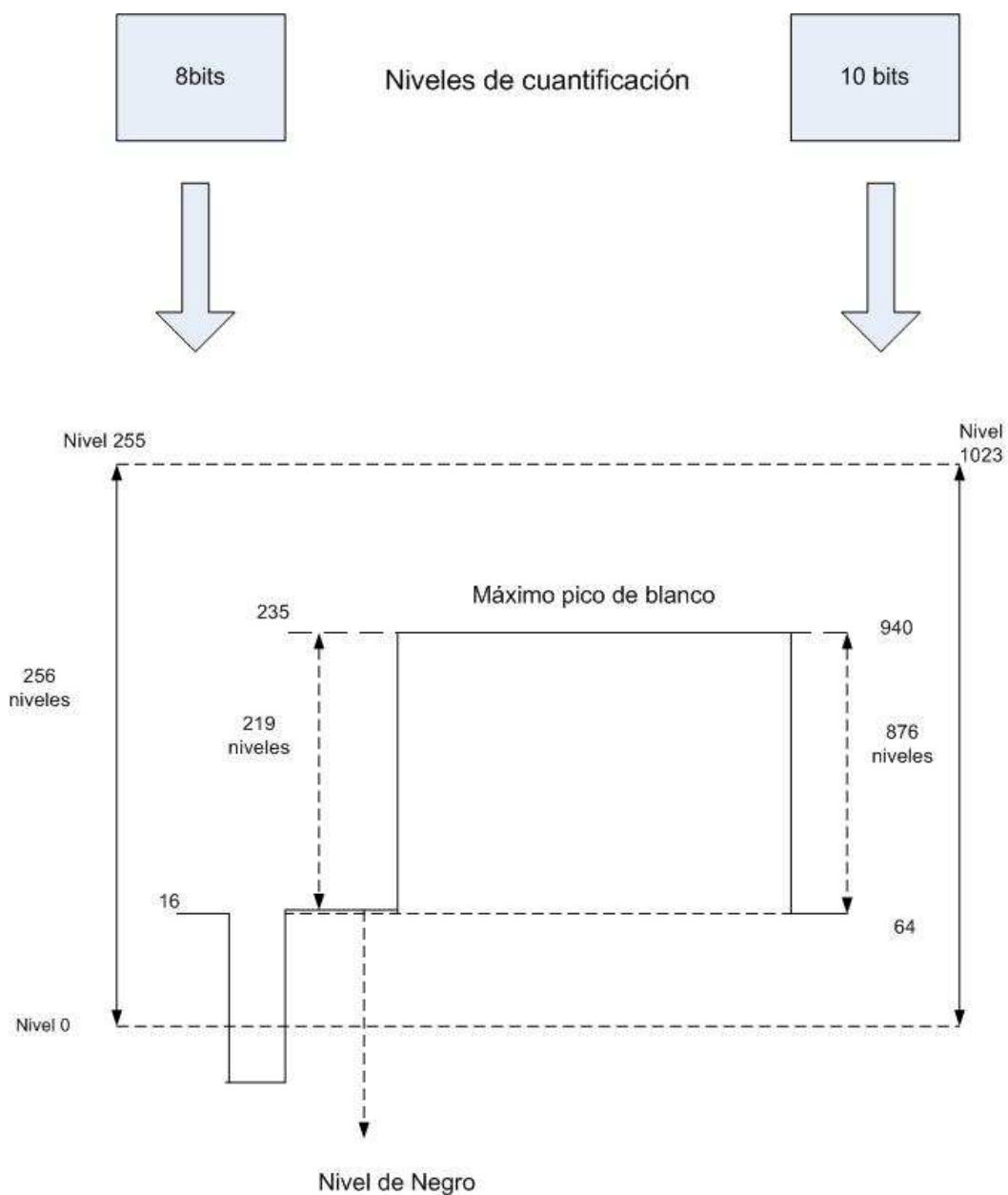


Figura 1.10 Niveles de cuantificación para la señal de luminancia, para 8 10 bits de resolución

En la parte izquierda de la figura se representan los distintos niveles para una cuantificación de 8 bits por muestra.

El negro arranca en el nivel 16, y el máximo pico de blanco corresponde al nivel 235. Entre el negro y el máximo pico de blanco hay 219 niveles de cuantificación.

Del nivel 0 al 16 no hay muestreo de la señal. Lo mismo ocurre desde el nivel 235 hasta el 255.

A la derecha de la figura, se tiene para la misma señal, una cuantificación de 10 bits por muestra.

El nivel 0 en 10 bits coincide con el 0 en 8 bits. Sin embargo, para 10 bits el negro está en el nivel 64 y el pico máximo de blanco está en el nivel 940.

Aquí se tienen 876 niveles o pasos de cuantificación.

Si se cuantifica a 8 bits, el nivel de tensión analógica del negro es de 16, y si se cuantifica a 10 bits, ese mismo nivel de tensión analógica es de 64.

En la figura 1.11 se representan los niveles de cuantificación normalizados para 8 bits, para las señales diferencia de color Cb y Cr. Estos valores son:

Nivel medio de la señal: 128

Nivel mínimo: 16

Nivel máximo: 240

Existe una zona de seguridad, por cualquier excursión que pudiera tener la señal, entre los niveles 0 a 16 y 240 a 255

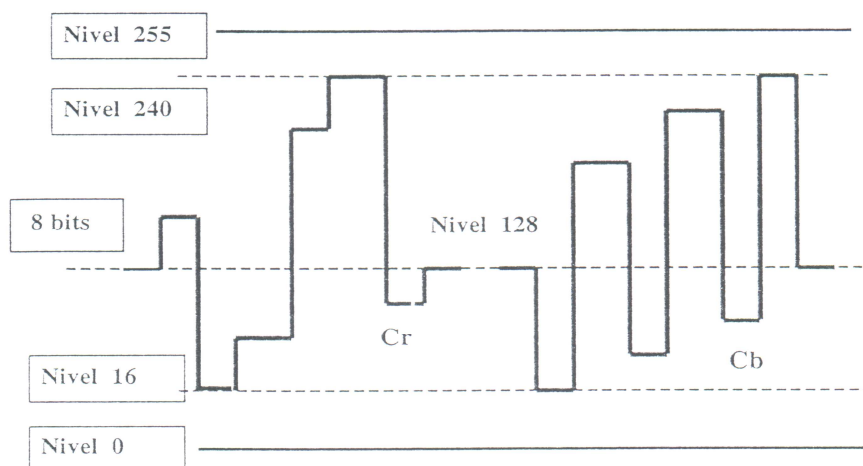


Figura 1.11 Niveles de cuantificación para 8 bits para las señales Cb y Cr

1.3.6 RELACIÓN SEÑAL RUIDO DE LA SEÑAL DIGITAL

La relación señal a ruido de la señal digitalizada depende directamente de los niveles de cuantificación; una señal cuantificada a 8 bits tiene una relación S/N de 58,3 dB. Por cada bit que se aumente en la cuantificación, la relación S/N se incrementa en 6 dB, entonces, a 10 bits de cuantificación, se tiene una relación S/N de 70,3 dB, y así sucesivamente

Cabe destacar que estos valores de relación S/N se logran y se sobrepasan con señales analógicas, por lo que al menos en principio, la señal digital no tiene mejor relación S/N que la señal analógica. La ventaja de la señal digital estriba en que esta no sufre degradaciones en las distintas etapas de edición y procesamiento, que sí sufre la señal analógica. Además, al distribuir correctamente la señal digital, no se tiene el problema de la inducción de ruido externo.

Otra ventaja de la tecnología digital es que permite procesar y manipular imágenes, que en forma analógica sería imposible de realizar.

1.4 COMPRESIÓN DE VIDEO Y AUDIO

La compresión es una técnica de reducción de datos redundantes y consecuentemente de disminución de la velocidad binaria de un flujo.

Con la compresión se logra disminuir anchos de banda, por lo que se puede enviar varias señales por el mismo canal que ocuparía una señal sin comprimir.

El uso de compresión permite reducir costos de operación y brinda mayor flexibilidad a los sistemas.

Las técnicas de compresión varían de acuerdo al tipo de señales a comprimir.

Para video y audio los procesos de compresión son distintos, por tanto, cada una de estas señales se comprime por separado y de diferente manera. Sin embargo, en ambos casos las técnicas de compresión aprovechan las limitaciones del ojo y del oído humano para eliminar información redundante e irrelevante.

1.4.1 COMPRESIÓN DE VIDEO

La información de video, al igual que cualquier otro tipo de información, puede ser dividida en tres partes:

- **Redundancia:** Se trata de información que ya ha sido enviada una vez y se repite, siendo por lo tanto factible de predecir. Una señal de video normal contiene cierta cantidad de redundancia natural. Los pixeles adyacentes en el espacio dentro del mismo espacio de un fotograma de televisión, así como los fotogramas de televisión adyacentes, son con frecuencia, muy similares o incluso idénticos.
- **Irrelevancia:** el ojo humano puede discernir ciertas deficiencias en una imagen expuesta, pero otras no. Estas deficiencias que no podemos apreciar a simple vista, se denominan irrelevancias.
- **Entropía:** es la parte esencial de la información de video, ya que es la información útil de una señal de video.

La compresión pretende reducir la redundancia y la irrelevancia en una señal de video, desafortunadamente –como se indica en la figura 1.12 los límites entre estos tres elementos son difusos.

La capacidad de explotar redundancias depende de la inteligencia del análisis de la señal efectuado durante la compresión y del tamaño de la memoria empleada para el análisis.

La irrelevancia de un elemento sólo puede ser determinada por el ojo humano y está sujeta, por tanto, a criterios subjetivos. La misma información puede ser esencial para una persona, e irrelevante para otra.

Si se comprime mucho la señal, se corre el riesgo de eliminar parte de la entropía, con lo cual se degrada la señal.

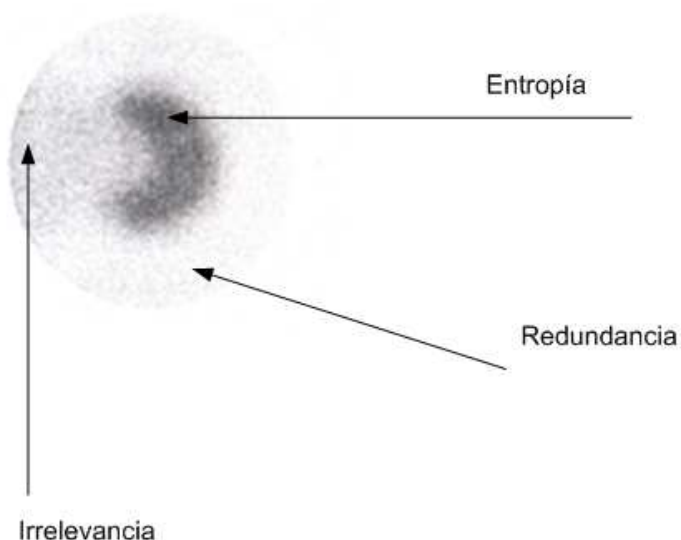


Figura 1.12 Elementos de la información de video

1.4.1.1 CODIFICACIÓN DE LONGITUD VARIABLE

Esta técnica de codificación se basa en la probabilidad de aparición de cada uno de los elementos que son generados en la fuente. Se codifica con menos bits a los elementos que aparecen con mayor frecuencia, y se codifica con más bits a los elementos con menor frecuencia de aparición; así se reduce el flujo final de bits.

La información en bits de un elemento se define por la ecuación de Shanon:

$$I(X) = \log_2 (1/P) (X) \quad \text{ó} \quad I(X) = -\log_2 P(X)^5$$

Donde: I es la información transmitida por un elemento (en bits)

P es la probabilidad de aparición de ese elemento

⁵ Televisión Digital Avanzada, José Simonetta

X es un evento cualquiera

Se define como entropía de una fuente de información, a la sumatoria de los productos de cada una de las informaciones por su probabilidad de aparición.

$$H(X) = \sum_{i=1}^{I=n} I(X_i) \cdot P(X_i)$$

Una imagen de video puede ser considerada como un número finito de eventos, siendo cada uno de ellos los pixeles.

1.4.1.2 CODIFICACIÓN DE HUFFMAN

Se basa en dos aspectos fundamentales:

- a) Reducción de la fuente que consiste en agrupar varios eventos en uno. Al hacer esto, las probabilidades de aparición de estos se suman, por lo que la información en bits es menor.
- b) Construcción del código de palabra, que consiste en asignar valores binarios a los eventos agrupados.

A manera de ejemplo, en la tabla 1.1 se tiene cinco símbolos con sus respectivas probabilidades de aparición. En la última columna se calcula la información en bits de cada uno de los símbolos

Símbolo	Probabilidad %	I(bits) = $\log_2(1/p)$
A	13	2,94
B	3	5,05
C	20	2,32
D	49	1,02
E	15	2,73

Tabla 1.1 Codificación Huffman

Para reducir la fuente, primero se ordenan los símbolos en orden de probabilidad descendente. Luego se toman los dos símbolos de menor probabilidad, de entre ellos, al de menor probabilidad se le asigna un “0”, y al de mayor probabilidad se le asigna un “1” Este proceso se muestra en la tabla 1.2

Símbolo	Probabilidad %	Bit asignado
D	49	
C	20	
E	15	
A	13	1
B	3	0

Tabla 1.2 Asignación de bits en la codificación Huffman

La tabla 1.3 muestra el siguiente paso, que es agrupar los símbolos de menor probabilidad en uno solo, sumando sus probabilidades

Símbolo	Probabilidad %	Bit asignado
D	49	
C	20	
E	15	0
A + B	16	1

Tabla 1.3 Agrupación de símbolos en la codificación Huffman

Otra vez, se agrupan los símbolos de menor probabilidad, y se repite el proceso de asignación de bits, como se muestra en la tabla 1.4

Símbolo	Probabilidad %	Bit asignado
D	49	
C	20	0
A+B+E	31	1

Tabla 1.4 Segunda agrupación de símbolos en la codificación Huffman

La tabla 1.5 muestra el estado al final del proceso de codificación Huffman

Símbolo	Probabilidad %	Bit asignado
A+B+E+C	51	1
D	49	0

Tabla 1.5 Estado final de los símbolos en la codificación Huffman

De esta manera, el código de palabra se forma con los bits de las agrupaciones que se van formando. Con un solo bit de estado "1" representamos a cuatro símbolos agrupados. Con otro bit en estado "0" representamos al símbolo restante.

1.4.1.3 LA TRANSFORMADA DISCRETA DE COSENO

Hoy en día, todos los sistemas de compresión relevantes, se basan en el método de codificación DCT; las siglas de "Discrete Cosin Transform" (Transformada Discreta del Coseno). Transformada significa trasladar o transformar la señal de video del dominio espacial, al dominio de la frecuencia.

El dominio espacial está definido por la trama de muestreo, en la que a cada píxel se le asigna un valor numérico de intensidad. La transformada convierte los píxeles (normalmente agrupados en una matriz de $8 * 8$ o bloques de 64 píxeles), en un bloque DCT con el mismo número de coeficientes.

Cada bloque DCT es una matriz de $8 * 8$ coeficientes espectrales que definen la energía por frecuencia.

La transformada no añade ni elimina información. DCT no es lo mismo que compresión. Las posibles pérdidas que puedan ocurrir, dependen de lo que se hace con la información mientras se encuentra en el estado transformado.

Una fórmula típica para DCT es la siguiente:

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 f(i, j) \cos\left(\frac{(2i+1)u\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2j+1)v\pi}{16}\right)$$

Donde:

$$C(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & x = 0 \\ 1 & \text{otro caso} \end{cases}$$

La salida transformada estará ordenada en forma que el valor medio, (los coeficientes DC) están en la esquina superior izquierda y los coeficientes de frecuencias mas altas seguirán en distancia a los coeficientes DC. Las frecuencias verticales más altas son representadas por una numeración de renglón mayor y las frecuencias horizontales más elevadas estarán representadas por números de columnas más altos.

La inversa de la DCT, permite recuperar la imagen original de los coeficientes de la transformada.

La fórmula para de la DCT inversa es la siguiente

$$f(i, j) = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u) C(v) \cos\left(\frac{(2i+1)u\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2j+1)v\pi}{16}\right)$$

En la figura 1.13 se representa la transformación de un bloque de 8 x 8 muestras de pixeles a un bloque 8 x 8 coeficientes, mediante la DCT, y su transformación inversa.

La DCT provee la misma información que la de los pixeles originales, pero de una manera más eficiente para efectuar la compresión.

Después del proceso DCT, algunos coeficientes son ceros, o valores cercanos a cero, pero la información que transportan es la misma que las muestras de pixeles originales; de este modo, estos ceros no necesitan ser transmitidos.

El proceso DCT es reversible, es decir que podemos pasar del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo sin perder información.

Una vez efectuado el proceso DCT, las áreas de la matriz de 8 x 8 coeficientes, aumentan de frecuencia en sentido horizontal de izquierda a derecha, y en sentido vertical de arriba hacia abajo, como se muestra en la figura 1.14.

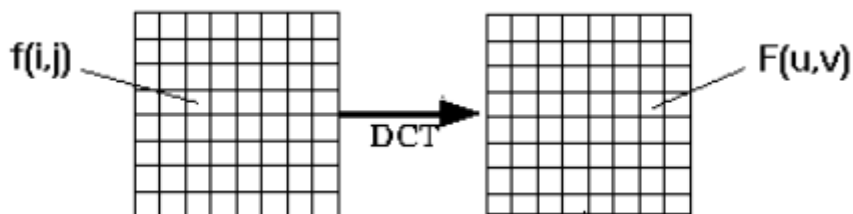


Figura 1.13 Transformación de un bloque de 8 x 8 muestras de pixeles a un bloque de 8 x 8 coeficientes, mediante la DCT

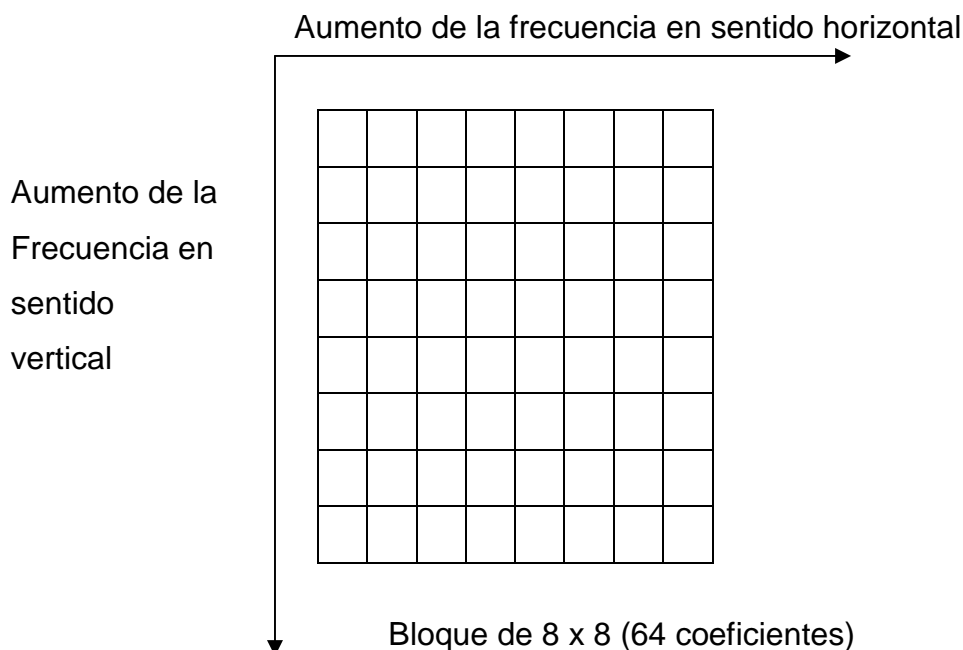


Figura 1.14 Zonas de alta y baja frecuencia después del proceso DCT

El proceso DCT es reversible, es decir, que la DCT inversa transforma los bloques de 8 x 8 coeficientes a bloques de 8 x 8 muestras de píxeles, sin perder la información original. La transformación inversa nos permite pasar del dominio de la frecuencia, al dominio del tiempo; de esta manera, se vuelve a tener el bloque de 8 x 8 muestras de píxeles originales.

1.4.1.4 CUANTIFICACIÓN

Luego de aplicado el proceso DCT, la matriz de coeficientes es cuantificada, aquí es donde realmente se reduce la redundancia de cada imagen.

La Transformada del Coseno Discreto da como resultado zonas de alta y baja frecuencia. Cada coeficiente de la matriz puede ser cuantificado en forma distinta a los demás. El proceso consiste en cuantificar con menos bits a los coeficientes que están en la zona de alta frecuencia. Esto porque el ojo es poco sensible al ruido en estas frecuencias.

Al contrario, se cuantifica con más bits a cada coeficiente localizado en la zona de baja frecuencia. En esta zona, el ojo es más sensible al ruido.

La figura 1.15 muestra un simple proceso de compresión de video. La señal analógica de entrada es digitalizada mediante un convertor A/D, este flujo de datos es comprimido y paquetizado.

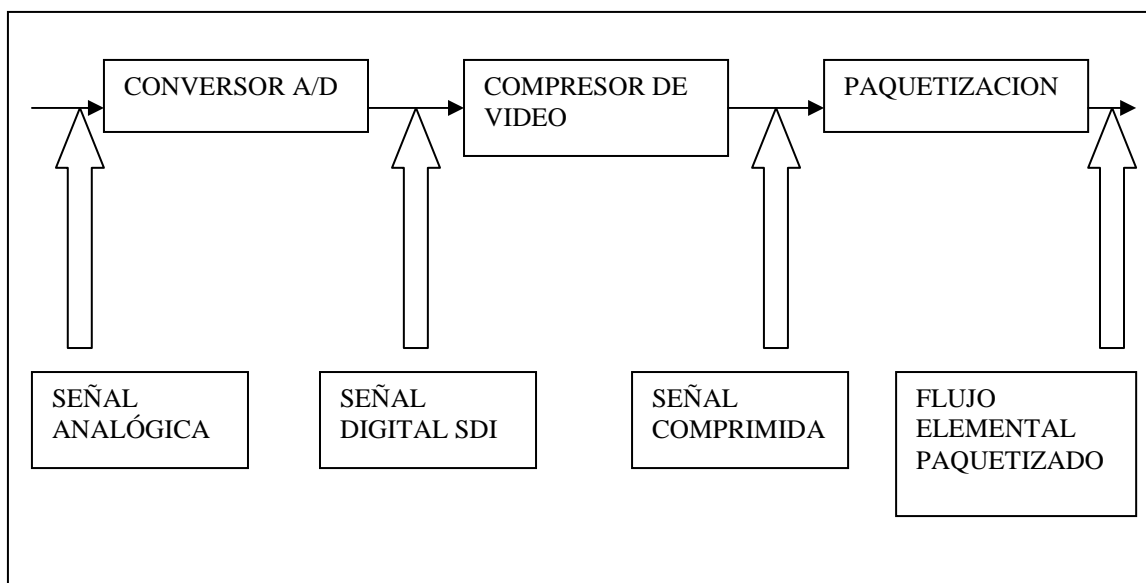


Figura 1.15 Proceso de compresión de video

A la salida del compresor se tiene un tren de datos comprimidos cuya velocidad binaria es menor que la de entrada.

La velocidad del flujo de datos de salida, es directamente proporcional a la relación de compresión aplicada.

La relación de compresión está dada por:

$$\text{Relación de compresión} = V_i / V_o$$

Donde V_i es la velocidad binaria de entrada, y V_o es la velocidad binaria de salida del compresor. Si por ejemplo, la velocidad de entrada es de 270 Mbps, correspondiente a una señal de luminancia muestreada con una cuantificación de

10 bits, y la velocidad de salida es de 20 Mbps, la relación de compresión es de $270/20=13,5$. Esto quiere decir que la señal se ha comprimido con una relación de 13,5 a 1.

La señal de salida es paquetizada en paquetes de longitud variable, estos paquetes se denominan PES (Packet Elementary Stream).

Después de ser comprimido, este tren de datos es almacenado en un disco duro (en realidad un sistema completo de almacenamiento).

Los datos almacenados en el disco duro, luego de ser utilizados, pueden ser descomprimidos para volver a tener el tren de datos original de 270 Mbps.

Cuanto más se comprime una señal, mayor es la degradación que sufre la información, esto se traduce en pérdidas de resolución en los movimientos rápidos (la imagen se pixela). Por esto, se debe mantener una relación de compresión moderada, de acuerdo al destino que se le va a dar a dicho contenido.

1.4.2 COMPRESIÓN DE AUDIO

En general, la transmisión de audio análogo requiere anchos de banda fijos para la entrada y la salida. Esto implica que en un sistema de compresión en tiempo real, la calidad, el ancho de banda y los niveles de distorsión/ruido de las señales, original y decodificada, no deberían ser subjetivamente diferentes. Esto da la apariencia de no tener pérdidas en un proceso en tiempo real.

Técnicamente hablando, todo sistema de digitalización y compresión, tiene pérdidas, dicho de otro modo, la señal de salida no es idéntica a la de entrada, sin embargo, debido a la limitación del oído humano, algunos algoritmos de compresión pueden considerarse sin pérdidas.

1.4.2.1 REDUNDANCIA E IRRELEVANCIA

Una señal compleja de audio, contiene gran cantidad de información, de la cual, alguna resulta irrelevante porque el oído humano no puede escucharla. La misma señal, dependiendo de su complejidad, contiene también información que es altamente predecible, llegando a ser redundante.

La redundancia, medible y cuantificable, puede ser removida en el codificador y recolocada en el decodificador, este proceso es llamado con frecuencia “compresión estadística”.

Por otro lado, la Irrelevancia se refiere a la codificación perceptible, una vez que ha sido retirada de la señal, no puede ser recuperada. Este es un proceso enteramente subjetivo, en el que cada fabricante utiliza un modelo psicoacústico para sus algoritmos.

1.4.2.2 DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL DE AUDIO

El proceso de digitalización se compone de dos fases: muestreo y cuantificación. En el muestreo se divide el eje del tiempo en segmentos discretos: la frecuencia de muestreo será la inversa del tiempo que medie entre una medida y la siguiente. En estos momentos se realiza la cuantificación, que, en su forma más sencilla, consiste simplemente en medir el valor de la señal en amplitud y guardarlo. El teorema de Nyquist garantiza que la frecuencia necesaria para muestrear una señal que tiene sus componentes más altas a una frecuencia dada f es como mínimo $2f$. Por tanto, siendo el rango superior de la audición humana en torno a los 20 KHz, la frecuencia que garantiza un muestreo adecuado para cualquier sonido audible será de unos 40 KHz. Concretamente, para obtener sonido de alta calidad se utilizan frecuencias de de muestreo de 44,1 KHz.

1.4.2.2.1 CODIFICACIÓN Y COMPRESIÓN

Antes de describir los sistemas de codificación y compresión, es necesario hacer en un breve análisis de la percepción auditiva del ser humano, para comprender por qué una cantidad significativa de la información que proporciona el PCM puede desecharse. El centro de la cuestión, en lo que a nosotros respecta, se basa en un fenómeno conocido como enmascaramiento.

El oído humano percibe un rango de frecuencias entre 20 Hz. y 20 KHz. En primer lugar, la sensibilidad es mayor en la zona alrededor de los 2-4 KHz., de forma que el sonido resulta más difícilmente audible cuanto más cercano a los extremos de la escala. En segundo lugar está el enmascaramiento, cuyas propiedades utilizan exhaustivamente los algoritmos más populares: cuando la componente a cierta frecuencia de una señal tiene una energía elevada, el oído no puede percibir componentes de menor energía en frecuencias cercanas, tanto inferiores como superiores. A una cierta distancia de la frecuencia enmascaradora, el efecto se reduce tanto que resulta despreciable; el rango de frecuencias en las que se produce el fenómeno se denomina banda crítica (critical band). Las componentes que pertenecen a la misma banda crítica se influyen mutuamente y no afectan ni se ven afectadas por las que aparecen fuera de ella. La amplitud de la banda crítica es diferente según la frecuencia en la que nos situemos y viene dada por determinados datos que demuestran que es mayor con la frecuencia. Hay que señalar que estos datos se obtienen por experimentos psicoacústicos, que se realizan con expertos entrenados en percepción sonora, dando origen con sus impresiones a los modelos psicoacústicos.

En la figura 1.16 se muestra el proceso de digitalización de la señal de audio.

Se puede observar que el proceso es muy similar al que se sigue para digitalizar una señal de video.

La señal analógica de audio ingresa a un filtro pasa bajo, para ser limitada en banda, luego, esta señal es muestreada mediante otra señal, cuya frecuencia

debe cumplir con el criterio de Nyquist. Una vez que la señal ha sido muestreada, se efectúa la cuantificación de los valores muestreados; en esta etapa se le asignan palabras de bits a los valores muestreados.

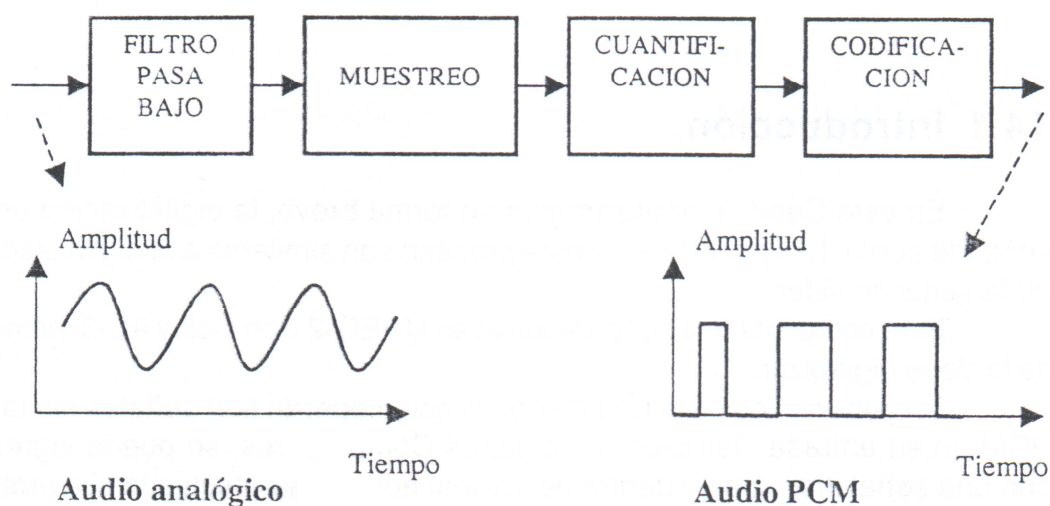


Figura 1.16 Codificación PCM

1.4.2.2 CUANTIFICACIÓN

En el proceso de digitalización, el paso siguiente al muestreo es la cuantificación. Aquí es donde se asignan las palabras de bits a cada uno de los valores de tensión, que han sido muestreados.

En la figura 1.17 se muestra una señal de audio, convertida en valores de tensión en (a), y cuantificada en (b).

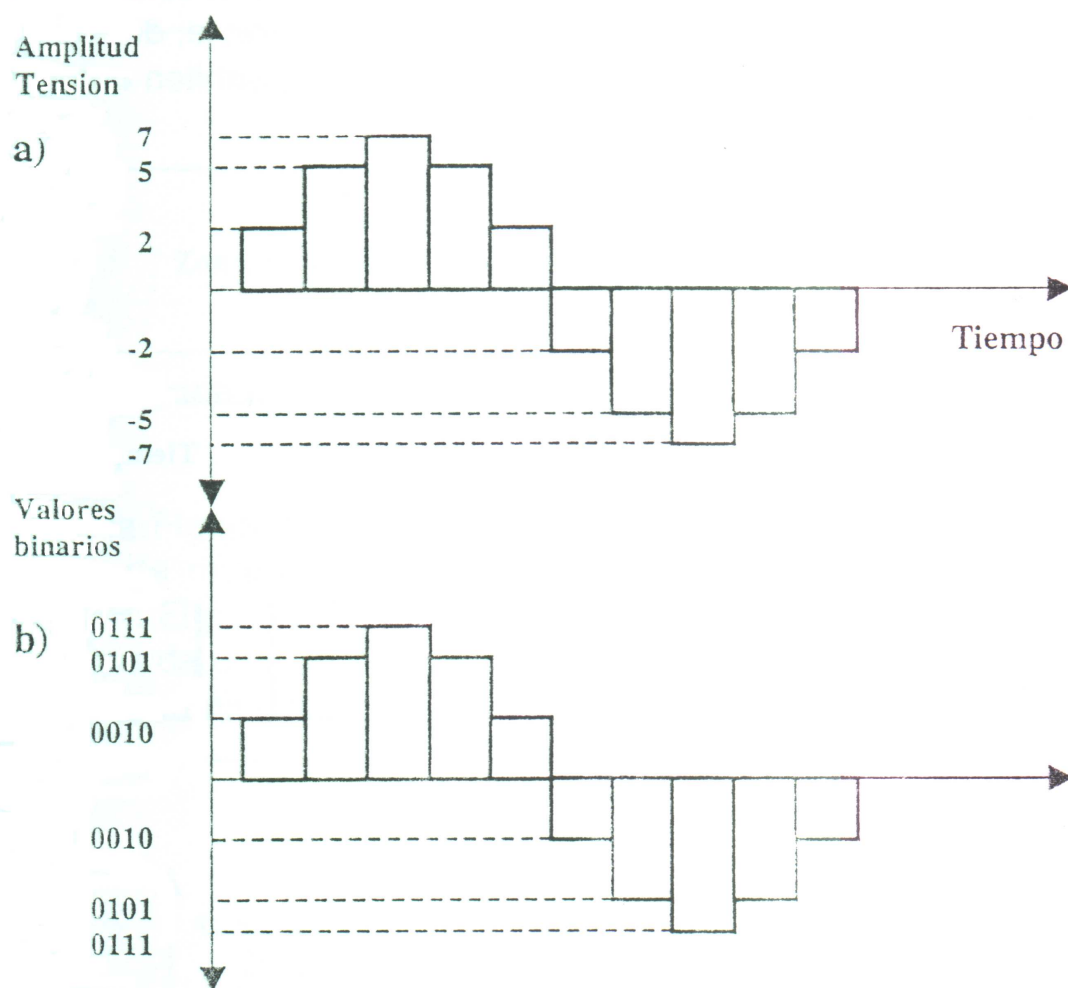


Figura 1.17 Cuantificación de la señal muestreada

La cuantificación convierte a la muestra analógica a un número binario. Este número o palabra binaria, en aplicaciones profesionales, puede ser de 16, 20 ó 24 bits por muestra de resolución.

1.5 EL ESTÁNDAR MPEG-2

MPEG (Moving Pictures Experts Group) es el acrónimo del Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento creado por la ISO (Organización Internacional de Estándares, International Standards Organization) para redactar los estándares para la compresión y transmisión del audio y del vídeo. El primer resultado fue el

MPEG-1, que al ser una aplicación bastante limitada fue evolucionando al MPEG-2, pudiendo abarcar un ámbito de trabajo más grande.

El estándar MPEG-2 es un conjunto de herramientas para la compresión de video, audio, datos y el multiplexado de los mismos. Este estándar es utilizado en aplicaciones broadcast.

MPEG-2 se basa en las normas ISO/IEC, de las cuales las más importantes para este estudio son tres:

Sistemas (Norma ISO/IEC 13.818-1)

Esta norma define las especificaciones a nivel de Sistema. La misma prevé los protocolos de paquetización de datos, el multiplexado y demultiplexado de los mismos, el scrambling para Acceso Condicional y los métodos de sincronización para los Codificadores y Decodificadores.

Video (Norma ISO/IEC 13.818-2)

Las especificaciones para la compresión y descompresión de las señales de video, son definidas por esta norma. Las especificaciones están organizadas dentro del estándar en perfiles y niveles.

Audio (Norma ISO/IEC 13.818-3)

En esta norma se establecen las especificaciones para la compresión y descompresión de las señales de audio. Las especificaciones están organizadas dentro del estándar en capas.

1.5.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

En el sistema de compresión MPEG, el volumen de la información en el origen es reducido por el compresor, esta información comprimida pasa a través de un canal de comunicación y retorna a su valor original gracias ahora a un proceso de descompresión, con la particularidad que este proceso se realiza casi a tiempo

real. La relación entre el valor original y el comprimido se conoce como el factor de compresión.

El codificador necesita ser algorítmico o adaptable, mientras que el decodificador realiza siempre funciones fijas. Esto es una ventaja en ciertas aplicaciones como en el mundo de la teledifusión, donde los caros compresores son pocos delante del gran número de decodificadores con precios relativamente baratos.

Las ventajas de estandarizar el decodificador es que pueden aparecer diferentes codificadores que tendrán que dar siempre el mismo resultado. Las industrias pueden presentar codificadores con algoritmos de su propiedad sin tener que dar a conocer sus detalles técnicos. Por lo tanto, puede existir una amplia gama de diferentes codificadores, ya que el usuario final podrá escoger entre diferentes gamas sabiendo que todos ellos funcionarán en un mismo decodificador.

Por lo tanto, el MPEG es mucho más que un esquema de compresión ya que estandariza el protocolo y la sintaxis por los cuales es posible combinar o multiplexar audio y vídeo para producir el equivalente digital en un programa de televisión.

MPEG-2 prevé la utilización de las estructuras de muestreo 4:2:0, 4:2:2 y 4:4:4, con una resolución de 8 bits por muestra.

La estructura de muestreo más utilizada es la 4:2:0, en ésta, la resolución de croma se reduce a la mitad, respecto a la estructura 4:2:2, además, la velocidad binaria es un 25% menor que en 4:2:2.

La estructura 4:4:4, a pesar de su excelente calidad no se utiliza porque es más costosa y su velocidad binaria es mayor que en 4:2:2.

El estándar prevé una resolución de 16.383 píxeles por 16.383 líneas activas, esto sugiere que están previstas otras resoluciones para usarse en el futuro.

MPEG-2 soporta formatos de pantalla 4:3 y 16:9. El formato 16:9 es utilizado en HDTV o en TV digital estándar (SDTV).

La compresión de imágenes en el estándar se refiere a las imágenes I, B, y P

1.5.2 LA NECESIDAD DE LA COMPRESIÓN

La compresión es una técnica de reducción de datos redundantes, y por lo tanto, de disminución de la velocidad binaria de ese flujo (bit rate).

Las ventajas de la compresión son las siguientes:

1. Se alarga el tiempo de reproducción en los sistemas de almacenaje.
2. Comprimir permite la miniaturización. Con menos información almacenada, el mismo tiempo de reproducción se obtiene con menos hardware. Es muy útil en periodismo electrónico o ENG (Electronic News Gathering) y en usos domésticos.
3. Menos problemas de tolerancia. Al tratar de almacenar menos información, la capacidad de almacenamiento puede ser reducida con equipamientos más resistentes al clima y que necesiten de menos mantenimiento.
4. En la transmisión, la compresión permite una reducción del ancho de banda, que genera una reducción en el precio de coste.
5. Si un canal de transmisión está preparado para emitir señales sin comprimir, el uso de señal comprimida permite enviar más rápidamente que en tiempo real (o más canales a la vez).

Una secuencia de video puede codificarse de manera progresiva o entrelazada.

1.5.3 PERFILES Y NIVELES

El estándar de video MPEG-2 define diferentes perfiles y niveles. Los perfiles determinan la relación de compresión, mientras que los niveles determinan la resolución de la imagen.

Los perfiles más importantes utilizados en el estándar son:

Perfil Bajo: (Low Profile). Sólo utiliza cuadros I y P. En este caso, el codificador y el decodificador se simplifican en complejidad y precio, Al no utilizar cuadros B, la calidad es pobre.

Perfil Pincipal: (Main Profile). Utiliza cuadros I, B, y P. La calidad es superior al perfil bajo. También el codificador y el decodificador son más complejos y de mayor costo.

Perfil SNR: (SNR Profile). Este perfil está previsto para aplicaciones futuras.

Perfil Escalable: (Scalable Profile). Este perfil permite transmitir una señal de Televisión Digital Estándar y una de Alta Definición. Además, prevé que el decodificador reciba ambas señales.

Perfil Alto: (High Profile). Este perfil incluye todas las herramientas de las versiones anteriores. Tiene la habilidad de codificar diferencias de color entre líneas simultáneamente.

Los niveles más importantes utilizados en el estándar son:

Nivel Bajo: (Low Level). Este nivel corresponde a una resolución muy baja, de 352 muestras por línea, por 288 líneas activas.

Nivel Principal (Main Level). Es utilizado para SDTV. tiene una resolución de 720 muestras por línea, por 576 líneas activas. Este nivel está definido para 625 líneas totales de barrido por cuadro.

Nivel Alto 14: (14 High level). Se utiliza para HDTV. Corresponde a una resolución de 1440 muestras por línea activa, por 1152 líneas activas. Este nivel está definido para 1250 líneas totales de barrido por cuadro.

Nivel Alto: (High level). Se utiliza para HDTV. Corresponde a una resolución de 1920 muestras por línea activa, por 1152 líneas activas. Este nivel está definido para 1250 líneas totales de barrido por cuadro.

La figura 1.18 muestra las características de perfiles y niveles.

		<i>Max. Resol.</i>	<i>Maximo</i>	<i>Maximo</i>	<i>Maximo</i>	<i>Maximo</i>	<i>Maximo</i>	<i>Maximo</i>
		<i>Max. Frame Rate</i>	<i>bit rate</i>	<i>bit rate</i>	<i>bit rate</i>	<i>bit rate</i>	<i>bit rate</i>	<i>bit rate</i>
N I V E L E S	Alto	1920 x 1152		80 Mbps			100 Mbps	300 Mbps
		60 fps						
	Alto 1440	1440 x 1152		60 Mbps		60 Mbps	80 Mbps	
		60 fps						
	Principal	720 x 576	15 Mbps	15 Mbps	15 Mbps	15 Mbps	20 Mbps	50 Mbps
		30 fps						
	Bajo	352 x 288		4 Mbps	4 Mbps			
		30 fps						
		Estructura de muestreo	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:2	4:2:2
		GOP soportado	I, P	I, B, P	I, B, P	I, B, P	I, B, P	I, B, P
			Simple	Principal	Escalable SNR	Escalable Espacial	Alto	4:2:2

PERFILES

Figura 1.18 Cuadro comparativo de niveles y perfiles

1.5.4 IMÁGENES EN MPEG-2

Para efectuar la compresión espacial y temporal de una señal, MPEG-2 toma el video de entrada y lo procesa en tres tipos de imágenes que son I, B y P como se muestra en la figura 1.19

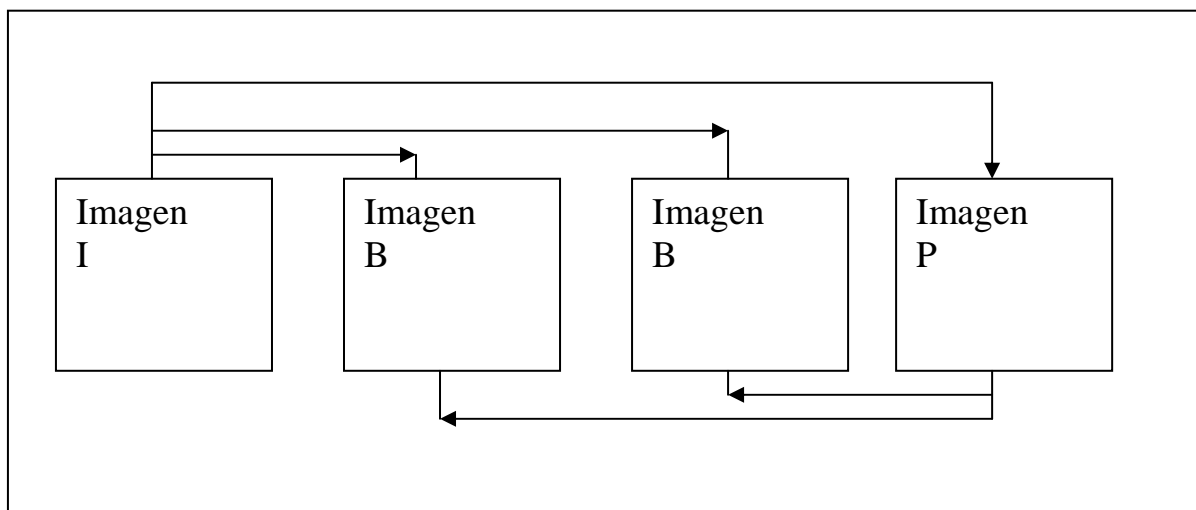


Figura 1.19 Tipos de imágenes en MPEG-2

1.5.4.1 IMÁGENES I

Este tipo de imágenes son comprimidas en forma espacial. Esta codificación reduce la redundancia en la misma imagen, por lo que se le denomina compresión intra cuadro.

La compresión espacial es usada para las imágenes (I) únicamente. Estas imágenes tienen menos compresión que otras imágenes que le siguen, por esto, contienen más información que los otros tipos de imágenes.

Las imágenes (I) son enviadas al principio de cada secuencia de video y contienen toda la información para poder luego reconstruir una imagen. Se utilizan como referencia para la codificación de otro tipo de imágenes.

La imagen (I) es el punto de partida de una secuencia de imágenes (B) y (P)

1.5.4.2 IMÁGENES P

Son imágenes de predicción y se generan tomando información de la imagen (I). Estas se predicen desde la imagen previa (I) o (P). La técnica utilizada es la de Compensación de Movimiento.

Estas imágenes se codifican de tal forma que tienen la mitad o un tercio de la información que tienen las imágenes (I).

1.5.4.3 IMÁGENES B

Son imágenes de interpolación, como se aprecia en la figura 1.19, se intercalan entre una imagen (I) y una imagen (P).

En MPEG-2, es posible seleccionar el número de imágenes (B) y (P) dentro de dos imágenes (I), de acuerdo a las diferentes tasas de compresión y resolución de movimientos empleados.

Estas imágenes se forman tomando información de la imagen actual (I) y de la de predicción (P).

Las imágenes (B) son de interpolación, y utilizan una predicción de movimiento interpolada. Estas imágenes, para su formación, toman información de la imagen actual (I) y de la predicción (P).

Las imágenes (B) tienen la mayor tasa de compresión. Estas se codifican de manera que tienen entre un tercio y un cuarto de la información de las imágenes (P).

Cada secuencia de video comienza con una imagen (I), que es comprimida en forma espacial. En las imágenes de predicción se efectúa la compresión temporal, enviando sólo la diferencia entre estas.

1.5.5 PREDICCIÓN Y COMPENSACIÓN DE MOVIMIENTO

En toda imagen, la diferencia promedio que existe entre pixeles adyacentes es muy pequeña. Sólo cuando existen transiciones de alto contraste, la diferencia en promedio que existe entre pixeles vecinos o adyacentes es grande.

De esta manera no es necesario efectuar la codificación de todos los pixeles de una imagen; en este caso, se emplea una técnica que predice ciertos valores de pixeles, a partir de los pixeles adyacentes. Esta técnica se denomina DPCM (Differential Pulse Code Modulation).

Para ello se efectúa una comparación entre el píxel predicho, a partir del píxel pasado y el actual. De esta comparación, se genera un error de predicción, siendo este error el que se codifica a continuación.

En la figura 1.20 se muestra un codificador DPCM

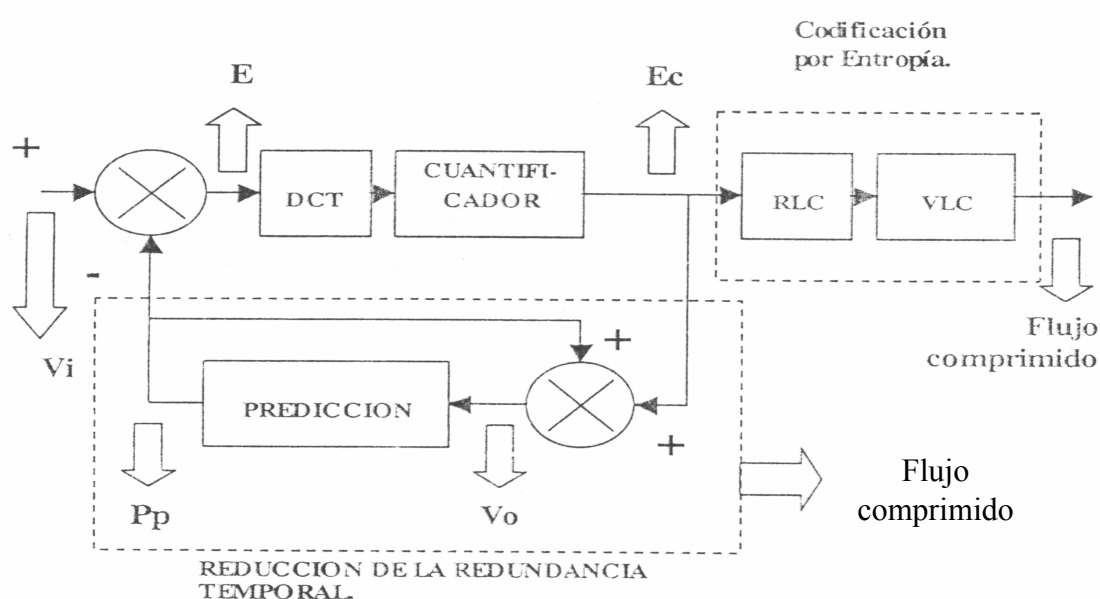


Figura 1.20 Sistema de codificación DPCM

De la figura 1.20 se ve que: el error de predicción $E = V_i - P_p$

Donde:

E: es el error de predicción.

V_i : es el píxel actual de la señal de entrada.

P_p : es el píxel predicho

A su vez $V_o = E_c + P_p$

Donde:

V_o : es el píxel a la salida del sumador

E_c : es el error de predicción cuantificado.

P_p : es el píxel predicho a partir del píxel pasado.

Cuando existe un área de imagen con un objeto en movimiento, la predicción desde el cuadro previo, al cuadro actual puede ser incorrecta. En este caso, el error de predicción puede ser grande.

A fin de aumentar la exactitud en la predicción, este problema se resuelve mediante una técnica llamada Compensación de Movimiento.

Aquí se genera un vector de movimiento para cada bloque de píxeles de la imagen. Este vector indica la dirección del desplazamiento de ese bloque de píxeles. Estos vectores de movimiento son codificados junto con los errores de predicción.

La técnica más comúnmente empleada, para efectuar el cálculo del desplazamiento de un bloque de píxeles, es el matching o apareamiento de bloques. Esta técnica efectúa la comparación de cada bloque de píxeles de la imagen actual con los bloques predichos de la imagen previa, a fin de encontrar un apareamiento o similitud entre ambos.

Para ello se toman cuatro bloques de $8 * 8$ píxeles de luminancia, siendo posible determinar las posiciones de estos bloques entre la imagen previa predicha y la actual. Por cada bloque de $16 * 16$ píxeles de luminancia, se genera un vector de movimiento. Para generar este vector, es necesario encontrar una correspondencia entre el cuadro o campo actual y el previo.

En la figura 1.21 se muestra un área de imagen, la cual se ha desplazado desde el cuadro previo, al cuadro actual. En la figura 1.21 se ve que, en un área de imagen en movimiento, el bloque de píxeles de la imagen previa a partir del cual se ha efectuado la predicción, puede aparecer desplazada en la imagen actual. Para determinar este movimiento, el matching de bloques conforma una ventana de búsqueda, formada por otro bloque de píxeles. Este comienza a barrer la imagen previa hasta encontrar una similitud con el bloque desplazado de la imagen actual.

Cuando se aparean ambas imágenes, estando el objeto de la imagen actual desplazado de la imagen anterior predicha, se genera un vector de movimiento.

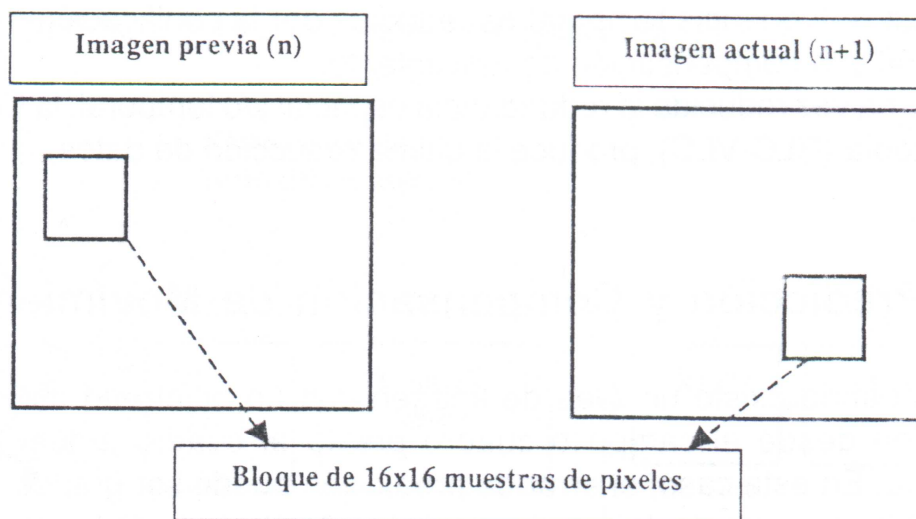


Figura 1.21 Bloque de 16 x 16 muestras de píxeles desplazado entre la imagen previa y la actual

En resumen, el proceso es como sigue: se predice una imagen (n), se la desplaza en movimiento y se la almacena en memoria. Cuando llega la próxima imagen (n + 1), se la compara con la imagen (n) almacenada en memoria. Para ello se genera una ventana de búsqueda, conformada por un bloque de 16 * 16 píxeles en la imagen (n).

Pueden ocurrir dos cosas; que el bloque de píxeles esté en la misma posición en ambas imágenes. En este caso, el objeto no se ha desplazado siendo el error de predicción igual a cero. Si el bloque de píxeles está en distinta posición en ambas imágenes, como en la figura 1.22, significa que ha habido un desplazamiento del objeto entre una imagen y la siguiente. Para ello, se efectúa el apareamiento, generándose un vector de movimiento.

En este caso, se codifica el error de predicción y el vector de movimiento.

El problema que presenta el matching o apareamiento de bloques, es la complejidad de hardware y software utilizados, esto es debido a la gran cantidad de cálculos que deben efectuarse para realizar la búsqueda.

Una solución a este problema, es generar una ventana de búsqueda mayor a la del bloque, y en una primera pasada se ubica en forma aproximada, dónde se encuentra el mismo. A continuación, se utiliza una segunda ventana de búsqueda más pequeña o del tamaño del bloque, para ubicar con exactitud al mismo. En la figura 1.22 se muestra un bloque de $16 * 16$ píxeles, desplazado en movimiento en la imagen actual, y el mismo bloque en la ubicación anterior de la imagen previa.

El vector movimiento, indica la dirección del desplazamiento de un bloque de $16 * 16$ píxeles, entre ambas imágenes.

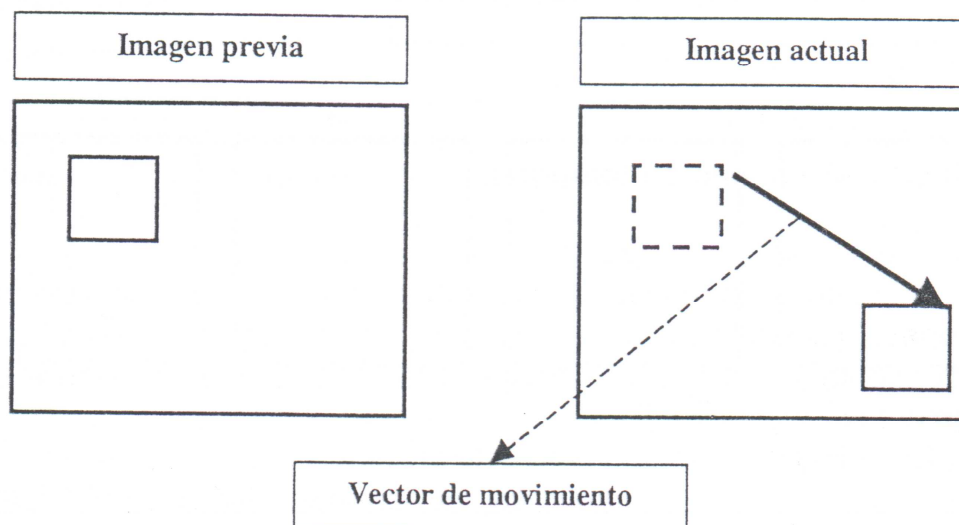


Figura 1.22 Generación del vector de movimiento

En la codificación temporal (inter cuadro), junto a la imagen diferencia, se codifican también los vectores de movimiento.

En la figura 1.23 se muestra la codificación temporal entre dos imágenes.

A la imagen actual, se le sustrae la imagen previa desplazada en movimiento. Como consecuencia, a la salida del sustractor se tiene la imagen diferencia, siendo esta la imagen que se codifica.

A la imagen previa se le ha aplicado un desplazamiento de vectores, haciendo una estimación para determinar en que lugar de la próxima imagen, estarán los bloques de píxeles.

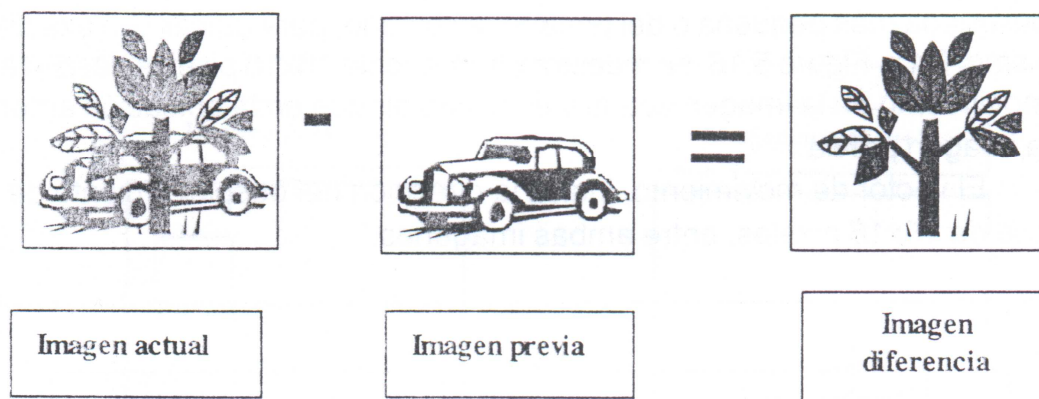


Figura 1.23 Codificación temporal

1.5.6 ESTÁNDAR DE AUDIO MPEG-2

El estándar de audio MPEG-2 prevé la codificación de múltiples programas de audio, para aplicaciones broadcast. Se pueden codificar hasta seis canales de audio en un solo flujo de datos.

Además de las frecuencias de muestreo utilizadas en MPEG-1 (44,1 y 48)Khz, MPEG-2 utiliza las frecuencias mitad (22,0 y 24)Khz. Estas frecuencias se utilizan para aplicaciones de programas con varios idiomas de audio, en multimedia y en productos de consumo masivo.

La velocidad binaria de varios canales de audio se calcula de la siguiente manera:

*Velocidad binaria (Mbps)=Frecuencia de muestreo (Khz) * Número de bits por muestra de resolución * Cantidad de canales o programas.*

Si, por ejemplo, tenemos un flujo de datos de 6 canales, donde cada uno de ellos ha sido muestreado a 44,1 Khz y cuantificado a 20 bits por muestra de resolución.

Aplicando la fórmula tenemos:

Velocidad binaria (Mbps)=44,1 * 20 * 6 = 5,29 Mbps

En MPEG-2 se pueden transportar estos seis programas de audio, comprimidos en un solo flujo de datos a 384 Kbps.

La relación de compresión en este caso es:

Relación de compresión = Velocidad binaria del flujo de entrada al compresor / Velocidad binaria del flujo de salida del compresor

Al aplicar la fórmula tenemos:

Relación de compresión = 5.290 Kbps / 384 Kbps = 13,77:1

1.5.5.1 CAPAS DE AUDIO EN MPEG-2

El audio MPEG-2 está especificado en tres capas, cada una de ellas define la calidad y su grado de compresión.

La menor relación de compresión se tiene en la Capa I, mientras que la máxima relación de compresión se alcanza en la Capa III.

Los decodificadores usados deben ser de compatibilidad descendente, es decir, un decodificador de la capa III debe ser capaz de decodificar flujos de audio de las capas II y I. Así mismo, un decodificador de capa II debe poder decodificar flujos de dato de audio de la capa I.

MPEG-2 es compatible con MPEG-1 con codificación mono, estéreo y canal dual.

1.5.5.2 CAPA I DE AUDIO

Los parámetros de esta capa se utilizan para la codificación en equipos de consumo masivo, como por ejemplo, grabadoras de audio digitales. Aquí la señal se puede codificar en 14 velocidades binarias diferentes, desde 192 hasta 448 Kbps.

La señal a ser codificada, es dividida mediante un Banco de filtros en 32 bandas, cada una de estas bandas puede tener una cuantificación de 0 a 15 bits.

En esta capa se alcanza una relación de compresión de hasta 1:4 y es la de menor calidad de audio

1.5.5.3 CAPA II DE AUDIO

También denominada Musicam, es la que utiliza el estándar DVB-T. La relación de compresión máxima que admite esta capa es de aproximadamente 1:5,5.

Esta capa soporta además la codificación de hasta seis canales de audio.

Las principales características de esta capa se muestran en la figura 1.24

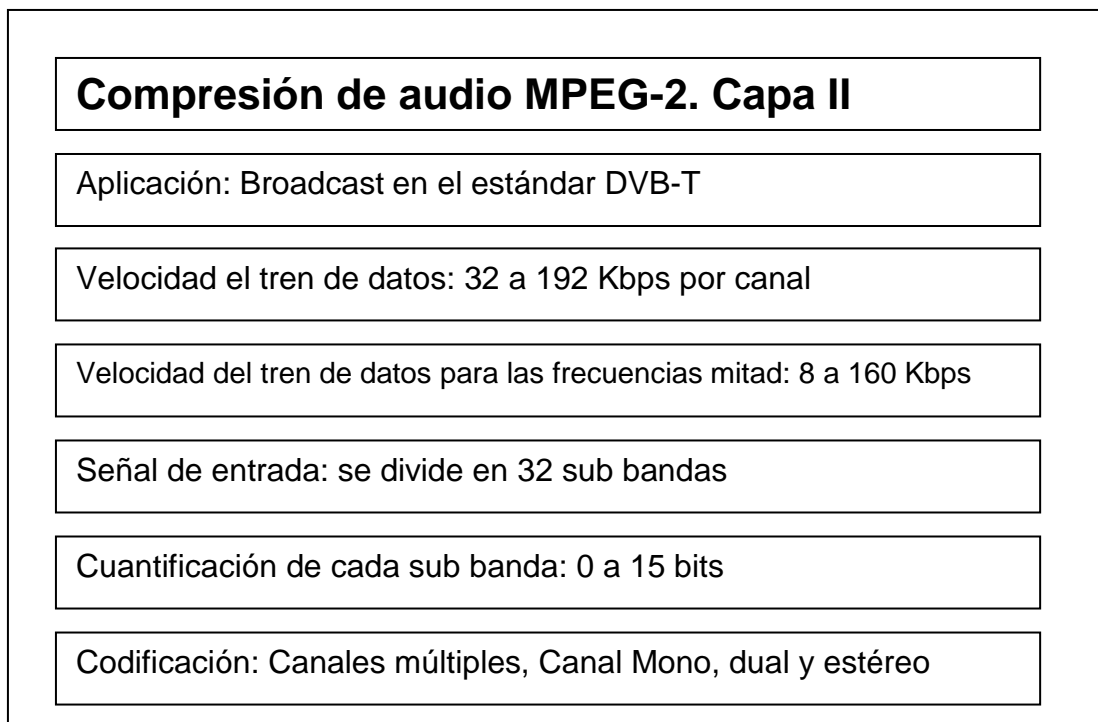


Figura 1.24 Capa II MPEG-2

1.5.5.4 CAPA III DE AUDIO

Esta capa no tiene aplicación en broadcast. Es la única que utiliza la Transformada del Coseno Discreto y la Tabla de Huffman.

La velocidad total de los datos es menor que la capa II y va desde 32 hasta 320 Kbps.

En esta capa se puede aplicar una relación de compresión de 1:10, es decir, casi el doble que la capa II

En la figura 1.25 se muestran las características principales de la capa III

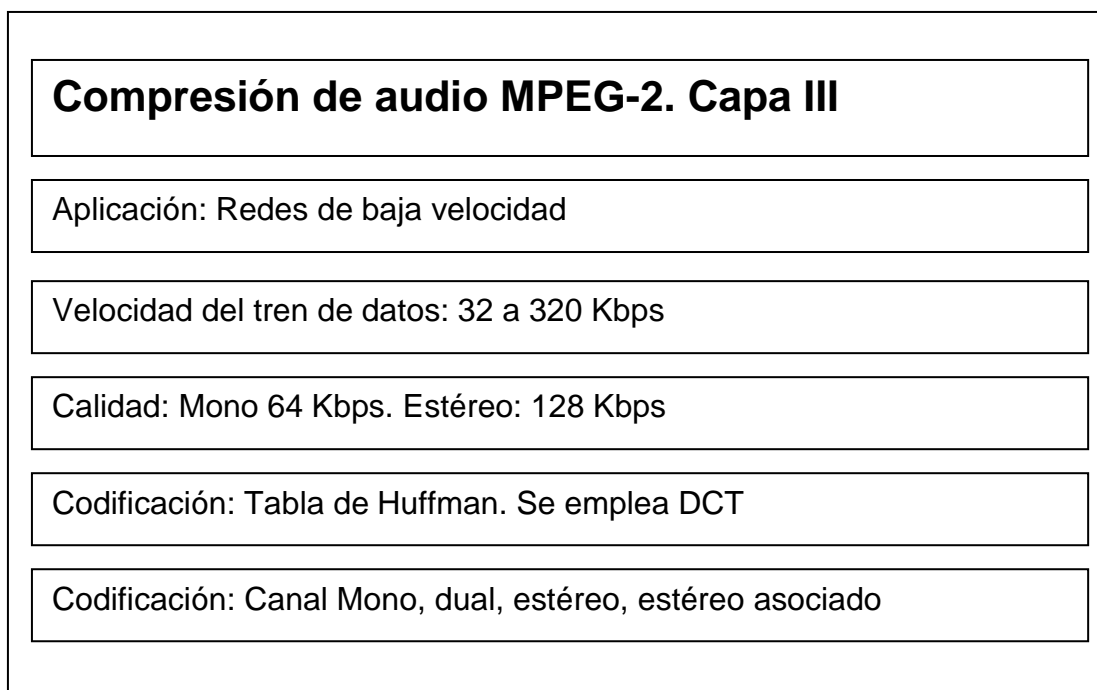


Figura 1.25 Capa III MPEG-2

1.6 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

La localización de la señal en el espectro, tiene particular importancia en el desarrollo de los estándares de Televisión Digital.

1.6.1 RESTRICCIONES DE UHF

La potencia efectiva de transmisión (ERP, effective radiated power) para el sistema DTV ha sido reducida sustancialmente respecto al sistema de TV estándar, y el espectro de señal se diseñó para causar la mínima interferencia posible. Este requerimiento obliga al uso de una modulación digital en que la densidad espectral de potencia sea constante en el canal asignado. Una señal digital que tiene igual probabilidad de ocurrencia para cada uno de sus posibles estados, genera una señal cuyo espectro parece ser aleatorio, y puede considerarse similar al ruido gaussiano. Para asegurar que la señal digital se parezca al ruido aleatorio todo el tiempo, los datos son alterados aleatoriamente en el transmisor, y recompuestos en el receptor de DTV. Los datos binarios son

descompuestos aleatoriamente, añadiéndole una secuencia binaria pseudo aleatoria, con una compuerta OR exclusiva. En el receptor se repite esta operación con la misma secuencia binaria pseudo aleatoria, la cual debe ser conocida y estar sincronizada con la secuencia empleada en el transmisor. De este modo, la densidad de potencia espectral por Hertz de espectro, es extremadamente baja e independiente del tiempo y de la frecuencia. El conjunto se mira como si el transmisor fuera una fuente de ruido aleatorio.

1.6.2 ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS

En el Ecuador, la implantación de DTV se mira como un objetivo a largo plazo, tanto desde el punto de vista del Estado, como por parte de las empresas de Televisión. En este sentido, la Superintendencia de Telecomunicaciones no dispone de planes de asignación de frecuencias para la Televisión Digital, sin embargo, ha destinado los canales 19 y 20 ⁶ de UHF para que se realicen pruebas de emisión en DTV, pese a que ningún canal solicite hasta la fecha el uso de estas frecuencias.

1.6.2.1 LA TV DIGITAL EN AMÉRICA LATINA Y EL ECUADOR

La posición oficial contrasta con el sentir de técnicos y operadores de las estaciones de TV, que día a día ven como el mercado internacional se va perfilando hacia la Televisión Digital. Estados Unidos y Europa completarán en el año 2006 sus respectivos períodos de prueba de transmisión Digital, y se han fijado el año 2010 como fecha tope en la cual todos sus sistemas de broadcast transmitan exclusivamente en formato digital.

Actualmente en la mayoría de las grandes cadenas televisivas nacionales se están incorporando elementos que posibiliten el trabajo en TV Digital, pero centrados en la parte de estudio (edición de video, producción, automatización), pero no han hecho lo mismo para la parte de transmisión.

⁶ Norma Técnica de Televisión Analógica vigente

Las emisoras han optado por ser cautelosas en la transición hacia el formato digital, pues implica una inversión bastante alta de dinero, y aunque saben que este será el formato estándar dentro de algunos años, prefieren llevar la transición de manera escalonada, haciendo inversiones pequeñas (en comparación con el total de la inversión que deben realizar), adquiriendo sistemas que les permitan trabajar con los dos formatos.

Adicionalmente, aún no hay una visión clara acerca de cuál norma de Televisión Digital va a imponerse en América Latina. El único país que ha realizado pruebas exhaustivas en este aspecto es Brasil, y la norma japonesa ISDB-T es la que mejores resultados les dio, de acuerdo a sus requerimientos y geografía; actualmente, Brasil ha firmado un acuerdo con el gobierno japonés para la creación de un sistema “nipo-brasileño”, basado en el sistema japonés, este incorporaría innovaciones tecnológicas desarrolladas en el Brasil un ejemplo de esto es la incorporación del sistema MPEG4.

Argentina por su parte se decidió por el sistema ATSC de Estados Unidos, sin embargo, no es una postura definitiva ya que espera que la adopción de una norma específica sea tomada en el marco del MERCOSUR, es decir, que sea una decisión a nivel regional.

México se ha decidido firmemente por el sistema ATSC y Panamá no se ha quedado atrás, ya dispone de una estación de televisión que opera completamente en formato digital, con la norma ATSC.

Chile decidirá en el 2007 la norma de TV digital que utilizará

En el Ecuador no existe un pronunciamiento oficial sobre este tema, sin embargo las empresas privadas de TV están adaptando sus estaciones para que puedan trabajar en digital, y sus principales proveedores son empresas de Estados Unidos, por lo que al menos en apariencia, estarían optando por la norma ATSC. Sin embargo, la elección un estándar debe ser hecha luego de realizar las respectivas pruebas de laboratorio y de campo.

El resto de países de América Latina se muestran cautelosos en este tema.

Desde el punto de vista de los espectadores, el resultado más visible es un aumento de la oferta de programación, tanto en los canales de señal abierta como en los de pago. Así mismo, la TV digital ofrecerá más contenidos con formato de imagen panorámico (16:9), múltiples subtítulos y una mejor calidad de sonido.

El mejor aprovechamiento del ancho de banda, permitirá que los usuarios puedan interactuar con el aparato de TV. (teletexto digital, acceso a Internet, servicio de pago por ver, guías electrónicas de programación, canales de radio, visión multicámara).

Para recibir la señal de TV digital, en un receptor analógico (los actuales), el televidente necesitará comprar un decodificador (Set Top Box o Zapper), cuyo costo está entre los 70 y 90 dólares. También puede comprar un televisor digital integrado, cuyo precio oscila entre 1.500 y 4.000 dólares (dependiendo de las dimensiones y de la tecnología que emplean: LCD o plasma). No será necesario cambiar las antenas receptoras que están instaladas actualmente.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE LOS ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

2.1 ESTÁNDAR ATSC

El estándar ATSC (Advanced Television Systems Comité), ha sido diseñado en Estados Unidos, para la transmisión de una señal de HDTV o múltiples señales de SDTV, con alta calidad de audio y video y para un espectro de canal de 6 Mhz de ancho de banda.

La cantidad de programas de SDTV a transportar, dependerá de la relación de compresión que se le asigne a cada uno de ellos y esta será función del contenido de cada unos de los programas.

En la figura 2.1 se muestran las principales características del estándar ATSC.

Para la compresión de video, se adoptaron las especificaciones del estándar MPEG-2, de acuerdo a la norma ISO/IEC 13818-2.

Para el multiplexado de las señales se adoptaron las especificaciones del estándar MPEG-2, de acuerdo a la norma ISO/IEC 13818-1.

El audio se comprime de acuerdo al estándar Dolby AC-3, el cual permite comprimir hasta seis canales de audio digitales.

La modulación empleada es la 8-VSB (Banda Lateral Vestigial de 8 niveles).

El estándar ATSC emplea el sistema de transporte y la sintaxis del estándar MPEG-2, y ambos son compatibles con el sistema de transporte ATM (Asynchronous Transfer Mode).

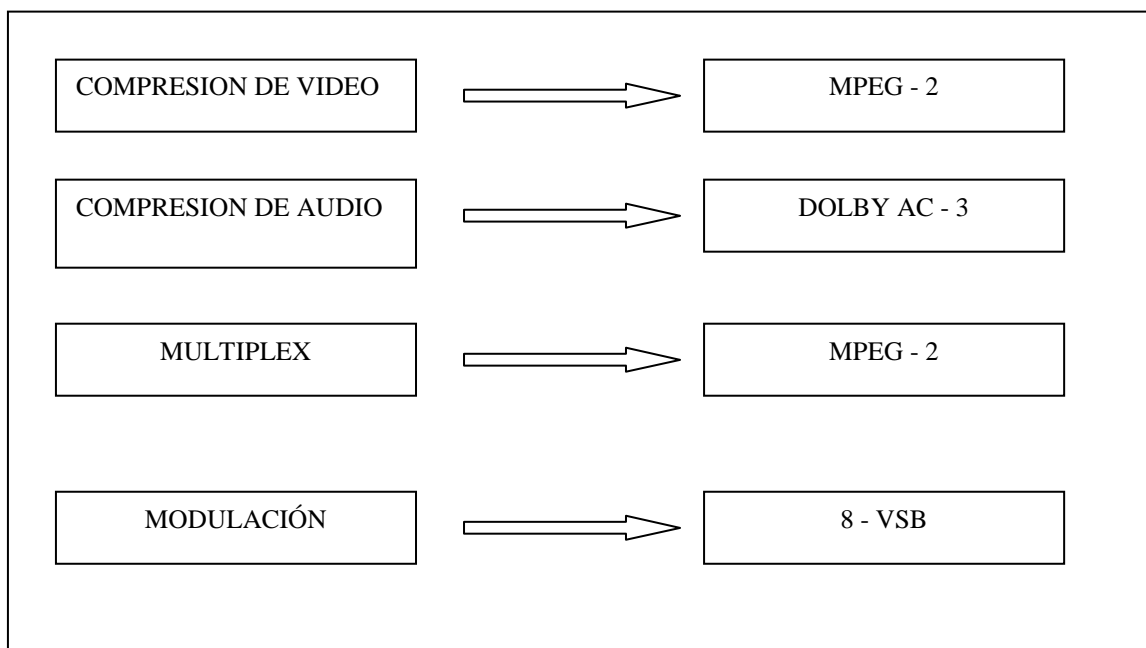


Figura 2.1 Características del estándar ATSC

2.1.1 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

En la figura 2.2 se muestra un diagrama de bloques de un sistema de transmisión en el estándar ATSC.

Se destacan tres etapas bien definidas que son:

- Compresión
- Múltiplex y Sistema de Transporte
- Modulación y Transmisión

La señal de video de entrada es un flujo de datos de HDTV y se comprime bajo el estándar MPEG-2 del MP@HL (Perfil Principal / Nivel Alto).

La estructura de muestreo utilizada es la 4:2:0. El nivel alto tiene un formato de 1920 muestras por línea activa, para un total de 1152 líneas activas y una velocidad máxima el flujo de datos de 80 Mbps.

La señal digital de HDTV en Estudio tiene una velocidad binaria de 1,48 Gbps; mediante la compresión MPEG-2, este tren de datos es comprimido con una relación de aproximadamente 76:1

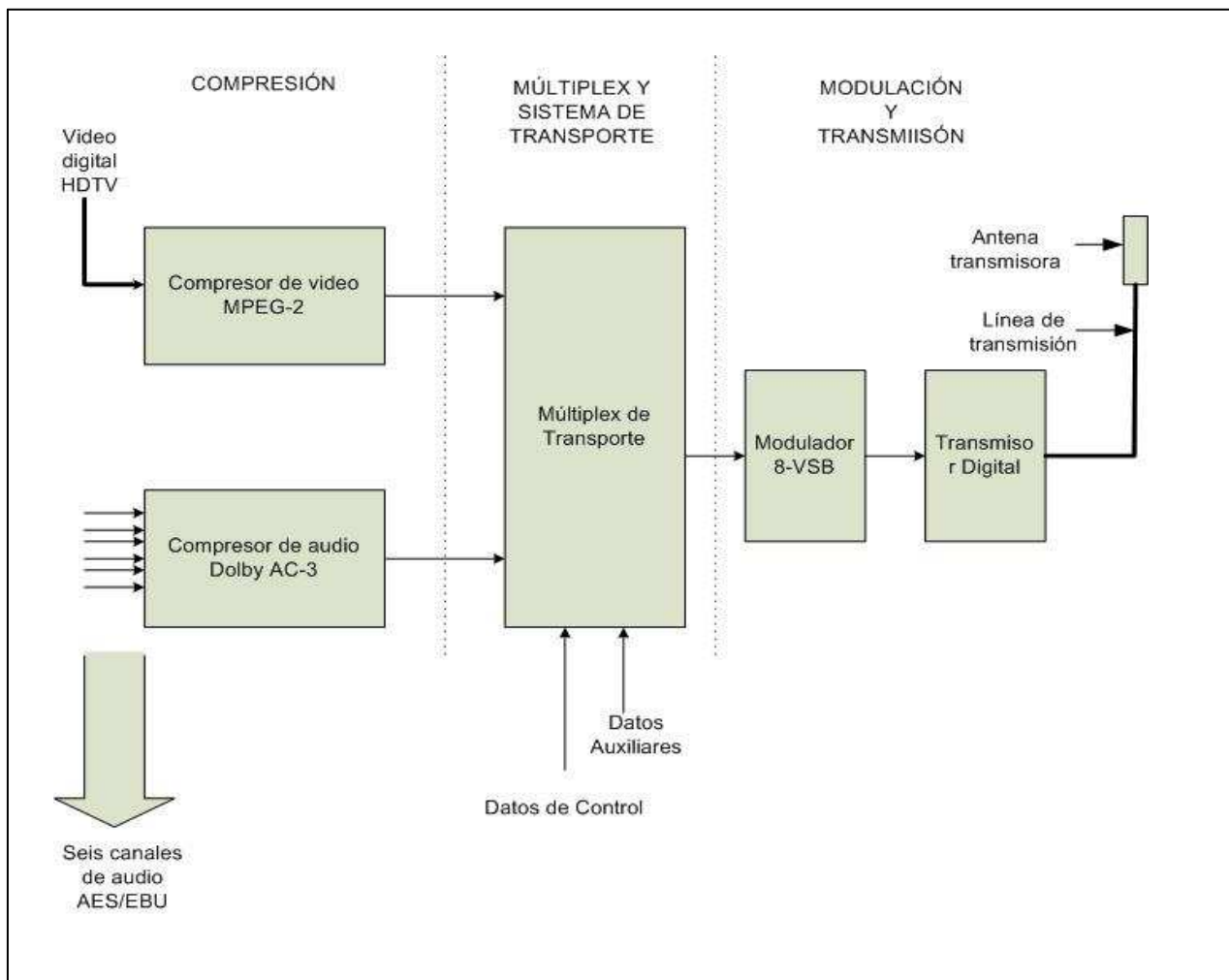


Figura 2.2 Diagrama de bloques de un programa para TV digital en el estándar ATSC

El audio digital a comprimir se denomina 5.1 y está formado por seis canales: un canal central, un estéreo izquierdo y un estéreo derecho, un canal surround izquierdo un surround derecho, además de un canal de baja frecuencia de 20Hz a 120Hz.

La salida de cada compresor, junto a los datos auxiliares y de control, se combinan en el Múltiplex de transporte.

Los datos auxiliares son flujos adicionales de programas como por ejemplo: subtítulos de películas en otros idiomas, guía de programación o mensajes de emergencia.

La velocidad final del flujo de transporte MPEG-2, una vez multiplexados todos los trenes de datos, es de 19,39 Mbps. Este flujo es modulado en 8-VSB. A la salida del modulador, el flujo de transporte modulado excita al Transmisor Digital y la salida de éste es conectada a la Antena Transmisora, mediante la Línea de Transmisión.

2.1.2 FORMATOS DE VIDEO

El estándar ATSC contempla numerosos formatos de video. No existe una regla específica sobre cual de ellos se debe utilizar.

Se ha dado libertad a la industria y al mercado en general. Para que decida en cada caso, cual es el formato más conveniente a adoptar.

En la tabla 2.1 se muestran los formatos más comunes, que son utilizados en el mercado de Estados Unidos.

TIPO DE SEÑAL	DENOMINACIÓN	RELACIÓN DE ASPECTO	MUESTRA POR LÍNEA ACTIVA x CANTIDAD DE LÍNEAS ACTIVAS
HDTV	1080i	16:9	1920 x 1080
HDTV	720p	16:9	1280 x 720
SDTV	480i	16:9 y 4:3	720 x 483
SDTV	480p	16:9 y 4:3	720 x 483

Tabla 2.1 Formatos de video más comunes utilizados en Estados Unidos

Los dos primeros formatos son utilizados para HDTV y los dos siguientes, para SDTV.

Existe poca diferencia de calidad, en términos de líneas de resolución verticales, entre los formatos 1080i⁷ y el 720p⁸. En el formato 720p la resolución vertical es de 648 líneas, mientras que en el formato 1080i, la resolución vertical es de 756 líneas. Es decir, que pasar de un formato 720p a un formato 1080i, implica incrementar la resolución vertical en sólo 108 líneas.

El formato 1080p (1080 líneas activas con barrido progresivo), en la actualidad no es utilizado en Estudio. En este formato, la resolución vertical es de 972 líneas. La diferencia respecto al 1080i es de 216 líneas. Sin embargo, pasar de un formato 1080i a un formato 1080p implica duplicar el ancho de banda, además de la Velocidad binaria que también se duplica (1,48 Gbps del 1080i a 2,96 Gbps en el 1080p). Todo esto para aumentar sólo un poco más del 20% la resolución vertical.

El tercer formato de la tabla 2.1 corresponde a SDTV. Este puede tener una relación de aspecto 16:9 ó 4:3, en ambos casos, el muestreo se realiza a razón de 720 muestras por línea activa, para un total de 485 líneas activas.

El cuarto formato corresponde al formato 480p, con una velocidad binaria del flujo de datos de 540 Mbps.

En los formatos 480i y 480p, sólo se utilizan 480 líneas de las 485 activas, además, se muestrean 704 muestras por línea activa en vez de 720; las ocho muestras al comienzo y al final de la línea activa se descartan.

En la tabla 2.2 se muestran los formatos utilizados en ATSC, con las distintas relaciones de imagen.

⁷ 1080 líneas activas con barrido entrelazado

⁸ 720 líneas activas con barrido progresivo

LÍNEAS ACTIVAS EN LA IMAGEN	PIXELES* POR LÍNEA ACTIVA	RELACIÓN DE ASPECTO	RELACIÓN DE IMAGEN CUADROS Y CAMPOS POR SEGUNDO
1080	1920	16:9	60i**, 30p***, 24p
720	1280	16:9	60p, 30p, 24p
480	704	16:9 Y 4:3	60p, 60i, 30p, 24p
480	640	16:9 Y 4:3	60p, 60i, 30p, 24p
	* Muestras de luminancia		**i: Entrelazado ***p: Progresivo

Tabla 2.2 Formatos de video y las relaciones de imagen utilizadas en el estándar ATSC

En la última columna se puede apreciar las distintas relaciones de imagen, para los distintos formatos utilizados.

En esta tabla, los dos primeros formatos para 1080 y 720 líneas activas, corresponden a HDTV, y el tercero y cuarto formatos para 480 líneas activas corresponden a SDTV.

2.1.3 Transmisión y recepción de la señal de video en ATSC.

En la Figura 2.3 se muestra el proceso de Codificación - Múltiplex y Modulación, para un sistema de transmisión de video y el respectivo sistema de recepción.

Como se había mencionado al comienzo, el estándar ATSC adoptó para la compresión de video las especificaciones del sistema de compresión MPEG-2, de acuerdo a la norma ISO/IEC 13818-2.

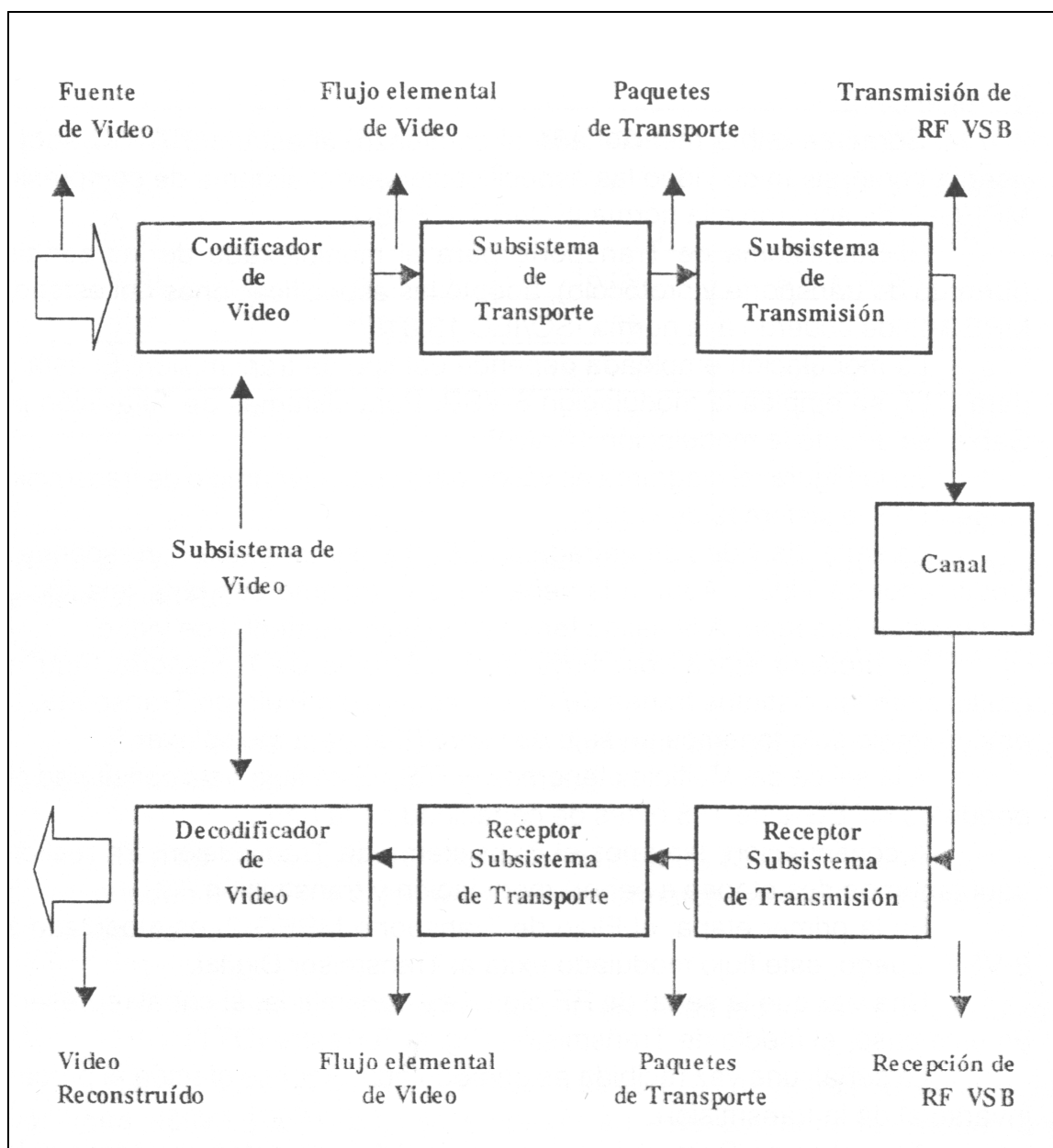


Figura 2.3 Proceso de transmisión y recepción de una señal de video en el estándar ATSC

El Subsistema de Transporte para el multiplexado de las señales (formato de transporte y protocolo), adoptó las especificaciones del estándar MPEG-2, de acuerdo a la norma ISO/IEC 13.818/1.

La señal de video de entrada es SDI. La primera etapa corresponde al Codificador de Video. Aquí, a la señal se la comprime con la relación de compresión deseada. A la salida tenemos el flujo elemental de video.

La próxima etapa constituye el Subsistema de Transporte. Aquí se multiplexan los distintos trenes de datos, en un solo Flujo de Transporte. En este ejemplo solo tenemos un flujo de video (ES) para multiplexar.

A la salida del Múltiplex tenemos el (TS). Este flujo está constituido por paquetes MPEG-2 de 188 bytes de capacidad cada uno.

A continuación, tenemos el Subsistema de Transmisión. En realidad aquí tenemos dos etapas a saber; modulación y transmisión.

En la primera etapa, el Flujo de Transporte MPEG-2, es modulado en 8-VSB. Luego, este flujo modulado excita al Transmisor Digital.

Una vez que la señal de RF digital es transmitida, el canal representa en este caso, el medio de Transmisión Digital Terrestre (DTT).

La señal, una vez recibida es demodulada. Aquí se efectúa el proceso inverso al de la transmisión.

A la salida del Demodulador se tiene el flujo de datos que contiene los paquetes de transporte.

El Subsistema de Transporte en el receptor, efectúa el proceso inverso al realizado por el Múltiplex en la transmisión. Esto significa que el Flujo de Transporte se demultiplexa y despaquetiza en un flujo elemental de video.

Este flujo de video comprimido ingresa al Decodificador para su descompresión. A la salida del Decodificador, se tiene el video o video reconstruido.

Se debe señalar que en el proceso de transmisión de la figura 2.3, cada etapa representa un dispositivo por separado. En cambio, en la recepción, todas las etapas constituyen un solo dispositivo (Decodificador).

2.1.4 MULTIPLEXADO DE LOS FLUJOS DE DATOS

En El estándar ATSC, un Flujo de Transporte se forma a partir del multiplexado de bits individuales, con una base de tiempo común. La referencia a bits individuales puede ser a partir del flujo elemental comprimido (PES: Packetized Elementary Stream).

Este tipo de flujo es distinto del Flujo de Programa (Program Stream), definido en MPEG-2.

El multiplexado del flujo de datos. Definido en ATSC, se realiza en dos capas diferentes:

Capa 1. Múltiplex de Transporte de programa Simple: Los Flujos de Transporte de Programa, se forman multiplexando uno o más flujos elementales de bits.

Capa 2. Múltiplex de Sistema: Se forma multiplexando los Flujos de Transporte de Programa, por multiplexado asincrónico de paquetes, para formar el Múltiplex de Sistema.

2.1.4.1 MÚLTIPLEX DE TRANSPORTE DE PROGRAMA SIMPLE

En la figura 2.4 se muestra un diagrama del multiplexado del Flujo de Transporte de Programa Simple. Cada una de las entradas lleva el flujo elemental de video, audio y datos, con su PID (Packet IDentification).

También ingresa un flujo de control llamado program_map_table (PMT), que representa la Tabla del Mapa de Programa.

Un Flujo de Transporte de Programa, puede estar compuesto por uno o más flujos elementales de video, audio y/o datos. Todos los flujos deben tener la misma base de tiempo.

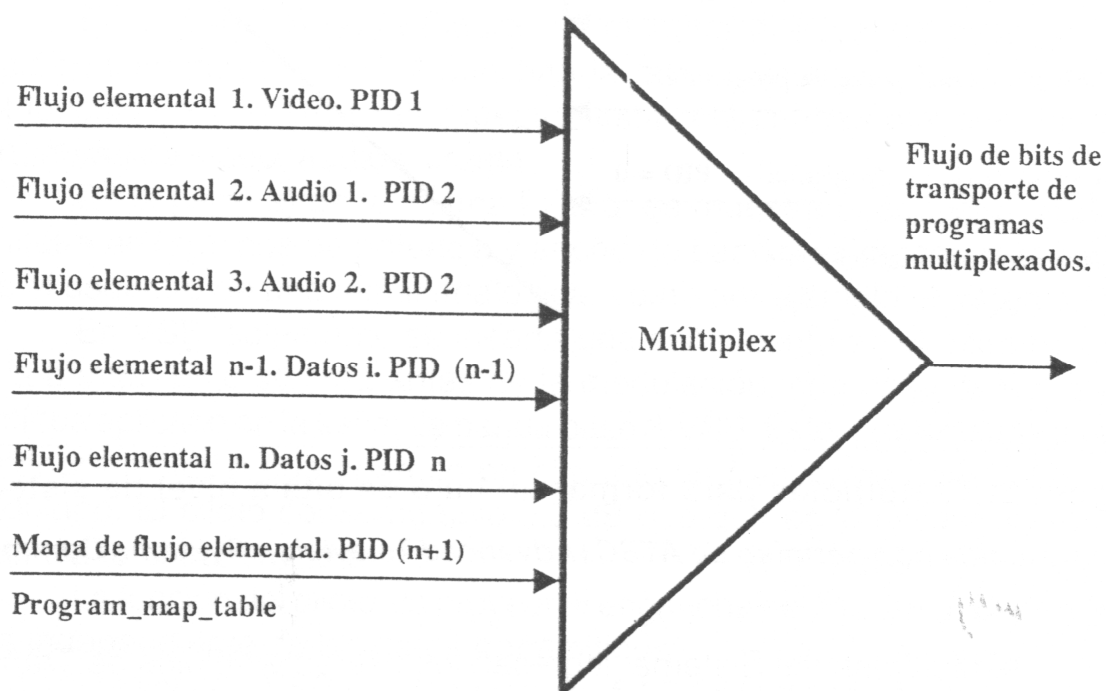


Figura 2.4 Múltiplex para formar un Flujo de Transporte de Programa

2.1.4.2 MÚLTIPLEX DEL SISTEMA

El multiplexado de diferentes Flujos de Transporte de Programa, constituye el Múltiplex de Sistema.

En la figura 2.5 se muestra este tipo de Múltiplex.

Al Múltiplex del Sistema ingresan los diferentes Flujos de Transporte de Programa, con sus identificaciones correspondientes. Además, ingresa un flujo que constituye el mapa de flujo de programa con PID=0. Este flujo lleva también la Tabla de Asociación de Programas (PAT).

El proceso para identificar un programa y su contenido, se realiza en dos etapas. En la primera etapa, se utiliza la PAT en el flujo de bits PID=0 para identificar el flujo de bits que lleva PMT para el programa. En la segunda etapa, se obtienen

las identificaciones de los flujos elementales de bits que conforman el programa, consultando la PMT respectiva.

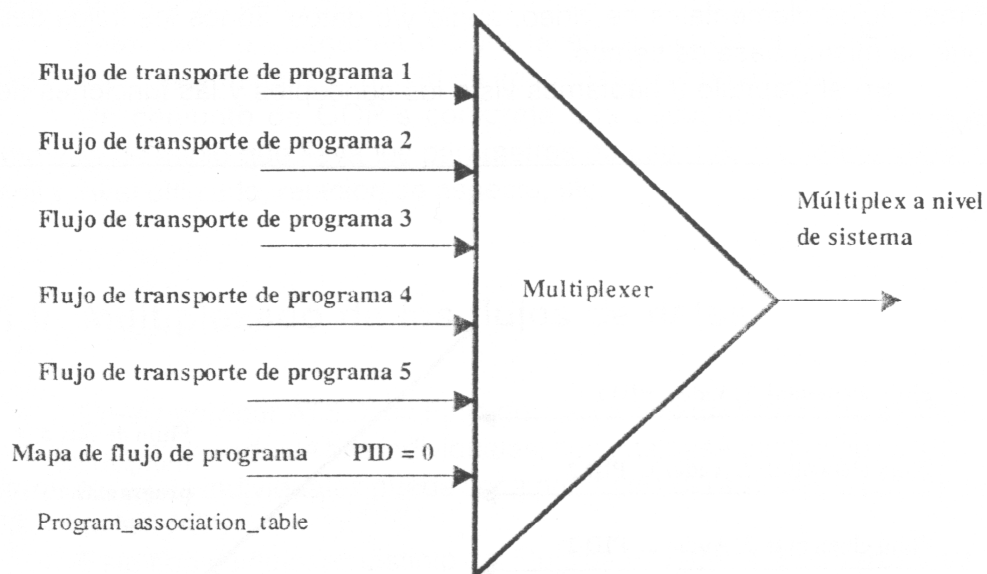


Figura 2.5 Múltiplex para formar un flujo de bits a nivel de sistema

2.1.5 EL GRUPO DE IMÁGENES (GOP)

La imagen es procesada en bloques de píxeles de 8 filas por 8 columnas. Estos bloques pueden ser de luminancia o de croma.

Los bloques son procesados en forma de macrobloques. Cada uno de estos está compuesto por seis bloques de 8 x 8 muestras de píxeles. De estos, cuatro corresponden a las muestras de luminancia, uno a las muestras de Cb y uno a las muestras de Cr.

En total, en un macrobloque 4:2:0 se tienen 256 muestras de luminancia (Y), 64 muestras de (Cb), y 64 muestras de (Cr). Esto indica que en un macrobloque 4:2:0 se tienen 384 muestras en total.

En la tabla 2.3 se muestran la cantidad de macrobloques empleados para los distintos formatos.

FORMATO	FILAS DE MACROBLOQUES	CANTIDAD DE MACROBLOQUES POR FILA	TOTAL DE MACROBLOQUES
1920 x 1080	68	120	8160
1280 x 720	45	80	3600
704 x 480	30	44	1320
640 x 480	30	40	1200

Tabla 2.3 Cantidad de macrobloques 4:2:0 en los distintos formatos

En el formato 1920 x 1080, con 1920 muestras por línea activa por 1080 líneas activas, se tienen 68 macrobloques por fila, incluyendo la última fila que agrega ocho líneas de relleno. Estas ocho líneas demás, se deben a que para la codificación, se utilizan 1088 líneas en vez de 1080. Esto se debe a que el número de líneas de la señal a codificar debe ser múltiplo de 32. En este caso $1088 / 32 = 34$. De esta forma, se tienen 120 filas haciendo un total de 8160 macrobloques 4:2:0, en las líneas activas que conforman un cuadro.

En el formato 1280 x 720 con 1280 muestras por línea activa, por 720 líneas activas, se tienen 45 filas de macrobloques a 80 macrobloques por fila. Así, se tiene un total de 3600 macrobloques.

Para 704 x 480, con 704 muestras por línea activa y 480 líneas activas, se tienen 30 filas de macrobloques, con 44 macrobloques por fila. Esto hace un total de 1320 macrobloques.

Para 640 x 480, con 640 muestras por línea activa y 480 líneas activas, se tienen 30 filas de macrobloques a razón de 40 macrobloques por fila. Esto da 1200 macrobloques.

Varios macrobloques en forma contigua conforman un slice. El orden de los macrobloques dentro de un slice es de izquierda a derecha.

Cada slice comienza con un código de inicio (slice start code) . Cualquier error producido en el flujo de datos, permite que el Decodificados salte a otro slice y comience la decodificación correcta.

Una imagen de video consiste de varios slices. Una o más imágenes conforman un grupo de imágenes denominado GOP.

2.1.6 MODULACIÓN 8-VSB

El estándar ATSC emplea la modulación 8-VSB. Esta modulación fue adoptada oficialmente en Estados Unidos en el año 1996.

En la figura 2.6 se muestran los espectros de 6 Mhz de ancho de banda, para una señal VSB y una señal analógica NTSC.

En la parte b) de la figura, se muestra el espectro para una señal modulada en AM con banda lateral vestigial. En este caso, la distribución de la energía del espectro está concentrada mayormente en las portadoras de video, audio y croma.

En la, parte a) de la misma figura, se muestra el espectro VSB. Este espectro en términos de potencia y ancho de banda es mucho más eficiente que el espectro de una señal analógica.

En VSB, solamente se inserta una señal piloto en el extremo inferior de la banda, esta se crea antes de la modulación, con un pequeño nivel de continua aplicado en la señal de banda base 8-VSB. Esto produce una pequeña portadora residual que aparece en el punto de frecuencia cero del espectro modulado. La señal piloto consume solamente 0,3 dB o lo que es lo mismo, un 7% de la potencia total transmitida.

El espectro VSB es plano y tiene 5,38 Mhz de ancho de banda, para un canal de 6 Mhz. En este espectro sólo se incluye una pequeña señal piloto y la portadora suprimida en el borde de la banda.

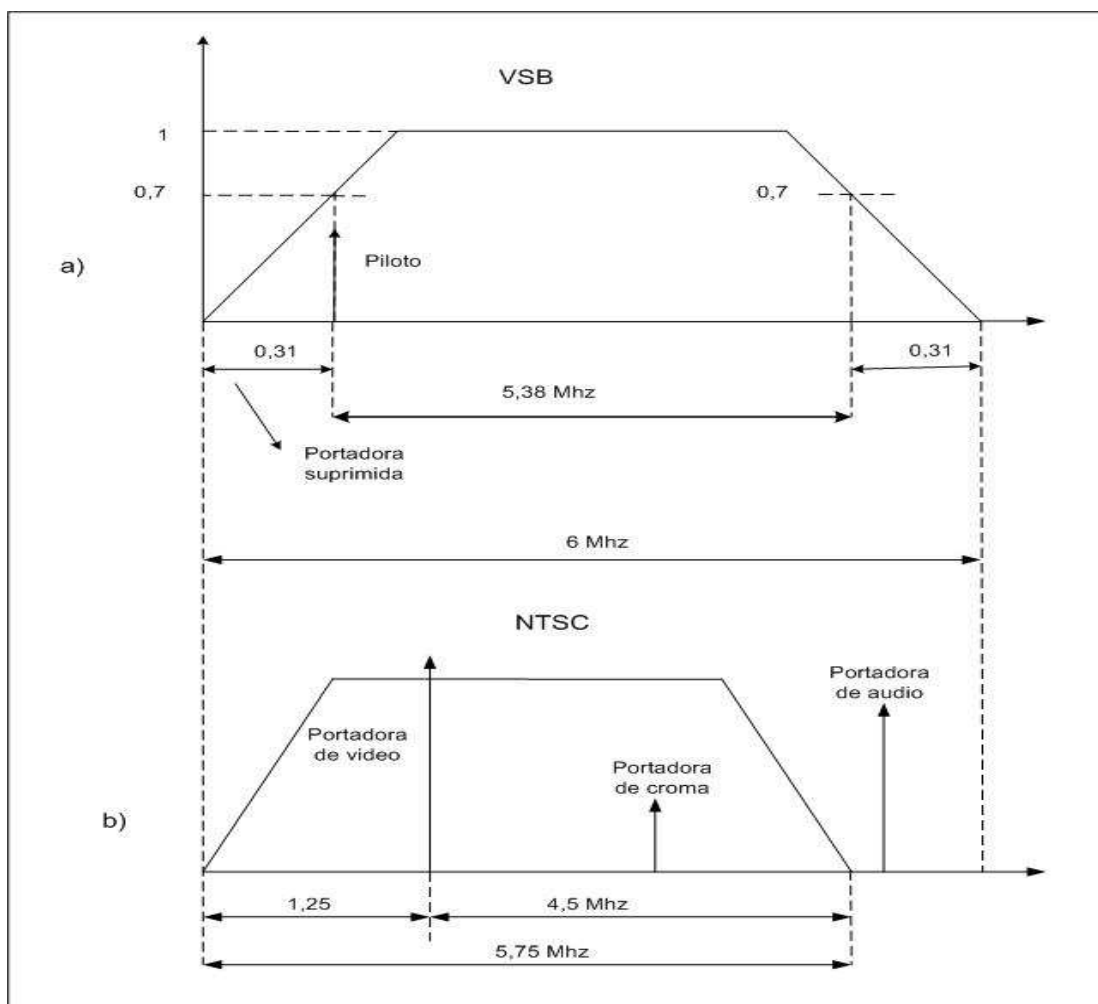


Figura 2.6 a) Espectro VSB. B) Espectro analógico NTSC

2.1.7 MODULADOR 8-VSB

El diagrama del modulador 8-VSB, se muestra en la figura 2.7

El flujo de datos de entrada sigue la sintaxis de MPEG-2. Este flujo está compuesto por paquetes MPEG-2 de 188 bytes cada uno. Estos paquetes que conforman el flujo de transporte, contienen los flujos de video, audio y datos de todos los programas comprimidos que se habían multiplexado.

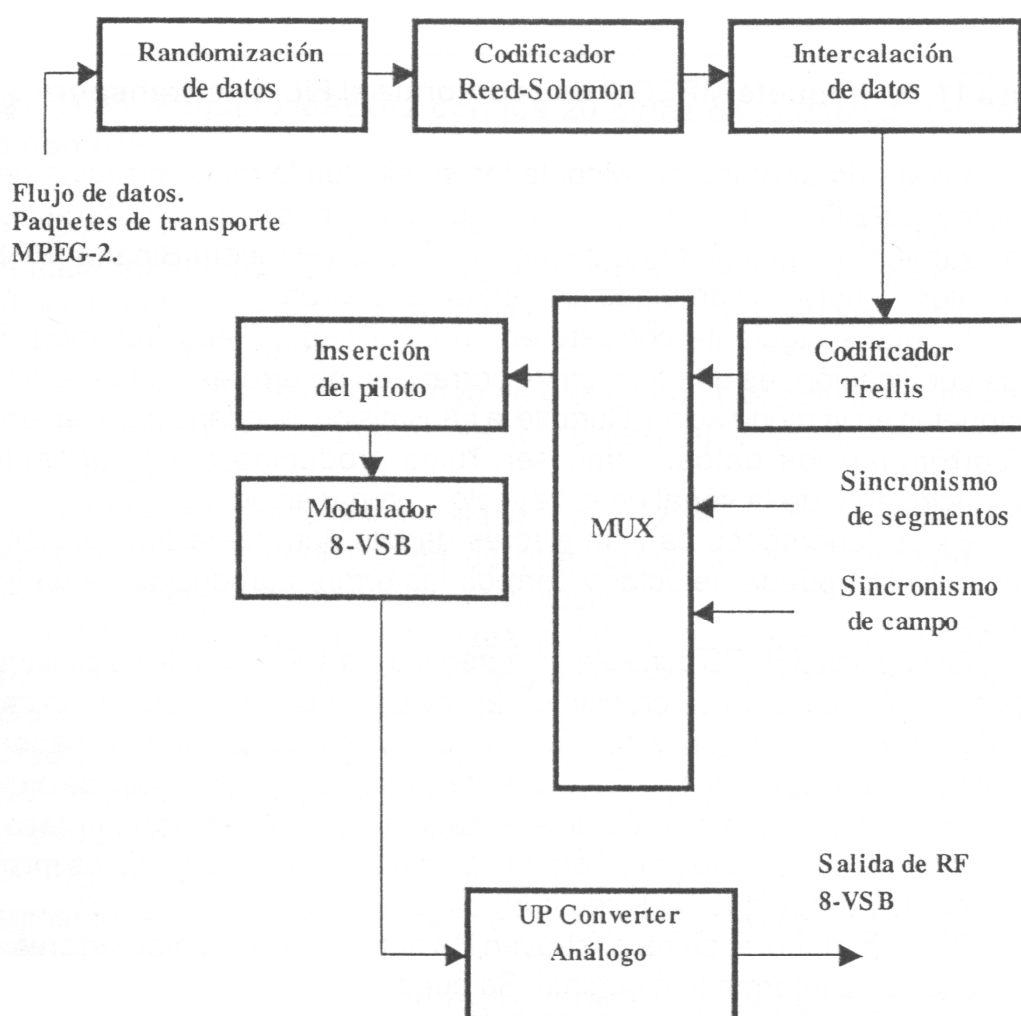


Figura 2.7 Diagrama del modulador 8-VSB

En la primera etapa del modulador, se efectúa la aleatorización de los paquetes MPEG-2 de entrada. Esto se logra mediante un registro de desplazamiento que sigue una secuencia binaria pseudo aleatoria (Pseudo Random Binary). Cada valor de byte es cambiado siguiendo ese patrón.

La etapa siguiente consiste en un codificador Reed Solomon (RS). Este tipo de codificación, es una técnica de corrección de errores que se aplica a los paquetes en la modulación. Durante la transmisión, pueden aparecer errores que corrompen los datos, como por ejemplo; ruido producido por la atmósfera, desvanecimiento de la señal en el trayecto, y propagación multipath.

Estos fenómenos causan errores de bits durante la transmisión. La codificación RS puede detectar y corregir los errores producidos, a un límite razonable.

La codificación RS consiste en agregar a los 184 bytes de cada paquete de datos (sin el byte de sincronismo), 20 bytes de paridad. En el decodificador, se efectúa la comparación de los 184 bytes de datos, con los 20 bytes de paridad de cada paquete, si se detectan errores en ese paquete, el receptor utiliza los bytes de paridad para determinar la ubicación exacta de los mismos y modificar los datos que han sido corrompidos. De esta manera se reconstruyen los datos que contenían errores, y se vuelve a tener la información original. Se puede detectar y corregir hasta 10 bytes por paquete.

En la figura 2.8 se muestra un paquete MPEG-2 con los 20 bytes RS de paridad.



Figura 2.8 Paquete MPEG-2 con los 20 bytes de la corrección Reed Solomon

Continuando con el análisis del diagrama de modulador 8-VSB, la siguiente etapa es la de intercalación de datos. Esta consiste en efectuar un scrambling en orden secuencial del flujo de datos. Los datos intercalados son ensamblados como nuevos paquetes de datos.

Los paquetes de datos, luego de efectuada la intercalación, tienen el mismo tamaño que el paquete original, es decir, 184 bytes de datos más 20 bytes de paridad RS.

Una vez efectuada la intercalación, el siguiente paso es la codificación Trellis. Este tipo de codificación es otra forma de corrección de errores, y representa un código convolucional.

En el codificador Trellis, cada palabra de 2 bits que ingresa, es comparada con las dos palabras de 2 bits previas. Se genera matemáticamente un código binario de 3 bits, estos 3 bits que sustituyen a los 2 bits que habían ingresado al codificador, son transmitidos como símbolos en 8 niveles. a 3 bits por símbolo. Por cada 2 bits que ingresan al codificador, salen 3 bits; por esto, la relación de código es denominada $2/3$.

El siguiente paso consiste en insertar a la señal de codificador Trellis, las señales de sincronismo de segmento, sincronismo de campo, y a continuación insertar la señal piloto. La inserción de estas señales auxiliares, facilitará en el receptor la demodulación de la señal recibida.

Las señales auxiliares insertadas en primera instancia, como se ve en el diagrama, son el sincronismo de segmento y el sincronismo de campo.

El segmento de datos está conformado por 207 bytes del paquete de datos intercalados. Después de la codificación Trellis, los 207 bytes se han extendido a 828 símbolos en 8 niveles.

El sincronismo de segmento es un pulso de 4 símbolos que se le agrega al comienzo de cada segmento de datos. Este reemplaza al primer byte de sincronización del paquete original MPEG-2.

El sincronismo de segmento aparece una vez cada 832 símbolos, y siempre toma la forma de un pulso de nivel entre 5v y -5v.

El sincronismo de segmento recuperado en el receptor, es utilizado para regenerar el reloj del sistema, y efectuar un muestreo de la señal recibida.

La señal piloto es aplicada antes de la modulación. Esta señal consiste en un nivel de voltaje continuo sobre la señal de banda base. La señal piloto facilita el enganche del PLL en el receptor y es independiente de los datos recibidos.

En la etapa siguiente, el flujo de datos con 8 niveles, sincronismos y piloto, modulan en AM (Amplitud Modulada) a una portadora de FI (frecuencia Intermedia).

La modulación de AM genera una doble banda lateral. La banda lateral inferior es un espejo de la banda lateral superior.

De acuerdo al teorema de Nyquist, la mitad de la banda puede ser eliminada. La banda lateral inferior es casi suprimida, quedando sólo un vestigio de la misma.

2.1.8 CUADRO DE DATOS VSB

Para la transmisión, los datos que salen del MUX e ingresan al modulador 8-VSB, son formateados de acuerdo al diagrama de la figura 2.9.

Cada cuadro de datos consta de dos campos. A su vez, cada campo tiene 313 segmentos de datos. Cada uno de estos tiene una duración de 77,3 uSeg, y consta de 832 símbolos.

El primero de los 313 segmentos de cada campo constituye el segmento de sincronización. De esta manera, en un cuadro de datos se tienen dos segmentos de sincronización, uno para cada campo de datos y un total de 616 segmentos de datos.

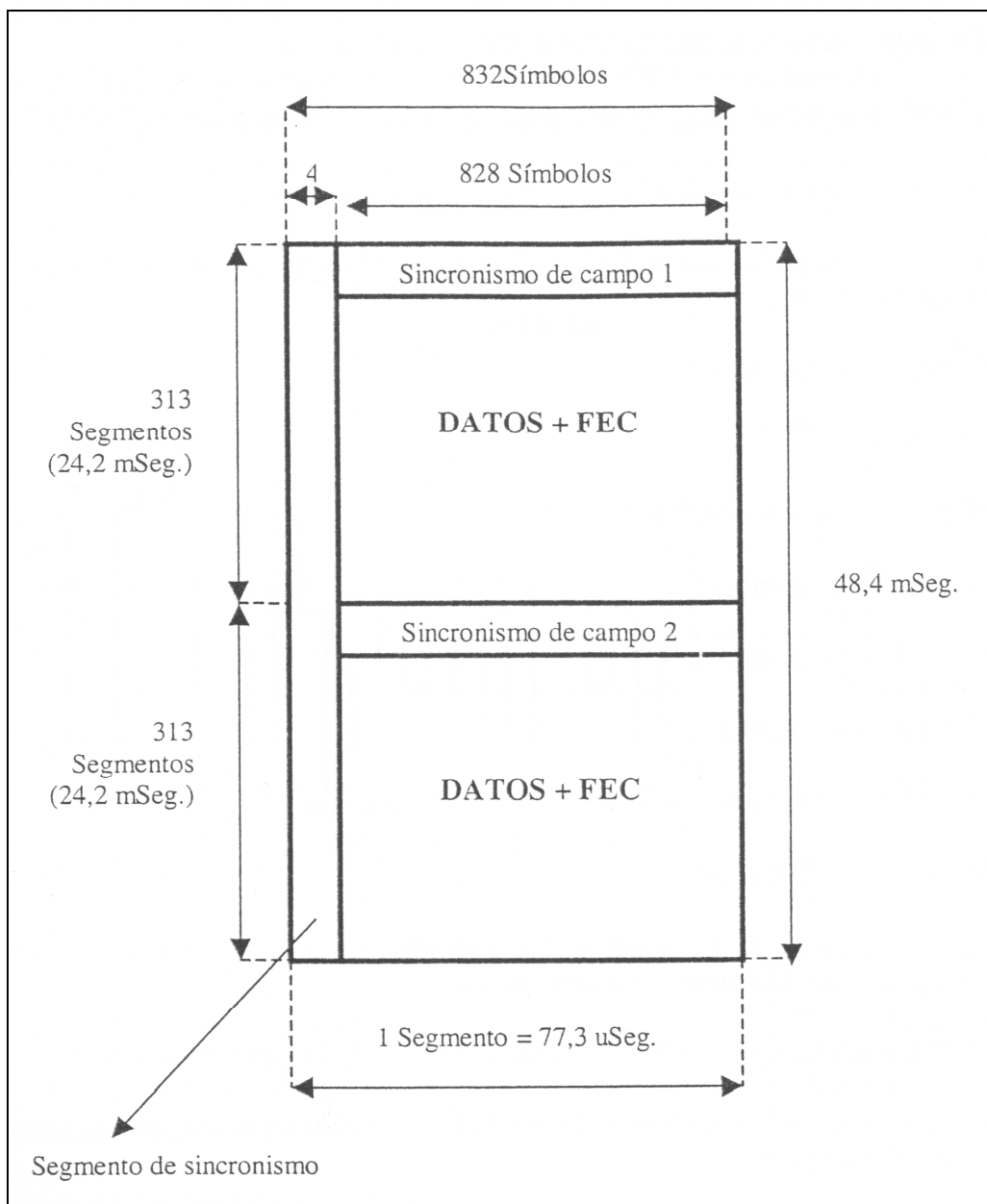


Figura 2.9 Formateo de los datos en VSB

Cada cuadro de datos tiene una duración de 48,4 mSeg, que corresponden a 24,2 mSeg por cada campo de datos.

Cada segmento está conformado por 832 símbolos. De esta total, 4 símbolos proveen la sincronización de los datos. Quedan 828 símbolos que transportan 187 bytes más el FEC (Forward Error Correction).

En 8-VSB, se transportan 3bits/símbolo. Como se tienen 828 símbolos, en un segmento de datos se transportan 2.484 bits de datos.

Los símbolos en 8 niveles, combinados con la sincronización del segmento de datos y de campo, modulan una portadora de FI.

Como consecuencia de esta modulación, se genera una señal que tiene un espectro de AM de doble banda lateral, con alta redundancia en cada banda. De esta manera, la banda lateral inferior puede suprimirse.

La modulación VSB, utiliza un tipo de Modulación en Amplitud de Pulsos (PAM), con 8 niveles discretos.

Resumiendo, en un cuadro de datos en 8-VSB se tiene:

832 símbolos = Datos + FEC = 208 bytes (188 de datos + 20 Reed Solomon)

Como 4 símbolos = 1 byte

Entonces 832 símbolos / 4 = 208 bytes

Luego, 828 símbolos = 207 bytes (187 de datos + 20 Reed Solomon)

A 8 bits / byte tenemos:

207 bytes = 1.656 bits

La relación de reloj de símbolo (Symbol Rate) es:

$F_{\text{symbol}} = 10,762238 \text{ Mhz}$

La F_{symbol} está definida como 684 veces la frecuencia del barrido horizontal (FH). De acuerdo a esto tenemos:

$F_{\text{symbol}} = 684 * FH = 684 * (4,5\text{Mhz}/286) = 10,762238 \text{ Mhz.}$

La relación $4,5 \text{ Mhz}/286 = 15.734,26 \text{ Hz}$, es la frecuencia de barrido horizontal en NTSC.

Recordando que se exploran 525 líneas por cuadro, multiplicando por 29,97 cuadros en un segundo, se tiene:

$$525 * 29,97 = 15.734,26 \text{ Hz}$$

2.1.9 SEGMENTO DE DATOS ATSC

En la figura 2.10 se representa un segmento de datos ATSC, compuesto por 832 símbolos.

Cada cuatro símbolos conforman un byte, teniendo de esta manera 208 bytes por segmentos. De esta total, 204 bytes corresponden a la carga útil de datos, 20 bytes son de paridad, y 4 bytes corresponden a la cabecera del paquete.

Estos bytes corresponden al paquete completo MPEG-2 más los 20 bytes de corrección Reed Solomon.

El segmento inicia siempre con un byte de sincronismo.

De lo expuesto, los parámetros principales del segmento ATSC se muestran en la tabla 2.4

Parámetro	Bytes	Símbolos
Segmento ATSC	208	832
Paquete MPEG-2 sin sincronismo	187	748
Sincronismo de datos	1	4
Bytes de paridad	20	80

Tabla 2.4 Parámetros principales del segmento ATSC

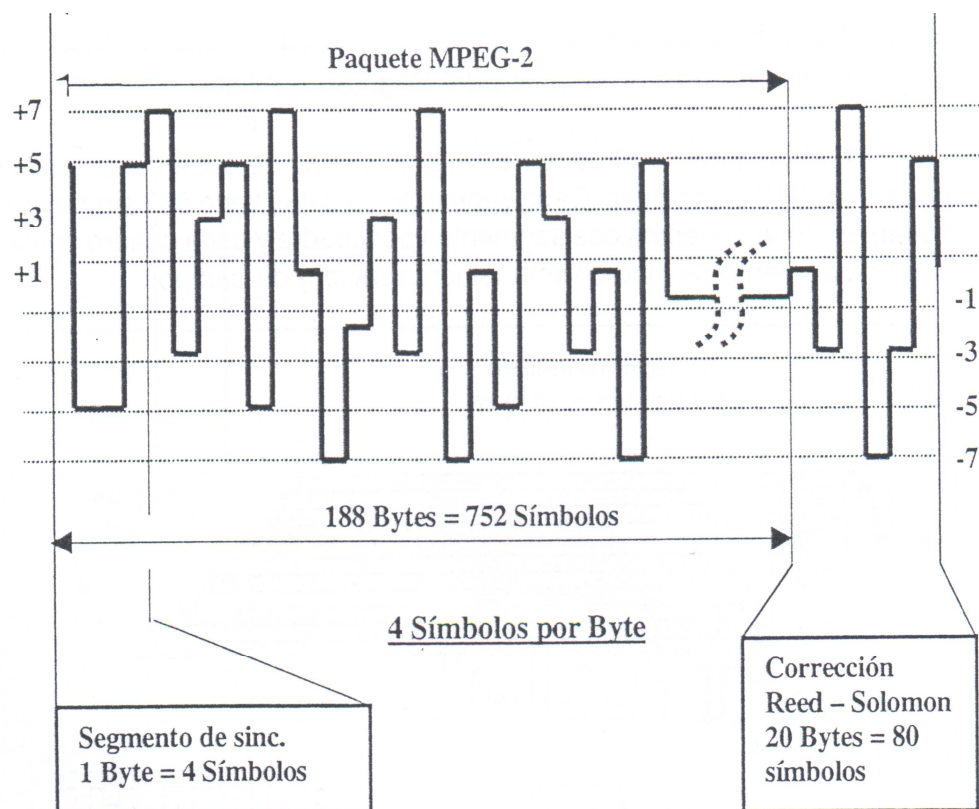


Figura 2.10 Segmento de datos en ATSC

En la figura 2.11 se representa un campo de datos. Este se compone de 313 segmentos. Cada segmento tiene 832 símbolos. En total, se tiene dos segmentos por cuadro, y cada cuadro comienza con un segmento de sincronismo de campo.

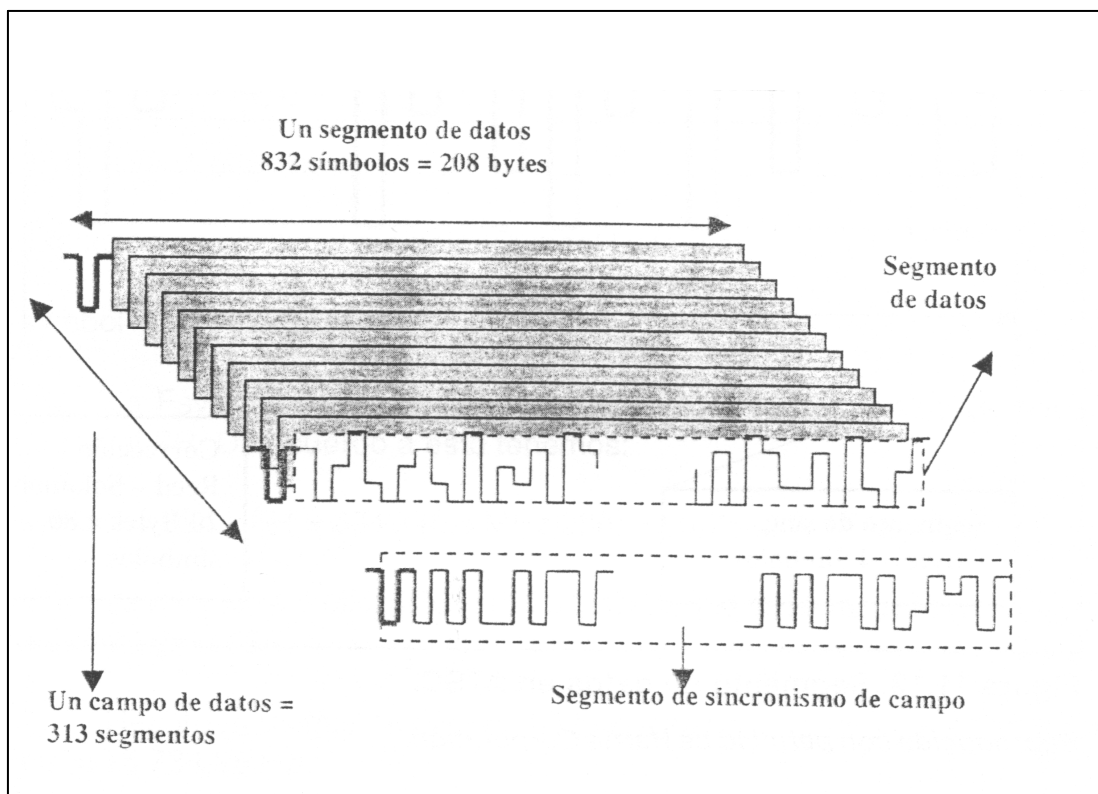


Figura 2.11 Campo de datos ATSC

2.1.10 MODULACIÓN DE AMPLITUD

La señal formada por los 8 niveles en banda base con sus sincronismos y el piloto DC, modulan en amplitud a una portadora de FI.

El efecto de esta modulación genera un espectro de doble banda lateral, como puede verse en la figura 2.12.

Se puede observar que en la doble banda lateral, existe un alto grado de redundancia. La banda lateral inferior es un espejo de la banda lateral superior.

De acuerdo a la teoría de Nyquist, para efectuar la transmisión de la señal digital, podemos prescindir de la mitad del espectro.

Mediante un filtro de Nyquist, se puede eliminar la banda lateral inferior.

A la entrada del modulador se tenía una velocidad binaria del flujo de datos de 19,39 Mbps. Por efecto del FEC y la inserción de los sincronismos, la velocidad binaria a la salida del Codificador Trellis es ahora de 23,28 Mbps.

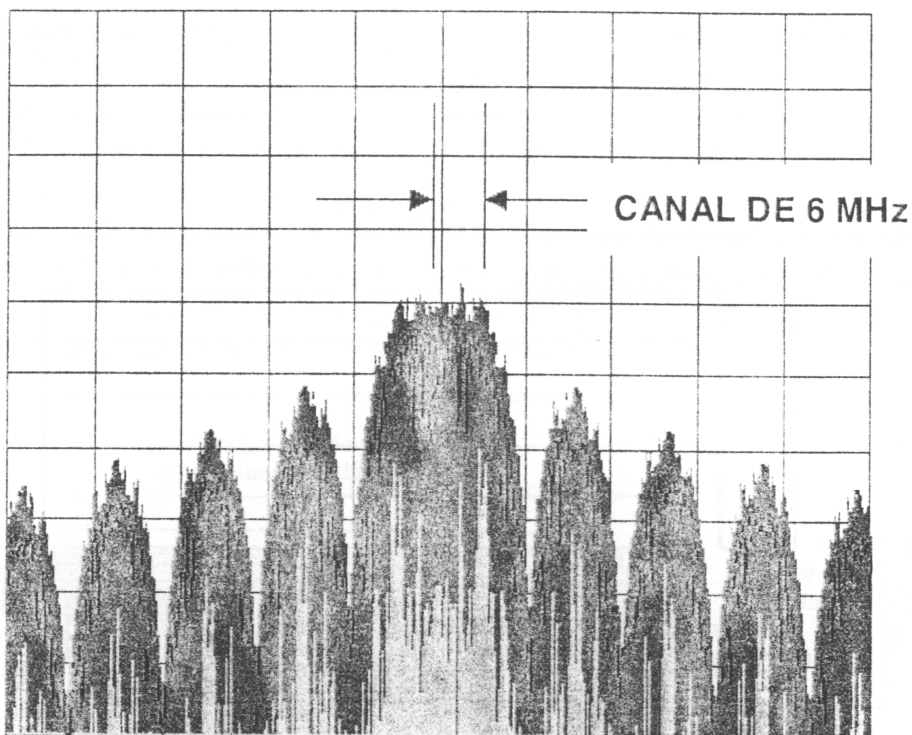


Figura 2.12 Espectro de doble banda lateral generado por la modulación AM

Se transmiten 3 bits por símbolos en 8-VSB

La velocidad de símbolo (Symbol Rate) es de :

$$\text{Symbol Rate} = 32,28 / 3 = 10,76 \text{ Mega símbolos/Seg}$$

Estos 10,76 Mega símbolos/seg., pueden ser transmitidos en una señal de banda lateral vestigial (VSB).

En estas condiciones, el ancho de banda requerido es de:

$$\text{Ancho de banda} = (1/2) * (10,76) = 5,38 \text{ Mhz}$$

A este ancho de banda, que es el mínimo requerido por el teorema de Nyquist, se le suman 0,31 Mhz en cada extremo de la banda, lo que da un total de 0,620 Mhz.

En estas condiciones tenemos:

Ancho de banda = $5,38\text{Mhz} + 0,62\text{Mhz} = 6\text{Mhz}$

Que es el ancho de banda del espectro.

En la figura 2.13 se muestra un espectro de frecuencia de RF 8-VSB

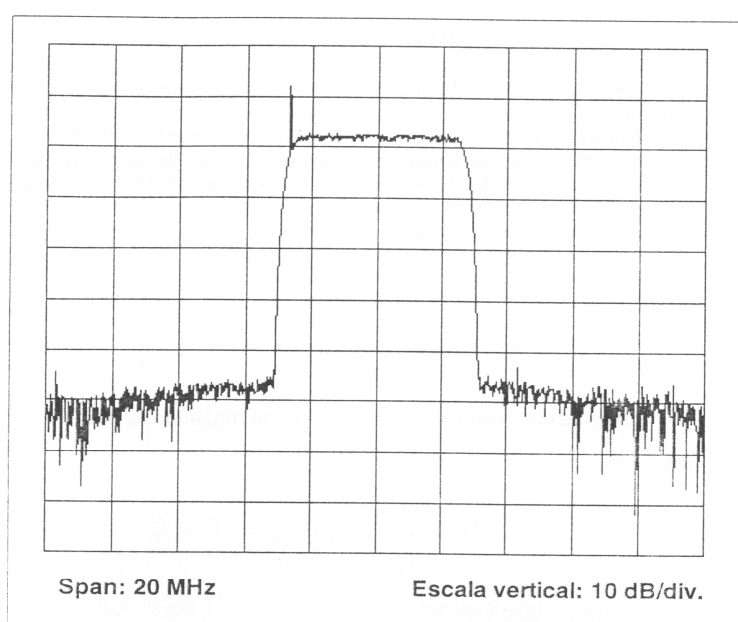


Figura 2.13 Espectro de la frecuencia RF 8-VSB

Nótese la presencia de piloto ATSC en la banda baja del canal. Esta banda, por debajo de la frecuencia del piloto, ha sido casi eliminada, sólo queda un vestigio de la misma. Esta eliminación de la banda lateral inferior, por efecto del filtrado, crea un cambio importante en la forma de onda de la señal RF transmitida.

La eliminación de la banda lateral inferior, se efectúa mediante un filtro de banda angosta, denominado filtro de Nyquist.

2.2 ESTÁNDAR DVB-T

El estándar de Televisión Digital Terrestre (DVB-T), se está implementando en Europa, y ha sido adoptado además por Australia y Singapur.

Las características de este estándar, pueden apreciarse en la figura 2.14

La compresión de video empleada es MPEG-2, de acuerdo a las normas ISO/IEC 13.818-2.

El audio se comprime de acuerdo al estándar MPEG-2, norma ISO/IEC 13.818-3.

El protocolo de los paquetes de datos, Múltiplex y Sistema de Transporte es MPEG-2, de acuerdo a la norma ISO/IEC13.818-1.

El sistema de modulación empleado en la transmisión es COFDM de múltiples portadoras.

En cuanto al audio, el grupo DVB adoptó el sistema de compresión de MPEG-2, sin embargo se puede utilizar el sistema Dolby AC-3 que fue desarrollado por los laboratorios Dolby de Estados Unidos. Este sistema de compresión de audio es el utilizado por el estándar ATSC. A manera de ejemplo, Australia adoptó el estándar DVB-T para video, pero el sistema de compresión de audio que ha adoptado es el Dolby AC-3.

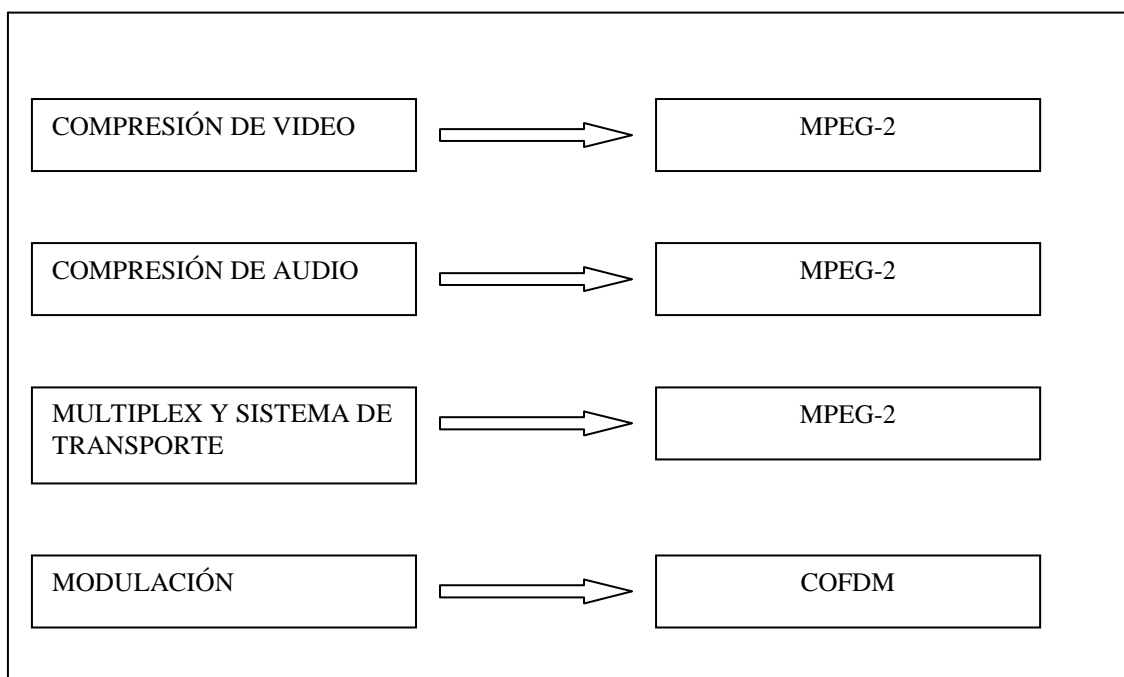


Figura 2.14 Características principales del estándar DVB-T

2.2.1 FACILIDADES DEL ESTÁNDAR DVB – T

El estándar para Televisión Digital Terrestre DVB-T opera con:

- Televisión Digital Estándar (SDTV) y Televisión de alta definición (HDTV)
- Recepción portable⁹ y móvil¹⁰, solamente para SDTV
- Transmisión en modo jerárquico. HDTV para recepción fija y SDTV para recepción móvil
- Redes de Frecuencia Única (SFN, Single Frequency Network).

⁹ Recepción desde transportación pública

¹⁰ Recepción desde telefonía celular

2.2.2 TELEVISIÓN DIGITAL ESTÁNDAR Y TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN

El estándar DVB-T tiene dos tipos de servicios, como se muestra en la figura 2.15. El primero de ellos corresponde a Televisión Digital estándar (SDTV), con una relación de aspecto de 4:3 ó 16:9. Opera en el MP@ML (Perfil principal – Nivel principal) del estándar MPEG-2. En este modo se dispone múltiples canales de SDTV, para transportarlos en el espectro de 6,7 u 8 Mhz de ancho de banda.

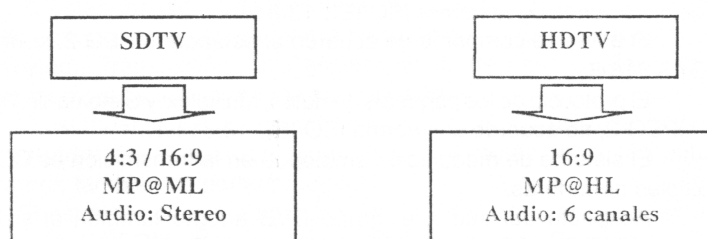


Figura 2.15 Tipos de servicios que se transmiten en DVB-T

El audio utilizado en SDTV es el Musicam (capa 2 del estándar MPEG-2). En este caso, se transmiten dos canales de audio en modo stereo con una velocidad binaria por canal de 128 Kbps.

En Televisión de Alta Definición (HDTV), se opera en el MP@HL (Perfil Principal – Nivel Alto) del estándar MPEG-2. El audio está conformado por seis canales comprimidos en el estándar MPEG-2. También se está utilizando el sistema de compresión de audio Dolby AC-3.

Para la emisión de múltiples programas de SDTV o un programa de HDTV, se emplea la modulación COFDM de múltiples portadoras, donde cada una de ellas es modulada en 64 QAM.

2.2.3 MODOS DE TRANSMISIÓN

En DVB-T, se tienen dos tipos o modos de transmisión:

- Transmisión No Jerárquica
- Transmisión Jerárquica.

Comunmente se las denomina modulación No Jerárquica, y modulación Jerárquica respectivamente.

2.2.3.1 TRANSMISIÓN NO JERÁRQUICA

En este modo, se transmite un flujo de datos de aproximadamente 19,6 Mbps, en un espectro de 6 Mhz de ancho de banda. Este flujo puede transportar un programa de HDTV con sus audios y datos asociados, o en su defecto, varios programas de SDTV, también cada uno de ellos con sus audios y datos asociados.

En la figura 2.16 se muestra a manera de ejemplo, la capacidad de programas que se pueden transportar a 19,6 Mbps. Los primeros dos programas se transportan a 6 Mbps cada uno, el tercero y el cuarto programas, son transportados a 4 y 3,6 Mbps respectivamente.

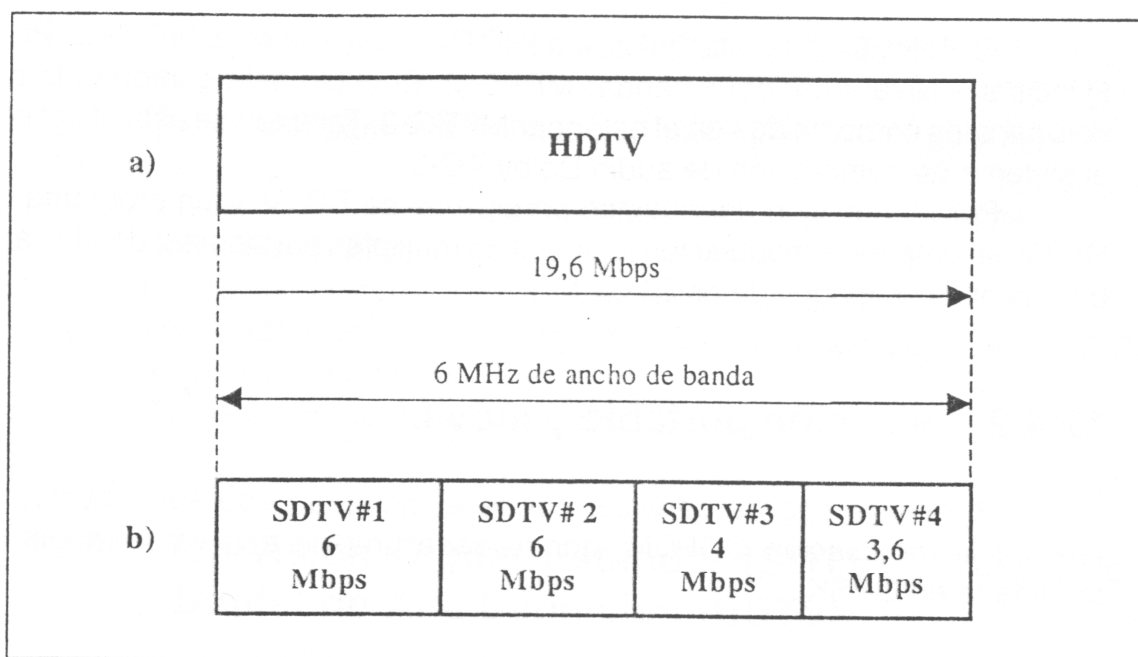


Figura 2.16 Capacidad de programas a transportar en modo No Jerárquico

A manera de ejemplo, en la tabla 2.5 se representan los parámetros principales a utilizar, para cada uno de los ejemplos citados.

	HDTV	SDTV
Modo	2K	8k
Modulación de cada portadora	QPSK	64 QAM
FEC	3/4	3/4
Intervalo de guarda	1/16	1/16

Tabla 2.5 Parámetros principales para HDTV y SDTV en modo No Jerárquico

2.2.3.2 TRANSMISIÓN JERÁRQUICA

Este modo de transmisión consiste en el transporte de dos flujos de datos, combinados en uno solo. Cada uno de estos flujos, tiene una modulación diferente dentro del sistema COFDM.

La transmisión Jerárquica es utilizada para emitir un programa de HDTV para recepción fija, y un programa de SDTV para recepción móvil, en un solo flujo de datos. En este caso, el programa de HDTV se transporta con una velocidad mayor, y el programa de SDTV con una velocidad menor.

Al flujo de más alta velocidad, se lo denomina LP (Low Priority), y al flujo de más baja velocidad se lo denomina HP (High Priority).

El HP que es el flujo de alta prioridad, se lo utiliza para recepción móvil. Este debe tener una modulación robusta. Por ello, cada portadora del COFDM es modulada en QPSK.

El LP que es el flujo de baja prioridad, es utilizado para recepción fija. En este caso, no interesa tanto la robustez. Por ello cada portadora del COFDM es modulada en 64 QAM.

En la figura 2.17 se muestra un diagrama de operación en modo Jerárquico.

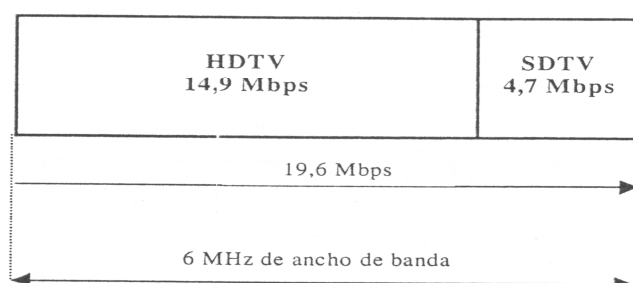


Figura 2.17 Capacidad de programas a transportar en modo Jerárquico

A manera de ejemplo, en la figura puede apreciarse que el flujo de HDTV tiene una velocidad binaria de 14,9 Mbps, en tanto que el flujo SDTV para recepción móvil, tiene una velocidad binaria de 4,7 Mbps.

El flujo HDTV tiene un formato 720p, en tanto que el flujo SDTV tiene un formato 575i.

En la tabla 2.6 se muestran las características principales para este tipo de transmisión.

	HDTV – Rx Fija	SDTV – Rx Móvil
Tipo de flujo	LP	HP
Modo	8k	8k
Modulación	64 QAM	QPSK
FEC	5/6	1/2
Intervalo de guarda	1/8	1/8

Tabla 2.6 Parámetros principales para Transmisión Jerárquica

2.2.4 FORMATOS DE VIDEO

En el formato DVB-T se maneja una amplia variedad de formatos de video para SDTV y HDTV.

En la tabla 2.7 se muestran los formatos más importantes y sus características.

Formato	Muestras activas x cantidad de líneas activas	Relación de Aspecto	Tipo de barrido
HDTV	1920 x 1080	16:9	25i ;25p 24p; 29,97p; 30p 30i
HDTV	1440 x 1152	16:9	25p
HDTV	1920 x 1035	16:9	25p; 29,97p; 30p
HDTV	1280 x 720	16:9	25i; 50i; 23,97i 24i; 29,97i; 30i 59,94i; 60i
SDTV	720 x 576	4:3 ; 16:9	50i; 25i; 25p
SDTV	544 x 576	4:3 ; 16:9	

Tabla 2.7 Formatos más comunes de video en SDTV y HDTV del estándar DVB-T

2.2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA MODULACIÓN COFDM

.El estándar DVB-T emplea la modulación COFDM de múltiples portadoras. En este tipo de modulación, existen dos modos de operación posibles:

- Modo 2k con 1.705 portadoras
- Modo 8k con 6.817 portadoras

Cada uno de estos modos representa un set de portadoras. A este set se lo denomina símbolo, ver figura 2.18.

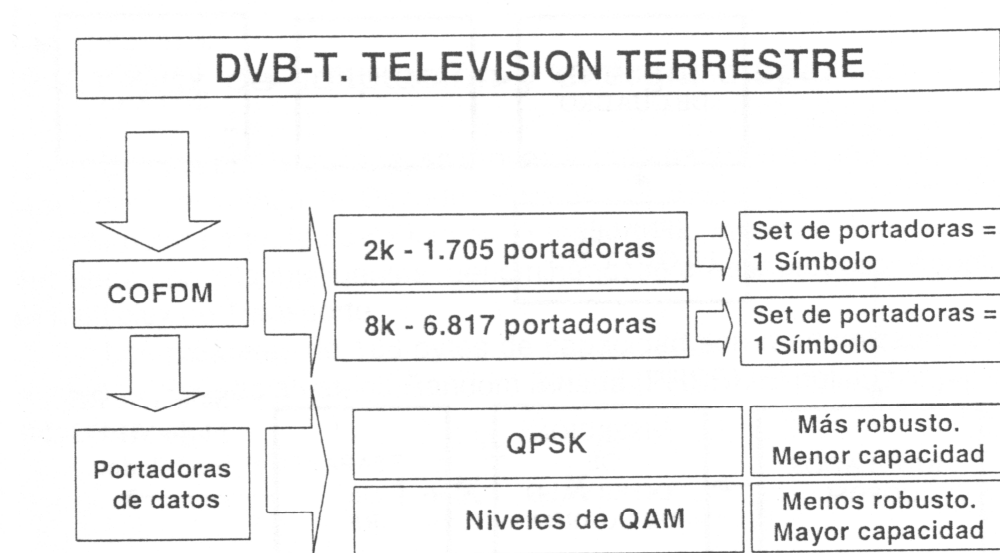


Figura 2.18 Modos de operación en 2k y 8k en COFDM

2.2.6 SISTEMA DE MODULACIÓN COFDM

En la figura 2.19 se representa el diagrama de bloques de un Modulador COFDM.

La secuencia de los distintos procesos en el modulador es la siguiente:

- a) Mux de adaptación
- b) Codificación externa
- c) Intercalación externa
- d) Codificación interna
- e) Intercalación interna
- f) Mapping
- g) Adaptación de cuadro e inserción de pilotos y señales TPS
- h) OFDM
- i) Inserción de intervalos de guarda
- j) Etapa de RF

A continuación se describe brevemente cada una de estas etapas.

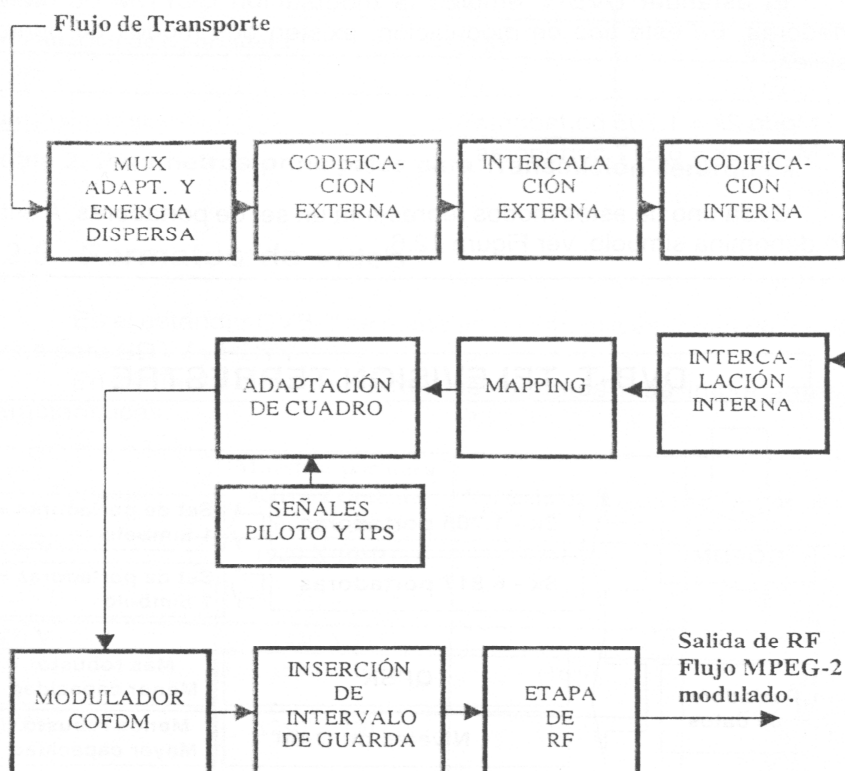


Figura 2.19 Modulador COFDM

2.2.6.1 MULTIPLEX DE ADAPTACIÓN Y DISPERSIÓN DE ENERGÍA

Para asegurar la “*dispersión de energía*” del espectro radiado, la señal de entrada debe hacerse cuasi-aleatoria, de forma que se eviten largas series de ceros o de unos. Por esta razón, el múltiplex de entrada debe ser “*aleatorizado*” (“*randomized*”) lo cual se realiza mediante un proceso cuyo esquema se muestra en la figura 2.20.

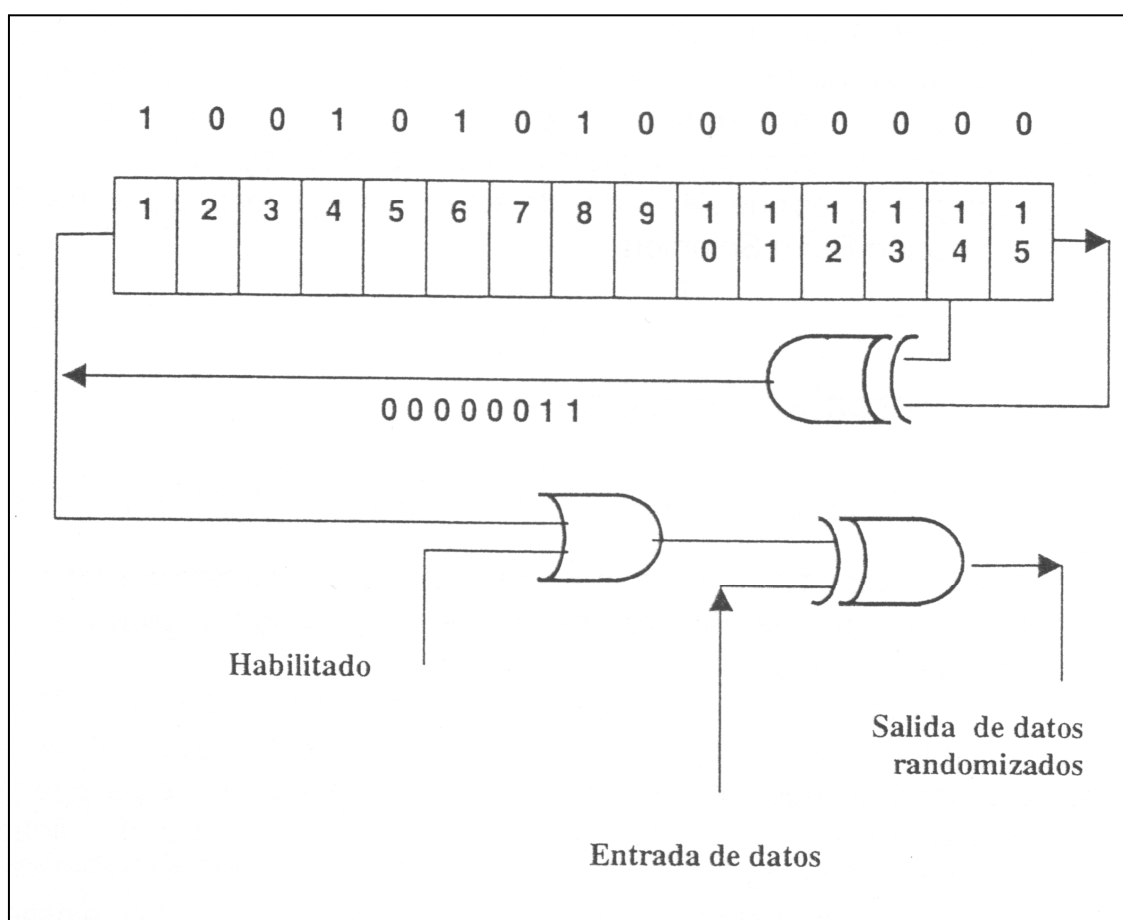


Figura 2.20 Generador PRBS para la dispersión de energía del Flujo de Transporte.

En este proceso se trata de obtener una “*secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS)*”, para lo cual se emplea un generador que usa el polinomio:

$$1 + x^{14} + x^{15}$$

Los registros del generador PRBS, que sirve tanto para desordenar como para ordenar, tienen cargada la secuencia “100101010000000”, la cual debe iniciarse al comienzo de un conjunto de 8 paquetes de transporte. Los bytes de sincronización no se ven afectados por la “aleatorización”.

Para proporcionar una señal de inicialización en el decodificador del receptor que permita identificar cada conjunto de 8 paquetes de transporte afectados por la aleatorización, el byte de sincronización del primer paquete de cada conjunto de 8 está invertido, pasando de 0x47 (01000111) a 0xB8 (10111000). Este proceso es el que se conoce por “adaptación del flujo de transporte”.

El funcionamiento es como sigue: el primer bit en la salida del generador PRBS se aplica al primer bit (el más significativo MSB) del primer byte que sigue al byte de sincronización invertido del TS (el 0xB8) y así sucesivamente con los demás bits. Para ayudar al resto de funciones de la sincronización, durante los bytes de sincronismo de los otros 7 paquetes, la generación PRBS continúa, pero está deshabilitada, dejando a estos bytes intactos.

Así, el periodo de la secuencia PRBS es de 1.503 bytes ($188 \times 8 - 1$).

El proceso descrito debe permanecer activo incluso cuando no exista flujo de transporte a la entrada o cuando éste no cumpla con el formato del estándar MPEG-2.

El resultado del proceso de “*Adaptación y Dispersión de Energía del Flujo de Transporte*” se indica esquemáticamente en la figura 2.21

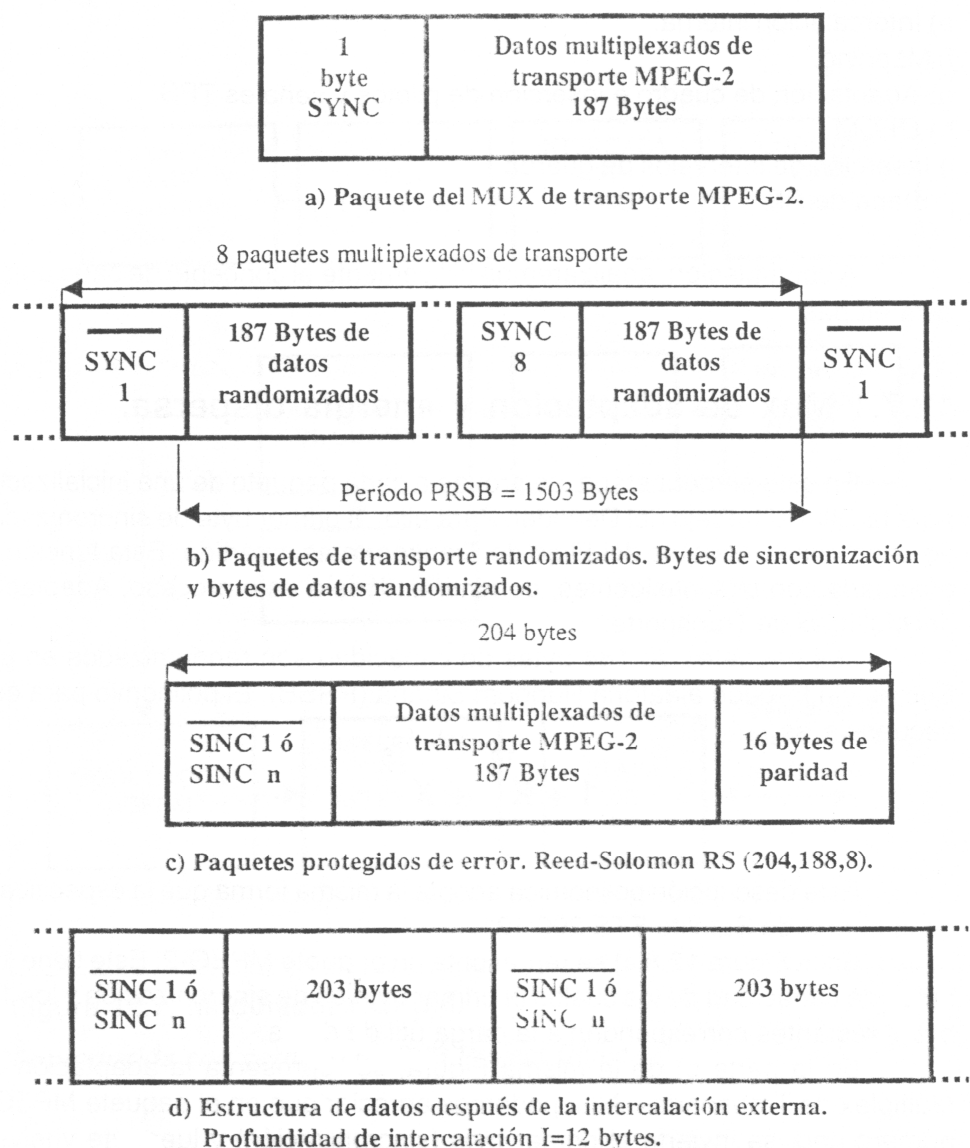


Figura 2.21 Paquetes de transporte MPEG-2 aleatorizados

En la parte c) de la figura 2.21, se representa un paquete completo de 204 bytes. Este incluye un byte de sincronización invertido, 187 bytes de datos aleatorizados y 16 bytes de paridad. En la parte d) de la misma figura, se muestra la estructura de datos del paquete completo, después de la intercalación externa.

2.2.6.2 CODIFICACIÓN EXTERNA

A los paquetes aleatorizados de 188 bytes, se les aplica la codificación Reed Solomon. Al final del paquete se agregan 16 bytes de paridad, para detectar y

corregir errores. En la figura 2.21 c) y d) se muestran estos paquetes.

Cada paquete está constituido por 204 bytes y se lo denomina RS (204,188,8).

La interpretación es la siguiente:

RS: Codificación Reed Solomon

204: Capacidad total del paquete en bytes

188 Capacidad de datos del paquete aleatorizado, en bytes

8: Cantidad de bytes que se pueden detectar y corregir por paquete, mediante la codificación Reed Solomon.

2.2.6.3 INTERCALACIÓN EXTERNA

Una vez agregados los bytes de paridad, se efectúa la intercalación externa.

En la figura 2.22 se muestra el proceso de intercalación, y en la parte b) de la misma figura, se muestra el proceso inverso o de desintercalación, que se efectúa en el decodificador.

La intercalación se efectúa en el paquete total de 203 bytes y es realizada mediante un registro de desplazamiento. Se tienen doce posiciones de intercalación que corresponden a un byte por posición. En total, se tiene una profundidad de intercalación de 12 bytes.

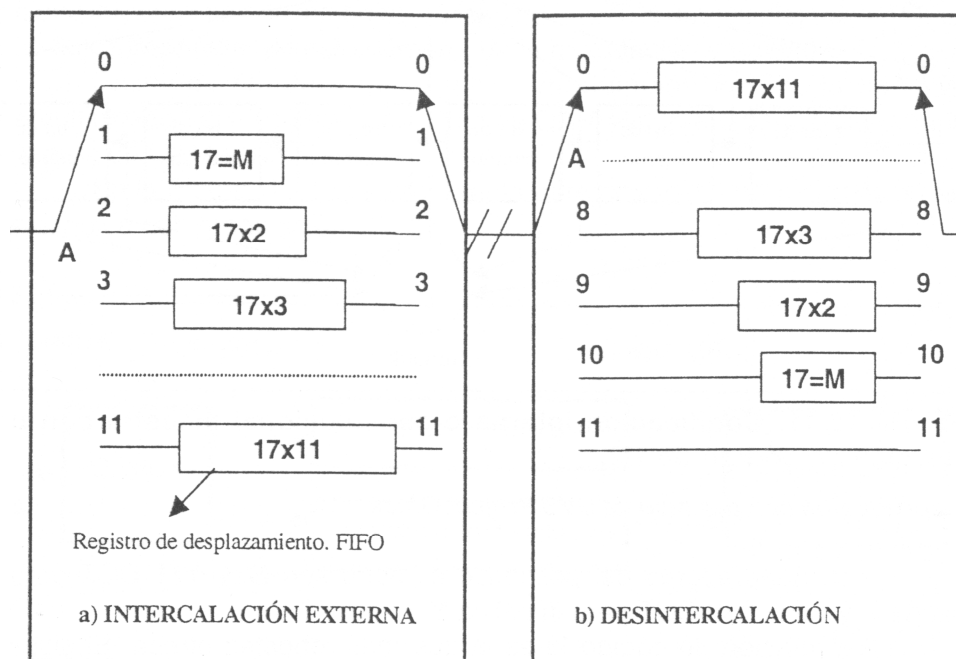
El intercalador está formado por 12 derivaciones ($I=12$), existiendo un conmutador de entrada por donde ingresa el flujo de datos, y un conmutador de salida. Ambos conmutadores están sincronizados.

Cada ramificación está constituida por un registro de desplazamiento.

De esta manera tenemos:

$I=12$

$M=17 = N/l$ donde $N=204$



A: 1 Byte por posición.

Figura 2.22 Intercalación y desintercalación externas

2.2.6.4 CODIFICACIÓN INTERNA

En la figura 2.23 se representa el proceso de codificación interna, donde los datos alimentan un registro de desplazamiento. Los contenidos de este, producen X e Y, que representan diferentes chequeos de paridad de los datos de entrada, de tal manera que los errores de bits puedan ser corregidos. Por cada bit de entrada sin codificar, se tienen dos bits de salida codificados, por ello, este esquema tiene una relación de código de 1/2.

Los generadores del polinomio maestro son $G_1=171$ OCT para la salida X, y $G_2=133$ OCT para la salida Y.

La relación de código 1/2 es la que ofrece más robustez. El sistema tiene otras

relaciones de códigos convolucionales como son: 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8

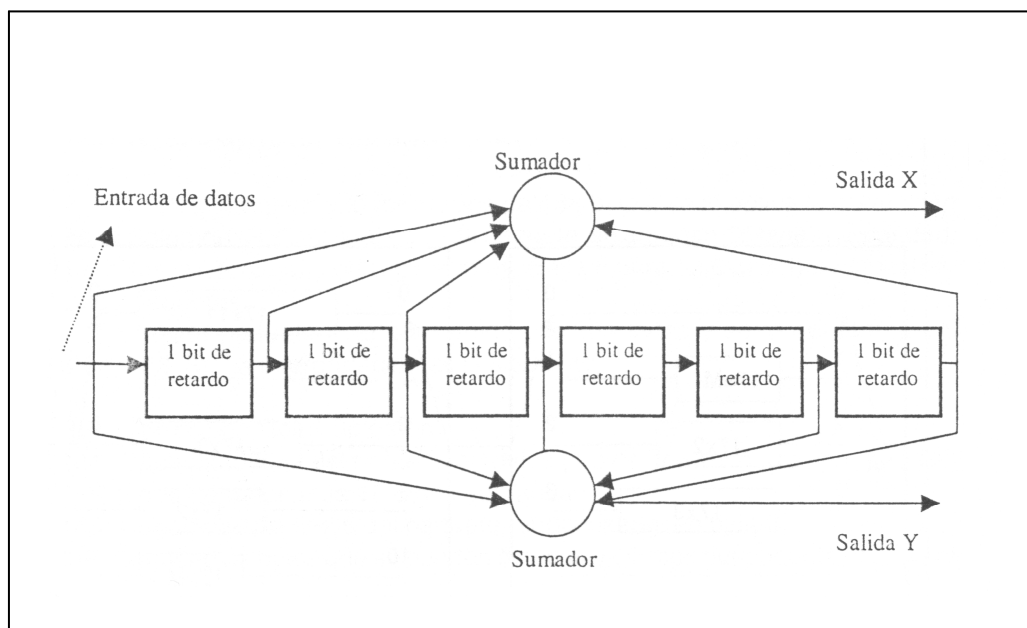


Figura 2.23 Codificación interna o convolucional

2.2.6.5 INTERCALACIÓN INTERNA

La intercalación interna consiste en una intercalación de bits seguida de una intercalación de símbolos. El flujo de datos es multiplexado en varios sub flujos, dependiendo este número de la modulación empleada.

En modo No Jerárquico y con modulación QPSK, la señal es demultiplexada en dos subflujos. Para 16 QAM, el número de subflujos será 4, y para 64 QAM, será 6.

En la figura 2.24 se representa este proceso para modulación No Jerárquica con Modulación QPSK.

En este caso, el flujo de datos a la entrada es demultiplexado en dos subflujos. La intercalación de bits se efectúa en cada uno de estos flujos por separado.

Las salidas de los intercaladores de bits, son agrupadas para formar los símbolos de datos originales. A continuación, se efectúa una intercalación de Símbolos.

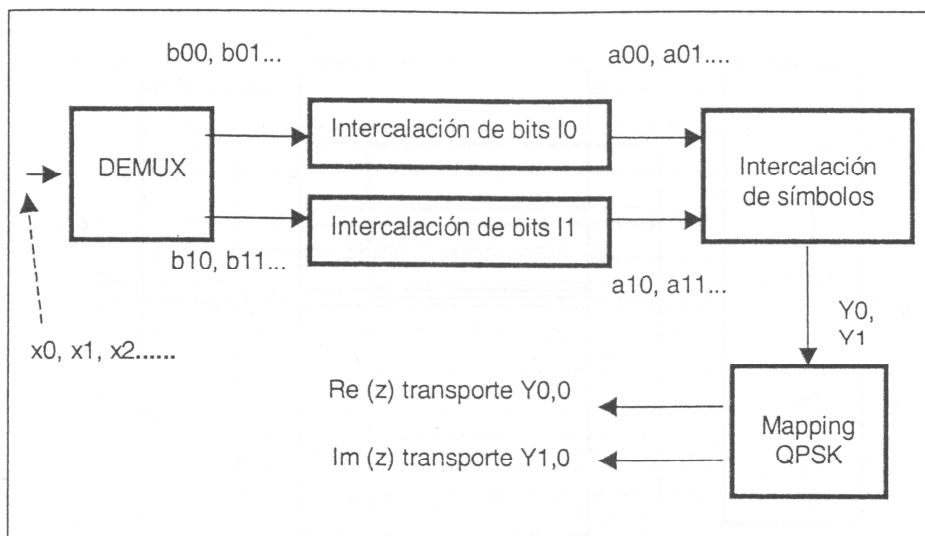


Figura 2.24 Intercalación de bits y símbolos en transmisión No Jerárquica con modulación QPSK

El propósito de esta intercalación, es el de organizar las palabras de bits en las portadoras activas. En el modo 2k se tiene 1.512 portadoras activas, y en el modo 8k. se tienen 6.048 portadoras activas. El tamaño de los bloques de intercalación es de palabras que tienen 126 bits. Este proceso se repite 12 veces por símbolo OFDM en el modo 2k, y 48 veces para el modo 8k. De esta manera, en 2k se leen 12 grupos de 126 bits de datos del intercalador en forma secuencial en un vector $Y=y_0,y_1,y_2,\dots,y_{1.511}$.

De la misma manera, en 8k se leen 48 grupos de 126 bits de datos del Intercalador en forma secuencial en un vector $Y=y_0,y_1,y_2,\dots,y_{6.047}$.

En la figura 2.25 se representa el proceso de intercalación de bits y de símbolos, para transmisión No Jerárquica con modulación 64 QAM.

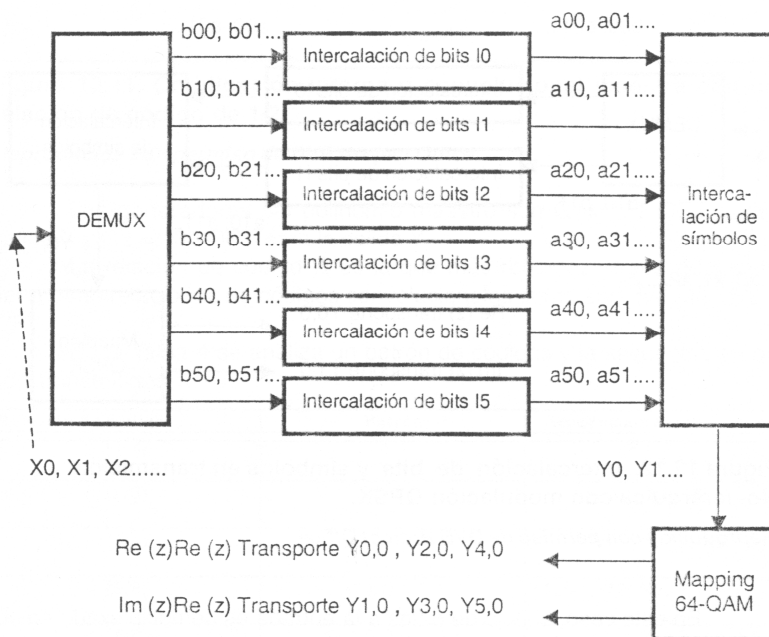


Figura 2.25 Intercalación de bits y de símbolos en transmisión No Jerárquica con modulación 64 QAM

El flujo de demultiplexa en seis subflujos para su posterior intercalación de bits.

En la figura 2.26 se muestra un diagrama para transmisión Jerárquica. En este caso, se tienen dos flujos; uno de alta prioridad, que es el de más baja velocidad binaria, y otro de baja prioridad, que es el de más alta velocidad binaria. El flujo de entrada de alta prioridad es demultiplexado primero en dos subflujos, y el flujo de entrada de baja prioridad, se demultiplexa en cuatro subflujos.

El flujo de alta prioridad es el que transporta un programa de SDTV, para recepción portable y móvil. Aquí, cada portadora se modula en QPSK.

El segundo flujo que es de baja prioridad, es modulado en 64 QAM y transporta un programa de HDTV.

El flujo de alta prioridad, va embebido dentro del flujo de baja prioridad.

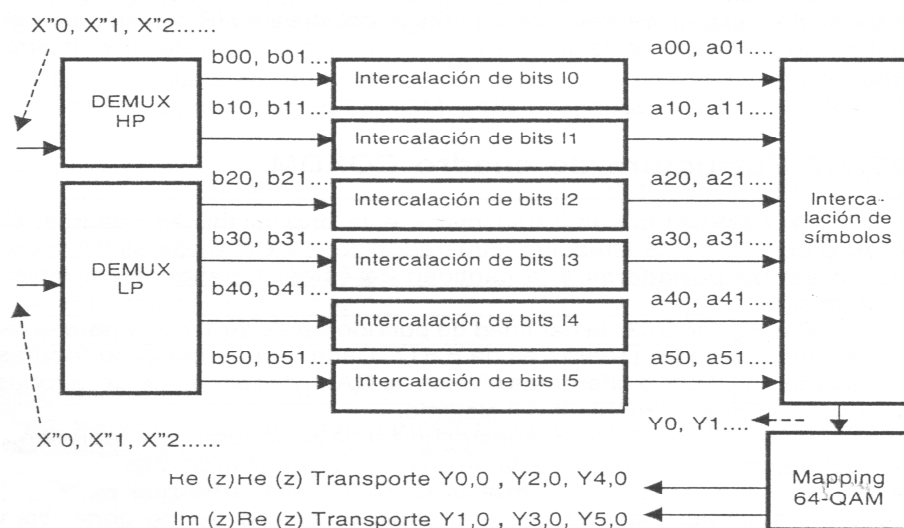


Figura 2.26 Intercalación de bits y de símbolos en transmisión Jerárquica con modulación 64 QAM

2.2.6.6 ADAPTACIÓN DE CUADRO E INSERCIÓN DE PORTADORAS PILOTO

En Esta etapa se efectúa la inserción de las portadoras piloto y TPS.

Las portadoras piloto son utilizadas para:

- Sincronización del cuadro
- Sincronización de la frecuencia
- Sincronización del tiempo
- Identificación del modo de transmisión
- Estimación del canal

Las portadoras TPS (Transmisión Parameter Signalling), son utilizadas como información de los parámetros de transmisión. Ejemplo: constelación, información de jerarquía, relación de código del flujo HP, relación de código del flujo LP, intervalo de guarda, modo de transmisión, protección de errores, etc.

2.2.6.7 MODULADOR OFDM

El principio de la modulación OFDM consiste en distribuir el flujo binario

de información entre un gran número de portadoras de forma que cada una maneje una velocidad de datos reducida con respecto a la del flujo total. En consecuencia, la duración "TU" (Tiempo Útil) de los símbolos aumenta respecto al caso de modular una sola portadora, haciendo de esta forma a la señal muy robusta frente a interferencias por trayectos múltiples (ecos) ya que el retardo de éstos resulta ser muy pequeño comparado con la duración citada.

Por otra parte, la separación en frecuencia entre las portadoras se hace igual al inverso de la duración "TU" de los símbolos, con lo que la posición de las portadoras en el espectro de frecuencias (figura 2.27) coincide con los nulos del espectro de las portadoras adyacentes (condición de portadoras ortogonales). En estas condiciones se consigue mínima interferencia intersímbolos.

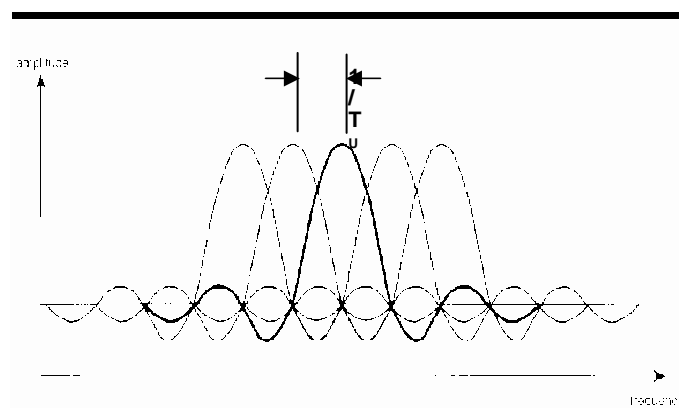


Figura 2.27 Espectro de portadoras adyacentes en la modulación OFDM

Para fortalecer todavía más a la señal transmitida frente a los ecos, se amplía la duración de los símbolos añadiendo un tiempo Δ denominado "intervalo de guarda" a la duración útil TU con lo que la duración total del símbolo pasa a ser:

$$TS = \Delta + TU$$

El intervalo de guarda es una continuación cíclica de la parte útil del símbolo, el cual se inserta delante de él. En estas condiciones, si la señal se recibe por 2

caminos diferentes con un retardo relativo entre ellas, siempre que este retardo no supere el intervalo de guarda, coincidirá en las dos la información contenida dentro del tiempo útil del símbolo de la señal principal. La figura 2.28 ilustra esta situación.

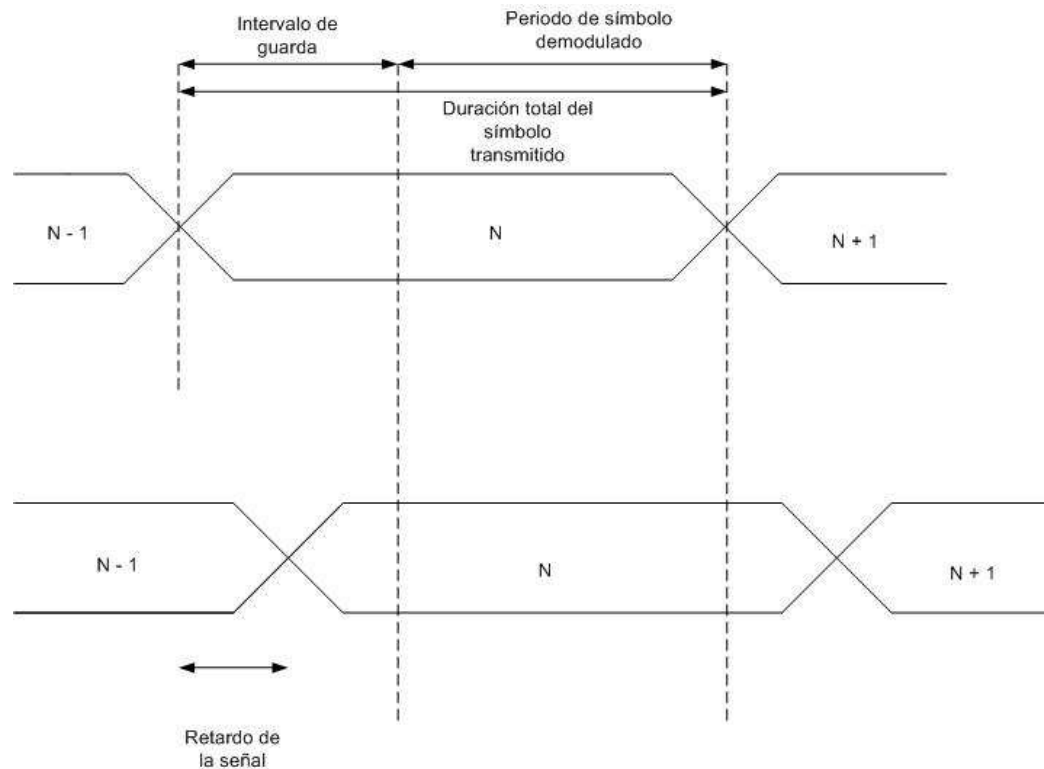


Figura 2.28 Multitrayecto con retardo inferior al intervalo de guarda

Como los receptores ignoran la señal recibida durante el intervalo de guarda de la señal principal, el resultado es que no habrá interferencia intersímbolos. Sin embargo, la inserción de este intervalo de guarda supone una pérdida en la capacidad de transmisión del canal.

El tiempo Δt del intervalo de guarda se mide en fracciones de la duración útil TU del símbolo, disponiéndose de 4 posibles valores:

$$\Delta t / TU = 1/4 \quad 1/8 \quad 1/16 \quad 1/32$$

Las tablas 2.8 y 2.9 muestran los valores numéricos que toman los parámetros descritos para los dos sistemas: 8k (6.817 portadoras) y 2k (1.705 portadoras).

Parámetro	Modo 8k	Modo 2k
Número de portadoras K	6,817	1,705
Valor del número de la portadora K _{mín.}	0	0
Valor del número de la portadora K _{máx.}	6,816	1,704
Duración del símbolo (Tu).	1.024uSes.	256 uSeg
Espaciado de portadoras (I/Tu).	0,976563 KHz	3,90625
Espaciado entre portadoras K _{mín.} y K _{máx.} (K-I)/Tu*.	6,66 MHz	6,66 MHz

Tabla 2.8 Parámetros principales en COFDM en 2k y 8k

Modo	8k			
Intervalo de guarda	1/4	1/8	1/16	1/32
Duración del símbolo Tu.	8.192xT 896 uSeg			
Duración del intervalo de guarda	2.048 x T 224 uSeg	1.024xT 112uSeg	512xT 56 uSeg	256 x T 28 uSeg
Duración del símbolo más el intervalo de guarda.	10.240 xT 1.120uSeg	9.216xT 1.008 uSeg	8.704 x T 952 uSeg	8.-U8 x T 924 uSeg

Modo	2k			
Intervalo de guarda	1/4	1/8	1/ 16	1/32
Duración del símbolo Tu.	2.048 x T 224 uSeg			
Duración del intervalo de guarda	512xT 56 uSeg	256 xT 28 uSeg	128 xT 14 uSeg	64 xT 7 uSeg
Duración del símbolo más el intervalo de guarda.	2.560xT 280 uSeg	2.304xT 252 uSeg	2.176xT 238 uSeg	2.H2xT 231 uSeg

Tabla 2.9 Duración de los símbolos, intervalos de guarda, y la suma de ambos

Las figuras 2.29 y 2.30 ilustran la disposición de las portadoras en tiempo y frecuencia antes y después de la inserción del intervalo de guarda.

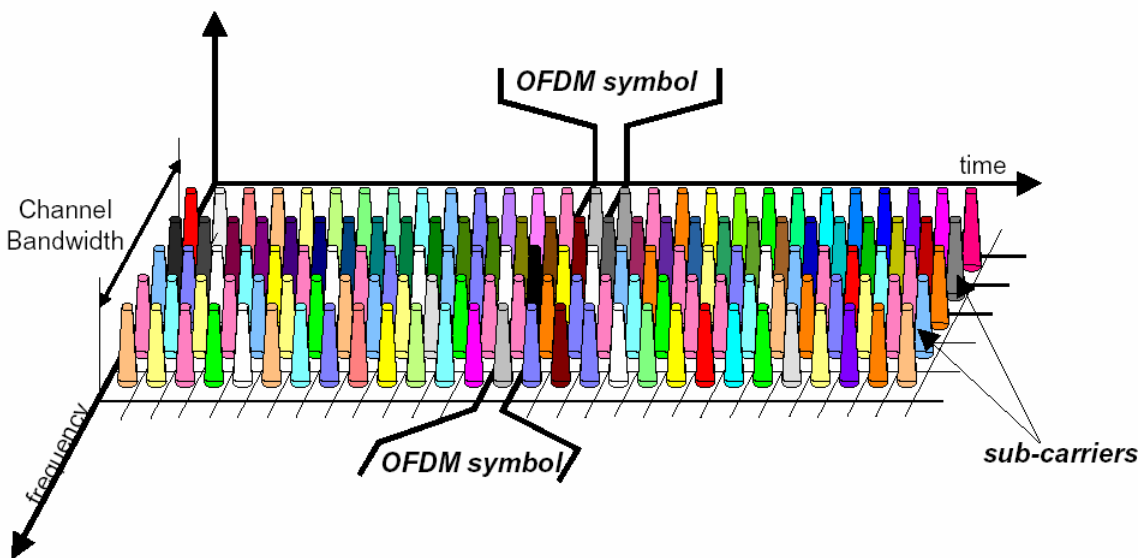


Figura 2.29 Distribución de las portadoras en tiempo y frecuencia.

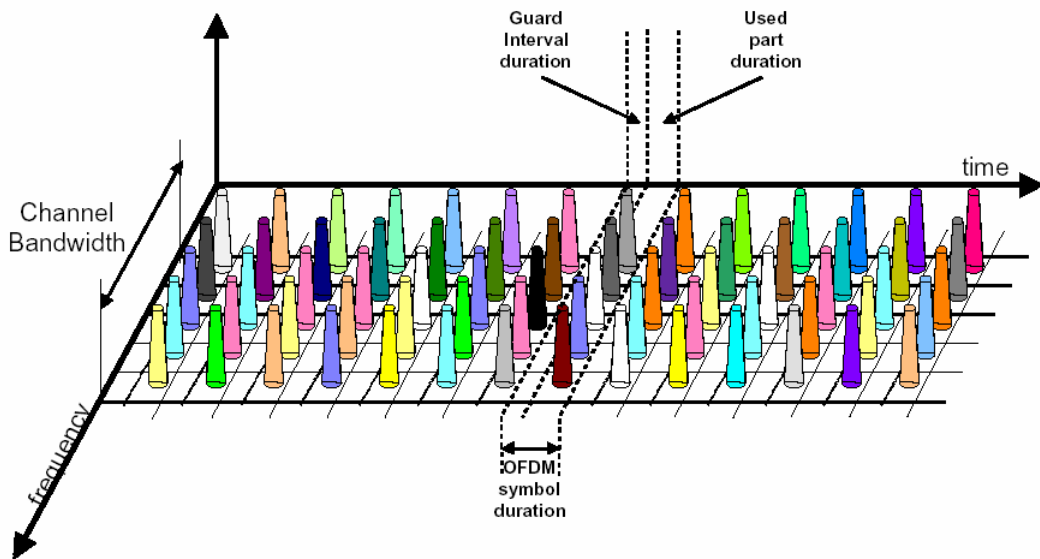


Figura 2.30 Inserción del intervalo de guarda.

2.3 ESTÁNDAR ISDB-T

El estándar ISDB-T (Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting), ha sido desarrollado en Japón por el grupo DIBEG (Digital Broadcasting Experts Group), tomando como base al estándar DVB-T.

El ISDB-T utiliza la compresión y el multiplexado MPEG-2, además del sistema de modulación COFDM. Sin embargo, este estándar tiene otras variantes y características diferentes al DVB-T.

2.3.1 APLICACIONES DEL ESTÁNDAR ISDB-T

Las principales aplicaciones del estándar ISDB-T son:

- Transmisión de un programa de HDTV o de múltiples programas de SDTV.
- Servicios de datos Broadcasting
- Recepción portable y móvil, con alta calidad de video, audio y datos
- Redes de frecuencia única (SFN)
- Operación en modo Jerárquico, lo cual permite transportar en el mismo ancho de banda, un flujo de datos para recepción fija y un flujo de datos para recepción móvil.
- Servicio de recepción portable de audio y datos. Para ello, se transmiten audio y datos en un segmento ubicado en el centro de la banda.

2.3.2 TRANSMISIÓN OFDM EN FORMA SEGMENTADA

El flujo de Transporte es demultiplexado y agrupado en segmentos de datos. Luego, cada uno de estos segmentos es transformado en segmentos OFDM. En total, el espectro de transmisión se compone de

trece segmentos, siendo esta cantidad la misma para un canal de 6, 7, y 8 Mhz de ancho de banda. Lo que varía en cada uno de los espectros, es el tiempo de duración de cada segmento. Para 6 Mhz de ancho de banda, el espectro compuesto por los trece segmentos ocupa 5,6 Mhz, siendo el ancho de banda de cada segmento de 429 Khz.

2.3.3 AJUSTE DEL TIEMPO DE INTERCALACIÓN DE DATOS

Se dispone de cuatro tiempos distintos de intercalación de datos, para cada ancho de banda del canal de transmisión.

En la tabla 2.10 se muestran los tiempos de intercalación para los distintos anchos de banda del espectro.

Ancho de banda del canal	Tiempo 1 de intercalación	Tiempo 2 de intercalación	Tiempo 3 de intercalación	Tiempo 4 de intercalación
6 Mhz	0	0,096	0,19	0,38
7 Mhz	0	0,082	0,16	0,33
8 Mhz	0	0,072	0,14	0,29

Tabla 2.10 Tiempos de intercalación de los datos para espectros de 6, 7 y 8 Mhz de ancho de banda (tiempo en segundos)

2.3.4 MODOS DE OPERACIÓN

El Estándar ISDB-T opera en tres modos de transmisión. Cada modo tiene distintos espaciados de las portadoras OFDM. Los modos de transmisión son los siguientes:

Modo 1: Las portadoras OFDM están espaciadas en 4 Khz

Modo 2: El espaciado de portadoras es de 2 Khz

Modo 3: El espaciado de portadoras es de 1 Khz.

2.3.5 TRANSMISIÓN SEGMENTADA

En el estándar ISDB-T el espectro de transmisión es dividido en trece segmentos, que son numerados del 0 al 12.

En la figura 2.31 se muestra el espectro de los trece segmentos en transmisión. Los mismos corresponden a un canal de 6 Mhz de ancho de banda.

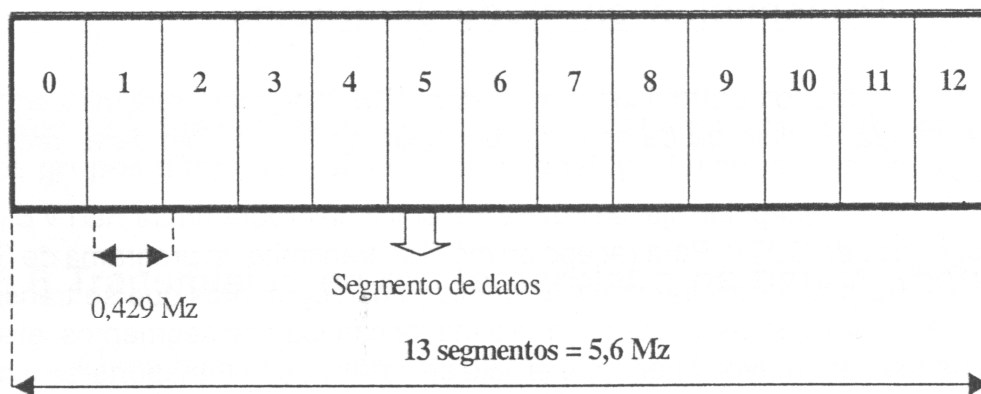


Figura 2.31 Segmentos de datos en ISDB-T

En este estándar, se efectúan dos tipos de intercalaciones de datos. La primera de ellas se denomina intersegmentos y consiste en una aleatorización entre segmentos. El segundo tipo de intercalación se denomina intrasegmentos y consiste en intercalar los datos dentro del mismo segmento.

En la figura 2.32 se ilustra el mismo espectro de la figura 2.31, pero con los segmentos intercalados.

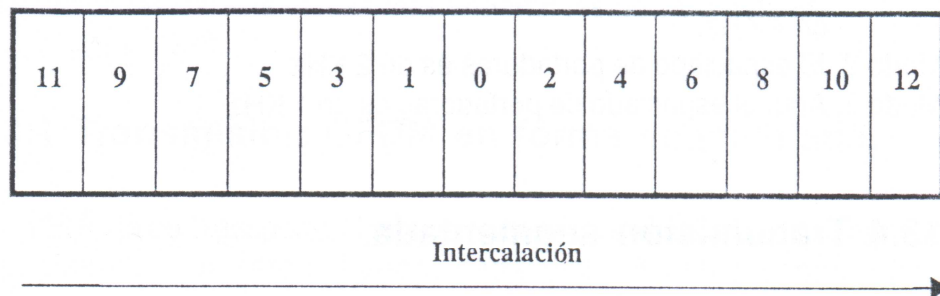


Figura 2.32 Segmentos de datos intercalados

Nótese que el segmento 0 queda en el centro de la banda. Este segmento se utiliza para transmisión de banda angosta.

2.3.6 TRANSMISIÓN EN MODO JERÁRQUICO

En modo Jerárquico. ISDB-T permite transmitir en forma simultánea un flujo de datos para recepción fija, y otro flujo para recepción móvil.

Para recepción fija, se puede transmitir un programa de HDTV o varios programas de SDTV. Para recepción móvil, se transmite un programa de SDTV.

Para recepción móvil, la cantidad de segmentos que se transmiten es menor. Se debe tener en cuenta que a mayor cantidad de segmentos, el ancho de banda será mayor y por ende, el flujo de datos puede transportarse a mayor velocidad.

Cada grupo de segmentos puede tener su propio tipo de modulación, relación de código y tiempo de intercalación. Se puede transmitir hasta tres grupos de segmentos diferentes, al mismo tiempo y en el mismo canal.

En la figura 2.33 se muestra un ejemplo de transmisión de dos grupos de segmentos diferentes.

La agrupación puede ser de cualquier manera, dependiendo de la aplicación y el ancho de banda requerido. En este ejemplo, cada uno de los dos grupos tiene el siguiente ancho de banda:

Grupo 1: 2,145 Mhz

Grupo 2: 3,432 Mhz

El grupo de los cinco primeros segmentos es utilizado para recepción móvil en SDTV, mientras que los ocho segmentos restantes, se utilizan para recepción fija en HDTV.

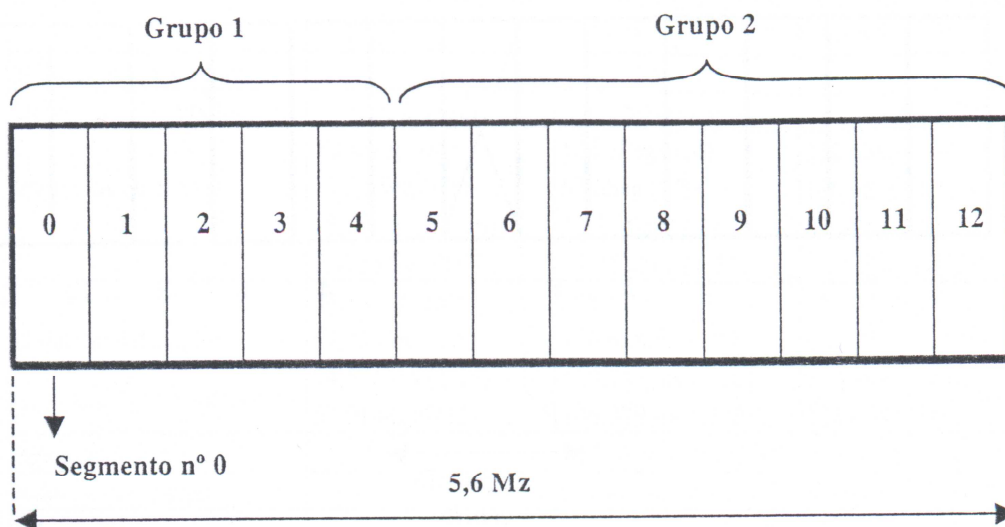


Figura 2.33 Ejemplo de transmisión COFDM en modo Jerárquico, en dos grupos diferentes, en el mismo canal y al mismo tiempo

2.3.7 TRANSMISIÓN EN MODO PARCIAL O DE BANDA ANGOSTA

Este modo de transmisión es utilizado sólo para recepción portable y móvil. La característica principal de este modo de transmisión, implica que el segmento parcial a transmitir está ubicado en la parte central de la

banda de los trece segmentos. En este segmento, sólo se transmite audio y datos, y ambos pueden ser recibidos por un receptor portátil de banda angosta.

El ancho de banda de este receptor es de un segmento OFDM.

En la figura 2.34 se muestra el caso de la recepción de banda angosta. Aquí se representan los trece segmentos intercalados, menos el número cero, que es el que transporta esta señal y siempre está en el centro de la banda.

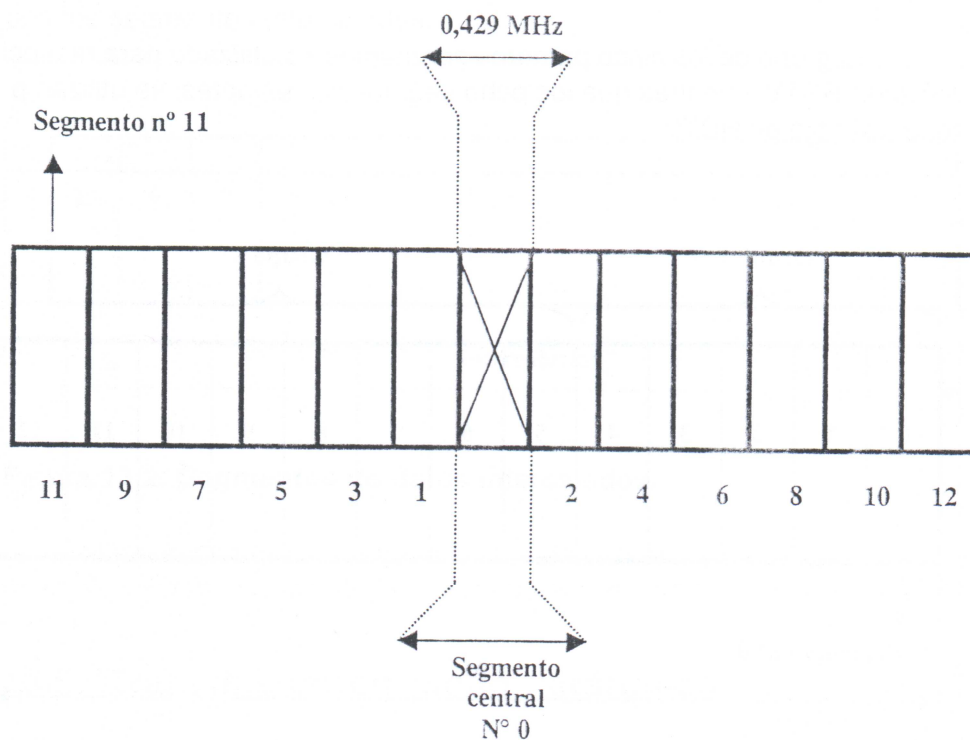


Figura 2.34 Recepción ISDB-T de banda angosta

2.3.8 CUADRO MULTIPLEXADO

En ISDB-T un cuadro multiplexado está compuesto por paquetes

continuos de 204 bytes cada uno.

De estos 204 bytes, el primero es el de sincronización, luego tenemos 187 bytes de datos y a continuación 16 bytes de paridad RS.

Esta estructura de los paquetes multiplexados es igual que en el estándar DVB-T.

En el estándar ISDB-T, los paquetes multiplexados son compatibles con el Flujo de Transporte (transport Stream) del estándar MPEG-2.

En la Tabla 2.11 se analiza el número de paquetes (TS) por cada cuadro multiplexado. Este análisis se realiza para los tres modos de transmisión y para los cuatro tipos de intervalos de guarda.

Modo	Número de TSP's para un cuadro multiplexado			
	Relación de intervalo de guarda 1/4	Relación de intervalo de guarda 1/8	Relación de intervalo de guarda 1/16	Relación de intervalo de guarda 1/32
Modo 1	1280	1152	1088	1056
Modo 2	2560	2304	2176	2112
Modo 3	5120	4608	4352	4224

Tabla 2.11 Número de paquetes TSP del cuadro multiplexado

2.4 COMPARACIÓN ENTRE LOS TRES ESTÁNDARES DE TV DIGITAL

En la tabla 2.12 se resumen las características de los tres estándares de TV digital

	ATSC	ISDB-T	DVB-T
Origen	Grupo de empresas en EE. UU. Conforman el comité de desarrollo	Formado por el Grupo DIBEG de Japón	Conformado por un consorcio con más de 300 empresas de todo el mundo
Cobertura vs Sistema analógico	Similar cobertura a menor potencia	Comprometido con la potencia	Comprometido con la potencia
Redes de frecuencia Única	NO	SI	SI
Modo de modulación	8-VSB 16-VSB	COFDM Combinada OFDM	COFDM QPSK; 16QAM; 64QAM
Banda de uso	VHF y UHF	VHF y UHF	VHF y UHF
Bit Rate	8-VSB: 19,36 Mbps 16-VSB 28,6 Mbps	19,6 Mbps	Variable según el modo. Mínimo 3,7 Mbps Máximo 23,7 Mbps
Recepción Móvil	No, en desarrollo	Sí	Sí
Modulación Jerárquica	No	Sí	Sí
Formatos	Soporta todos los formatos	Soporta todos los formatos	Soporta todos los formatos
Compresión de video	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2
Audio	Dolby AC/3 5 canales de audio	Segmentado	MPEG-2
Difusión del estándar	4 países	2 países (SBTV D es una variación de ISDB-T)	56 Países

Tabla 2.12 Comparación entre los tres estándares de TV digital

¿Qué estándar debería adoptar el Ecuador?

El estándar de TV digital que le convendría adoptar al Ecuador es el DVB, por las siguientes razones:

Bajo costo.- DVB es el estándar más utilizado mundialmente, lo que origina economías de escala que redundan en menores costos para los usuarios

Inclusión social.- Uso de Decodificadores para servicios interactivos a la población de bajos ingresos

Flexibilidad.- DVB es un estándar abierto que permite una mayor diversidad de modelos de servicio posibles (definición estándar calidad DVD, alta definición, interactividad, recepción en dispositivos móviles, transmisión de múltiples señales en un mismo canal, Red de Frecuencia Única a nivel nacional.

Inserción mundial.- DVB permitirá a las empresas ecuatorianas exportar software y contenidos a un amplio mercado y sumarse al desarrollo de la TV Digital a través de su participación en el DVB Project.

Movilidad.- DVB facilita la TV digital móvil en forma sinérgica con GSM, a través de DVB-H.

CAPÍTULO III

INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA TELEVISIÓN DIGITAL

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se analizarán los distintos escenarios posibles para la transición de un canal de Televisión, de analógico a digital. También se analiza la infraestructura necesaria para esta transición, tanto en el estudio, como en la transmisión. Se incluye a la red de datos como un elemento más de la infraestructura de estudio, ya que al estar digitalizada la señal producida en estudio, su distribución y edición se realiza de manera más eficiente a través de una red de datos.

3.2 INFRAESTRUCTURA PARA EL ESTUDIO

Actualmente, las cadenas de Televisión del país disponen de una infraestructura híbrida, esto es, transmiten en analógico, pero todo el procesamiento es digital SDI (Serial Digital Interface). Todos los equipos digitales son conmutables de 270 Mbps/4:3 a 360 Mbps/16:9.

Los canales regionales y locales en cambio, tienen toda su infraestructura en analógico, lo que les obligaría a cambiar toda su infraestructura cuando se de la transición hacia la TV digital.

En este capítulo, se analizará la infraestructura existente, y se comparará con lo que se necesita para la TV digital.

3.2.1 INFRAESTRUCTURA ANALÓGICA EXISTENTE

En la figura 3.1 se representa un esquema de una planta de TV analógica existente, compuesta por: Estudio, Producción y Transmisión. En rojo se indica lo que se necesita para transmitir en digital.

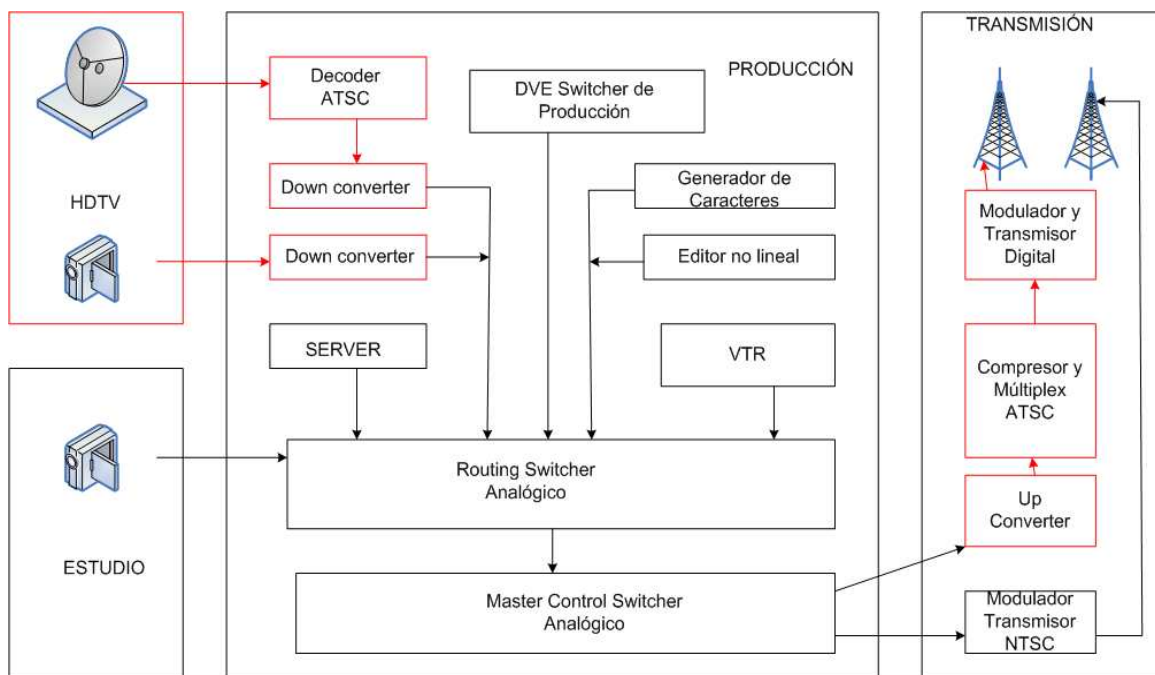


Figura 3.1 Infraestructura analógica existente y adaptación para HDTV

Este sistema es similar a la mayoría de los sistemas de televisión regional y local que están funcionando actualmente. Este ejemplo es el más simple y se trata de aprovechar parte del equipamiento analógico existente, para implementar a bajo costo, la transmisión digital en HDTV¹¹.

Se trata de lograr una mínima inversión inicial en equipos de HDTV.

En la figura 3.2, el sistema de HDTV se halla compuesto por un sistema de

¹¹ HDTV Televisión de Alta Definición (High Definition televisión)

recepción satelital y un Estudio con su respectiva cámara (puede ser más de una). La señal satelital recibida es decodificada a través de un Decoder ATSC¹², obteniéndose a la salida una señal de 1,48 Gbps en HDTV. Esta señal es convertida a una señal analógica NTSC a través del Down Converter¹³, para poder ingresarla al Routing Switcher analógico.

El mismo proceso se realiza con la señal HDTV proveniente de las cámaras de Estudio.

El Routing Switcher¹⁴ es utilizado para enrutar las diferentes señales que ingresan a sus entradas. Además de la señal del satélite y de las cámaras, ingresan analógicas provenientes de un Sistema de Edición no Lineal, un Generador de Caracteres, un Server y una Videogradora (VCR).

La salida analógica del Routing Switcher es conectada a la entrada del Master Control Switcher. Este equipo permite generar múltiples efectos.

El Master Control Switcher¹⁵ tiene dos salidas. La primera de ellas es convertida a través del Up Converter, a una señal digital de HDTV.

El Up Converter¹⁶ realiza dos funciones: primero, funciona como un Decoder, o sea que convierte la señal analógica a una señal SDI. Segundo, convierte la señal SDI de 270 Mbps a una señal de 1,48 Gbps de HDTV. Esta señal es comprimida y multiplexada a través del Compresor y Múltiplex de Transporte en HDTV en el estándar ATSC.

La salida del Múltiplex es conectada a la entrada del modulador 8-VSB. El flujo digital modulado excita al transmisor digital y la salida de este mediante la Línea de Transmisión es conectado a la antena transmisora.

La segunda salida del Master Control Switcher ingresa al modulador analógico y

¹² ATSC Advanced Televisión System Comitee estándar de EE.UU. para TV digital

¹³ Down Converter. Convertidor de bajada. Dispositivo que baja la frecuencia de operación de un sistema

¹⁴ Routing Switcher. Dispositivo de ruteo y control de las señales de audio y video en las estaciones de TV

¹⁵ Master Control Switcher. Dispositivo de control de las señales que salen al aire

¹⁶ Up Converter Convertidpr de subida. Dispositivo que eleva la frecuencia de trabajo

la salida de este excita al transmisor. La salida del transmisor es conectada a la antena mediante una Línea de Transmisión.

En esta estructura, la inversión inicial a realizar es mínima. Aún con la pérdida de calidad que significa la conversión de la señal analógica a digital HDTV, es una buena opción para comenzar las emisiones de HDTV. Este tipo de infraestructura es la que más se adecúa a las estaciones de TV regionales y locales que actualmente tienen todos sus equipos analógicos.

3.2.2 INFRESTRUCTURA DIGITAL EXISTENTE

En la figura 3.2 se presenta el esquema de una planta de TV que está emitiendo actualmente en analógico, pero todo el procesamiento es digital SDI. Todos los equipos digitales son conmutables de 270 Mbps/4:3 a 360 Mbps/16:9.

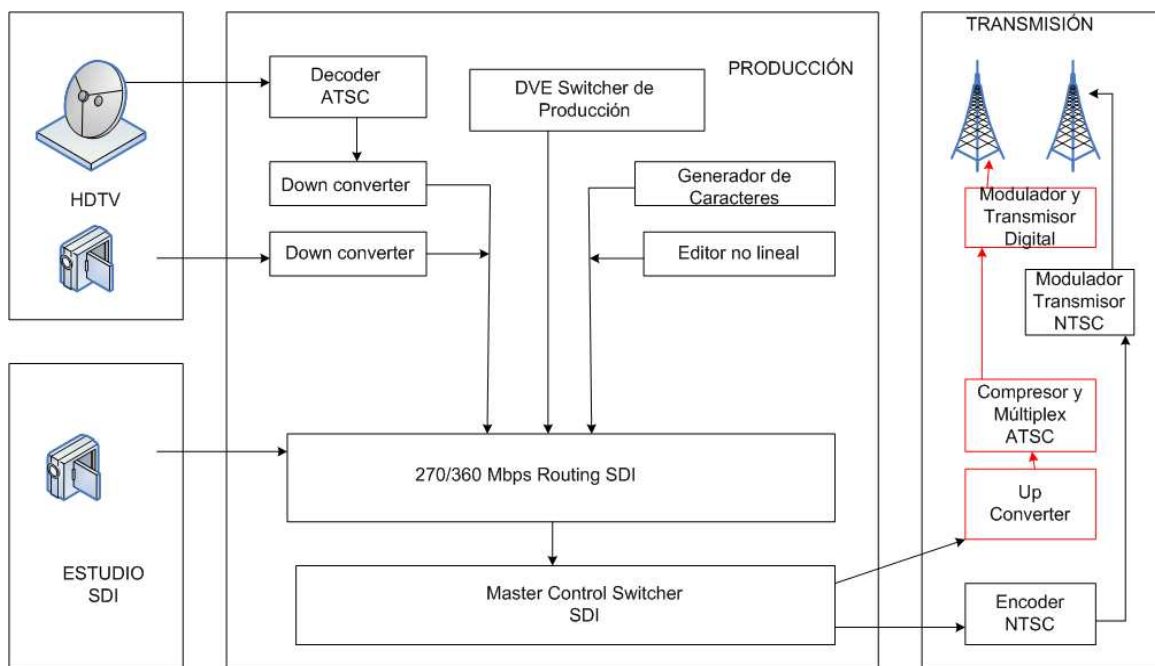


Figura 3.2 Infraestructura digital SDI existente

El nuevo sistema de HDTV se halla compuesto por un sistema de recepción satelital y un estudio de HDTV.

La señal recibida del satélite es decodificada a través de un Decoder ATSC, en cuya salida se tiene una señal digital de 1,48 Gbps en HDTV. Esta señal es ingresada al Routing Switcher luego de ser convertida mediante un Down Converter. Un segundo Down Converter se utiliza con las señales digitales provenientes de las cámaras de estudio. En este caso ambos Down Converters convierten la señal de HDTV de 1,48 Gbps a una señal SDI de 270 Mbps.

Al igual que en el caso anterior, al Routing Switcher digital también ingresan, además de la señal satelital y del estudio de HDTV, las señales provenientes de un Sistema de Edición no Lineal, de un generador de Caracteres y de un Switcher de Producción.

La salida digital del Routing Switcher es conectada a la entrada del Master Control Switcher.

La señal SDI de la primera salida del Master Control Switcher, mediante un Up Converter, es convertida de SDI – 270 Mbps a una señal de 1,48 Gbps – HDTV. Esta señal es comprimida y multiplexada para luego excitar al Modulador 8- VSB. La salida modulada es conectada al Transmisor Digital, y la salida de éste, se conecta a la antena transmisora, mediante la Línea de Transmisión.

La señal de la segunda salida del Master Control Switcher, ingresa a un Encoder NTSC. Este equipo convierte la señal digital SDI a una señal analógica NTSC. Esta señal excita al modulador y la salida de éste es conectada al Transmisor. La salida de RF del Transmisor, es conectada a la antena transmisora mediante la Línea de Transmisión.

A pesar de que no explota por completo la tecnología de HDTV, este segundo esquema es una opción de transición interesante ya que requiere un mínimo costo de inversión, pues se aprovecha parte de la infraestructura SDI existente.

Este sería el esquema apropiado para las cadenas de TV nacionales, puesto que

ya disponen de procesamiento digital, pero transmiten en analógico.

3.2.3 INFRAESTRUCTURA EN HDTV

La figura 3.3 muestra el diagrama en bloques de una infraestructura en HDTV.

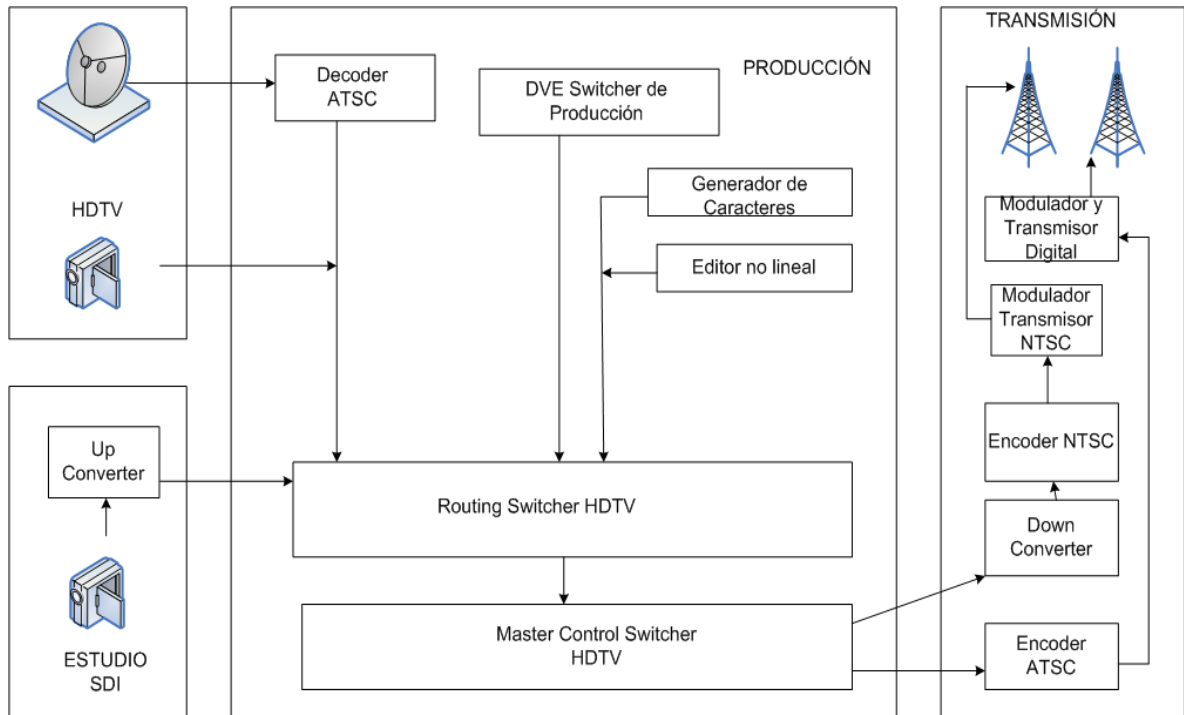


Figura 3.3 Infraestructura en HDTV

Esta es la solución más apropiada para transmitir una programación en HDTV. Es la más costosa, debido a que todo el equipamiento es de HDTV y debe adquirirse por completo, pero es la solución ideal ya que se consigue la más alta calidad de imagen en producción y emisión.

La segunda salida del Master Control Switcher ingresa al Encoder ATSC (Compresor y Múltiplex). El flujo de transporte así obtenido excita al Modulador, y la salida de éste se conecta al Transmisor Digital. La señal de RF de salida del Transmisor, es conectada a la Antena Transmisora mediante la Línea de Transmisión. De esta manera se transmite el programa digital en HDTV.

3.3 LA RED

Puesto que una de las ventajas que ofrece el procesamiento digital de audio y video, es la facilidad de transporte del material a través de la LAN empresarial, y el almacenamiento de esta material en dispositivos adecuados, de mejor desempeño que las tradicionales cintas, resulta imprescindible disponer de una adecuada infraestructura de red, que permita un manejo ágil y oportuno del material que produce un canal de televisión.

3.3.1 INFRAESTRUCTURA LAN (WAN)

La infraestructura de red, se ajusta estrictamente a las normas de cableado estructurado vigentes, con la única diferencia que debe manejar, al menos Gigabit Ethernet (categoría 5E ó 6), preferiblemente debe manejar 10Gigabit Ethernet, esto debido al tamaño de

La relación entre tiempo de video y capacidad de almacenamiento, se la consigue de la siguiente manera:

Un sólo cuadro digitalizado con 24 bits de profundidad (8 para cada uno de los canales R, G y B) ocupa aproximadamente 1,25 Mb (720 x 576 x 24). Esto significa que un segundo de vídeo digital ocupa 37,50 Mb (1,25 x 30) y 1 minuto 2,25 Gb.

En comparación, el audio digital requiere aproximadamente 650 Mbps por hora, es decir, una relación 120 :1.

Una nota periodística promedio ocupa tres minutos, y un programa de noticias promedio presenta 10 notas. De acuerdo a las fórmulas anteriores, el almacenamiento requerido para estas 10 notas será: $2,25 \times 3 \times 10 = 67,5$ Gb.

Transportar esta cantidad de material por una LAN "normal" (10/100 Mbps)

resulta engorroso, y nada aceptable para transmisiones en tiempo real. Es por esto, que la red debe ser por lo menos Gigabit Ethernet

También, se debe implementar V'Lans para separar el tráfico de datos, del tráfico de media.

Debido a la cantidad de espacio de almacenamiento requerido por el material de video y audio, éste debe ser almacenado en una SAN (Storage Area Network) por lo que el diseño de la red debe prever la interconexión LAN – SAN, y proporcionar las debidas seguridades.

Bajo estas condiciones, la figura 3.4 muestra el esquema de cómo debe implementarse un canal de Televisión Digital.

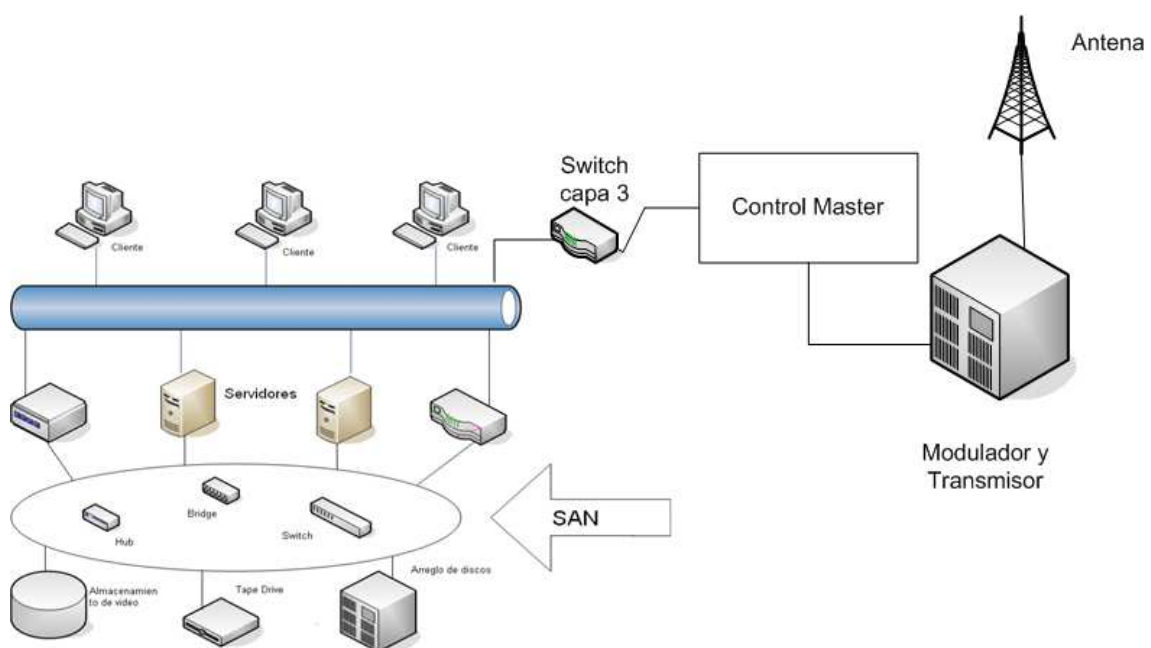


Figura 3.4 Esquema de un canal totalmente digital

Si el canal tiene sucursales en otras ciudades, entonces debe implementarse una red WAN, de preferencia con un enlace dedicado para intercambiar material e información.

La figura 3.5 muestra el esquema de un enlace dedicado entre tres estaciones de TV. Dependiendo de la magnitud del canal, puede haber enlaces hacia y desde otras ciudades.

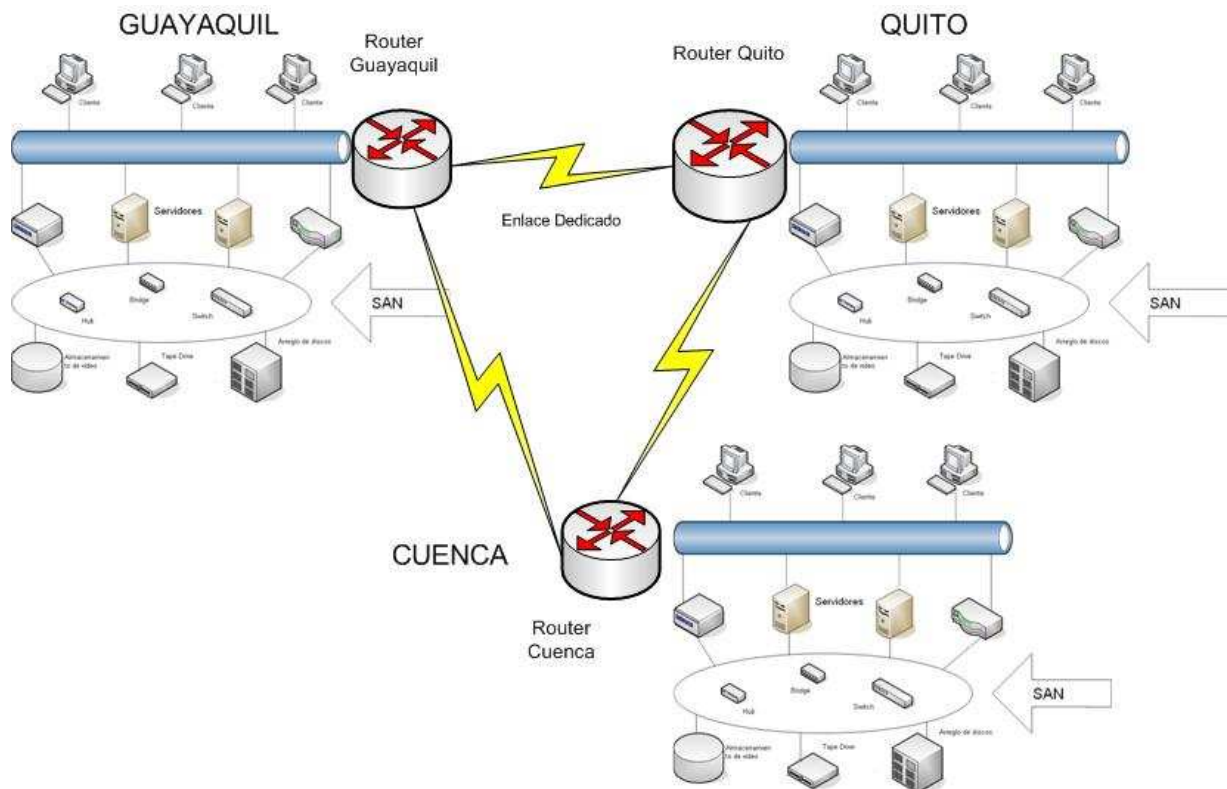


Figura 3.5 Enlace entre tres estaciones de Televisión

3.4 INFRAESTRUCTURA PARA LA TRANSMISIÓN

El video y audio digital sin compresión contienen una gran cantidad de datos, típicamente un programa requiere un Bit rate de 270Mbit/s. Normalmente, la "Interfase Serial Digital" (SDI) se usa para este tipo de señal (con conectores coaxiales BNC de 75 ohmios).

Si los datos sin compresión fueran transmitidos como están, los anchos de banda ocupados por los canales digitales serían mayores que los analógicos. Es necesario, por consiguiente, comprimir tales datos a una proporción más baja, haciéndolos apropiados para la transmisión por microonda para su

distribución o para transmitirlos a los televidentes.

Idealmente, la compresión de los datos no degradará la calidad del video o del audio. La norma de codificación internacional designada para este propósito es MPEG-2 (**M**otion **P**icture **E**xpert **G**roup versión 2) que puede comprimir un programa de televisión de 270Mbit/s a sólo 5 o 6Mbit/sec sin degradar la calidad del video y audio.

3.4.1 INTERFASES DE FLUJO DE DATOS Y MULTIPLEXADO

En el flujo de transporte (Transport Stream)), los datos tienen un Bit Rate¹⁷ constante y son organizados en una sucesión continuada de "paquetes". Estos paquetes tienen una longitud fija de 188 bytes

Para mantener el Bit Rate del Transport Stream constante, también cuando no hay ningún paquete de datos para ser enviado, se generan paquetes válidos con volumen nulo y se insertan (este procedimiento se llama "Bit Stuffing"). Éstos "paquetes nulos" se reconocerán y se eliminarán durante el proceso.

Cada paquete está compuesto de una cabecera (header) (eso tiene una longitud normal de 4 bytes,) que incluye un byte de sincronización, el Identificador de programa (PID)¹⁸, seguido por la carga útil (los datos del programa para ser transportados).

3.4.2 INTERFASE DE SERIE ASÍNCRONA (ASI)

Ésta es la interfase más usada, tiene un bit rate constante de 270 Mbit/s, trabaja en una sola línea coaxial (impedancia 75 Ohms). Su conector normal es BNC.

¹⁷ Bit Rate Velocidad Binaria. Velocidad con la que transmite una señal digital

¹⁸ PID Un número que identifica el programa de video, audio y datos a los que se refiere el paquete

La diferencia entre la velocidad binaria del flujo disponible y los 270 Mbit/s, se rellena con paquetes nulos que se desecharán durante el proceso de deserialización.

Esta interfase se usa para las conexiones entre las diferentes partes del equipo, incluso cuando sean separadas por distancias largas.

El **Multiplexor** es un dispositivo que suma varios flujos de transporte en uno solo.

Además, el Multiplexor puede modificar los flujos, agregando datos y tablas.

Algunas de las consideraciones del Multiplexor, configuración y pruebas:

- La velocidad binaria del flujo a la salida del multiplexor debe ponerse igual o mayor a la suma de la entrada de los flujos + los datos + las tablas.
- Pueden ser varios Datos/tablas a ser insertados y modificados
- Si existen errores serios, los decodificadores del Transport Stream no trabajarán o generarán errores.
- Para funcionar, algunos decodificadores exigen datos o tablas en el Transport Stream, mientras para otros decodificadores, estos datos no son esenciales.
- Para un análisis correcto y completo del flujo de transporte hay instrumentos especializados capaces de indicar errores.

3.5 MODULACIONES DIGITALES

Los tipos mas usados de modulación digital son: **QPSK** (Quadrature Phase

Shift Keying): es una modulación de la fase, empleada en el DVB-S normal para la microonda terrestre y satélite contribución / distribución / transmisión.

QAM (Quadrature Amplitude Modulation): es una modulación de fase y de amplitud, usadas en norma de DVB-C, para enlaces de microondas terrestres, MMDS y CATV (televisión por cable).

Una de las características principales de la modulación QAM es que modula la mitad de los símbolos con una frecuencia y la otra mitad con la misma frecuencia, pero desfasada 90° . El resultado de las componentes después se suma, dando lugar a la señal I QAM. De esta forma, QAM permite llevar dos canales en una misma frecuencia mediante la transmisión ortogonal de uno de ellos con relación al otro. Como ya se ha dicho, la componente "en cuadratura" de esta señal corresponderá a los símbolos modulados con una frecuencia desfasada 90° , y la componente "en fase" corresponde a los símbolos modulados sobre una portadora sin desfase (desfase = 0°). Obsérvese en la Figura 3.6 las constelaciones para los esquemas de modulación **4-QAM**, **16-QAM** y **64-QAM**. Note que para cada uno de ellos se varían los niveles de amplitud y de fase de la señal.

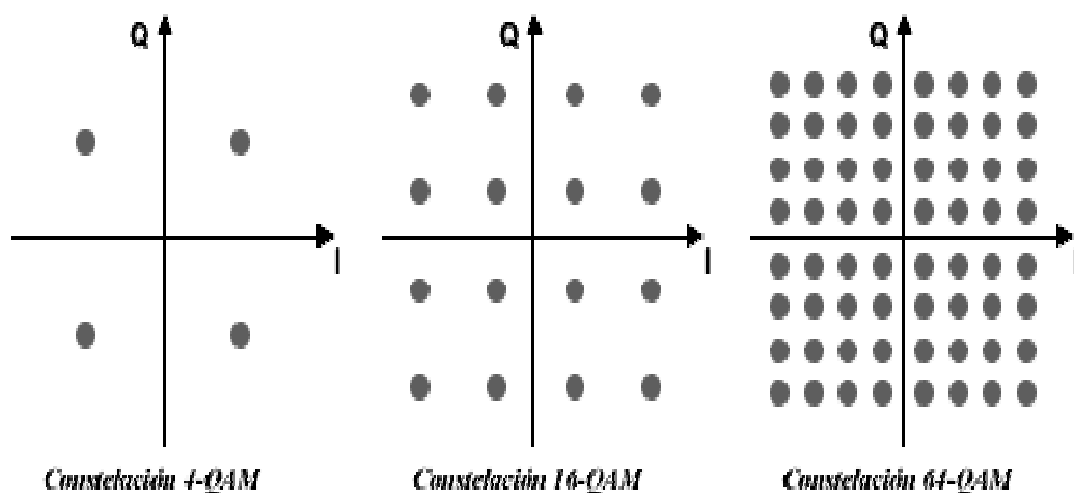


Figura 3.6 Ejemplos de constelaciones QAM.

Se utilizará el caso concreto de la modulación 16-QAM para explicar sus

características principales y la forma en que se produce ésta. 16-QAM permite contar con 16 estados diferentes, mismos que estarán determinados por el número de símbolos mapeados en su constelación correspondiente. Debido a que $16 = 2^4$, cada uno de estos símbolos puede representarse mediante cuatro bits, dos de ellos correspondientes a la componente "en cuadratura" (portadora desfasada), y los dos restantes, correspondientes a la componente "en fase" (portadora con fase cero) de la señal. Puesto que existen estas dos componentes, cada una representada por dos bits en 16-QAM, es posible transmitir 4 posibles niveles de amplitud para cada componente, lo que supone que, por el efecto de la cuadratura, pueden transmitirse 16 estados.

Para comprender mejor lo anterior examinar, en la Figura 3.7, el diagrama de bloques que define la operación de un modulador 16-QAM. Nótese que, para el caso de la modulación 16-QAM, cada símbolo estará formado por cuatro bits: un bit de polaridad y un bit de nivel para la componente Q y un bit de polaridad y otro más de nivel para la componente I. Añadiendo más bits de nivel a las componentes I y Q del modulador se obtendrán formatos QAM más eficientes como 64-QAM (2 bits de nivel y un bit de polaridad por componente) y 256-QAM (3 bits de nivel y un bit de polaridad por componente). La serie de bits (información digital) que ingresa al modulador deberá pasar primero por un divisor de bits. El divisor de bits, que en este caso es de cuatro bits por tratarse de una modulación 16-QAM, toma los primeros bits de la serie y los enruta, de manera simultánea y en paralelo, hacia el conversor digital-analógico correspondiente. Supóngase que al divisor ingresan los cuatro primeros bits de la secuencia binaria 0010110, por lo que los dos primeros bits (0,0) son enrutados como bits en cuadratura y los dos siguientes (1,0) como bits en fase. En cada caso, el primero de este par de bits corresponderá al bit de polaridad, y el segundo, al de nivel.

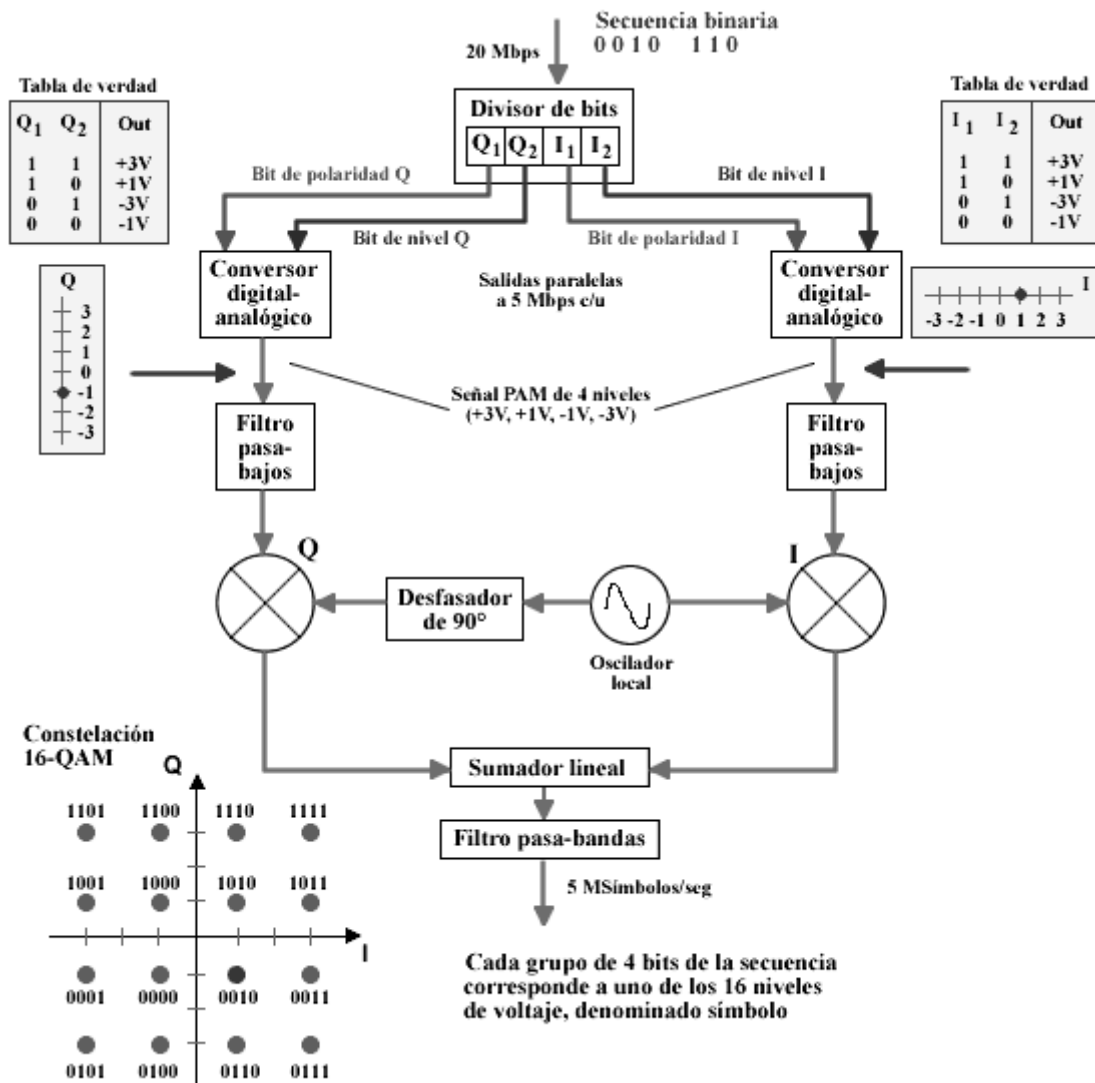


Figura 3.7 Modulador 16QAM

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing): está compuesto por varias portadoras ($2K=1.705$ portadoras; $8K=6.817$ portadoras), espaciadas equidistantes en frecuencia, cada una modulada en QPSK o QAM. Es empleada en el DVB-T normal para la transmisión terrestre y enlaces de microonda de móviles/ENG¹⁹.

¹⁹ ENG Captura Electrónica de Noticias. Sistema mediante el cual, las noticias se graban directamente en formato digital

Como consecuencia de la distribución de los datos en las portadoras la tasa de símbolos en cada una de ellas es mucho más baja que si se utilizara un sistema de portadora única.

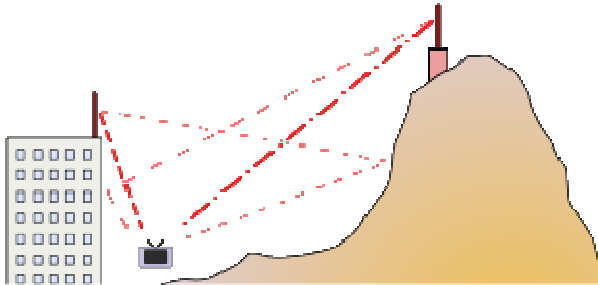


Figura 3.8 COFDM: La duración de los bits es superior a los retardos, evitando ecos y permitiendo reutilizar las mismas frecuencias en antenas vecinas.

Tener una menor tasa de símbolos por portadora se traduce en un periodo de símbolo más grande, lo que proporciona protección contra los ecos producidos por los múltiples caminos que toma la señal en su propagación. Este caso se da frecuentemente en las grandes ciudades, donde se puede recibir una señal directa del transmisor más una cierta cantidad de señales retardadas por las reflexiones con los edificios. Esto se muestra en la figura 3.8

El hecho de tener un gran número de portadoras sobre las que se distribuye la información proporciona una protección contra interferencias co-canal, ya que si se pierde la información de una portadora debido a estas interferencias se pierde una pequeña porción de información que no tiene por qué ser relevante para la calidad de la transmisión.

La señal modulada tiene una *banda de guarda*, que es un periodo de tiempo en el que la señal se mantiene constante, repitiendo un símbolo. De esta forma las señales que lleguen con un retardo menor que ese tiempo de guarda se pueden aprovechar como señales constructivas para mejorar la recepción.

Se usa en los sistemas DVB-T, que es la norma europea, y en los sistemas ISDB-T que es la norma japonesa

8VSB²⁰ (8 Level Vestigial Side Band): es de amplitud modulada con 8 niveles de amplitud y con la banda lateral parcialmente cancelada.

En VSB, solamente se inserta una señal piloto en el extremo inferior de la banda. Este se crea antes de la modulación, con un pequeño nivel de continua aplicado en la señal de banda base 8-VSB. Este produce una pequeña portadora residual que aparece en el punto de frecuencia cero del espectro modulado.

La señal piloto consume solo 0,3 dB, o lo que es lo mismo, 7% de la potencia total transmitida.

La función del piloto es proveer el enganche del PLL en el decodificador, y es independiente de los datos transmitidos.

El espectro VSB es plano y tiene 5,38 Mhz de ancho de banda, para un canal de 6 Mhz. En este espectro solo se incluye una pequeña señal que representa al piloto, y la portadora suprimida en el borde de la banda.

Se utiliza en el ATSC, la norma de U.S.A. para la transmisión terrestre.

En todos los esquemas de la modulación digital, la portadora se mueve continuamente por varias posiciones predefinidas de fase y amplitud (llamados Símbolos). Cada posición representa una sucesión del Transport Stream transmitido. Los diagramas mas usados que muestran estas posiciones de la fase y amplitud son el "diagrama de la constelación."

3.5.1 FORWARD ERROR CORRECTION (FEC)

Cuando se transmiten datos al mismo tiempo a muchos usuarios, es esencial incluir, junto con los datos de los programas, otros datos que, cuando la recepción se perturba, puedan corregir errores que ocurren en los datos de

²⁰ 8-VSB Banda Lateral Vestigial de ocho niveles

los programas (por supuesto, hasta un cierto límite).

Todas las normas de transmisión de televisión digital usan Forward Error Correction que pone en código en el sistema "Reed Solomon" (RS).

Este algoritmo normalmente agrega 16 bytes de datos a cada Transport Stream (188 bytes), para un total de 204 bytes.

Usando este sistema es posible corregir hasta 8 errores no consecutivos en cada paquete.

3.5.2 ANCHO DE BANDA OCUPADO POR RF

Una portadora modulada digitalmente (RF) ocupa un ancho de banda, que básicamente depende de dos parámetros: la velocidad de transmisión del símbolo (Symbol Rate), y el filtrado (Roll – off factor)

Con modulación QPSK y QAM, el ancho de banda ocupado (en MHz) es igual a Symbol Rate sumándole Roll-off factor (%).

Por ejemplo, usando la modulación QAM (DVB-C normal - Roll-off factor de 15%) para transmitir 6 MS/s, el ancho de banda ocupado será de $6\text{MHz} + 15\% = 6.9\text{ MHz}$.

3.5.3 ENLACES DE MICROONDA

Los enlaces de microonda digitales tienen ventajas importantes con respecto al analógico.

En esta sección se analizan las consideraciones de diseño pertinentes

3.5.3.1 MODULADOR DE FI

El Modulador de 70MHz analógico es reemplazado por un Modulador de QPSK digital que tiene la misma FI de 70MHz y el nivel de impedancia compatible.

Respecto a la máscara de emisión del enlace analógico normal, el Modulador digital puede ponerse para producir una proporción del símbolo a aproximadamente 15MS/s. Usando 15MS/s y un Code Rate de 7/8, la entrada Transport Stream Bit Rate al Modulador de QPSK es 24Mb/s; es suficiente para acomodar cuatro programas de Video/Doble-Audio con calidad de transmisión excelente. Esto promedia 6Mb/s por programa.

Es posible usar Symbol Rates mayores lo que es aceptable para el enlace, pero los anchos de banda ocupados serán mayores. Usando Símbol Rates más bajos los anchos de banda ocupados serán más bajos (ej., 7MHz); por supuesto, en este caso, el número de programas se reducirá. Como una alternativa, usando modulación 16 QAM, es posible transmitir en un ancho de banda de 7 MHz a 22Mb/s. La Modulación de 16 QAM es menos robusta que QPSK y necesita más linealidad en la conversión y amplificación del enlace de microonda, un menor ruido de la fase del oscilador local, mejor relación de la proporción de señal/ruido y bajas distorsiones lineales en el camino (amplitud/frecuencia, retardo de grupo, desvanecimiento selectivo). Así, si al escoger, no hay ninguna restricción particular sobre el ancho de banda ocupado, el esquema de modulación QPSK es preferible.

3.5.3.2 DEMODULADOR DE FI

El Demodulador analógico de FI 70MHz se reemplaza por un demodulador adecuado QPSK, normalmente llamado IRD (Receptor Decodificador Integrado).

Los receptores digitales deben tener sistemas de ecualización adaptables, o,

en todo caso, debe tener sistemas para corregir los problemas creados por el "desvanecimiento selectivo" que en contraste con el "desvanecimiento plano," crea "agujeros" en el ancho de banda de RF que normalmente no genera problemas en enlaces analógicos, pero puede hacer imposible demodular la señal digital recibida, aun cuando el nivel recibido es suficiente o bueno.

Comparación de funcionamiento del enlace

Con un enlace de TV FM analógico, cuando el nivel de señal recibido se reduce debajo de un cierto punto, la calidad de salida se deteriora progresivamente, particularmente el nivel del ruido. En la práctica, la mínima señal aceptable es de -70dBm . En contraste, la calidad de la salida de un enlace digital no se degrada y, es más, permanece constante aunque la señal recibida se reduzca, generalmente a un umbral alrededor de -90dBm debajo del cual se pierde la salida. El nivel del umbral exacto depende de varios factores/configuraciones: Code Rate, Symbol Rate, la figura de ruido de receptor etc.

En la figura 3.9 se puede apreciar lo dicho anteriormente

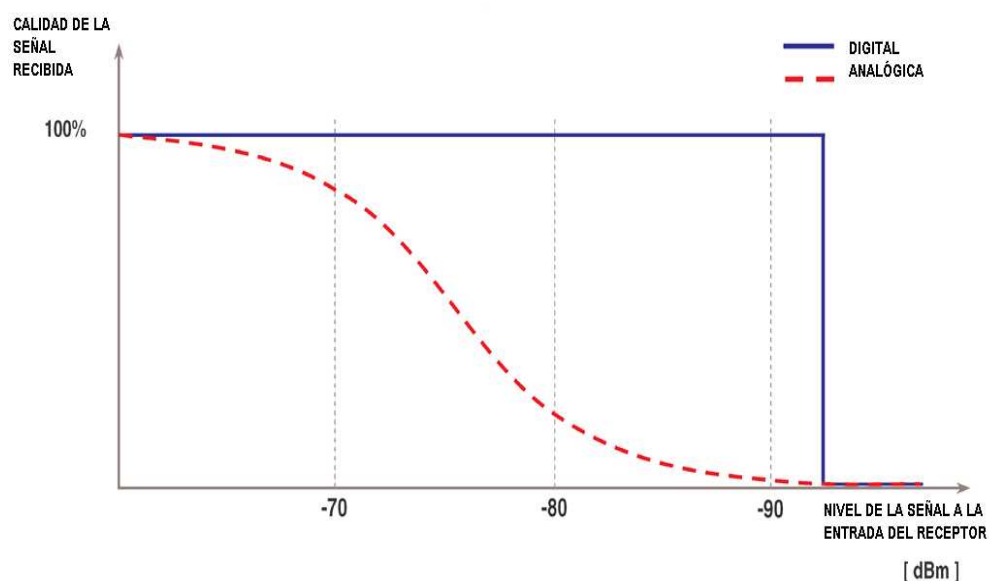


Figura 3.9 comparación entre enlaces de microondas analógicos y digitales

Resumiendo, el funcionamiento digital confiere muchas ventajas notables:

- Un solo enlace puede llevar hasta 4 (o más) programas de video/audio.
- La actuación del enlace no se degrada progresivamente cuando la señal del receptor se reduce, permanece constante hasta un umbral muy bajo.
- En la práctica, el rango de entrada de receptor se aumenta en alrededor de 20dB, permitiendo al enlace mantener una actuación alta con un margen de desvanecimiento mayor, o usar una potencia más baja o la antena más pequeña para cubrir la misma distancia.

3.5.4 TRANSMISORES TERRESTRES

A continuación están las principales diferencias y las posibles modificaciones con respecto a los transmisores analógicos.

3.5.4.1 MODULADOR DE FI

El Modulador de FI, de 36 o 44 MHz , analógico se reemplaza con un Modulador OFDM u 8VSB que tenga la misma FI y los niveles e impedancias compatibles.

3.5.4.2 ANCHO DE BANDA

El ancho de banda ocupado (canal) es exactamente el mismo de los transmisores analógicos: 6, 7 u 8 MHz.

Subsecuentemente en una aplicación normal se acostumbra un Bit Rate de

entrada al modulador de 19 a 24Mb/s, es posible transmitir 4 programas de video, cada uno con el audio doble, con una buena calidad de transmisión, en un solo canal de Televisión (alrededor de 5 - 6 Mb/s por programa de televisión).

Obviamente esquemas más complejos de modulación y code rates más altos (7/8) permiten transmitir más datos (eso significa más programas – bit rate mayor), la transmisión es más "delicada"; es decir, necesita más linealidad en la conversión y la amplificación del transmisor, mejor relación señal/ruido de la fase en los osciladores locales, mejor relación de señal/ruido en los receptores y distorsiones más bajas en la conexión.

Así, al escoger, si no hay ninguna necesidad particular de transmitir muchos programas, es preferible usar la modulación QPSK con Code Rates bajos que también son particularmente convenientes para la recepción móvil.

El intervalo de protección (disponible sólo para la transmisión de OFDM) es el intervalo de tiempo durante el cual el transmisor no emite ninguna señal esencial después de la emisión de cada símbolo, para permitir que los ecos (reflexiones de la señal transmitida, u otras señales isofrecuentes²¹, de la misma red que lleguen al receptor con un cierto retraso) se extingan antes de transmitir el próximo símbolo.

De esta manera, los receptores no serán perturbados con un posible traslape de símbolos que puede hacer imposible demodular la señal recibida, aún cuando el nivel recibido es suficientemente bueno. Obviamente, entre más largo el tiempo de intervalo de guardia, mayor es el tiempo permitido para extinguir ecos, pero más baja es la cantidad de datos que pueden transmitirse (el número de programas a transmitir, o la calidad de la transmisión).

²¹ Isofrecuentes. Que tienen la misma frecuencia

3.5.4.3 COMPARACIÓN ENTRE LAS TRANSMISIONES DIGITALES Y ANÁLÓGICAS

Con un transmisor de televisión analógico, modulado en amplitud, según el nivel de señal recibido se reduce debajo de un cierto umbral, el video y la calidad del audio se deteriora progresivamente. En la práctica, la señal mínima aceptable está aproximadamente en 0.5/1 mV.

En contraste, el audio y calidad del video de un receptor digital no se degrada, es más, permanece constante aunque la señal recibida este bajando, hasta llegar a un umbral (generalmente alrededor de 20dB bajo el umbral analógico) debajo del cual la señal se pierde.

El nivel del umbral exacto depende por varios factores/configuraciones: Code Rate, Symbol Rate, la figura de ruido de receptor etc.

Resumiendo, el funcionamiento digital confiere muchas ventajas notables:

- Un solo transmisor puede usarse para llevar 4 (o más) programas video/audio/datos.
- La calidad de la señal recibida es más alta y no se degrada progresivamente como la entrada del receptor se reduce, permanece constante hasta un umbral muy bajo (el rango de entrada de receptor se aumenta alrededor de 20dB con respecto al nivel necesitado para una recepción analógica buena). Así que es posible usar menor potencia o el tamaño de la antena más pequeño para transmitir sobre la misma área.
- La norma de DVB-T permite recepción móvil sin los problemas típicos asociados con sistemas analógicos (reflexiones, distorsiones, imágenes dobles), y el funcionamiento de una Red de una sola frecuencia.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

4.1 COSTO DE LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA IMPLANTAR TV DIGITAL

Como se vio en el capítulo anterior, el costo de la inversión que debe realizarse, depende de la infraestructura actual que tenga la estación de TV.

En este capítulo se va a asumir que la estación empieza de cero, luego, dependiendo de lo preparada que esté una estación en particular para la TV digital, se puede sustraer el valor del equipamiento que ya posee, del costo total.

4.1.2 COSTO DE ESTUDIO Y PRODUCCIÓN

Es importante señalar que los precios de los equipos varían sensiblemente de un fabricante a otro. También en el campo de la TV. están presentes las diferencias entre arquitectura abierta y arquitectura propietaria.

Los fabricantes de tecnología propietaria (Grass Valley, Thompson, Tandberg) venden todo el sistema de TV digital, como un solo paquete (Hardware de estudio y software de automatización del canal), siendo su costo muy elevado (\$ 2'000.000),²² pero se tiene la ventaja de que todos los componentes del sistema son de un solo fabricante, por lo que no hay problemas de compatibilidad entre componentes. Sin embargo, si posteriormente se desea incluir otro componente, éste debe ser forzosamente de la misma marca, y posiblemente, se deba adquirir algún otro componente asociado a él.

El sistema ofertado por este fabricante consta de:

- Módulo de Captura de material

²² Precio proporcionado por Electrolab Cia. Ltda..

- Módulo de Edición
- Módulo de almacenamiento (NAS o SAN)
- Módulo de rodaje de noticias

Por otro lado, están los fabricantes de tecnología abierta, que hacen sus equipos compatibles con todos los componentes de otros fabricantes (de tecnología abierta obviamente). Aquí se tiene la ventaja de no estar atado a una sola marca o estándar, (generalmente estos equipos pueden operar bajo los estándares ATSC y DVB-T).

Se puede adquirir el sistema completo, o solo, partes de él, según las necesidades o presupuesto del canal.

Los equipos de tecnología abierta son sensiblemente menos costosos que los de tecnología propietaria, sin que esto signifique mala calidad. Los precios bajos se deben a que estos equipos están diseñados para operar sobre plataformas de licencia GNU (FREE) con lo que los costos de desarrollo e implementación se reducen drásticamente. En cuanto a los componentes de hardware (compresores, moduladores, convertidores de código), se ajustan a las normas de diseño establecidas por los organismos reguladores (ITU, IEEE, etc.) sin añadir ningún componente que lo haga incompatible con el resto de fabricantes.

Otras cadenas de TV, se han decidido por la tecnología abierta, lo que les ha permitido configurar de manera personalizada su entorno de trabajo (plataformas McIntosh, Linux y Windows interactúan sin ningún problema).

En este caso, la inversión es gradual y no supone un gasto inicial fuerte, además, no obliga a los trabajadores del canal a abandonar sus herramientas y métodos de trabajo, y aprender a usar nuevas herramientas.

Es importante aclarar que ninguna estación de TV del país opera actualmente cien por ciento digital.

La ingesta²³, y procesamiento de material es digital, pero la transmisión es analógica, por lo que aún se debe realizar la respectiva inversión.

La figura 4.1 muestra esquemáticamente la constitución de un canal que trabaja 100% digital.

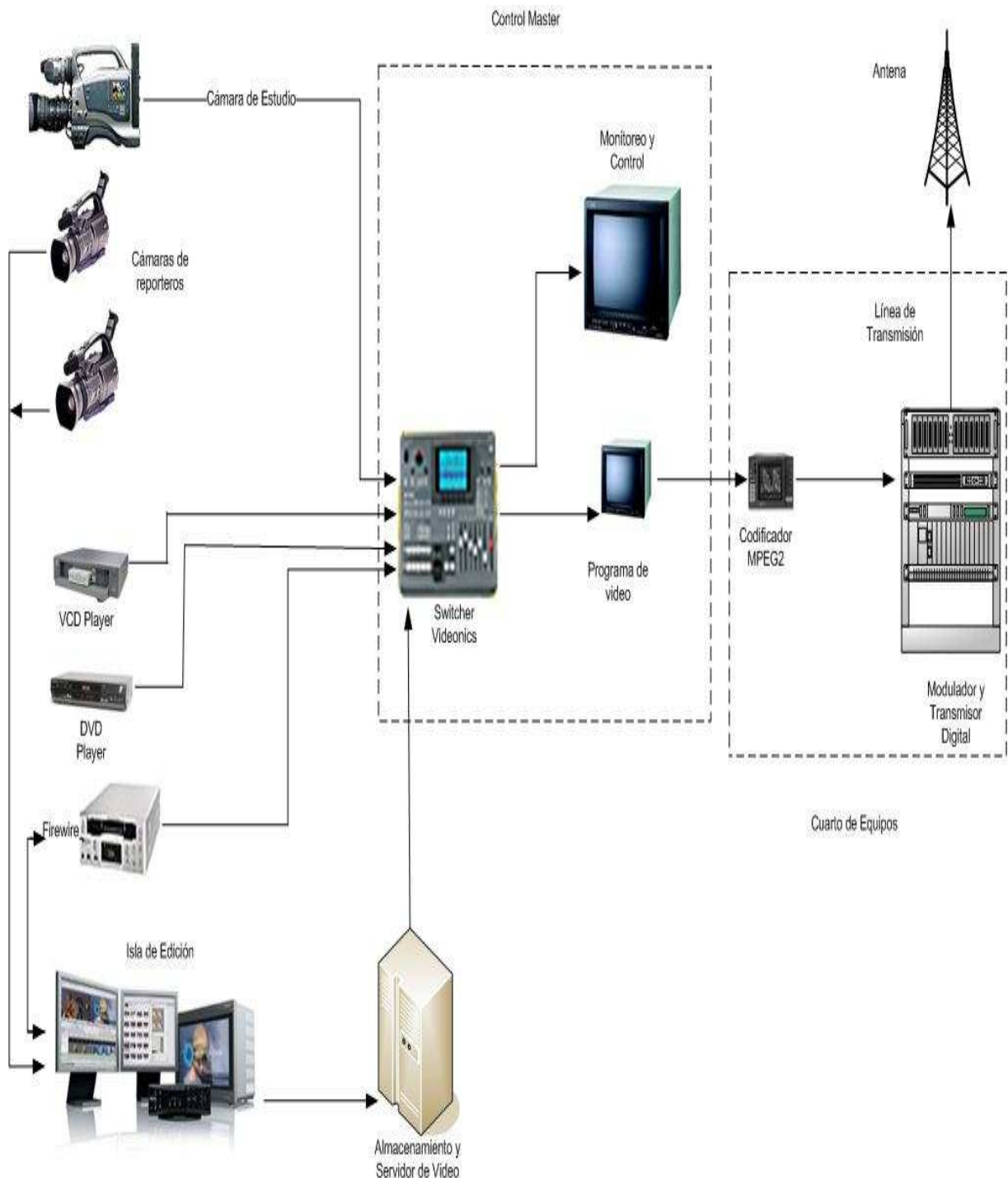


Figura 4.1 Diagrama esquemático de un canal de Televisión Digital

²³ Ingreso del material (reportajes, satélite, noticias) al sistema de edición y distribución

4.1.3 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE TV DIGITAL DESDE ANALÓGICA

Los precios que se detallan a continuación corresponden a equipos de tecnología abierta, y como se dijo al inicio del capítulo, corresponden a un canal que no tenga en absoluto equipos aptos para TV digital.

Los precios están en dólares de EE.UU., el sistema de numeración es el latinoamericano (el punto indica miles, la coma indica decimales)

EQUIPOS NECESARIOS PARA ESTUDIO Y PRODUCCIÓN²⁴

Dspositivo	Marca	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Cámara digital reporteros	JVC Pro HD 100	2	20.000	40.000
Cámara digital estudio	JVC Pro HD 500	2	15.000	30.000
Islas de edición de noticias	Matrox	4	5.000	20.000
Switcher digital de audio y video	Videonics	1	15.000	15.000
Edición de postproducción	Matrox Axio	2	25.000	50.000
Routing de audio y video	Vikinx	1	10.000	10.000
Vectoroscopio	Yaesu	1	5.000	5.000
Wave monitor	Yaesu	1	5.000	5.000
Generador de caracteres	Compix	1	3.000	3.000
TOTAL				178.000

Tabla 4.1 Costo de equipos para Estudio

La tabla 4.1 lista los precios de los equipos necesarios para un estudio de TV digital.

²⁴ Precios proporcionados por BPE Electronic Cia. Ltda..

La tabla 4.2 registra los precios de los elementos necesarios para la red de almacenamiento del material producido por el canal de TV.

La tabla 4.3 registra los precios de los elementos para la red LAN del canal.

RED DE ALMACENAMIENTO²⁵

Dispositivo	Marca	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Almacenamiento	Rorke Data	1 sistema de 2 Tbytes	100.000	100.000
Sistema de respaldo	Fujitsu	1	100.000	100.000
Servidores de aplicación	Dell	2	50.000	100.000
Software especializado	Fission	1	300.000	300.000
Switch Fibre channel	D-Link	1	4.700	4.700
Bridge Fibre Channel - LAN	D-Link	1	5.000	5.000
TOTAL				609.700

Tabla 4.2 Costo de la red de almacenamiento

BACKBONE DE LA LAN²⁶

Dispositivo	Marca	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Switch Gigabit ethernet capa 3 (24 puertos)	Dell	1	1.900	1.900
Router	Cisco	1	1.400	1.400
Accesorios (rack, Cable, conectores, etc.)				500
TOTAL				3.800

Tabla 4.3 Costo de la LAN

²⁵ Precios proporcionados por BPE Electronic Cia. Ltda.

²⁶ Precios proporcionados por Grupo OSI Cia. Ltda.

EQUIPOS PARA LA TRANSMISIÓN²⁷

Dispositivo	Marca	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Codificador Mpeg-2	Darim	1	2.000	2.000
Modulador digital	Harris	1	2.000	2.000
Transmisor digital	Harris	1	40.000	40.000
Enlace de microondas digital	Itelco	1	34.000	34.000
TOTAL				78.000

Tabla 4.4 Costo de los equipos para Transmisión

En la tabla 4.4 se muestran los costos de los equipos necesarios para la transmisión digital.

El costo total es de: $178.000+609.700+3.800+78.000 = 869.500$ dólares

Se ha listado el mínimo de equipos necesarios para operar un canal de TV. Según el tamaño del canal, el número de equipos necesarios puede aumentar, con lo que aumentaría el monto de la inversión.

El arriendo de un enlace dedicado entre tres ciudades como se muestra en la figura 4.2 (Quito – Guayaquil, Quito – Cuenca, Guayaquil - Cuenca), con un ancho de banda de 1 Mbps simétrico, tiene un costo mensual de \$1.350 para cada uno de los enlaces. El costo de instalación del enlace es de \$3.000.²⁸

El ancho de banda especificado es el necesario para el transporte de material de audio y video en las cantidades que requieren los medios de comunicación.

Aumentando los costos de los enlaces, al total obtenido anteriormente, se tiene:
 $869.500 + 4.050 = 873.550$

²⁷ Precios proporcionados por Ecuatronix Cia. Ltda..

²⁸ Información proporcionada por TELCONET S. A.

A este valor, se deben añadir otros gastos de operación, tales como: traslado de microondas, mantenimiento del parque automotor, trabajos de mantenimiento de las instalaciones (pintura, jardinería, pequeñas reparaciones, etc.), sueldos de periodistas y empleados. Estos gastos se agrupan como OTROS, que ascienden al valor de \$100.000, con lo que los costos operativos ascienden a \$993.550

Todos los precios son F.O.B. Miami, ya que los proveedores dan la posibilidad de que sean los mismos canales los que se encarguen de ingresar la mercadería al país.

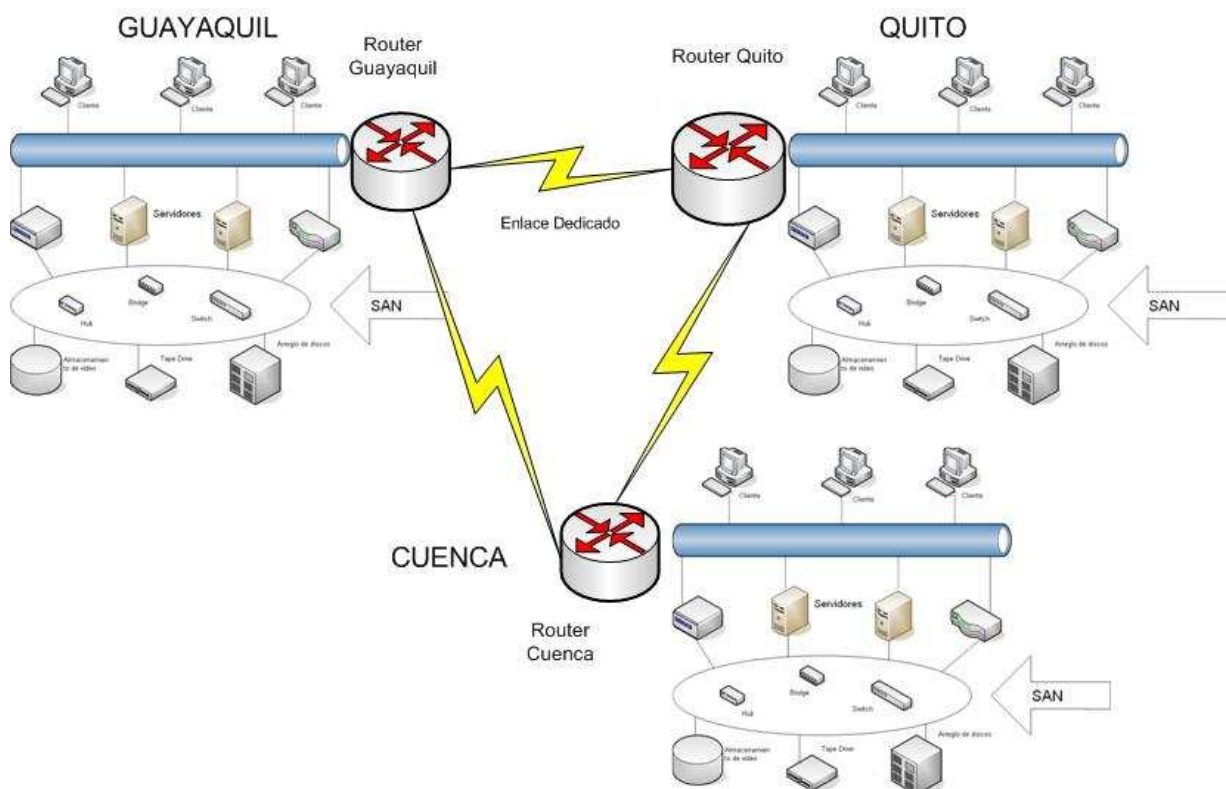


Figura 4.2 Esquema de interconexión del canal entre tres ciudades

4.1.4 COSTO CUANDO SE TIENE UNA BASE DIGITAL INSTALADA

Otro escenario bastante común es el de los canales nacionales, que ya disponen de infraestructura digital para las tareas de producción, pero que transmiten en digital. Estos canales, solo necesitan añadir las etapas de modulación y transmisión, por lo que la inversión a realizar disminuye en gran manera.

En la tabla 4.5 se vuelve a mostrar los precios de los equipos necesarios para transmisión, puesto que esta sería la única inversión que necesitarían los canales que ya trabajan digitalmente.

EQUIPOS PARA LA TRANSMISIÓN

Dispositivo	Marca	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Codificador Mpeg-2	Darim	1	2.000	2.000
Modulador digital	Harris	1	2.000	2.000
Transmisor digital	Harris	1	40.000	40.000
Enlace de microondas digital	Itelco	1	34.000	34.000
TOTAL				78.000

Tabla 4.5 Costo de los equipos para Transmisión

En este caso, la inversión es de apenas \$78.000. Sin embargo se debe tomar en cuenta que estos canales ya han realizado una fuerte inversión para tener una base digital.

En las figuras 4.3 y 4.4 se muestran los modelos de modulador y transmisor digitales para la norma ATSC fabricados por Harris Inc.



Figura 4.3 Modulador Digital Harris Apex ATSC



Figura 4.4 Transmisor Digital Harris Ranger UHF4

4.2 GASTOS OPERATIVOS ACTUALES

Ningún Gerente de Operaciones o Administrador de canal, está dispuesto a dar esta información de manera explícita. Evidentemente es información sensible de la empresa. Sin embargo, dan valores aproximados, y principalmente, hablan de porcentajes, así por ejemplo, coinciden en indicar que los costos por mantenimiento de los equipos consumen el 60% del presupuesto destinado a operación del canal, el 40% restante se destina a sueldos y gastos varios.

De esto se deduce que los equipos analógicos requieren de permanentes tareas de mantenimiento, y que su operación es delicada.

Sabiendo que el mantenimiento de los equipos es el rubro más importante en los costos operativos del canal, se puede estimar con algún grado de exactitud el valor de estos costos, así:

El mantenimiento se lo realiza semanalmente por técnicos del canal. Además, el canal contrata a una empresa externa²⁹ para realizar trabajos de mantenimiento y corrección más profundos, así como para realizar reparaciones. La empresa realiza el mantenimiento cada dos meses, y en promedio, realiza un trabajo de reparación cada tres meses.

Los costos de mantenimiento y reparación realizados por una empresa externa, se detallan en la tabla 4.6

			Costo Anual
Mantenimiento Bimensual		600	3600
Reparación Trimestral		4000	16000
	TOTAL ANUAL		19600

Tabla 4.6 Costos de mantenimiento y reparación (equipo de video y audio)

Así pues, los gastos del canal en mantener operativos los equipos ascienden a \$19.600 anuales³⁰.

Sumando a esto el costo de los técnicos del canal que realizan el mantenimiento semanal y promediando sus salarios, se tiene un aproximado de \$44.400 anuales.

La tabla 4.7 muestra los salarios que reciben los técnicos del canal³¹

²⁹ AVPS

³⁰ Información proporcionada por AVPS

³¹ El número de técnicos es un promedio de los canales de TV en Quito, así como los salarios

CARGO	Sueldo B.+ H. extras	Décimo tercero	Décimo cuarto	Fondo Reserva	Vacaciones	Total Beneficios	Aporte Patronal	Total Costo
Gerente Técnico	1.500,00	125,00	13,33	125,00	62,50	325,83	182,25	2.008,08
Supervisor Técnico	700,00	58,33	13,33	58,33	29,17	159,17	85,05	944,22
Asistente 1	150,00	12,50	13,33	12,50	6,25	44,58	18,23	212,81
Asistente 2	150,00	12,50	13,33	12,50	6,25	44,58	18,23	212,81
Asistente 3	150,00	12,50	13,33	12,50	6,25	44,58	18,23	212,81
Asistente 4	150,00	12,50	13,33	12,50	6,25	44,58	18,23	212,81
TOTALES	2.800,00	233,33	80,00	233,33	116,67	663,33	340,20	3.803,53

Tabla 4.7 Salarios promedio de un Departamento Técnico de Televisión

Adicionalmente hay que considerar los gastos generales del canal, no sólo del Departamento Técnico, como son: telefonía, energía eléctrica, sueldos y honorarios del personal, mantenimiento general del edificio. Estos gastos ascienden a la cantidad de \$500.000

4.3 GASTOS OPERATIVOS CON TV DIGITAL

El primer impacto de los beneficios de la TV digital va a sentirse en el Departamento técnico de las estaciones. Al ser equipos digitales, las cámaras, editoras, y demás equipos relacionados con la actividad de teledifusión, requieren de mucho menos mantenimiento que sus equivalentes analógicos.

Los responsables de los canales estiman que “los costos de mantenimiento se reducen considerablemente, se considera un ahorro del 50% o más”.³²

Esta apreciación es compartida por los jefes de operación de los demás canales de TV del país.

Otro beneficio para el canal (hablando siempre en términos económicos), pero no para el empleado va ser la reducción de personal resultante del poco mantenimiento que requieren los equipos digitales, y de la automatización de procesos en el canal, ya que la mayoría las actividades del canal (pautaje,

³² Marcelo García. Gerente de Sistemas de la Corporación Isaías

monitorización de comerciales, informes a contabilidad, reportes a gerencia) pueden ser centralizadas por el software de gestión y administradas por una sola persona.

Los trabajos de mantenimiento realizados por los técnicos del canal, pueden reducirse a una vez al mes, y el tiempo que requiere dicho mantenimiento se reduciría a unas pocas horas.

El mantenimiento dado por una empresa externa, se reduciría a cero, quedando únicamente para las reparaciones que no puedan realizarse en el canal.

Asumiendo que la empresa no prescinde de los servicios de ningún técnico, la reducción de costos por mantenimiento se reduciría a \$39.600, esto es, un 35,135%. Este resultado difiere del 50% que se mencionó anteriormente, lo que indica que en el análisis económico que hace la empresa, se toman en cuenta otros factores, además del estrictamente técnico.

4.4. INGRESOS DEL CANAL

Lógicamente, los ingresos que percibe un canal de televisión, no es información que la empresa esté dispuesta a proporcionar. Sin embargo, asumiendo que los únicos ingresos del canal se deben a la venta de publicidad, se puede calcular este valor observando el tiempo que dicho canal dedica a comerciales, a lo largo de una jornada, y comparando dicho tiempo con el valor que cobra el canal por concepto de publicidad.

En este caso, se ha tomado el caso de Gamavisión, cuya propuesta comercial consta en el anexo 6.

El precio de la publicidad se establece de la siguiente manera:

$(\text{costo base del tiempo en segundos}) * (\text{rating}) * (\text{tiempo del comercial})$

El costo base varía según el horario en que se transmite el comercial. Así, para un comercial de 40 segundos que se transmita en el noticiero de la mañana, el precio será:

$$(5) \cdot (0,9) \cdot (40) = 180 \text{ dólares}$$

Si el mismo comercial se transmite en el noticiero del medio día, el precio será:

$$(5,5) \cdot (2) \cdot (40) = 440 \text{ dólares}$$

Como se aprecia en el anexo 6, los horarios con mayor precio base son los comprendidos entre las 11h00 y las 23h00.

También se puede apreciar una diferencia del precio base de los días entre semana con los del fin de semana.

Atendiendo a estos parámetros, se ha calculado un promedio de ingresos diarios y mensuales por concepto de publicidad, para el canal, que se resumen la tabla 4.8

Publicidad	Mañana	Tarde	Noche	
Minutos de publicidad	16	22	26	
Costo minuto	600	900	3.500	
Total Pautado	9.600	19.800	91.000	
Total día				120.400
Total mes				3'612.000

Tabla 4.8 Ingresos diarios y mensuales de Gamavisión por concepto de publicidad

Haciendo uso de la tecnología digital para la edición de video (posibilidad de editar mientras se está al aire), se piensa aumentar el tiempo dedicado a publicidad en cada uno de los horarios, sin afectar al precio de la publicidad. Los resultados esperados se muestran en la tabla 4.9

Publicidad	Mañana	Tarde	Noche	
Minutos por hora	30	40	45	
Costo minuto	600	900	3.500	
Total Pautado	18.000	36.000	157.500	
Total día				211.500
Total mes				6'345.000

Tabla 4.9 Ingresos por publicidad, aprovechando la tecnología digital

El incremento que espera obtener la empresa con la implantación de esta nueva tecnología es: $\$6'345.000 - \$3'612.000 = \$2'733.000$

4.4 AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN EN EQUIPOS

Contablemente, los activos fijos se clasifican en maquinaria, y equipos de computación, teniendo cada una de estos rubros diferente tiempo de depreciación. Así, la maquinaria tiene un porcentaje de depreciación del 10% anual, mientras que los equipos de computación tienen un porcentaje de depreciación del 33% anual.³³

Estos porcentajes indican que el tiempo de recuperación de la inversión, es diferente para cada caso. El tiempo de recuperación del capital en el caso de la maquinaria, es de diez años, en tanto que el tiempo de recuperación de capital para los equipos de cómputo, será de 3 años

4.4.1 PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio es una herramienta financiera que permite determinar el momento en el cual las ventas cubrirán exactamente los costos, expresándose en valores, porcentaje y/o unidades, además muestra la magnitud de las utilidades o pérdidas de la empresa cuando las ventas excedan o caen por debajo de este punto, de tal forma que este viene a ser un punto de referencia a partir del cual un

³³ Valores utilizados por el Servicio de Rentas Internas

incremento en los volúmenes de venta generará utilidades, pero también un decremento ocasionará pérdidas, por tal razón se deberán analizar algunos aspectos importantes como son los costos fijos, costos variables y las ventas generadas.

Para el caso que se está analizando, conocemos los costos en equipamiento, y el incremento en ventas que espera obtener el canal; con estos datos se calcula el punto de equilibrio (PE).

Fórmula:³⁴

$$PE (\%) = (\text{costos fijos} / \text{ventas totales}) \times 100$$

$$PE (\%) = (1'373.500 / 2'733.000) \times 100$$

$$PE (\%) = 50,25\%$$

El resultado indica que: de las ventas totales, el 50,25% es empleado para el pago de costos, y el 49,75% restante es utilidad para la empresa.

Se debe notar, que para este cálculo, se utiliza únicamente el aumento de los ingresos al canal debidos a la implantación de la nueva tecnología, no los ingresos totales.

4.4.2 VALOR PRESENTE NETO (VPN)

El VPN representa el Valor Presente (VP) de los flujos salientes de caja menos la cantidad de la inversión inicial (I).

Simplemente: $VPN = VP - I$

El Valor Presente del flujo de caja futuro es calculado utilizando el costo del capital como un factor de descuento. El propósito del factor de descuento es convertir el Valor Futuro del dinero en Valor Presente (dólares futuros a dólares presentes) y se expresa como $1 + \text{la tasa de interés } (i)$.

³⁴ Sociedad Latinoamericana para la Calidad. Análisis Costo Beneficio

Con una tasa³⁵ de interés del 20%, el factor de descuento $(1 + i)$ es de $(1+0,20)$ o 1,2

La fórmula para calcular el VPN es:

$$VP = (\text{Ingresos-Egresos}) / (\text{Factor de Descuento})$$

$$VPN = VP - \text{Inversión (I)}$$

$$VP = (2'733.000 - 1'373.500) / (1,2) = 1'133.333$$

$$VPN = 1'133.333 - 873.500*(0,2) = 51966$$

Se ha obtenido un resultado positivo, por lo que además de ser necesaria la inversión en TV Digital, esta inversión va a ser rentable.

4.4.3 TASA DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (TIR)

La Tasa Interna de Retorno es la tasa de interés con el cual en Valor Presente Neto es igual a cero.

En el caso que estamos analizando, el canal ha determinado que su costo de capital es del 20%. Por lo tanto, cualquier esfuerzo por mejorar un proyecto o procesos deberá exceder esta tasa.

El resultado del Análisis del Punto de Equilibrio, del Período de Devolución , y del cálculo del Valor Presente Neto indicarían que este esfuerzo por mejorar es aceptable desde un punto de vista financiero.

Cuando se calcula la TIR, el VPN se fija en cero y se resuelve para un interés (i) . En este caso, el factor de descuento es $(1 + i)$ ya que no conocemos el interés verdadero, solamente conocemos el interés deseado.

³⁵ Tasa de Rendimiento Mínima Atractiva

Fórmula:

$$VP = (\text{Ingresos} - \text{Egresos}) / (\text{Factor de Descuento})$$

$$VPN = VP - \text{Inversión (I)}$$

Para calcular la TIR, se lleva la fórmula del VPN a cero y se resuelve para un interés (i).

Resolviendo:

$$VP = (2'733.000 - 1'373.500) / (1,2) = 1'133.333$$

$$VPN = 1'133.333 - 873.500 \cdot (i) = 0$$

$$0 = 1'133.333 - 1'373.500 \cdot (i)$$

$$1'373.500 \cdot (i) = 2'277.500$$

$$TIR = 2'277.500 / 873.500$$

$$TIR = 0,825 = 82.5\%$$

La tasa de Retorno de la Inversión es mayor que la tasa de interés, por lo tanto la inversión debe realizarse

La mayoría de personas entrevistadas, representantes de las cadenas de TV coinciden en afirmar que el período de amortización de los equipos (tiempo de

retorno de capital) será de tres años. Esto por los gastos planificados que tienen los canales y por el presupuesto que asignan a la operación de los mismos.

El cálculo no lo hacen tomando en cuenta los ingresos netos del canal (que en realidad son altos) y comparándolo con la inversión realizada, sino que se ajustan estrictamente al presupuesto que los directivos asignan para la operación del canal.

Los canales regionales no tienen aún un panorama claro de lo que implica la TV Digital, y consecuentemente no han hecho este análisis.

Posiblemente algunos canales regionales no puedan realizar la inversión requerida, lo que significaría que tendrían que dejar de transmitir.

CONCLUSIONES

En base a los objetivos generales y específicos citados en la etapa inicial del proyecto se concluye con lo siguiente:

- Son notorias las ventajas de la TV digital frente a la analógica, tanto desde el punto de vista del broadcaster (Emisoras de TV), como del público. La posibilidad de poder transmitir hasta seis programaciones diferentes, en el mismo ancho de banda signado al actual canal analógico, posibilita el incremento de las actividades de producción de programas televisivos, lo que generará más fuentes de trabajo. Desde el punto de vista del televidente, este tendrá más opciones para escoger el tipo de programa que más le agrada.
- Muy probablemente, la implantación de la TV digital, provocará la reducción de personal en las estaciones de TV, tanto técnico como administrativo.
- La posibilidad de enviar más información por el mismo ancho de banda que un canal analógico, propiciará que aumente la cantidad de programas al aire, lo que redundará en mayor capacidad de elección de los televidentes, y en mayor oportunidad de trabajo para los productores independientes.
- La interactividad de la TV digital con el usuario, que está plenamente utilizada en Europa y EE.UU, en el Ecuador podría no darse, si los reglamentos de teledifusión no cambian, pues de acuerdo a la legislación vigente, los receptores de televisión no pueden usarse para otro fin.
- No hay un pronunciamiento oficial acerca del tema de la TV digital en el país. Según la Norma Técnica de Televisión vigente, los canales que el Estado se reserva, se utilizarán para el proceso de migración a la TV digital. No existe un plan de redistribución de frecuencias, ni un plan de transición a la TV digital.

- Los actuales receptores de TV no servirán para captar emisiones de TV digital, lo que obligará al usuario a comprar nuevos receptores de TV, o decodificadores, que permitan ver la programación en formato digital sobre receptores antiguos.
- No hay una decisión acerca de cual estándar de video adoptará el país. La empresa privada ya ha realizado alguna inversión en equipos que operan con la norma ATSC, lo que seguramente influirá en la decisión final.
- La indecisión acerca de la norma a adoptar es algo común en América Latina. Hasta el momento sólo tres países (Argentina, México y Panamá) han adoptado la norma ATSC. Brasil es el único país que ha realizado pruebas de las tres normas, en las cuales la norma ATSC tuvo el peor desempeño. Brasil desarrolló su propio estándar SBTVD (Sistema Brasileño de Televisión digital), basado en la norma japonesa ISDB-T.
- Debido al monto de la inversión a realizar en el proceso de migración a TV digital, es posible que algunas estaciones de TV regional y local, no puedan mantenerse al aire.
- Los canales regionales no tienen claro el panorama de la Televisión Digital, lo que les puede resultar un problema cuando se vean en la necesidad de cambiar de tecnología.
- La migración hacia la TV digital es un proceso global, del cual el país no puede quedar aislado, lo que obliga a realizar la inversión que sea necesaria para estar a tono con el desarrollo tecnológico.
- El perfil profesional del personal técnico y operativo que labora en las estaciones de Televisión, va a cambiar. Es necesario que dichos profesionales posean conocimientos medios y avanzados de computación, además de sus conocimientos en Telecomunicaciones.

- Actualmente, la Televisión Digital no está reglamentada en el Ecuador

RECOMENDACIONES

- Debido a la importancia del tema y a la proximidad del apagón analógico que está por realizarse en varios países, se debe propiciar foros de discusión para informar a la ciudadanía en general acerca de las características de la TV Digital.
- La decisión de adoptar un determinado estándar de TV Digital, debe tomarse luego de hacer pruebas de laboratorio y campo, con cada uno de los estándares, y comparar sus rendimientos
- Los centros de enseñanza superior, deben empezar a formar profesionales que llenen las expectativas del nuevo mercado laboral que va a resultar de la implantación de la TV Digital en el Ecuador.
- Debido a que la transición hacia la TV Digital es un proceso global, la discusión de la adopción de un estándar de TV Digital y su respectiva reglamentación debe proponerse a las autoridades de telecomunicaciones

ANEXO 1

COLORIMETRÍA PARA TELEVISIÓN

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. 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. El objetivo es repetir el color que se toma como referencia.

2. Luz y radiación electromagnética

Las ondas electromagnéticas se propagan por el espacio a la velocidad de la luz, unos 300000Km/s. Parte del espectro electromagnético, la gama que va desde los $3.8 \cdot 10^{14}$ Hz hasta los $7.8 \cdot 10^{14}$ Hz, excitan la retina del ojo produciendo sensaciones de color y brillo.

La luz solar (luz blanca) esta formada por todo el conjunto de radiaciones visibles monocromáticas que estimulan el ojo humano generando una sensación de luminosidad exenta de color. Se entiende por radiación monocromática a cada una de las posibles componentes de la luz, correspondientes a cada frecuencia (o longitud de onda) del espectro electromagnético.

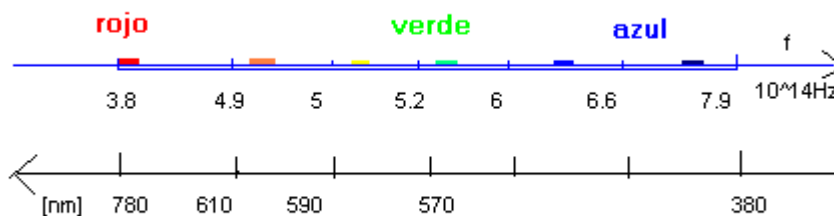
Considérese el siguiente experimento: hacer incidir un rayo de luz blanca que atraviesa un prisma sobre una superficie blanca. Como la luz esta compuesta por diferentes frecuencias, y el ángulo de refracción aumenta con la frecuencia de la onda, el resultado obtenido sobre la pared blanca es la descomposición de la luz blanca en un conjunto de tonalidades. Este experimento fue realizado por Isaac Newton, y cada tonalidad obtenida de esta manera es referida como componente

espectral de la luz. De esta manera es común hablar de frecuencia o longitud de onda de un determinado tono (aquí, no es conveniente usar la palabra " color "). La relación entre longitud de onda (λ) y frecuencia (f) de la radiación monocromática , correspondiente a una componente espectral, viene dada por:

$$\lambda \cdot f = c$$

Donde c es la velocidad de la luz, 300000 Km/s, aproximadamente.

El siguiente grafico muestra las escalas comparativas de frecuencia y longitud de onda del espectro visible. Notar que a medida que aumenta la frecuencia, la longitud de onda disminuye, y viceversa. Esto es así porque la relación entre ambas es inversamente proporcional (la velocidad de la luz no varía en un mismo medio). Por ejemplo, se puede apreciar que para un tono rojo, el valor de frecuencia es de los más pequeños dentro de la gama visible (aproximadamente $4 \cdot 10^{14}$ Hz), pero la longitud de onda de ese mismo rojo, es de las mayores en magnitud (unos 700nm)



En el grafico anterior, se han destacado especialmente las zonas donde se encuentran aquellas tonalidades que consideramos importantes: la zona de rojos hacia la izquierda y la de azules hacia la derecha. En el centro se ubican tonalidades verdes.

A continuación se puede ver un grafico con las distintas tonalidades o componentes espectrales, que va desde las menores frecuencias (rojos) a mayores frecuencias (violetas) Por debajo y encima de esta franja se encuentran

las gamas del infrarrojo y del ultravioleta, respectivamente, las cuales no son visibles al ojo.

En el gráfico del espectro se puede notar como entre el rojo y el verde se ubican tonos naranjas y amarillos. Lo propio ocurre entre el verde y el azul, donde se ubican tonalidades verdes-azuladas (cian es el nombre técnico).

La comisión Internacional del color (CIE, siglas del francés), data desde principios del siglo 20 y es el organismo mundial que estudia todo lo concerniente al color y como el ojo es afectado por este.

3. El color y la fisiología ocular

Los estudios sobre el sistema visual humano, establecen que en el ojo existen unas células llamadas conos que reaccionan frente al color. Estas células se presentan en 3 tipos diferentes: un tipo de conos reaccionan frente a longitudes de onda de la gama central del espectro (verdes), un segundo grupo de conos reaccionan ante la gama de tonos rojos, y un tercer tipo de conos, son especialmente excitados por la banda de tonos azules.

Esta es la razón principal para que en televisión se hayan elegidos como colores primarios el rojo (R) el verde (G) y el azul (B). Bien se podría haber seleccionado otra terna, pero es muy importante aprovechar esta característica fisiológica del ojo.

4. Curva de visibilidad relativa

No todos los colores tienen la misma luminosidad, a igualdad de potencia en luces de distintos colores, no presentan el mismo brillo. Por ejemplo, un color amarillo generado por una fuente lumínica de 100 watts presenta al ojo una sensación de brillo mucho mayor que un color azul generado por otra fuente lumínica de igual potencia. Es decir, a pesar de que ambas fuentes luminosas tienen igual energía, la luz amarilla presenta una sensación de brillo considerablemente mayor que la luz azul.

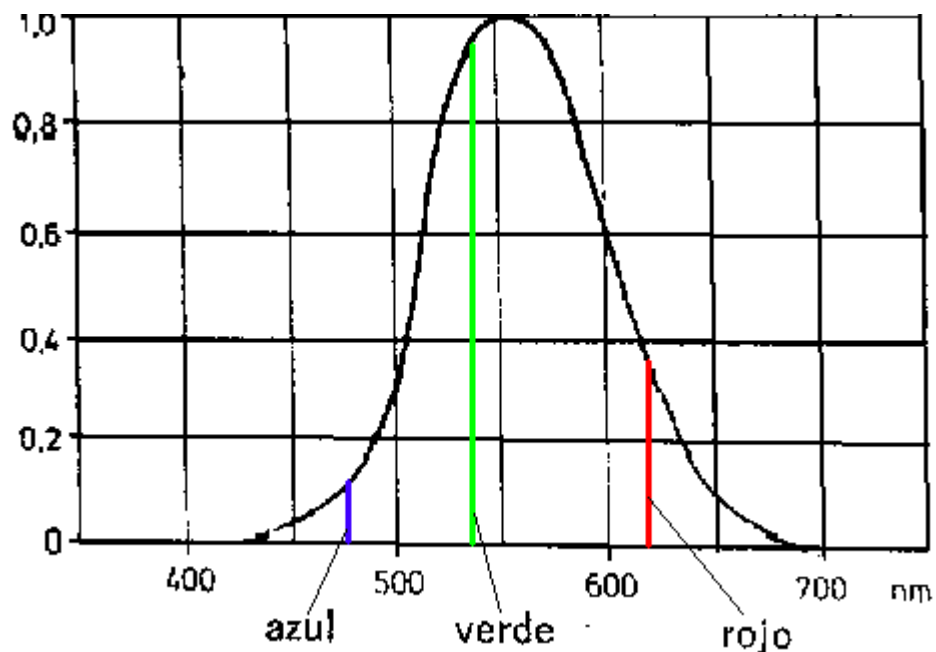
Partiendo de este hecho, la CIE construyó una curva universal que representa la luminancia relativa respecto de cada radiación visible monocromática.

El máximo de esta curva se encuentra en los 555 nm (color verde amarillo) y los mínimos en los límites de la visión humana, por debajo 400nm y arriba de 700nm, o sea en las regiones que tienden al espectro ultravioleta y al infrarrojo (radiaciones no visibles para el ojo humano).

Existen tres longitudes de onda de gran importancia en esta curva, que son las de 470nm, 535nm y 610nm correspondientes a tonalidades azul verde y roja respectivamente.

Para la construcción de esta curva, se calcula la potencia P_λ para cada λ , luego se obtiene la inversa $1/P_\lambda$ y finalmente se hace un cambio de ordenadas y se asigna al máximo el valor 1.

En caso de iluminación crepuscular, la curva mantiene su forma pero se corre el máximo hacia los 500 nm.



5. Teoría de los 3 colores y mezcla aditiva

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.

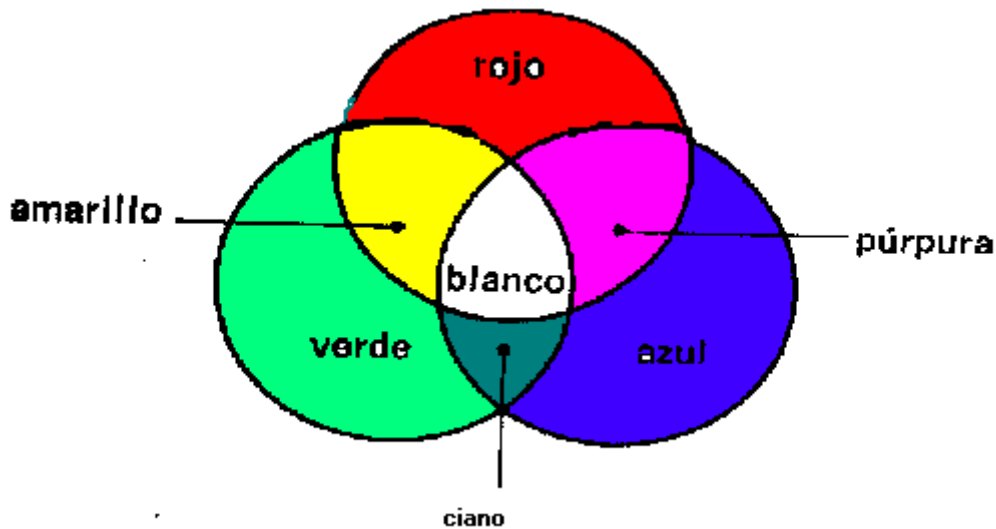
Los colores primarios elegidos son rojo, verde y azul. Se deduce que 2 de ellos se encuentran próximos a los extremos del espectro visible y el restante en el centro del mismo.

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.



El gráfico anterior muestra el principio de mezcla aditiva de colores, que es el fundamento de la técnica de televisión color. Por ejemplo, para generar un color amarillo en una pantalla de televisión, se prenden simultáneamente los fósforos verde y rojo, mientras que el fósforo azul se mantiene apagado.

En casos de representación de colores con otros dispositivos (oleos en pinturas, tintas en impresoras, etc.) dependerá de las características de cada caso, si la mezcla de colores se podrá considerar aditiva o sustractiva.

6. 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.

7. Colores complementarios

Se llaman **colores complementarios** a las parejas de colores que por mezcla aditiva dan el blanco. También se obtiene blanco con la mezcla de los 3 primarios. Son colores complementarios:

- Rojo y verde-azulado (cian)
- Verde y magenta (púrpura)
- Azul y amarillo

8. Parámetros característicos del color

Un color queda definido por 3 parámetros:

- Luminancia: medición luminosa de la intensidad de la radiación. Subjetivamente se habla de luminosidad, y se dice que un color tiene mucho brillo (claro) o poco brillo (oscuro). Se le puede simbolizar con L y su unidad de medida es $[\text{Cd}/\text{m}^2]$.
- Longitud de onda predominante: es la longitud de la radiación monocromática correspondiente. Subjetivamente se habla de matiz o tono y se dice que un color es amarillo, verde, azul, etc. Se le puede simbolizar con λ_d y su unidad es $[\text{nm}]$ o $[\text{m}\mu]$ o también el Angstrom (un Angstrom $\approx 10^{-10}\text{m}$).

- Pureza: magnitud de la dilución de un color en blanco. Se representa por un índice variable entre 0 y 1. Subjetivamente se habla de saturación. Y se dice por ejemplo que un color rosa (mezcla de rojo con blanco) está poco saturado en contraposición de un rojo que sí lo está. Se lo puede simbolizar con ρ .

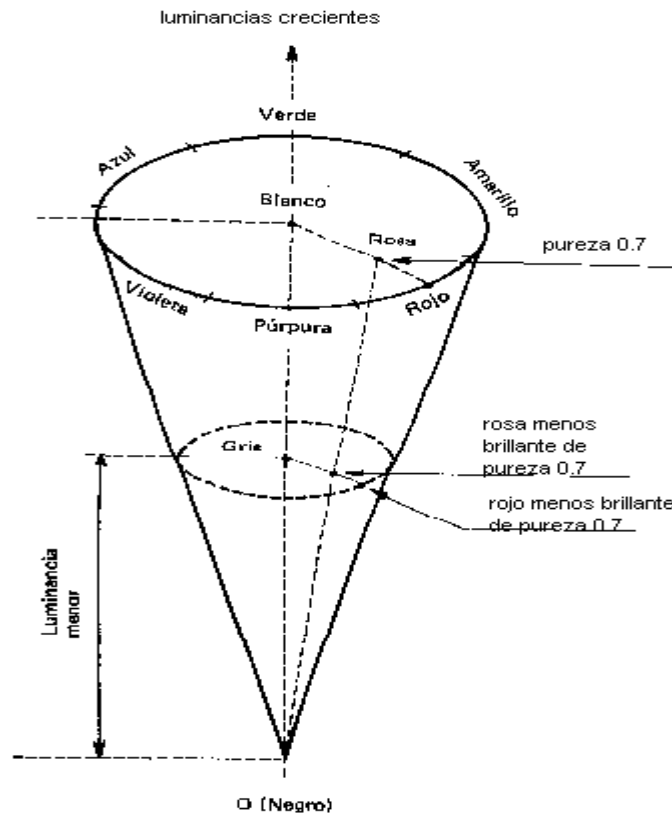
9. Crominancia

Se entiende por crominancia o cromaticidad al conjunto formado por los parámetros λ_d y ρ , o si se quiere, matiz y saturación. Así definida, la crominancia pasa a ser una magnitud vectorial.

Representación cónica del color

Una posible representación gráfica (propuesta por la CIE) del color de un objeto es representarlo dentro de un cono invertido como el de la figura donde la altura del cono es proporcional a la luminancia, y además para un corte dado transversal del cono se obtiene un círculo donde se indica la crominancia. La saturación viene dada por la longitud del segmento radial, y el matiz por el ángulo formado respecto de una referencia (también podría ser la longitud de la circunferencia). De esto se concluye que el vector crominancia (λ_d, ρ) viene expresado en coordenadas polares.

El corte transversal del cono del cono tiene su importancia, pues permite estudiar la crominancia independientemente de la luminancia. Al círculo así obtenido se lo llama círculo cromático.



También se puede hacer la representación con un cono de base hexagonal regular donde 3 de los 6 vértices representan a los 3 colores primarios y los extremos opuestos a estos, los respectivos colores complementarios. Es otra posible presentación.

Se llama Albedo al factor de reflexión difusa de un objeto iluminado.

Suele ocurrir que ciertos pares de colores subjetivamente diferentes se encuentran iguales λ_d y ρ pero distinta L y albedos diferentes. (Ej. : naranja y chocolate; verde-aceituna y amarillo limón).

10. Tricromía y sistema RGB

La Comisión Internacional de la Iluminación eligió 3 colores primarios con el fin de sentar una normativa universal que permitiera definir todos los colores espectrales. Dichos primarios corresponden a:

- Rojo.....700nm R

- Verde.....546,1nm G
- Azul.....435,8nm B

El rojo es obtenido con lámpara incandescente y un filtro rojo normalizado, en cambio el verde y el azul son obtenidos con el arco de mercurio.

Una vez que se tienen definidos los 3 primarios, la tricromía o teoría de los 3 colores establece que es posible definir un color cualquiera C' por las proporciones k1, k2 y k3 de cada uno de los 3 primarios R, G, y B que reconstituyen en un colorímetro un color C'' idéntico a C'. Expresado algebraicamente sería:

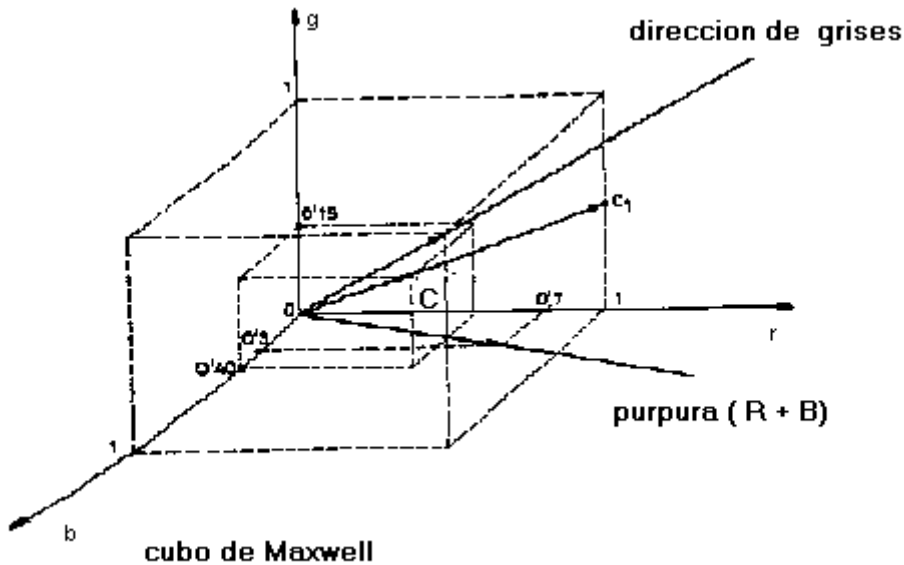
$$(C') \longleftrightarrow k1.R + k2.G + k3.B \longleftrightarrow (C'')$$

Donde la relación entre fechas indica suma aditiva (simbología usada en colorimetría).

11. Representación cúbica- cubo de Maxwell

Con los 3 primarios se puede representar un color mediante un cubo llamado de Maxwell. En este cubo se define un sistema de ejes coordenados donde cada eje representa cada color primario r, g, b graduados de 0 a 1. Cada valor r, g, y b representa para cada color, la relación entre el componente tricromático R, G y B y la suma de todos ellos (normalización), es decir:

$$r=R/(R+G+B) \quad g=G/(R+G+B) \quad b=B/(R+G+B)$$



De estas definiciones se desprende que $r+g+b=1$ y considerando valores positivos de R, G, y B, entonces r, g, y b están comprendidos entre 0 y 1.

Del cubo se obtienen las siguientes conclusiones:

- La dirección (orientación) espacial del vector OC definida por el punto C (color C) define el matiz del color.
- La longitud del vector define la luminancia del mismo.
- En la diagonal del plano g-r se tiene el color mezcla entre rojo y verde, o sea amarillo.
- Idéntica situación pasa en los planos b-v donde la diagonal corresponde al ciano y en el plano b-r donde la diagonal indica el púrpura.
- Para la obtención del blanco W se mezclan R, G y B en proporciones iguales (blanco de igual energía), entonces con $R=G=B$ el cálculo de los coeficientes tricromáticos lleva a: $r=0.33$, $g=0.33$, $b=0.33$ coordenadas de W.

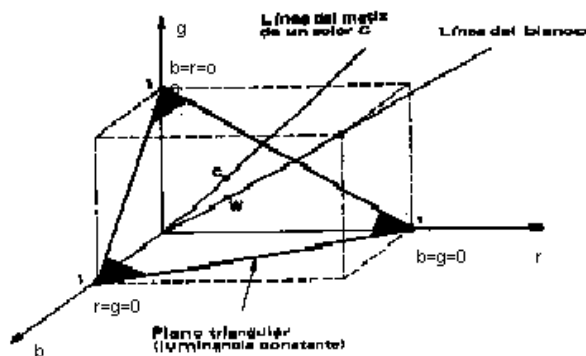
Esta representación puede venir bien, por ejemplo, para el analizar un dispositivo de hardware, pero la respuesta del ojo no es lineal como lo muestra

esta representación. El sistema visual humano responde de manera logarítmica a los estímulos de luz.

De todas formas, para los propósitos de la televisión color, la idea es tratar de generar la mayoría de los colores existentes en la naturaleza, a partir de 3 fósforos correspondientes a los colores primarios antes mencionados. Y esto es logrado de manera satisfactoria. Quedan fuera de los posibles colores visualizados en un tubo de televisión, los colores muy puros (o con saturación cercana a 1), los cuales, se admite, no son muy frecuentes en la naturaleza.

12. Representación triangular de los colores

Haciendo cortar el plano $r+g+b=1$ con el cubo de Maxwell se obtiene el triángulo equilátero de Maxwell, donde se puede representar la crominancia, manteniéndose constante la luminancia, independizándose de esta.

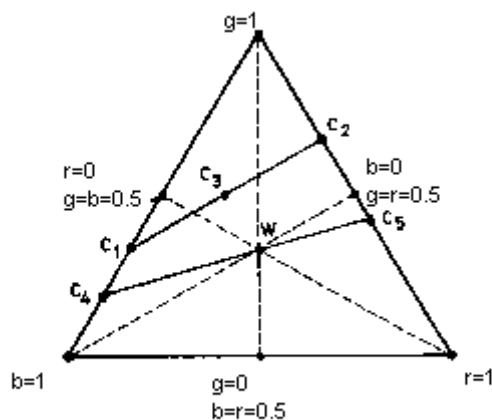


triángulo equilátero de maxwell

De este triángulo se obtienen las siguientes conclusiones:

- ◆ Los vértices del triángulo corresponden a $b=1$ $g=0$ $r=0$; $g=1$ $b=0$ $r=0$ y $r=1$ $b=0$ $g=0$.
- ◆ El centro del triángulo contiene al punto W o blanco de igual energía.
- ◆ El lado derecho representa a los colores del plano gr, formados por las diversas proporciones de los primarios R y G, en cuyo centro se encuentra el amarillo de $r=0.5$ y $g=0.5$.

- ◆ El lado izquierdo del triángulo representa a los colores del plano gb formados por las diversas proporciones de los primarios G y B . En su centro está situado el ciano de $g=0.5$ y $b=0.5$.
- ◆ En la base se tienen los colores del plano br , formado por las diversas proporciones de los primarios B y R , en cuyo centro se sitúa el púrpura de $b=0.5$ y $r=0.5$.
- ◆ Uniendo, mediante una recta 2 puntos de 2 lados cualesquiera, se obtiene el color de su mezcla. Así, al mezclar C_1 y C_2 de la figura, se obtiene C_3 en el interior del triángulo. Aumentando la proporción de C_2 , el punto resultante C_3 se corre hacia la derecha.
- ◆ Por otra parte, uniendo 2 puntos de 2 lados mediante una recta que pase por W , puede obtenerse un blanco resultante, en consecuencia los colores C_4 y C_5 del gráfico son colores complementarios.
- ◆ Los colores correspondientes a puntos en el interior del triángulo, son colores obtenidos a partir de un primario mezclado con algo de blanco, por lo tanto son colores no saturados.
- ◆ El matiz se puede representar por medio de un vector que una el punto W con el punto representativo del color en cuestión y midiendo el ángulo así formado respecto de una referencia de fase.
- ◆ Para incluir el concepto de luminancia es preciso trabajar con planos triangulares paralelos, a distancias distintas del origen.

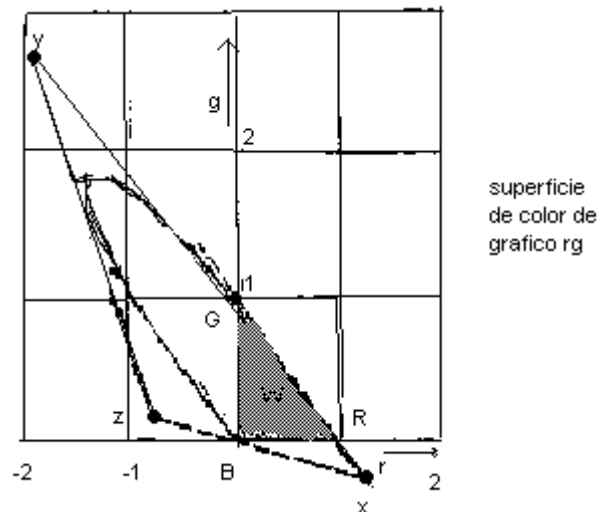


Obtención de la mezcla de colores en el triángulo de Maxwell

13. Representación triangular GR

Como los coeficientes tricromáticos cumplen la condición $r+g+b=1$, entonces conociendo 2 de ellos, el tercero queda definido inequívocamente. Por lo tanto se representan los colores en un plano rg y se obtiene $b=1-g-r$.

Además, sobre este grafico, se representan las tonalidades correspondientes a cada longitud de onda, resultando lo siguiente:



14. Sistema XYZ

El sistema RGB tiene la complicación de utilizar coeficientes tricromáticos positivos y negativos. Por ejemplo, para un verde de $560\text{m}\mu$ los coeficientes son $r=0.3164$, $g=0.6881$ y $b=-0.0045$.

Para evitar el empleo de coeficientes tricromáticos negativos, se definieron 3 nuevos primarios ideales llamados XYZ que corresponden a las siguientes coordenadas del sistema RGB:

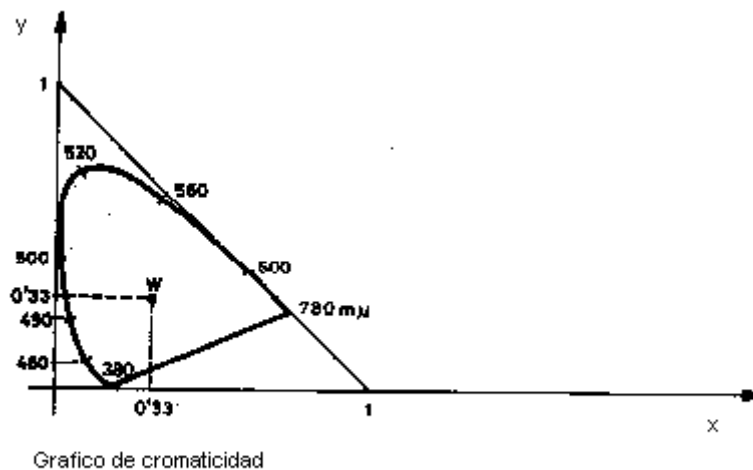
- $x \dots \dots \dots r=1.2750; g=-0.2778; b=0.0028$
- $y \dots \dots \dots r=-1.7394; g=2.7674; b=-0.0280$
- $z \dots \dots \dots r=-0.7429; g=0.1409; b=1.6020$

Con este sistema se definen en forma análoga los coeficientes tricromáticos de manera de cumplir $x+y+z=1$.

El problema de esta representación es que no es intuitiva como la representación rgb, donde cada eje corresponde a un color primario que es familiar para todos.

15. Diagrama de colores

Con los ejes xy se pasa a construir una curva representativa de los colores espectrales (λ desde 380nm hasta 780nm), obteniéndose el gráfico de la figura.



Así, se tiene que los colores espectrales yacen bajo el triángulo xy, formando una curva con forma de herradura. La curva se cierra con una recta que une el rojo de 780nm con el azul de 380nm. Esta recta corresponde a los colores púrpuras que no son espectrales, sino se obtienen por mezcla aditiva de rojo y azul. Esto significa que el color púrpura es una sensación que se puede generar a partir de la mezcla aditiva de rojo y azul, pero no existe una radiación monocromática espectral cuya excitación en el sistema visual humano resulte en un tono púrpura.

Las coordenadas del blanco W son $x=y=z=0.3333$.

Cualquier punto situado dentro de la herradura representa un color mezcla de radiaciones con una longitud de onda predominante y una dada saturación.

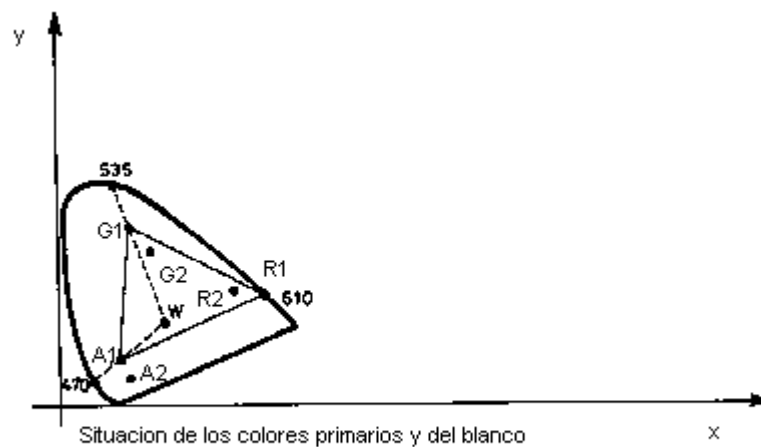
Al igual que en el triángulo de Maxwell, se puede trazar una recta desde 2 puntos del borde de la herradura, pasando por C, indicando esto que C es color mezcla de A y B(ver figura). También, si se aumenta la proporción de B, el punto C se corre hacia el punto B.

De igual manera si la recta pasa por W, se tratara de colores espectrales complementarios.

No se debe olvidar que el diagrama de cromaticidad es derivado del triángulo a luminancia constante, por lo que aquí también no cambia el contenido de brillo de los colores, sino solo su matiz y saturación.

La siguiente figura muestra dentro del diagrama de cromaticidad la ubicación de los primarios elegidos para televisión color. Para obtener sus respectivas longitudes de onda se prolonga la recta que pasa por W y el color en cuestión hasta el borde la herradura obteniéndose:

- R1: $x=0.67$ $y=0.33$ 610nm
- G1: $x=0.21$ $y=0.71$ 535nm
- B1: $x=0.14$ $y=0.08$ 470nm



Con los 3 puntos correspondientes a los primarios se puede definir un triángulo dentro de la herradura. Todos los colores obtenibles por mezcla aditiva se encuentran dentro de dicho triángulo. Se aprecia que el único color susceptible de reproducción puro, o sea con saturación próxima a 1, es el rojo primario.

Pero estos R_1 , G_1 y B_1 son teóricos. En la práctica se recurrió a luminóforos como elementos radiantes en las pantallas de los televisores, que corresponden a primarios físicos que se acercan bastante a los teóricos y denotados en el gráfico como:

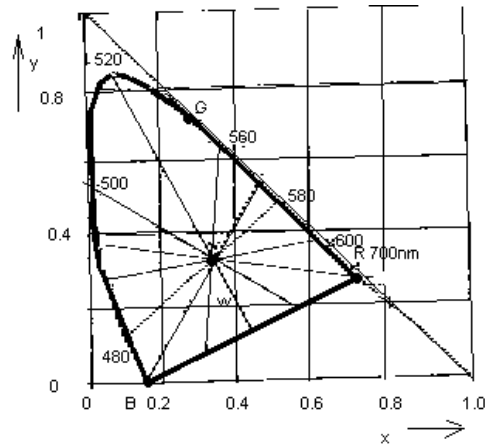
- R_2 : $x=0.65$ $y=0.32$
- G_2 : $x=0.27$ $y=0.59$
- B_2 : $x=0.15$ $y=0.07$

Estos primarios forman un triángulo más pequeño que el anterior, por lo cual los colores que se pueden generar estarán mas contenidos, especialmente serán menos saturados respecto del caso teórico.

Estos primarios, correspondientes a sulfuros usados en los tubos de televisión fueron adoptados por el sistema NTSC, luego de lo cual fueron mejorados tecnológicamente obteniéndose nuevos luminóforos de mayor brillo aunque algo mas alejados de los teóricos, así pues en el sistema PAL-N se utilizaron los siguientes luminóforos:

- ◆ R : $x=0.64$ $y=0.33$
- ◆ G : $x=0.29$ $y=0.60$
- ◆ B : $x=0.15$ $y=0.06$

.Volviendo un poco sobre la figura de la herradura. Se puede deducir, una vez determinado el blanco (W),



que los colores sobre la herradura, que se obtienen prolongando el segmento que pasa por W, son colores complementarios del espectro. Por ejemplo, el color con longitud de onda de 600nm (tono rojizo) es complementario, como lo muestra el grafico, del color con longitud de onda de aproximadamente 490nm (es una tonalidad entre azul y verde, obviamente).

Notar también, por ejemplo, que a la longitud de onda de 520nm (un verde mediano), le corresponde como complementario un color sobre el segmento de los púrpuras, que físicamente no tienen longitud de onda (a veces, se lo suele denotar con una longitud de onda negativa, pero esto no tiene sentido físico). Este segmento de los púrpuras, se obtiene cerrando los extremos del rojo y el azul, pero no se obtienen por mediciones del espectro como si ocurre con el resto de la herradura.

Existen mas modelos de representaciones de color propuestos por la CIE, pero para televisión, importa el triangulo determinado a partir de los 3 luminóforos adoptados por cada sistema, que son, en definitiva, los colores encerrados por el triangulo los obtenibles en la practica.

16. Blanco de referencia

Así como los primarios en la práctica no coinciden exactamente con los primarios teóricos, lo mismo pasa con el blanco, que en la práctica difiere un poco del valor 0.3333 para cada coordenada.

En Luminotecnia suele referirse a varios blancos, entre los que se destacan:

- 1) Blanco A: corresponde a las lámparas incandescentes de baja potencia, tiene coordenadas $x=0.447$ $y=0.407$ y temperatura de color de 2800K.
- 2) Blanco 3000: corresponde a lámparas incandescentes de gran potencia con temperatura de color de 3000 K.
- 3) Blanco B: el espectro corresponde a la luz directa del sol del mediodía, aproximándose a un cuerpo radiante perfecto a 4800K. Se puede simular con un iluminaste A y un filtro.
- 4) Blanco C: tiene la característica de luz difusa de cielo nublado. El radiante perfecto que se le aproxima tiene una temperatura de color de 6770 K. Se utilizó inicialmente como blanco de referencia en NTSC con coordenadas $x=0.31$ $y=0.316$.
- 5) Blanco D: la temperatura de color es de 9300 K y se usa en algunos países como referencia de los aparatos de control de estudio.
- 6) Blanco D65 (D 6500): el espectro de este blanco se aproxima a lo que se obtendría con una combinación de luz diurna directa y luz difusa de cielo nublado.
- 7) Blanco E: es el blanco hipotético ($x=0.33$ $y=0.33$) cuyo espectro se caracteriza por tener igual energía para todas las longitudes de onda. Se lo utiliza para estudio simplificado teórico de colorimetría.

Como el blanco D65 se obtiene mezclando convenientemente la luz de los 3 fósforos de un tubo de imagen para color. Se ha adoptado este blanco como referencia en los sistemas modernos de TV. Así, en PAL-N se especifica que las

coordenadas de cromaticidad correspondientes a la igualdad de las señales eléctricas primarias RGB deben ser las del iluminante D65 ($x=0.3132$ $y=0.329$).

En todo caso, estos valores y los correspondientes a los luminóforos, son valores normativos, susceptibles de variación según el avance de la tecnología y la actualización de las normas. En los reproductores de televisión, según el tubo (y más precisamente los fósforos) que incluyan, se cumplirán los valores estandarizados, en mayor o menor medida.

17. Reproducción del color en la pantalla del televisor

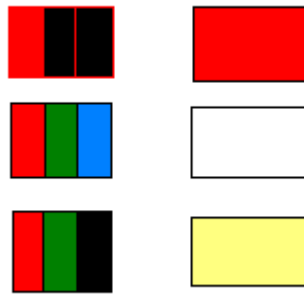
Si bien lo que recibe el televisor, no consiste en el equivalente eléctrico de las respectivas componentes de rojo, verde y azul del objeto a reproducir, estas señales de colores primarios son obtenidas dentro del propio receptor, a partir la señal que recibe el equipo, técnicamente llamada señal de video color compuesta.

Una vez obtenidas estas tres señales, el objetivo es excitar los respectivos fósforos presentes en la pantalla del tubo del televisor.

La pantalla contiene un arreglo de fósforos (en línea o en forma de delta, según el tipo y antigüedad del televisor), formados por triadas de R, G y B. Estos fósforos no se superponen en un solo punto, pero si están lo suficientemente juntos, para que, a la distancia de observación, el ojo reciba la luz emitida por cada triada como si se tratase de un solo punto en la pantalla. Es decir, el sistema visual humano, realiza la mezcla aditiva, dando la sensación de color.

Es común, que en cada triada en línea, el fósforo del centro sea el verde, a la izquierda este el rojo y a la derecha el azul.

Así, por ejemplo, para reproducir colores básicos, se encienden unos u otros fósforos, como se ve a continuación.



En el ejemplo anterior, la primera triada tiene encendido el fósforo rojo y se vería como un punto del mismo color.

La segunda triada, tiene encendido los tres fósforos, en igual intensidad, por lo cual, se visualizaría el punto blanco.

Por ultimo, la tercera triada, solo enciende los fósforos rojo y verde, en consecuencia, resultaría un punto amarillo.

Para representar un color pastel (impuro o muy poco saturado) se necesitaría encender los tres fósforos pero en distintas intensidades. Por ejemplo, para generar un rosa (rojo + blanco) se podría encender al máximo de intensidad el rojo y a un tercio de intensidad, tanto el verde como el azul.

De idéntica forma, se encienden todos los puntos (triadas) que forman la pantalla del receptor, de manera sincronizada, para proporcionar color, brillo y definición a la imagen reproducida.

ANEXO 2

EXTRACTO DE LA NORMA TÉCNICA DE TELEVISIÓN VIGENTE

NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ANALÓGICA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES

(Resolución No. 1779-CONARTEL-01)

(Extracto)

8. RESERVA DE CANALES

Los canales 19 y 20 se reservan para el Estado. Cuando fuere necesario se utilizarán estas frecuencias para facilitar el proceso de migración a la Televisión Digital

ANEXO 3

Primera Cumbre de Entes Reguladores de Televisión en Iberoamérica – 2005

**Cartagena de Indias
Febrero 21 y 22 de 2005**

Extracto

6. Ecuador. En virtud que en el Ecuador no está autorizado el servicio de televisión para servicios de valor agregado relacionados con telecomunicaciones, necesariamente el televisor se usa exclusivamente para señales de televisión abierta, codificada o para uso con sistemas domésticos alternativos tales como VHS, DVD, VCD o MP3.

No existen estadísticas oficiales que reflejen los porcentajes de uso

ANEXO 4

ENTREVISTAS

PREGUNTAS FORMULADAS EN LAS ENTREVISTAS MANTENIDAS CON LOS GERENTES DE OPERACIONES DE LOS DIFERENTES CANALES DE TV DE QUITO Y PROVINCIAS

- 1.- Las transmisiones de TV analógica llegarán a su fin en el año 2010 (EE.UU. y Europa). ¿Afectará este hecho las estaciones de TV nacionales?

- 2.- Esta estación de TV en particular, ¿ha tomado acciones para cambiar hacia la tecnología de TV digital?

- 3.- ¿Considera que los beneficios de TV digital compensan los costos de inversión que deben realizarse?

- 4.- ¿La estación de TV tiene planes concretos para aprovechar los beneficios de la TV digital? (mayor número de transmisiones en el mismo ancho banda, audio y video en alta definición, Tv interactiva, IPTV, etc.).

- 5.- ¿Se reducirán los costos operativos del canal con la TV digital?, ¿en que porcentaje?

- 6.- ¿Tiene una idea aproximada de los costos operativos actuales?

- 7.- ¿En que tiempo se recuperaría la inversión hecha en TV digital (compra e instalación de equipos)

8.- ¿Considera que la legislación, y la norma técnica de TV vigentes, facilitan el cambio hacia la TV digital?

Estas preguntas se hicieron a las siguientes personas:

Ing. Marcelo García Gerente de Sistemas de la corporación Isaías

Ing. Marcelo Aguilar Gerente de operaciones de RTS

Ing. Julia Carrera Gerente de operaciones de ECUAVISA

Sr. Juan José Ochoa Gerente General de América TV (Pelileo)

Sra. Soledad Barcia Gerente General de Mega Visión (Quinindé)

Dr. Marcelo Mejía Gerente General de Nort Visión (Tulcán)

Tomando en cuenta el tamaño del mercado ecuatoriano de Difusión de Televisión, la muestra es muy representativa, y los resultados obtenidos pueden extrapolarse al universo del mercado televisivo.

Los resultados se los ha dividido en dos grupos. El primero corresponde a los canales con cobertura nacional, y el segundo a los canales regionales.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación

PREGUNTA 1

Grupo 1

Piensan que el cambio afectará considerablemente a la televisión ecuatoriana, puesto que todas las estaciones trabajan con tecnología análoga.

Grupo 2

Consideran que el mercado local se verá afectado, pues toda su tecnología es análoga

PREGUNTA 2

Grupo 1

Están tomando acciones de acuerdo a lo que le permite la infraestructura actual, es decir, están adquiriendo equipos que permitan trabajar en análogo y en digital, realizando la transición de manera escalonada.

Grupo 2

De momento no tienen pensado el cambiar la tecnología de los equipos. El presupuesto es una seria limitante.

PREGUNTA 3

Grupo1

La tecnología digital justifica la inversión, puesto que equipos digitales no requieren mantenimiento costoso y su tiempo de vida es mayor.

Grupo 2

Consideran que no se justifica realizar una inversión tan grande

PREGUNTA 4

Grupo 1

Tienen planes concretos a largo plazo, los mismos se irán materializando de acuerdo a un análisis de retorno de inversión.

Grupo 2

No contesta

PREGUNTA 5

Grupo1

Los costos de mantenimientos se reducen considerablemente, se considera un ahorro del 50% o más.

Grupo 2

No contesta

PREGUNTA 6

Grupo1

Confidencial

Grupo 2

Confidencial

PEGUNTA 7

Grupo 1

Aproximadamente 3 años

Grupo 2

No han hecho cálculos al respecto

PREGUNTA 8

Grupo 1

Se abstienen de contestar

Grupo 2

Se abstienen de contestar

ANEXO 5

Brasil crea su sistema de TV digital

Televisión moderna según Samsung

Luisa Massarani

2 Julio 2006

Fuente: SciDev.Net

El presidente Luiz Inácio Lula da Silva firmó la semana pasada (29 de junio) el decreto que define el régimen de transición de la televisión analógica al sistema de televisión digital de Brasil – sexto país en audiencia televisiva a nivel mundial.

El sistema brasileño de televisión digital usa como base el sistema japonés de transmisión, pero incorpora innovaciones tecnológicas desarrolladas por centros de investigación nacionales.

El decreto prevé la creación de cuatro nuevos canales digitales públicos de televisión. Asimismo, estipula un plazo de siete años para que la señal digital tenga cobertura nacional y de diez años para que toda la transmisión terrestre en el país sea digital.

La expectativa es que empiece a funcionar dentro de 18 meses, en las capitales y en el Distrito Federal.

"[La TV Digital] irá permitiendo un amplio acceso a servicios y bienes culturales, especialmente para la población más pobre, que muchas veces tiene en la televisión su única fuente de informaciones y diversiones gratuita", afirmó el presidente en la ceremonia, de acuerdo con el portal del Ministerio de la Ciencia y Tecnología.

El documento firmado entre los gobiernos de Brasil y de Japón prevé la cooperación entre los dos países en investigación y desarrollo, así como para incorporar las innovaciones brasileñas.

Los derechos de propiedad intelectual provenientes de innovaciones conjuntas serán compartidos en términos y condiciones acordados por las partes.

La decisión pone fin a discusiones que empezaron hace una década y si intensificaron hace un par de años, cuando el entonces ministro de las Comunicaciones Miro Texeira propuso al presidente Lula que Brasil debería crear su propio sistema digital de TV.

ANEXO 6

TARIFAS COMERCIALES DE GAMAVISIÓN

ANEXO 7**COTIZACIÓN PARA EQUIPAMIENTO DEL ESTUDIO DE UN
CANAL DE TV TOTALMENTE DIGITAL**

ANEXO 8

COTIZACIÓN PARA ENLACES DE BANDA ANCHA ENTRE QUITO, GUAYAQUIL Y CUENCA

GLOSARIO

A

AC: (Auxiliary Channel) Canal auxiliar. Se refiere al envío de información auxiliar en las transmisión COFDM del estándar ISDB-T

A/D: Conversor Analógico a Digital.

AES 3: Recomendaciones prácticas que tratan sobre la ingeniería del audio digital. Estas recomendaciones contienen las especificaciones sobre los formatos de transmisión serie.

AES/EBU: (Audio Engineering Society/European Broadcasting Unión) Sociedad de Ingeniería de Audio /unión Europea de Broadcasting. Siglas de las dos asociaciones que desarrollaron un estándar de audio digital.

Aliasing: Es una forma de distorsión indeseada de la señal de video. Esta se manifiesta como un dentado sobre los bordes de la imagen.

ANC (Automatic Noise Canceller) Cancelación Automática de Ruido

ARC: (Aspect Ratio Converter) Conversión de relaciones de aspecto.

ATM. (Asynchronous Transfer Model). Modo de transferencia Asíncrono, es un sistema de comunicación conmutado de alta velocidad.

ATSC. (Advanced television Systems Committee) Comité de sistemas de televisión Avanzada . esta organización se estableció en EE:UU en 1992 para coordinar el desarrollo de un estándar de televisión Digital , para transmitir señales digitales de SDTV y HDTV.

B

B-Y: señal diferencia de color azul. Una de las dos señales diferencia de color que compone la señal de croma.

B FRAME: estos son cuadros de intercalación y bidireccionales. Utilizan predicción de movimiento adelante y hacia atrás.

BETACAM: maquina videogradora desarrollada por Sony. su formato de grabación es por componentes analógicos y utiliza un cassette de 3/4 .

BIT: una unidad de información .un bit define 2 estados 1 ó 0. 8 bits definen 526 niveles de cuantificación numerados de 0 a 255

Block. Bloque . Un bloque está formado por una matriz de 8*8 pixeles.

Bounce: Señal de test de muy baja respuesta de frecuencia utilizada para prueba de equipos y sistema de video analógicos.

Buffer. Dispositivo electrónico que tiene ganancia unitaria.

Byte: Es un grupo de bits que se procesan juntos.

C

Cannon: Conector utilizado para conexiones de audio balanceado . También llamado conector D.

Cav : (Component Anolge Video) Video Analógico por componentes.

Cb. Representa una muestra de la señal diferencial azul.

CCVS: (Composite color video signal) Señal de video compuesta de color

Channel : canal porción de banda del espectro para servicio de broadcasting

CIF: Formato de intercambio Común . Este formato es de baja resolución y es utilizado para videoconferencias.

C/N. Relación portadora a Ruido, Esta relación es expresada en dB y define la calidad de una señal de video recibida por aire o por cable.

Color Burst: Señal que es agregada sobre el pértico posterior de la señal de video compuesta de color.

Compresión: Método por el cual se reduce la velocidad binaria de un flujo de datos.

Compresión rate : relación de compresión . Es el cociente entre velocidad binaria de un tren de datos a la entrada del compresor y la velocidad final a la salida del mismo

CRC: Verificación cíclica de redundancia . Técnica de verificación de errores de bits en un bloque de datos.

D

D1: formato de grabación por componentes Digitales de acuerdo a la recomendación ITU-R BT

D2: Formato de grabación Digital Compuesto.

D3.Formato de grabación de video Digital Compuesto, conforme al estándar SMPTE

D5 Formato de grabación Digital por componentes de acuerdo a la recomendación ITU-RBT

Data segment: Segmento de datos . En cada uno de estos segmentos se puede seleccionar en forma independiente , el tipo de modulación de la portadora.

DC: Se refiere al primer coeficiente del bloque de 8 x 8 coeficientes

Decoder. Decodificador . Es un dispositivo o equipo , que convierte una señal de video compuesta (CCVS) a una señal digital(SDI).

DTT: (Digital terrestrial television). Televisión Digital Terrestre. Se denomina de esta forma a la transmisión aérea de la señal digital.

DTV: (digital television) televisión digital.

DVB: digital Video Broadcasting . este grupo fue creado en 1993 y está formado por más de 300 miembros de más de 30 países.

DVD: (digital Video Disk) Disco de video digital , es igual en tamaño a un Cd rom de datos o a un Cd de audio.

E

EAV: Fin del video Activo.

EBU. Es una asociación profesional con sede en Ginebra.

EDH: Sistema para reconocer los errores en la señal de video digital.

EDTV: Televisión de definición Realzada.

EIT: Tabla de información de evento.

EOB. Fin de bloque sirve para indicar que todos los coeficientes de la matriz que sigue a esta sentencia, son ceros.

EPG. Guía electrónica de Programas que recibe y consulta el abonado en su pantalla.

ETSI. Instituto Europeo De Estándares de telecomunicaciones

F

FFT: Transformada rápida de Fourier. Es una forma de transformar una señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.

Fourier análisis. Algoritmo matemático que permite ubicar el aspecto de una señal en el dominio de la frecuencia.

Fps: (frames per second) Cuadros por segundo.

Frame: Cuadro. En el estándar de compresión MPEG-2 existen tres tipos de cuadros o imágenes que son: I, B y P los cuadros I son los actuales o reales.

G

Gamut: es el rango de tensiones permitidas de una señal de video componentes. Cuando se dice que se excede el gamut, significa que los valores en tensión de esa señal, están fuera de la norma y esto trae aparejado crosstalk u otros tipos de distorsiones.

GOP; Grupo de imágenes. Un GOP es un conjunto de 4 12 0 15 imágenes y siempre arranca con una imagen. el GOP finaliza justo una imagen antes de la próxima imagen.

H

H 14 : El perfil High de MPEG-2, prevé una velocidad binaria máxima del tren de datos de 80 Mbps, en la estructura 4:2:0 ó 4:2:2 .

HDTV: Televisión de alta definición, alta calidad de imagen, con una resolución mayor que la televisión convencional

Higt level: Nivel alto . se refiere a uno de los cuatro niveles del estándar MPEG.-2, corresponde a una resolución de 1920 * 1152, con una velocidad máxima del flujo de datos de 80 Mbps.

Horizontal Crop: Corte horizontal . Perdida de información que se produce en la parte inferior y superior de una imagen al ser convertida de 4:3 a 16.9

HP. Alta prioridad. En el estándar DVB-T: cuando se utiliza modulación Jerárquica, el stream o flujo de alta prioridad es modulado en QPSK.

I

IDTC: Transformada inversa del Coseno discreto.

IEC: Comisión Internacional de Electrotecnia que se dedica al desarrollo de estándares, para un número de aplicaciones para la industria

Interframe coding Comprensión intercuadros. Se denomina también comprensión temporal.

Progressive scan: Barrido entrelazado. Exploración consecutiva de todas las líneas.

Interoperability: Es la característica que tiene un múltiplex de transporte para combinar otros flujos de otro sistema.

IRE. Sigla de ingenieros de Radio en USA.

ISDN. Redes digitales de servicios Integrados.

ISO : Organización Internacional para la Estandarización

ISO/IEC: Combinación de dos organizaciones para desarrollar estándares.

ITU: Unión internacional de telecomunicaciones.

ITU-R.BT 711: Esta recomendación trata sobre las señales de sincronización y referencia de las señales de estudio.

ITU-R.BT. 1212: Trata sobre las señales de test de las señales de televisión color , que son codificadas en forma digital.

J

Jitter: Ruido que se manifiesta sobre la pendiente de la señal digital. En el tren digital SDI, el jitter máximo admitido es menor a 5ns pp

JPEG: Grupo Común de expertos en Fotografía El JPEG es el estándar de compresión para imágenes fijas, desarrollado por el grupo ISO. Para la compresión de imágenes estáticas se aplica la compresión espacial.

K

Kbps: Kilo bits por segundo.

Key signal: señal de Key. Consiste en superponer una imagen de video sobre otra imagen. la inserción de caracteres o texto sobre una imagen , es realizada mediante una señal de Key.

L

Leter box: Barras negras dispuestas en la parte inferior y superior de una imagen, como consecuencia de haber convertido su relación de aspecto de 16:9 a 4.3

Level: Nivele En MPEG-2 los niveles definen los limites de resolución de la imagen la cantidad de muestras totales de luminancia la velocidad máxima del flujo de datos

LL Nivel bajo Este nivel del estándar se refiere a la codificación de 352 muestras activas por líneas 288 líneas activas.

LP . Baja prioridad. En el estándar DVB-T cuando se utiliza modulación Jerárquica , el flujo de baja prioridad es modulado en 64 QAM.

LPS: Flujo de baja prioridad.

M

MADI: Interfaz Digital de Audio Multi Canal Serie

MI. Nivel principal de estándar MPEG-2 corresponde a una resolución de 720* 576 y una velocidad binaria máxima de 15 Mbps.

Motion vector: Vector de movimiento .Un vector de dos dimensiones usado para la Compensación del movimiento.

Multistandar: Termino utilizado para describir a los equipos que operan en distintas normas.

MPTS: Flujo de transporte de Múltiples programas.

Multicasting: Es un sistema que permite transportar varios programas por un mismo canal.

Musican: Nombre con que se denomina a la comprensión de audio adoptada por el estándar DVB-T.

MUX. Es la abreviatura de Multiplex.

N

NIT: Tabla de información de redes .Información que se envía en un flujo de transporte.

NRZ: Consiste en un tren de datos en el cual el estado lógico permanece en 1.

NRZ: En la codificación NRZI el esquema de los datos codificados implica que cuando hay un 0 no hay cambio lógico , mientras que un 1 implica una transición desde un nivel lógico de 1 a otro nivel.

Ns. Nano segundo corresponde a $1 \cdot 10^{-9}$ segundos.

Null packets. Se refiere a los paquetes que contienen Bytes de datos de relleno

Nyquist slope: Pendiente de corte de la curva entre 0 y -1.5 adoptada en la transición de la señal analógica de televisión , en banda lateral vestigial.

O

OFDM Frame. En el estándar DVB-T la señal está organizada por cuadros .

OFDM: En el estándar ISDB-T es un segmento de datos junto a las portadoras piloto.

Oversamplig: Frecuencia de muestreo mucho mayor que la que especifica la relación de Niquist.

P

Packet identifier: Identificador de paquete se utiliza para identificar flujos elementales en cada programa.

Partch Panel. Dispositivo para conmutar y enlutar en forma manual señales de video audio o datos. Utilizan distintos tipos de conectores de acuerdo a la aplicación.

PCM: Modulación Codificada por pulsos. En este tipo de modulación la señal analógica es convertida a un número binario serie, para poder ser transmitida.

PHc: correlación de fase .Método empleado para la estimación de movimiento que emplea la transformada de Fourier.

PID. Ver Packet identifier.

PRSB: Secuencia Pseudo Random Binaria. Es un tipo de secuencia que está basada en un polinomio , para efectuar la aleatorización de los datos.

PAT: Tabla de Asociación de Programas. Paquete de información que va en el flujo de transporte.

PSI: Información específica de Programa. Son datos necesarios para demultiplexar los flujos de Transporte.

Q

QAM: (Quadrature Amplitude Modulation). Modulación de Amplitud en Cuadratura. Esta modulación es digital y la información está contenida en la amplitud y la fase de la portadora transmitida.

QPSK: (Quaternary Phase Shift Key). Modulación por desplazamiento de fase Cuaternaria. La modulación QPSK es por desplazamiento de fase. Tiene como característica principal que una sola frecuencia de la portadora, produce cuatro fases distintas de salida. En todos los casos, mientras la fase varía, la amplitud se mantiene constante.

R

Redundancia: Es la información que se repite en una imagen.

RS: (Reed Solomon). Es un sistema de protección y corrección de errores. En el estándar ATSC, a cada paquete MPEG-2 de 188 bytes de carga total, se le adicionan 20 bytes RS al final del mismo. En este estándar, cada paquete MPEG-2 con la corrección RS tiene 208Bytes de capacidad.

En el Estándar DVB-T, a cada paquete MPEG-2 de 188 bytes de carga total, se le suman al final del mismo 16 bytes RS. De esta manera, cada paquete, incluidos los bytes de paridad tienen una carga total de 204 bytes.

S

Scrambling: Alteración de las características de un flujo codificado de video, audio y datos, para evitar que personas no autorizadas puedan recibirlo. Un

sistema de acceso condicional, controla este proceso y la alteración de los flujos de datos.

SDI: (Serial Digital Interface) Interface Digital Serie. La velocidad de este tren de datos es de 270 MBps, con una estructura de muestreo 4:2:2 y una resolución de cuantificación de 10 bits por muestra.

Este flujo de datos se transmite por un solo cable coaxial, con una impedancia característica de 75 ohms.

Simulcast: Nombre con que se denomina al sistema cuando un broadcaster efectúa dos transmisiones simultáneas del mismo programa; una en forma analógica, y la otra en forma digital.

Sync Byte: Byte de Sincronización. En el paquete MPEG-2, el primer byte de la cabecera corresponde al byte de sincronización.

Slice: En el sistema de compresión MPEG-2, se denomina slice a uno o más macrobloques ordenados en forma horizontal y contigua. El orden de estos macrobloques es de izquierda a derecha.

SMPTE: (Society Motion Picture Television Engineering). Sociedad de ingenieros de televisión para imágenes en movimiento. Esta entidad desarrolla estándares de Televisión, audio y Fílmicos en EE.UU.

Symbol: Símbolo. En DVB-T, un símbolo representa un set de portadoras. En el modo 2k, un símbolo está compuesto por 1705 portadoras y en el modo 8k, un símbolo está compuesto por 6817 portadoras.

T

Ts: (Time Symbol). Tiempo de Símbolo. Se refiere al tiempo que dura el símbolo en la modulación COFDM del estándar DVB-T.

TS: (Transport Stream). Flujo de transporte. Este flujo consta de paquetes de longitud fija de 188 bytes cada uno. Los primeros 4 bytes corresponden a la cabecera de información, y los 184 bytes restantes a la carga útil de datos. Estos paquetes se denominan MPEG-2.

U

Up Converter: Conversor ascendente. Dispositivo que convierte una señal SDI de 270 Mbps, a un a señal de HDTV en 1080i ó 720p.

Para lograr mayor precisión en la conversión, se utilizan dos tipos de interpolación. El aumento del número de líneas activas desde 485 ó 575 (525/60 ó 625/50) a 1080, se realiza mediante una interpolación vertical. El aumento del número de muestras de píxeles por línea activa de 720 a 1920 se realiza mediante una interpolación horizontal.

V

Vector: Es el parámetro más importante de la Compensación de Movimiento. El vector de movimiento le indica al Decodificador, cómo se ha desplazado parte de la imagen previa desde la imagen actual. Este vector es generado cada cuatro bloques de luminancia de 8 x 8 muestras de píxeles cada uno. De esta manera tenemos una matriz de 16 x 16 muestras por cada vector.

Vertical Crop: Se denomina así a la pérdida de imagen que se produce en los bordes izquierdo y derecho de una imagen, al ser convertida en su relación de aspecto de 16:9 a 4:3. También es denominado edge cropped.

VLC: (Variable Length Coding). Código de longitud variable. Es una técnica de compresión que tiene la particularidad de asignar códigos cortos a los valores que tienen mayor frecuencia o periodicidad y asigna códigos largos a los valores que tienen mayor frecuencia o periodicidad.

VOD: (Video On Demand) Video sobre demanda. Es un sistema en el cual, las películas o eventos especiales, se transmiten a un abonado específico. Esto ocurre cuando el abonado al sistema solicita este servicio.

Z

Zig-zag: Se refiere al tipo de barrido o lectura que se efectúa en un compresor de video, después de la cuantificación. Este tipo de lectura de cada matriz de 8 x 8 coeficientes es empleada para imágenes con barrido progresivo. El objeto del barrido en Zig-zag es obtener una serie de datos seriales, para prepararlos para los próximos procesos RLC (Run Length Coding) y VLC (Variable Length Coding). A su vez, se trata de que todos los coeficientes de la matriz leídos en zig-zag que sean ceros, no se envíen. En su lugar, se envía una secuencia EOB (End Of Block), que indica el final del bloque. De esta manera, se produce aquí una primera reducción de bits, sin que haya pérdidas sobre la imagen.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- TANEMBAUM Andrew, “Redes de Computadoras”. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S. A. 1998
- STALLING William, “Comunicaciones y Redes de Computadoras”. Sexta Edición Editorial Prentice Hall Hispanoamericana
- SIMONETTA José, “Televisión Digital Avanzada”. Editorial Harla 1998
- WHITAKER Jerry, “DTV The revolution in Electronic Imaging”. Editorial Mc Graw Hill 1998
- PAULSEN Karl, “Video & Media Servers. Technology & applicatios”. Editorial focal Press. 2001
- WEISS Merrill, “Issues in Advanced Television Technology”. Editorial Focal Press. 1996
- PROAKIS John, MANOLAKIS Dimitris, “Tratamiento Digital de señales”. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana.
- JADÁN ELIZALDE Luis; PASPUEL REVELO Ernesto, “Estudio Comparativo Entre los Estándares de TV Digital”. Tesis Escuela Politécnica Nacional 2003.
- TOMASSI Wayne, “Sistemas de Comunicación Electrónica” Editorial Mc Graw Hill
- POZO M. Fanny, “Estudio y Análisis de Televisión de Alta Definición”. Tesis Escuela Politécnica Nacional 1996

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- www.sundance.com
- www.thomsongrassvalley.com
- www.matrox.xom
- www.fission-sw.com
- www.jvc.com
- www.electrosys.it

- www.bellmicro.com.ar
- www.monografias.com
- www.sapin.aopen.com.tw
- www.sd.wareonearth.com
- www.atsc.org
- www.dvb.org
- www.audioyvideo.com