

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Montaje De Control Maestro Para Audio Y Video Evento: Mundial De Fútbol Sub-17 Perú 2005

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

AUTOR

Oscar Guillermo Díaz Tello

LIMA – PERÚ 2007

..	1
INTRODUCCION	4
CAPITULO 1 ORIGEN DE LA TELEVISION . .	6
CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA TELEVISIÓN . .	9
CAPITULO 3 EL FORMATO MÁS POPULAR: BETACAM .	23
CAPITULO 4 TELEVISION DIGITAL .	30
CAPITULO 5 ESAMBLAJE DEL CONTROL MAESTRO . .	86
CAPITULO 6 ANALISIS DE COSTOS POR AREAS. . .	103
CONCLUSIONES . .	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .	106

Dedicatoria *A mi esposa e hija. A mis padres, quienes siempre estuvieron a mi lado. Motivo más que suficiente para salir adelante.*

INTRODUCCION

El presente informe tiene como finalidad, mostrar la implementación de un control maestro de televisión, para llevar a cabo la transmisión y narración en “VIVO” de un partido de fútbol a diferentes países, con estándares de calidad y técnicos exigidos por la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA) a nivel mundial.

A través del desarrollo de este informe podremos ver marcas, modelos, especificaciones técnicas, estándares, formatos de los diferentes equipos de video, audio, gráficos y demás.

El año 2005 el Perú fue elegido como país anfitrión para realizar el mundial de fútbol sub. 17, en el cual participaron 16 equipos, los encuentros serian vistos en más de 120 países alrededor del mundo. La señal seria transmitida a través de la señal de la empresa de radiodifusión ATV Canal 9 del Perú.

Los encuentros a realizarse serian llevados a cabo en 5 estadios a nivel nacional, los elegidos fueron las instalaciones de las ciudades de Piura, Chiclayo, Trujillo, Lima e Iquitos con un total de 32 partidos incluyendo la final.

La empresa ATV ante la magnitud de tal evento se vio obligada a contratar a personal independiente, pues con su grupo de técnicos e ingenieros solo cubría la ciudad de Lima. Es así que con dos meses de anticipación, el área de producción de ATV tomo contacto con la empresa SUNDIGITAL SAC, manifestando la necesidad de contratar al Ingeniero Oscar Guillermo Díaz Tello como responsable a cargo de la sede de Piura, tanto en el montaje de (switcher) “Control Maestro” así como las transmisiones

vía satélite de los partidos en esta sede por medio del sistema “Fly-Away” palabra inglesa usada para denominar a los transmisores satelitales móviles o portátiles. Toda, la señal de este evento sería supervisado y aprobado por personal FIFA el que vino desde Inglaterra específicamente a esta función. Así bien, como ATV tampoco podría cubrir el evento con sus propios equipos se vio obligado a alquilar la cantidad de equipos necesarios para cubrir los estándares exigidos, fue así que se decidió hacer contrato con la empresa inglesa GEARHOUSE (<http://www.gearhousebroadcast.com>) empresa dedicada al alquiler y/o venta de equipos o servicios, como en este caso.

El mundial del fútbol sub-17 Perú-2005 tendría una duración de 20 días aproximadamente, iniciándose el 16 de Septiembre y finalizando el 2 de octubre.

Ante tamaña magnitud del evento, la empresa ATV decidió que todo el personal a cargo debería estar 5 días antes del inicio de las actividades deportivas en la sede de Piura, pues había que instalar el “Control Maestro” desde cero, como probar y resolver algunos inconvenientes que se podían presentar durante los partidos, tales como fallas a causa de la temperatura debido al fuerte calor, corriente eléctrica, locacion del transmisor satelital, capacitación de operadores, etc. Fue así que el día 11 de septiembre por la mañana llegamos a nuestra sede, posteriormente realizamos un reconocimiento del estadio, sobre todo para conocer cual sería la mejor área de trabajo para la instalación de los equipos, pues tampoco queríamos interferir al momento en que el publico ingresaría al estadio.

Los detalles mas específicos se desarrollaran a lo largo del informe.

CAPITULO I

1.- ORIGEN DE LA TELEVISION

La televisión nace a partir de una serie de fenómenos e investigaciones simultáneas pero desarrolladas aisladamente. El original descubrimiento de la “Foto Telegrafía” a mediados del siglo XIX (la palabra Televisión no sería usada sino hasta 1900), debe sus avances y desarrollo a varios investigadores que experimentaron con la transmisión de imágenes vía ondas electromagnéticas.

De todos los que contribuyeron con sus estudios de foto telegrafía, sin duda los más importantes fueron el ingeniero alemán Paúl Nipkow, quien en 1884 patentó su disco de exploración luminica, más conocido como disco de Nipkow; John Logie Baird, escocés quien en 1923 desarrolla y perfecciona el disco de Nipkow a bases de células de selenio; A los norteamericanos Herbert Ives y Charles Jenkins, quienes se basaron en Nipkow; y al ruso inmigrante a USA, Vladimir Sworykin, gestor del tubo Iconoscopio para lograr transmisiones de imágenes de manera electrónica.

Las primeras transmisiones experimentales nacieron a la vida en USA. Fue en Julio de 1928 cuando desde la estación experimental W3XK de Washington, JENKINS comenzó a transmitir imágenes exploradas principalmente de películas con cierta regularidad y con una definición de 48 líneas.

En el año 1929, la BBC (British Broadcast Co.) de Londres manifestó cierto interés en las investigaciones de Logie Baird luego de que este en 1928 había logrado transmitir imágenes desde Londres hasta New York. Además de demostrar también

experimentalmente la posibilidad de la TV en color, la TV exterior con luz natural y la TV en estereo, todo ello desde luego, en forma muy primitiva.

La BBC en 1929, aseguro un servicio regular de transmisión de imágenes con cierto desgano, debido a que no veía en el nuevo invento alguna utilidad práctica. Pese a ello las transmisiones oficiales se iniciaron el 30 de Septiembre de 1929.

No fue sino hasta los años 50's en que la televisión se convertiría en el medio de comunicación por excelencia.

Como vimos su historia se remonta a varias décadas anteriores, pero la autentica revolución que se dio en los 50`s no es comparable con ningún otro sistema de comunicación.

1.1 Reseña Histórica de la Televisión .- La aparición de la televisión en nuestro país se remonta a los años 50, pero su estructura tecnológica actual se remota en la mayoría de los canales de TV a los tempranos años 80 con excepciones honrosas de los canales FRECUENCIA LATINA (Canal 2), ATV (Canal 9) y AMERICA TELEVISION (Canal 4) que ya están migrando a formatos digitales, logrando así una mejor dinámica en el proceso de producción, sin perdidas significativas de calidad.

De todas formas la primera prueba televisiva se hizo en el Perú el 21 De Octubre de 1939, gracias a la ayuda de la **comisión de Televisión del Instituto de Investigación Científica de los correos de Alemania**. En Aquella ocasión se transmitieron audio y video de una presentación artística, desde el salón de actos del colegio “Nuestra Señora De Guadalupe” a varias casas vecinas.

Casi dos décadas mas tarde el 11 de abril de 1955, se produjo una nueva transmisión de esta naturaleza durante el gobierno del Gral. Manuel A. Odría. Dos años después el Ministerio de Educación del Perú, con colaboración de la UNESCO, acordó instalar un canal educativo en la escuela de electrónica donde comenzaron las emisiones de programas de adiestramiento en electrónica.

El 17 de Enero de 1958 se inauguro oficialmente CANAL 07 (TV Perú en la actualidad) apareciendo bajo la denominación de “Garcilazo de la vega AODT-Canal 07”. El canal 07 Televisión Nacional del Perú, fue la primera señal que apareció en el Perú así como también fue el primer canal que transmitió en color y el primero que hizo uso de la vía satélite. Posteriormente en diciembre, la compañía Peruana de radiodifusión S.A. inauguro el Canal 04. En 1959 salio al aire Panamericana Televisión Canal 13 (Hoy canal 05).

Dos de las cadenas mas significativas fueron Andina de Radiodifusión (Canal 9) y Latinoamericana de Radiodifusión (Canal 2), posteriormente aparecieron Red Bicolor De Comunicación (RBC Canal 11) y Canal 13 hoy Red Global, quienes hicieron su aparición al aire en la década del 80.

Actualmente existen 105 canales de televisión en el Perú a nivel nacional, de las cuales 22 corresponden a la capital, Lima. En lo que se refiere a receptores de televisión, en 1997 había 3060 en todo el país, y 126 por cada mil habitantes.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA TELEVISIÓN

2.1 Señal de video

Las imágenes en movimiento están formadas por gran cantidad de fotogramas con cierta continuidad, que al ser mostradas una detrás de otra, a una determinada velocidad (las películas suelen tener 25 fotogramas por segundo) producen en el ojo humano la sensación de movimiento. Estos fotogramas son registrados en una película; que para poder transmitirlos hay que convertirlos a algún soporte que sea fácilmente transportable.

La forma mas fácil de transmitir imágenes es mediante señales eléctricas, como ya vimos en la reseña histórica, por lo que se decidió convertir esta información en impulsos eléctricos. Esta conversión se puede realizar de diferentes formas. Se pueden mencionar cuatro sistemas de conversión que han llegado a ser estándares dentro de sus zonas de influencia.

- **NTSC** : National Television System Comité usado en EEUU; emite a 30 imágenes por segundo. Definición vertical de 525 líneas.
- **SECAM** : Sequential Couleur Avec Memoire usado en Francia; emite a 25 imágenes por segundo.
- **PAL**: Phase Alternation Line usada en algunos países Europeos; emite a 25 imágenes por segundo. Definición vertical de 625 líneas.

- **HDTV:** High Definition Televisión o TV de Alta Definición con tasa de muestreo con 60 Hz, definición vertical de 1125 líneas y horizontal entre 600 y 700 líneas.

2.2 Señal De Video Compuesta.- Compuesta significa que se origina por partes diferentes o desiguales. La señal de video compuesta incluye tres partes separadas: (1) La señal de Luminancia, (2) los pulsos de sincronización Horizontal, Vertical y (3) Los pulsos de blanqueo. Estas tres señales se combinan de tal manera que forman la señal de video compuesta o total.

2.3 Teoría del color

En esencia, un transmisor de televisión a color es idéntico al transmisor de blanco y negro, excepto que se utiliza una cámara de color para generar la señal de video. Con las emisiones a color, todos los colores se generan mezclando diferentes cantidades de *tres colores primarios*: rojo, azul y verde los cuales no se deben confundir con los *tres pigmentos primarios*: cian, magenta y amarillo. Una cámara de color es en realidad tres cámaras en una, cada una con señales de salida de video separadas. Cuando se explora una imagen, se utilizan tubos de cámara independientes para cada uno de los colores primarios. La cámara roja produce una señal de video R, la cámara verde genera la señal de video G y la cámara azul la señal de video B. Las señales de video R, G y B se combinan en un codificador para generar la señal de color compuesta, la cual, cuando se combina con la señal de luminancia, modula en amplitud la portadora de RF.

La figura 1 muestra una configuración de espejos que pueden usarse para dividir una imagen en los tres colores primarios. Los espejos *cromáticos* reflejan luz de todos los

colores. Los espejos *dicroicos* están cubiertos para reflejar luz de solo una frecuencia (color) y permitir que pasen otras frecuencias (colores). La luz reflejada de la imagen pasa por una sola lente de la cámara, se refleja por dos espejos acromáticos y pasa por una lente relevadora. Los espejos dicroicos A y B se montan en ángulos de 45-opuestos. El espejo A refleja la luz roja, en tanto que la luz azul y verde pasa directamente por el espejo B. El espejo B refleja la luz azul y permite que la luz verde pase. En consecuencia, la imagen se separa en frecuencias de luz roja, verde y azul. Una vez separadas, las tres señales de frecuencias de color modulan sus tubos de cámara respectivos y generan las señales de video R, G y B.

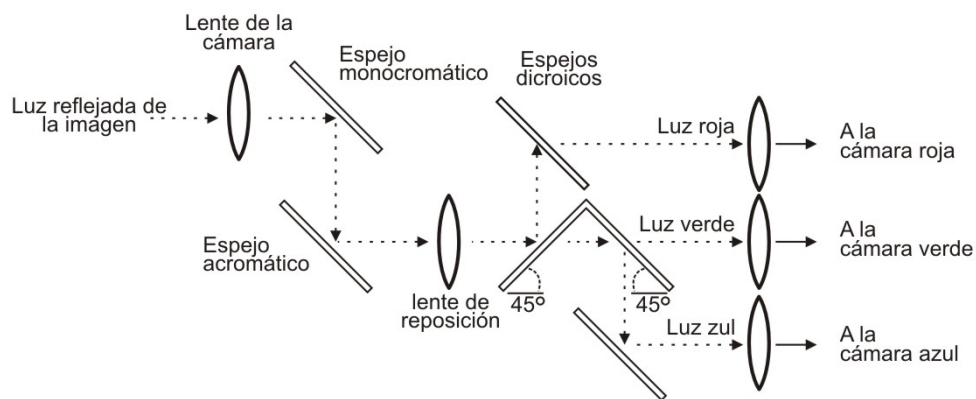


Fig.1 Creacion de la Señal RGB.

2.4 Codificación del color

La figura 2 muestra un diagrama de bloques simplificado para un transmisor de televisión a color. Las señales de video R, G y B se combinan en proporciones específicas en la *matriz de color* a fin de generar la brillantez (luminancia) y señal de video Y las señales de video cromáticas (color) I y Q. La señal de luminancia corresponde a una señal de video monocromática. Las señales de color I y Q modulan en amplitud una subportadora de color de 3,58Mhz para producir la señal de color

total, C. La señal I modula la subportadora directamente en el modulador balanceado I, mientras que la señal Q modula una subportadora de cuadratura (90° fuera de fase) en el modulador balanceado Q. Las señales moduladas I y Q se combinan en forma lineal para producir una señal de modulación en amplitud cuadratura (QAM), C, la cual es una combinación de la modulación de amplitud y de fase. La señal C se combina con la señal Y para producir la señal de video compuesta total (T).

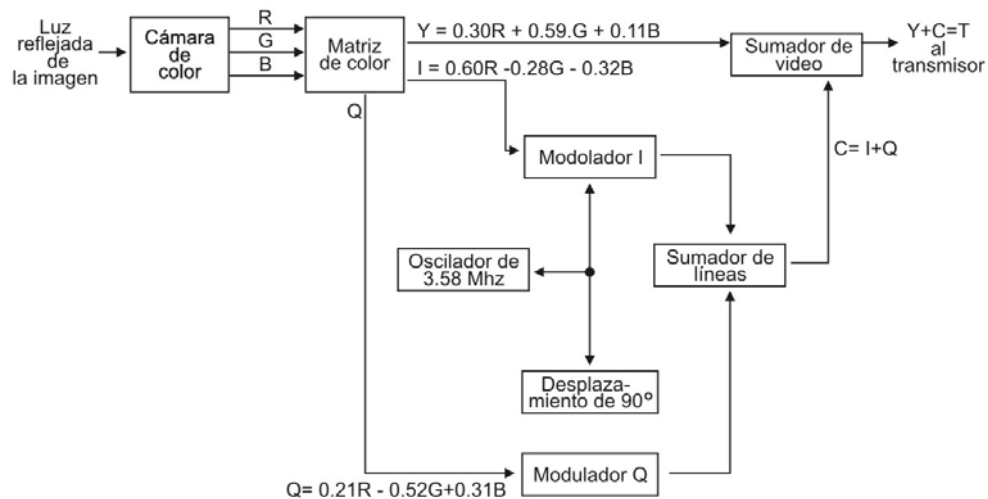


Fig.2 Diagrama De Bloques de Transmisor a Color

2.5 La Señal De Luminancia. La señal de luminancia o Y se forma combinando 30% de la señal de video R, 59% de la señal de video G y 11% de la señal de video B. En términos matemáticos, Y se expresa como

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B.$$

Los porcentajes que se muestran en la ecuación corresponden a la brillantez relativa de los tres colores primarios. En consecuencia, una escena reproducida en blanco y negro por la señal Y tiene exactamente la misma brillantez que la imagen original. **La figura 3** muestra como el voltaje de la señal Y se compone de varios valores de R, G y B.

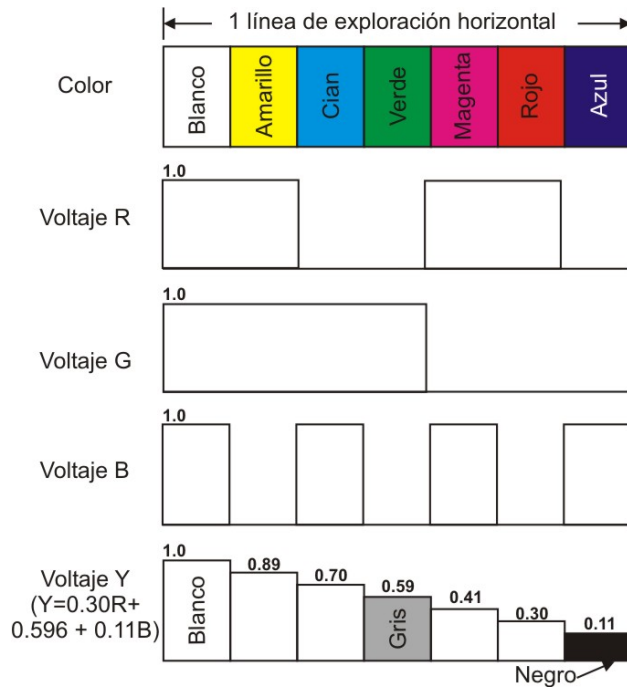


Fig.3 Valores De Luminancia Relativos Correspondientes a cada Color.

La señal Y tiene una máxima amplitud relativa de unidad o 1, la cual es 100% blanca. Para los máximos valores de R, G y B (1V cada uno), el valor de brillantez se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$Y = 0.30(1) + 0.59(1) + 0.11(1) = 1$$

Los valores de voltaje para Y que se ilustran en la FIGURA 3 son los valores de luminancia relativos que corresponden a cada color. Si solo se utiliza la señal Y para reproducir el patrón en un receptor, aparecerá en el CRT como siete barras monocromáticas sombreadas desde el blanco en la izquierda a gris en el centro y negro a la derecha. La señal Y se transmite con un ancho de banda de 0 a 4 Mhz. Sin embargo, casi todos los receptores limitan la banda de la señal Y a 3,2MHz a fin de

minimizar la interferencia con la señal de color de 3.58MHz. La señal I se transmite con un ancho de banda de 1,5MHz, mientras que la señal Q es transmitida con un ancho de banda de 0,5MHz. No obstante, casi todos los receptores limitan las señales I y Q a un ancho de banda de 0,5MHz.

2.6 La Señal de Crominancia.- La señal de crominancia o C es una combinación de las señales de color I y Q. La señal I o señal de color en fase se genera combinando 60% de la señal de video R, 28% de la señal de video G invertida y 32% de la señal de video B invertida. En términos matemáticos I se expresa como:

$$I = 0.60R - 0.28G - 0.32B$$

La señal Q o señal de color en cuadratura se genera combinando el 21% de la señal de video R, 52% de la señal de video G invertida y 31% de la señal de video B.

Matemáticamente, Q se expresa como:

$$Q = 0.21R - 0.52G + 0.31B$$

Las señales I y Q se combinan para producir la señal C y debido a que las señales I y Q están en cuadratura, la señal C es la suma de generador de fases de las dos (es decir, que la magnitud de $C = \dots\dots\dots$ y la fase es el $\tan^{-1} Q/I$). Las amplitudes de las señales I y Q son, en cambio, proporcionales a las señales de video R, G y B.

La **figura 4** muestra la ruleta de colores para la radiodifusión de televisión. Las señales R-Y y B-Y se utilizan en la mayor parte de los receptores de televisión a color para remodular las señales de video R, G y B.

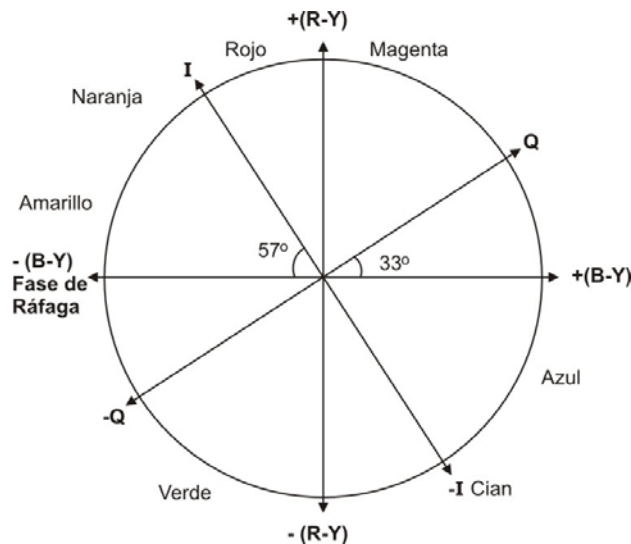


Fig.4 Ruleta De Colores Usada Para Radiodifusión TV Standar.

En el receptor, la señal reproduce colores en proporción a las amplitudes de las señales I y Q. El matiz (tono del color) se determina por la fase de la señal C y la profundidad o saturación es proporcional a la magnitud de la señal C. La parte exterior del círculo corresponde al valor relativo de 1.0

2.7 Frecuencias De Exploración Para La Transformación a Color

La frecuencia de la subportadora de colores determina las relaciones armónicas entre la subportadora de color y las razones de exploración horizontal y vertical. El valor exacto para la subportadora de color es 3,579545 Mhz. La subportadora de sonido es (4.5 Mhz) es la 286 armónica de la frecuencia de la línea horizontal. Por tanto, la razón de la línea horizontal (Fh) para la transmisión de color no es exactamente 15,750 Khz. Matemáticamente Fh es:

$$F_h = 4,5 \text{ Mhz} / 286 = 15,734.26 \text{ Hz}$$

El valor exacto de la razón de la exploración vertical (Fv) es:

$$F_v = 15,734.26 / 262.5 = 59.94 \text{ Hz}$$

La frecuencia de la subportadora de color (C) se elige como la 455 armónica de la mitad de la razón de exploración horizontal. Por consiguiente:

$$C = (15,734.26 / 2) * 455 = 3.579545 \text{ Mhz.}$$

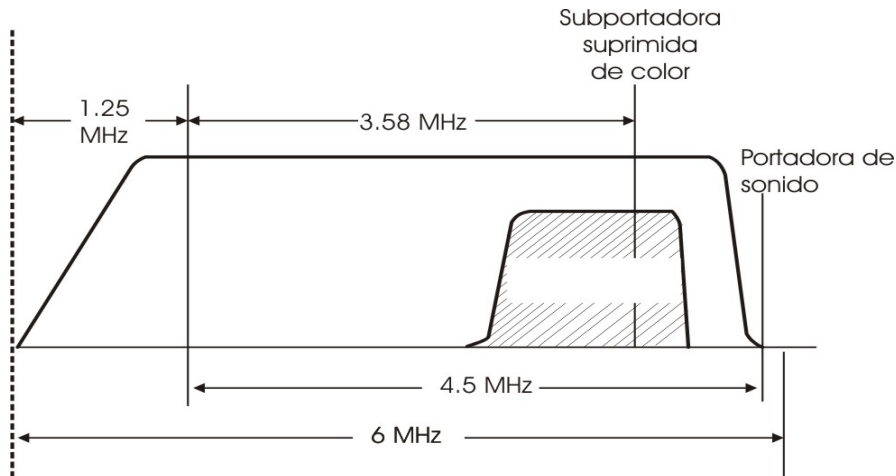


Fig. 5 Espectro de frecuencia de RF compuesta para la radiodifusión de televisión a color.

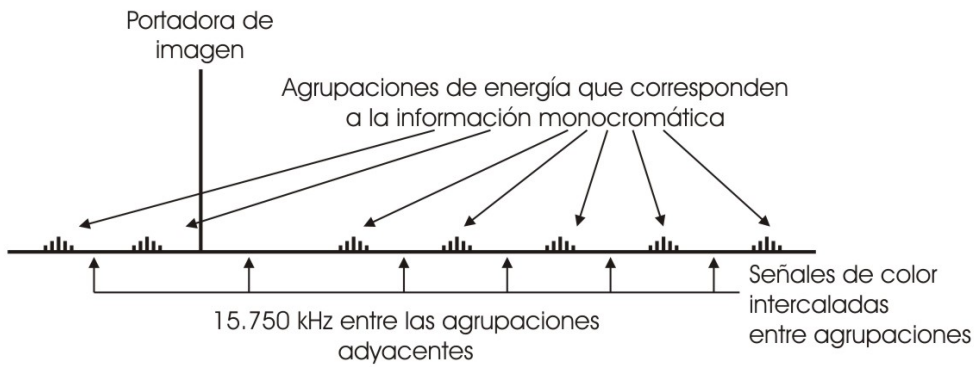


Fig. 6 Intercalación de frecuencia de señales de color y luminancia.

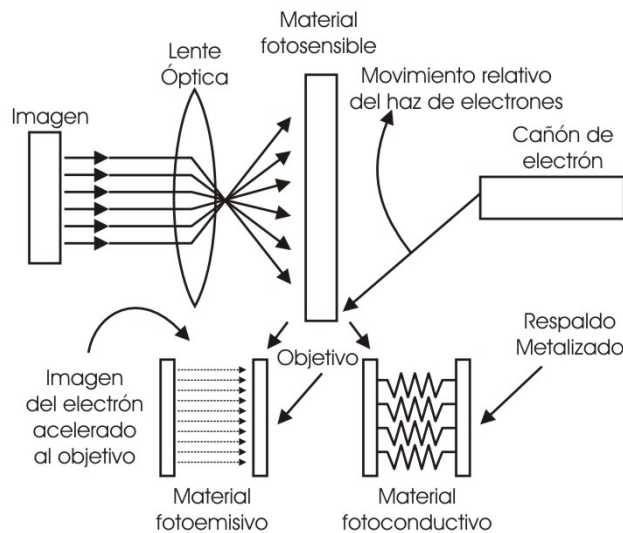


Fig.7 Diagrama Simple De Cámara De TV en Blanco y Negro.

2.8 Exploracion

Para generar la imagen completa, debe explorarse toda la superficie del tubo de la cámara, esto se llama *exploración horizontal*.

Toda la imagen se explora en una serie de líneas horizontales siguiendo una secuencia, una debajo de otra. El haz de exploración que origina la porción activa de la exploración a partir de la esquina izquierda superior y se mueve diagonalmente hacia el extremo derecho (línea *A-B*). Esto se denomina porción activa de la línea de exploración porque este es el momento en el cual la imagen se convierte en señales eléctricas. Una vez que el haz a alcanzado el extremo derecho de la superficie fotosensible, se regresa o retrasa de inmediato al lado izquierdo (punto C). El tiempo de regreso se llama *retrazo horizontal o fly back*. Cuando el haz de electrones de exploración alcanza la porción derecha inferior de la superficie fotosensible (punto Z), el haz regresa a la izquierda superior (punto A) y la secuencia se repite. El tiempo

de retorno se llama *Tiempo de retraso vertical*. Mientras que el haz se esta retrazando del lado izquierdo al derecho de la imagen y de abajo a arriba, se apaga o pone en blanco. Así no se genera ninguna señal de video durante los tiempos de retraso horizontales o verticales. Las porciones activas y en blanco de una exploración horizontal sencilla constituyen una línea de exploración horizontal completa.

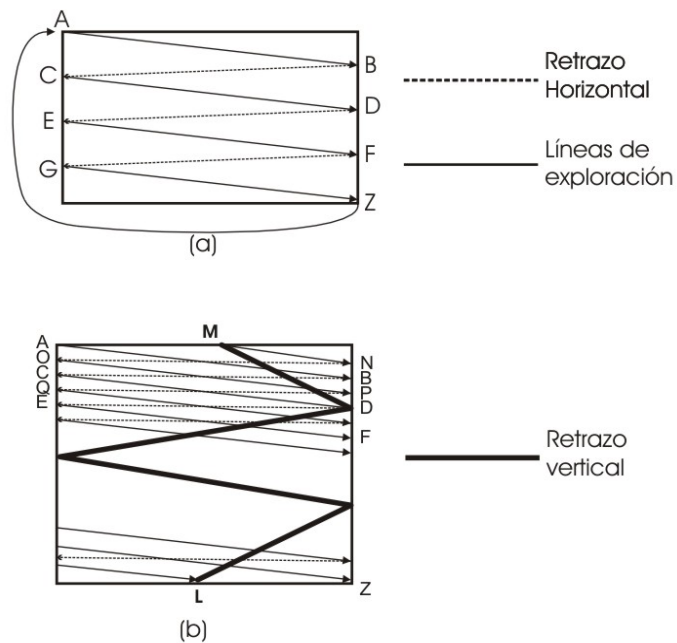


Fig.8(a) Exploración Secuencial.

Fig.8(b) Exploración Entrelazada.

2.9- Pulsos de Sincronización

Para reproducir la imagen original, las razones de exploración horizontal y vertical en el receptor deben ser iguales a las de las cámaras. Además, las líneas de exploración en la cámara y el receptor deben iniciarse y terminar en una sincronización de tiempo exacta. En consecuencia, un pulso de sincronización horizontal de 15,734,26 Hz y un

pulso de sincronización vertical de 60 Hz se agregan a la señal de luminancia en el transmisor. Los pulsos de sincronización se originan en el receptor y se usan para sincronizar sus circuitos de exploración.

La **figura 9**, nos muestra los pulsos sincronizados horizontal y vertical para los campos pares e impares. Un campo nuevo se explora una vez cada $1/60$ s. Por tanto, el tiempo entre los pulsos de sincronización vertical es $1V$, donde $V = 1/60$ s o $16,7$ ms. El tiempo entre los pulsos sincronizados horizontales es $1H$, donde $H = 63,5$ us. $1V$ es tiempo suficiente para explorar $262,5$ líneas horizontales ($1/15,734,26 = 63,5$ us y $16,7$ ms/ $63,5$ us= $262,5$). Cada pulso sincronizado horizontal genera una forma de onda de exploración horizontal y cada pulso sincronizado vertical produce una forma de onda de exploración vertical.

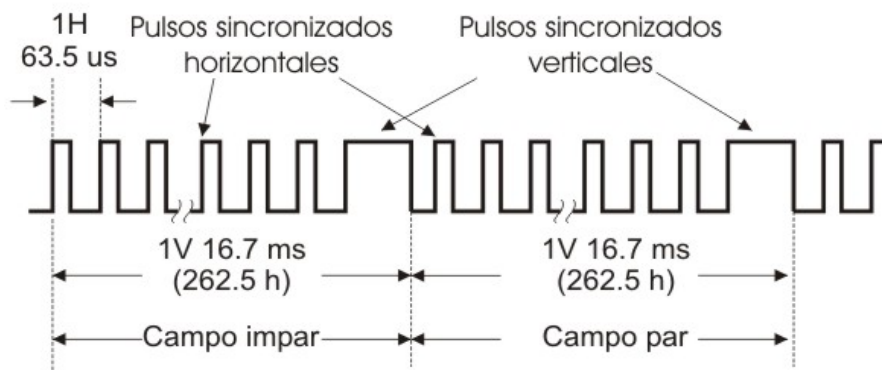


Fig. 9 Pulsos De Sincronía Horizontal y Vertical.

2.10 Pulsos de Blanqueo

Los pulsos de blanqueo *blanking*, son señales de video que se agregan a la luminancia y a los pulsos de sincronización con la amplitud correcta para asegurar que el receptor sea blanqueado durante los tiempos de retrasos verticales y horizontales. La imagen no se explorara por la cámara durante el retraso y por consiguiente ninguna información de luminancia será transmitida para esos tiempos. Los pulsos de blanqueo son en esencia señales de video con amplitudes que no producen ninguna luminancia (brillantez) en el CRT (Catode Ray Tube o Tubo De rayo Catodico). Los pulsos sincronizados horizontal y vertical tienen lugar durante sus tiempos de blanqueo respectivos.

2.10.1- Tiempo de blanqueo horizontal

La **figura 10** muestra el tiempo de blanqueo para una línea de exploración horizontal sencilla. El tiempo total de blanqueo es aproximadamente de $0.16H$ o 9.5 us . En consecuencia, el tiempo activo (visible) para una línea horizontal es $0.84H$ o de 52 a 54 us aproximadamente. La **figura 10** muestra que el pulso sincronizado no ocupa el tiempo de blanqueo total. El ancho del pulso sincronizado verdadero es aproximadamente de $0.08H$ o 4.25 a 5.25 us . El tiempo entre el comienzo del tiempo de blanqueo y el borde delantero del pulso sincronizado recibe el nombre de *entrada frontal* y es de aproximadamente $0.02H$ con un tiempo mínimo de $1,27 \text{ us}$. El tiempo entre el borde atrasado del pulso sincronizado y el final del tiempo de blanqueo se denomina *entrada trasera* y es de $0.06H$ aproximadamente con un tiempo mínimo de 3.81 us .

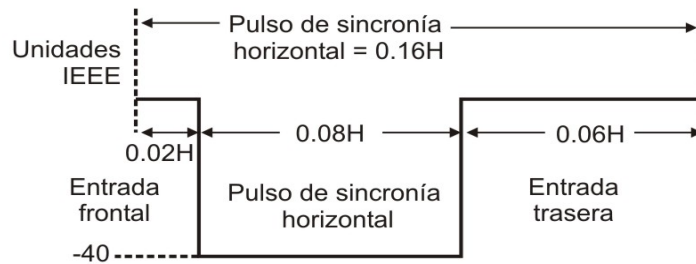


Fig.10 Tiempo De Blanqueo Horizontal

2.10.2- Tiempo De Blanqueo Vertical

La **figura 11** muestra los primeros $10H$ del pulso de blanqueo vertical para una forma de onda de transmisión negativa. La figura muestra que todo el pulso de blanqueo esta abajo del nivel del negro de referencia (debajo de 7.5 unidades IEEE). Cada pulso de blanqueo vertical comienza con seis pulsos ecualizadores, un pulso de sincronización vertical y seis pulsos mas ecualizantes.

Los pulsos ecualizantes aseguran una transición suave y más sincronizada entre los campos pares e impares. El rango del pulso ecualizante es de 31.5 Khz., lo cual es el doble del rango de la exploración horizontal. Por consiguiente, cada pulso para ecualización ocupa $1/2H$, y los 12 pulsos ocupan un tiempo total de $6H$.

PERIODO	TIEMPO
Línea horizontal	1 H 63.5 us
Blanqueo horizontal	0.16 H 9.5- 11.5 us
Pulso de sincronía	0.08 H 4.75 +/-0.5 us
Entrada frontal	0.02 H 1.27 us mínimo
Entrada trasera	0.06 H 3.81 us mínimo

Fig11. Tiempo De Los Pulsos

El pulso sincronizado vertical ocupa el tiempo de 3H. Los dientes de sierra en el pulso sincronizado vertical aseguran que el receptor mantenga una sincronización horizontal durante el tiempo de retraso vertical.

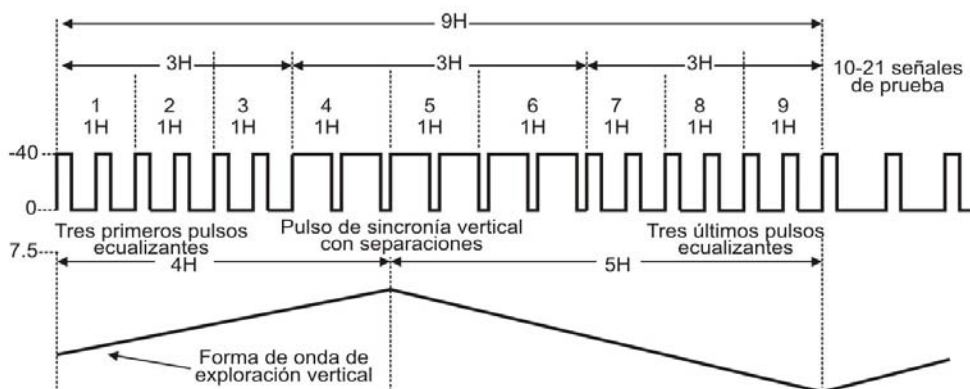


Fig. 12 Pulso De Blanqueo Vertical.

CAPITULO III

EL FORMATO MÁS POPULAR: BETACAM

Para tener una mejor comprensión de este informe debo empezar explicando que es el formato BETACAM DIGITAL, para ello debemos comprender qué es el formato BETACAM, su uso y por qué es ampliamente preferido a nivel mundial.

Comenzaremos mencionando que el primer formato en carrete magnético ampliamente usado fue el U-MATIC $\frac{3}{4}$ de pulgada SONY, introducido en 1972. Aunque inicialmente fue introducido como formato institucional y para el hogar es por sus desventajas, especialmente su carrete de gran tamaño, que es adaptado únicamente al trabajo profesional. Debido a que su calidad estaba limitado a solo 260 líneas de resolución (nitidez) nunca fue considerado como de alta calidad incluso después que su resolución fuera aumentado a 330 líneas, pero aun así revoluciono el campo de la producción televisiva, reemplazando al formato usado hasta entonces para labores de campo, que era la cinta para cinematografía de 16 pulgadas.

3.1 Betacam

Es una familia de formatos de vídeo profesional de media pulgada (1/2") creada por Sony en los 80. Todos los formatos usan el mismo tipo de cinta magnética, que es lo que define a Betacam, con idéntico tamaño, ancho de cinta y forma de enhebrado. Las cintas tienen dos tamaños distintos: S y L (Small y Large). Las cámaras Betacam sólo admiten el tamaño S. El primer formato 'Betacam' fue lanzado en 1982. Es un sistema analógico de vídeo por componentes, que almacena la luminancia (Y) en una pista y la crominancia (Y-R, Y-B) en otra distinta. La separación de las señales proporciona

una calidad suficiente para un entorno broadcast y 300 líneas verticales de resolución. El Betacam original utiliza cintas magnéticas de óxido, que son exactamente las mismas que su versión doméstica, el Betamax, creado también por Sony en 1975. La cinta Betacam usa una señal por componentes y una mayor velocidad de paso de cinta, lo que proporciona mejor calidad de audio y vídeo en cuanto a su predecesora la cinta Betamax, que grababa en señal compuesta.

3.2 Betacam SP

Fue creado en 1986, y mejoraba su resolución a 340 líneas verticales y añadía dos pistas de audio. Betacam SP (SP significa "Superior performance", es decir, "rendimiento superior") se convirtió en el estándar de vídeo para las cadenas de televisión y la producción de gama alta hasta la entrada de los formatos digitales a partir de mediados de los 90. Aunque los tamaños y duraciones de cinta son iguales a su predecesor (30 minutos), las cintas de Betacam SP usan metal evaporado en lugar de óxido, de menor calidad, por lo que no se puede utilizar el mismo soporte. En la práctica hay una variación en la duración de las cintas en PAL, puesto que las marcas comerciales indican la duración para NTSC.

Toda la gama Betacam está diseñada para ser compatible entre sí, pero sólo con versiones anteriores y generalmente en lectura. Esto significa que un equipo Betacam SP podrá leer (sólo leer) cintas Betacam, pero no podrá grabar con ellas y Betacam no podrá leer Betacam SP. Según Sony ha ido incorporando formatos con el sistema Betacam ha ido manteniendo esta compatibilidad. Por tanto existen magnetoscopios MPEG IMX que leen Betacam, Betacam SP, Betacam Digital, Betacam SX y MPEG IMX. Esta es una de las grandes ventajas que han permitido el éxito de la gama

Betacam, puesto que no hace necesario repicar/convertir el archivo guardado en versiones antiguas.

Las primeras videocámaras Betacam venían acompañadas de un magnetoscopio reproductor. Los primeros modelos fueron la BVP-3, que usaba 3 tubos Saticon, y la BVP-1, con un único tubo Trinicon de 3 bandas. A pesar de venir acompañadas por un magnetoscopio (BVW-1), son equipos camcorder, es decir, cámaras con magnetoscopio incorporado. En un principio Betacam estaba concebido sólo como formato de captación ENG. Para montar se usaban editoras A/B ROLL que reproducían Beta y grababan C-1" o U-Matic. Además, la primera gama de equipos incluía un reproductor portátil (BVW-20) con monitor en color, lo que permitía comprobar la imagen in situ. Al contrario que el BVW-10, no llevaba incorporado un TBC (Time Base Corrector).

Con el éxito de Betacam como formato para informativos, la gama pronto incluyó el reproductor de estudio BVW-15 y el magnetoscopio grabador BVW-40. El BVW-40 fue el primer equipo que permitió la grabación y edición en Betacam y, por tanto, por componentes.

Los primeros años hubo críticos que afirmaban que Betacam era inferior a los formatos C y B, los estándares del audiovisuales en los 70 y 80. Además existía una importante limitación en la duración de las cintas, que duraban sólo media hora. Sony respondió creando el Betacam SP que incorporaba no demasiadas novedades en cuanto al formato en sí, pero que añadía importantes variaciones en cuanto al

magnetoscopio, con grandes mejoras en calidad, características, y con la novedad del tamaño L de cinta, que permitía grabar más de 90 minutos en un único soporte.

Más tarde se incorporó a la gama de trabajo de campo el BVW-50, que grababa y reproducía cintas L y que se mantuvo durante una década, y casi sin variaciones, con el estándar más vendido.

Hasta la incorporación de la cámara BVW-400, el magnetoscopio iba adosado a la cámara (docking system), lo que permitía cambiarlo por otro. La BVW-400 fue el primer modelo con magnetoscopio integrado, lo que restaba flexibilidad, pero también muchísimo peso, algo esencial en trabajo ENG (La captación electrónica de noticias o ENG, del inglés Electronic News Gathering. Es el equipo, compuesto por un operador de cámara, un operador de sonido y un periodista que salen a obtener noticias a la calle). De hecho, los modelos integrado son los que se han consolidado en el mercado.

3.3 Betacam Digital

Betacam Digital (conocido también como Digi Beta y DBC) fue lanzado en 1993. El sistema venía a suplantar a Betacam y Betacam SP, aunque en la práctica han convivido y siguen conviviendo por cuestiones prácticas y económicas. A la vez Betacam Digital fue la primera apuesta económica de Sony en digital, ofreciendo alta calidad a un precio aceptable. Las cintas S llegan a los 40 minutos y las L hasta 124 minutos de duración.

Betacam Digital graba usando una señal de vídeo por componentes comprimida con el algoritmo DCT (el ratio de compresión es variable, normalmente alrededor de 2:1). Su profundidad de color es de 10 bit y su frecuencia de muestreo es 4:2:2 en PAL (720x576) y NTSC (720x486), con el resultado de un bit rate de 90 Mb/s. En cuanto a sonido proporciona 4 canales de audio PCM a 48 KHz y 20 bits. Incluye dos pistas longitudinales para control track y código de tiempo.

Betacam Digital es considerado tradicionalmente el mejor formato de vídeo digital de resolución estándar (SD). En general es usado como formato de cinta para masters y trabajos de calidad media-alta, especialmente postproducción y publicidad, aunque algunas empresas lo usan para cualquier cometido. Es más caro que otros como el DVCAM y el DVCPRO, pero proporciona mayor calidad. Panasonic tiene un formato algo parecido, el DVCPRO 50.

Otro factor que contribuyó al éxito del Beta Digital es la incorporación en los magnetoscopios de la conexión digital SDI, de tipo coaxial. Las empresas podían usar un formato digital sin necesidad de renovar todo el cableado coaxial previo.

Características técnicas de Betacam Digital

- Sistema Digital SD. Por componentes
- Frecuencia de muestreo 4:2:2
- Algoritmo DCT intraframe
- Ratio de compresión 2:1
- Bitrate 90 Mb/s
- Profundidad de color 10 bits

- Ancho de cinta 1/2"
- Canales de audio 4 canales PCM
- Muestreo de audio 48 KHz / 20 bits

3.4 Betacam SX

Es un formato digital creado en 1996, con la idea de ser una alternativa más barata al Betacam Digital, especialmente para trabajos ENG. Comprime la señal por componentes usando MPEG-2 4:2:2 , con 4 canales de audio PCM a 48 KHz y 16 bits. Betacam SX es compatible con cintas de Betacam SP. El tamaño S guarda hasta 64 minutos y el tamaño L, hasta 194.

Al crear el formato, Sony ideó una serie de camcorders híbridos, que permitían grabar tanto en cinta como en disco duro, así como un repicado a alta velocidad. Así se ahorra desgaste de los cabezales de vídeo y se aceleraba la captura de cara a la edición no lineal. También incorporó el good shot mark, que permitía incorporar marcas en la cinta. El equipo podía acceder rápidamente a estas marcas y reproducirla.

MPEG IMX es una variante creado en 2001. Utiliza, al igual que Betacam SX, una compresión MPEG, pero con un bitrate superior. Comparte la norma CCIR 601, con hasta ocho canales de audio y una pista de código de tiempo. Carece de una pista analógica de control track como el Betacam Digital, pero puede usar la pista 7 de audio para este cometido. Es un sistema de vídeo por componentes comprimido con el MPEG-2 4:2:2. Permite tres niveles de bitrate distintos: 30 Mb/s (compresión 6:1), 40 Mb/s (compresión 4:1) y 50 Mb/s (compresión 3,3:1).

Con los magnetoscopios IMX, Sony introdujo dos nuevas tecnologías: SDTI y e-VTR. SDTI permite que vídeo, audio, TC y control remoto viajen por un sólo cable coaxial. e-VTR hace que los mismo datos puedan ser trasmitidos por IP a través de una conexión ethernet. También incluye la función good shot mark de Beta SX. Las cintas de tamaño S graban hasta 60 minutos y las de tamaño L, hasta 184 minutos.

3.5 HDCAM

Creado en 1997, es una versión de Alta definición (HD) de la familia Betacam, y mantiene la misma cinta de 1/2 pulgada. Utiliza una frecuencia de muestreo 4:2:2 y 8 bits de profundidad de color en vídeo por componentes. Este formato, al tratarse de HD, permite grabar en resoluciones superiores, a 720 y 1080 líneas. Además, como está destinado al cine, además de a los habituales 50 y 60 frames por segundo, PAL y NTSC respectivamente, graba a una velocidad de 24 fps, la misma que se usa en cine con soporte fotoquímico. Además puede realizar exploración progresiva, además de la exploración entrelazada tradicional de vídeo. Su bitrate de vídeo es 144 Mb/s. En cuanto a audio graba 4 canales de audio AES/EBU a 48 KHz y 20 bits.

HDCAM SR es una variación del anterior creada en 2003. Utiliza una cinta con alta densidad de partículas que permite grabar una señal RGB con muestreo 4:4:4 a un bitrate de 440 Mb/s. Esto permite capturar una resolución máxima de 1920x1080 y hasta 12 canales de audio. HDCAM SR usa una compresión MPEG-4 Studio Profile de alta calidad que no utiliza grupos de imágenes (GOP), por lo que no da los típicos problemas de MPEG a la hora de editar y usa compresión intraframe en progresivo y compresión intracampo en entrelazado.

CAPITULO IV

TELEVISION DIGITAL

La transmisión de señales de televisión en formato digital ha supuesto un cambio significativo tanto en el ámbito tecnológico como en lo que respecta a la producción de programas y servicios que se ofrecen al espectador.

Los modernos canales digitales ofrecen una multitud de programas en un mismo paquete de televisión y han introducido nuevos conceptos como el pago por canal (*pay per channel*), el pago por programa (*pay per piew*), la reemisión periódica de los programas en diferentes franjas horarias, canales temáticos, canales guía, etc. Desde el punto de vista tecnológico. La principal ventaja de la televisión digital es que la codificación de la información de audio y video puede transmitirse en un ancho de banda menor al empleado por los sistemas analógicos. Junto con la información convencional pueden transmitirse datos de tipo texto sobre el programa (subtítulos o resumen), codificar la señal de audio en estereo o multicanal, codificar el programa en varios idiomas. Además, la calidad de imagen y sonido es superior, debido a que la naturaleza digital de las señales les proporciona cierto nivel de protección frente al ruido.

El objetivo de este capítulo es proporcionar los principios matemáticos y tecnológicos sobre los que se basa la televisión digital actual. En el proceso de transmisión y recepción de la televisión digital intervienen un gran número de subsistemas entre los que destacan:

**Sistemas de digitalización de la señal de audio y video,* Entenderemos que se trata de sistemas que digitalizan ambas señales a partir de las señales analógicas y que obtienen un formato PCM (Pulse Code Modulation) convencional sin comprimir. En el caso de la señal de audio, el formato PCM es parecido al del sistema *Compact Disk*, con una frecuencia de muestreo de 44,1KHz por canal y 16 bits por muestra. Para la señal de video el formato digital de partida suele ser alguna variante del formato ITU 601 (normalmente 4:2:2 o 4:2:0).

**Sistemas de Compresión / descompresión de la información,* La señal de video en formato ITU-601 tiene un gran volumen de datos que hacen inviable su transmisión directa. La compresión de esta información es la etapa más importante en la transmisión de video digital, ya que determina la calidad final de las imágenes que se reproducen y establece la eficiencia espectral del sistema de transmisión. Actualmente, el formato de codificación utilizado por la mayoría de proveedores es el MPEG-2, tanto en el caso de audio como en el de video, y se prevé que permanezca en el mercado por un periodo prolongado. Este estándar de codificación combina distintas estrategias, basadas tanto en la redundancia estadística de los datos como en las características de percepción del sistema visual humano. Esta específicamente diseñado para proporcionar una calidad de la señal de video suficiente para su transmisión como señal de televisión. El análisis de la señal para su codificación en tiempo real es extremadamente complejo y se requiere de un hardware dedicado a estas funciones cuyo precio es relativamente elevado. La decodificación se realiza sin que el receptor deba tomar relevantes, por lo que se trata de sistemas mas simples y relativamente económicos. La tasa de bits final que se consigue depende del tipo de

señal de video, pudiendo estar entre 2 Mbits/s o 9Mbits/s, lo que significa una compresión que oscila entre un factor de 15 a 40 respecto al formato 4:2:0.

Multiplexación / Demultiplexación de señales de video y audio y varios programas.-

La trama de bits asociada a un canal puede estar formada por varios programas , cada uno de los cuales esta constituido por una fuente de video y uno o varios canales de audio y datos. La información de audio y datos debe intercalarse entre la información de video para poder mantener una sincronía perfecta durante la reproducción. Las especificaciones y normativas para realizar esta multiplexacion de las señales están especificadas en el estándar MPEG2 Sistemas.

Transmisión / Recepción de las señales.- La transmisión de la señales de televisión digitales esta normalizada (en Europa y otras áreas geográficas) por la organización DVB (Digital Video Broadcasting). En países como Estados Unidos o Japón, donde el volumen de negocio vinculado a la television es muy importante, han aparecido sistemas propietarios ofrecidos por las plataformas productoras en los que se modifica tanto la codificacion de la señal como, sobre todo, su formato de transmisión. El DVB cubre toda la normativa de transmisión por satélite, cable y terrena y establece los procedimientos utilizados para el acceso a los programas, códigos de protección, sistemas de modulación, etc.

4.1.- Codificación y Predictores

La codificación diferencial se basa en utilizar el píxel anterior para realizar una estimación del píxel actual, con lo que obtenemos una señal diferencia cuya estadística permite realizar una codificación eficiente de la fuente. La extensión natural de la codificación diferencial son, los predictores lineales. En general, los predictores utilizan una combinación lineal de las muestras anteriores para obtener una aproximación a la muestra actual. Suelen obtenerse excelentes resultados cuando la señal puede modelarse como una superposición de señales sinusoidales y, en principio, la estimación es tanto mejor cuanto mayor es el número de muestras que se utilizan en la predicción. En codificación de audio, donde la señal depende de una única variable temporal, suelen utilizarse modelos de predicción que tienen en cuenta entre 6 y 12 muestras anteriores de la señal. Normalmente no se utiliza mayor número de muestras debido a que la correlación entre la muestra actual y las pasadas disminuye apreciablemente con el transcurso del tiempo y ya no resulta eficiente utilizarlas para estimar el valor actual de la señal. Los coeficientes del predictor se pueden calcular de antemano, conociendo las características estadísticas de la señal de audio, o calcularlos de forma adaptativa, de forma que vayan modificándose en el tiempo a medida que varían las características de la señal. Existen algoritmos eficientes para ambas alternativas.

En codificación de imagen y video, la naturaleza espacial y temporal de la señal proporciona mucha mayor libertad al diseñador para elegir las muestras de señal que se utilizaran en la predicción. Pueden tomarse las muestras anteriores correspondientes a la misma línea, las muestras de la línea anterior, las muestras de la misma posición en la imagen o el cuadro anterior, etc. Decimos que realizamos

predicción intra-trama. En la **figura 13** se muestran algunas posibles variantes del predictor diferencial en su modalidad intra-trama. Los coeficientes situados encima de la plantilla indican como se pondera la muestra en esta posición para realizar la predicción. Al igual que en el caso de las señales de audio podríamos plantearnos obtener los coeficientes óptimos para una determinada estadística de los píxeles de la imagen. Para un predictor de orden unidad (por ejemplo la codificación diferencial que hemos considerado anteriormente) puede demostrarse que el valor con el que debe ponderarse la muestra anterior viene dado por el coeficiente de correlación entre la muestra que se pretende estimar y la muestra que utilizamos para la estimación:

$$(4,15)$$

El valor de este coeficiente suele situarse muy próximo a la unidad, siendo típicos valores entre 0,99 y 0,98. Este resultado indica que el peso unidad que hemos estado utilizando hasta este momento es totalmente adecuado.

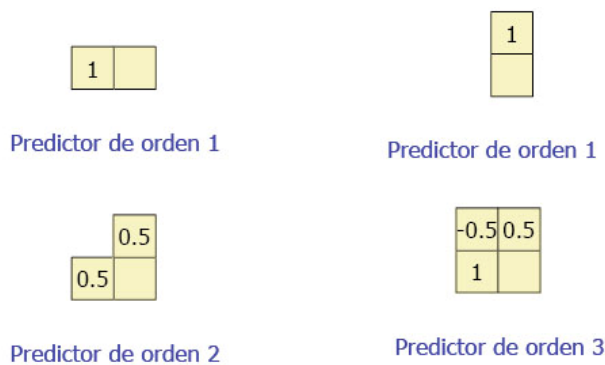


Fig. 13 Ejemplo de los predictores intra-trama

Además, debemos tener en cuenta que en tratamiento de imagen y video, el numero de muestras que deben tratarse por segundo es mucho mas elevado que en tratamiento de audio. Este hecho justifica que en muy raras aplicaciones (normalmente solo

cuando la codificación puede realizarse en tiempo diferido) se utilicen los coeficientes óptimos y que normalmente se sustituyan por números sencillos como la unidad, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, etc., cuyos cálculos pueden implementarse de forma eficiente. Los coeficiente óptimos son, en general, valores reales que dificultan excesivamente el calculo y que, en la mayoría de los casos, no justifican las mejoras que introducen.

4.2.- La transformación coseno discreta

La transformada coseno se utiliza en muchos estándares de compresión de imágenes estacionarias y de video como el JPEG y el MPEG. Las razones por las que se ha extendido su uso son muy variadas e intentaremos explicar la mas significativa en este apartado. La codificación de imagen utilizando algún tipo de transformadas es bastante popular y se extiende a otras transformaciones como Fourier, Walsh-Hadamard, Hart, Karhunen-Loeve, Wavelet, etc. Estos procedimientos de codificación se conocen con el nombre genérico de métodos transformados y se distinguen de los métodos predictivos que realizan un cambio de dominio en la representación de la imagen. La codificación mediante predicción lineal también realiza una transformación de los datos, pero en este caso, la transformación se realiza en el mismo dominio espacial o temporal de la imagen mediante las diferencias entre los elementos reales y los estimados. No pueden considerarse, por tanto, un cambio de dominio de representación de la imagen.

La codificación mediante métodos transformados y en concreto, mediante la transformada coseno, se basa en el esquema de la *figura 14*. La imagen a comprimir se divide en bloques o subimágenes de tamaño reducido sobre las que se aplica la transformación. El resultado de la transformada de cada bloque se cuantifica y

posteriormente se aplican códigos eficientes para transmitir o almacenar esta información. La compresión de imagen se produce principalmente durante el proceso de cuantificación, donde parte de la información se descarta o se cuantifica con un número de niveles muy reducido. Veremos que la información de cada subimagen puede quedar muy bien empaquetada en unos pocos coeficientes transformados, de modo que resulta suficiente con determinar que coeficientes son los más representativos y codificar la imagen usando únicamente estos elementos. Evidentemente, también existe alguna ganancia de compresión debido a la codificación de los coeficientes mediante algoritmos eficientes, aunque en ningún modo es tan significativa como la debida a la parte de cuantificación.

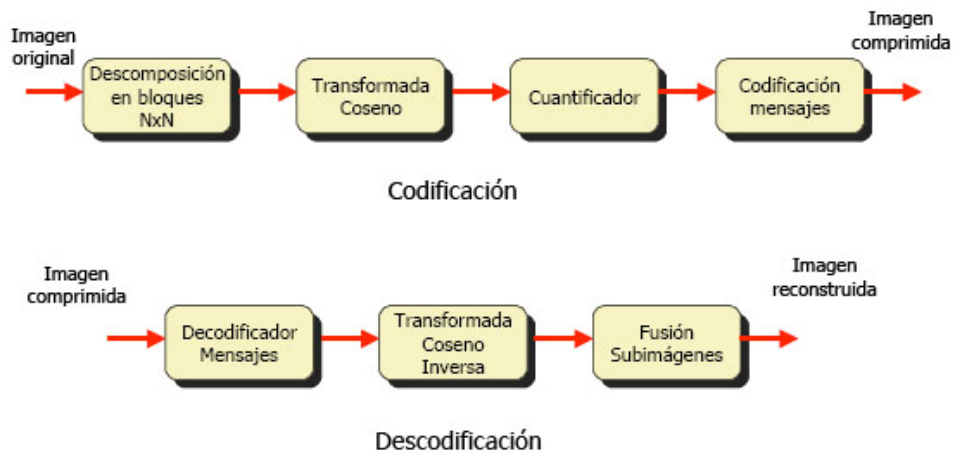


Fig.14 Proceso General De Codificación Y Decodificación Mediante Transformada De Coseno.

La decodificación de la imagen se realiza aplicando el proceso inverso: los coeficientes se decodifican y se aplica la transformada inversa, de manera que se recuperan los elementos de imagen en el dominio espacial original. Posteriormente, es necesario recomponer la imagen a partir de los bloques en los que se ha dividido

originalmente. Esta recomposición de la imagen suele ser uno de los principales problemas de los métodos transformados. En efecto, debido a la cuantificación de los coeficientes transformados, la subimagen se recupera con cierto error respecto a la original. Este error es muy crítico si se produce en los límites de las subimágenes, debido a que al fusionar todos los bloques aparecerán cambios de nivel de gris bruscos que pueden reproducir la descomposición en bloques cuando se observa la imagen descomprimida. El problema es particularmente notorio con algunas transformadas como la de Fourier o Walsh-Hadamard. La transformada coseno presenta excelentes propiedades en la codificación de los contornos de las subimágenes que, de hecho, ha sido uno de los motivos principales por los que se ha elegido esta transformada en casi todos los estándares de codificación. La transformada Wavelet, que se incorporara en estándares más recientes como el JPEG-2000 o el MPEG-4, también dispone de estas propiedades.

Otro de los aspectos cruciales en la codificación por métodos transformados es la elección del tamaño de las subimágenes. En principio es aconsejable elegir los tamaños de los bloques para que exista cierto grado de correlación entre bloques adyacentes. Otra restricción importante es que los tamaños de las subimágenes deberían ser una potencia de 2 para facilitar el uso de algoritmos rápidos en la implementación de la transformación. El factor de compresión que puede obtenerse aumenta a medida que se utilizan bloques más grandes, aunque también se incrementa la carga computacional. En la mayoría de aplicaciones pensadas para una resolución espacial similar a la de los sistemas de televisión, los bloques son de tamaño 8x8 o 16x16.

Las características principales que justifican su amplio uso en codificación de imagen con respecto a otros métodos transformados son:

4.2.1 Capacidad de compactación de la energía en el dominio transformado.

La transformada coseno discreto (*DCT-Discrete Cosinus Transform*) consigue concentrar la mayor parte de la información en unos pocos coeficientes transformados. Esto permite obtener importantes ventajas para una codificación eficiente de la imagen, puesto que basta con codificar de forma precisa estos coeficientes principales para obtener una buena representación de todo el bloque de la imagen. Debe tenerse en cuenta que la capacidad de compactación de la energía en unos pocos coeficientes es un parámetro puramente estadístico, lo que significa que siempre es posible encontrar un bloque de imagen en la que la energía en el dominio transformado este dispersada entre todos los coeficientes. No obstante, esto tiene una probabilidad de ocurrencia muy baja y no suele producirse nunca si trabajamos con imágenes naturales. La capacidad de compactación de la energía de la DCT es muy superior a la que se obtiene con las transformadas de Walsh-Hadamard, Hart y también Fourier. La transformada Karhunen-Loeve consigue una compactación óptima, aunque al precio de un elevado costo computacional. La transformada Wavelet también consigue concentrar la energía en unos pocos coeficientes, aunque en este caso, la posición de los coeficientes con mayor energía depende de la imagen.

4.2.2 Transformada independiente de los datos. Esto significa que el algoritmo es independiente del contenido de la imagen. Prácticamente todas las transformadas que hemos venido comentando son independientes de los datos, con la excepción

de la Karhunen-Loeve, donde las matrices asociadas a la transformación deben calcularse en función de las características de la propia imagen. Por este motivo, la transformada de Karhunen-Loeve es óptima en el sentido de compactación de energía.

Existen algoritmos eficientes para el cálculo rápido. Existen algoritmos análogos al de la FFT para realizar la transformación. Los algoritmos se encuentran disponibles en circuitos integrados especializados en realizar esta transformación. La restricción para poder utilizar estos algoritmos es que los bloques tengan un tamaño que sea múltiplo de una potencia de dos. Si no es así, deberán añadirse ceros a las subimágenes, aunque esto supone que aumenta notablemente el riesgo de que aparezca el efecto de bloques al decodificar la imagen.

4.2.3 Errores reducidos en los contornos de los bloques. Probablemente este es uno de los motivos principales por los que se ha elegido la DCT frente a otras transformadas. La presencia de errores de codificación muy pequeños en los límites de la subimagen es necesaria para evitar la aparición del efecto de bloques en la imagen reconstruida. Compararemos las prestaciones de la DCT con la transformada de Fourier para ilustrar esta característica.

4.2.4 Identificación e Interpretación de la frecuencia de los componentes transformados. Para aprovechar al máximo la capacidad de compresión de un método es conveniente que los coeficientes puedan interpretarse desde el punto de vista frecuencial con facilidad. Esto permite introducir

conceptos psico-visuales, permitiendo dedicar un menor numero de bits a aquellas componentes que de antemano sabemos que no resultan criticas para el sistema visual.

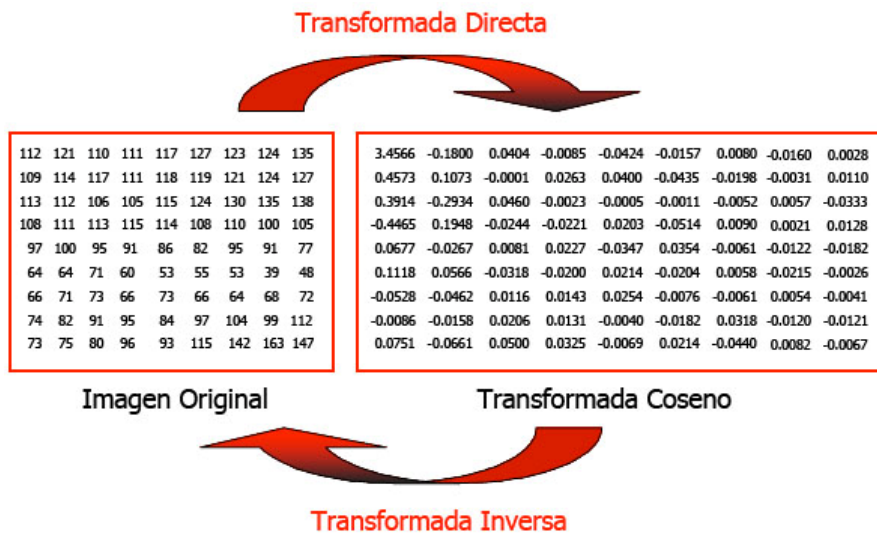


Fig. 15 Ejemplo Numerico De Una Transformada Coseno De Un Bloque De Imagen

4.3.- Codificación de secuencias de video MPEG

El éxito del Standard ISO JPEG motivo la creación de un grupo de expertos dedicados a considerar y evaluar distintas estrategias de codificación de secuencias de video digital y a promover la estandarización de metodologías adaptadas a distintos tipos de aplicaciones. EL MOVING PICTURE EXPERTS GROUP es un comité de la ISO (ISO IEC/JTC1/SC29WG11) creado en 1988 y que ha sido el responsable de la

aparición de varios estándares para la codificación de video. El primer estándar propuesto se conoce como MPEG-1 y está orientado al almacenamiento y reproducción de señales de video y audio en soporte CD-ROM para su uso en aplicaciones multimedia. Posteriormente se propuso un estándar de codificación, conocido como MPEG-2 con una calidad suficiente para la transmisión de señales de televisión digital (calidad broadcasting) que ha sido aceptado ampliamente como sistema de compresión de video y audio en distintas aplicaciones y formatos de registro y transmisión de video. Así, el MPEG-2 fue aprobado como formato de compresión para la transmisión de señales de televisión digitales por el organismo DVB (Digital Video Broadcasting) y fue aceptado como formato de transmisión de video en redes ATM por el ATM Video Coding Experts Group.

También se ha incluido el DVD-Video (Digital Versátil Disk) para la codificación de video y audio y se utiliza en distintos productos para el almacenamiento de video en formato comprimido bajo soporte de disco duro o cinta magnética.

El comité MPEG continúa dedicado a la elaboración de nuevos formatos como el MPEG-4 (de reciente aparición) o el MPEG-7 y sigue aportando modificaciones, alternativas, mejoras y adiciones a los formatos ya existentes para mantenerlos constantemente actualizados a las capacidades tecnológicas de los sistemas actuales. Las tareas de estandarización del MPEG han tenido un gran éxito comercial debido a que la filosofía usada para establecer las normativas solo especifican la sintaxis y la semántica del flujo de bits que debe recibir el decodificador, proporcionando libertad sobre los procedimientos de codificación y decodificación utilizados para producir o interpretar este flujo. Esto ha facilitado la libre competencia entre distintos productos, que pueden conseguir mejores o peores relaciones entre calidad de imagen y sonido y

factor de compresión en función de los algoritmos y arquitecturas *HARDWARE*, utilizadas para la compresión. Uno de los propósitos iniciales de la creación del MPEG era promover estándares de codificación de video de libre uso con el objetivo de facilitar la libre competencia y minimizar el impacto en el mercado de productos propietarios que dominaran el mercado o que dificultaran la compatibilidad entre distintos productos de video digital. Actualmente después de la amplia implantación del MPEG-2, puede decirse que se ha logrado el objetivo inicial.

La inclusión de una señal de video y audio en un soporte como el CD, que originalmente había sido pensado para incluir únicamente la información asociada a un canal de audio estereofónico, representó un importante problema tecnológico durante el desarrollo del estándar MPEG-1, ya que los factores de compresión que debían utilizarse si se partía de un formato digital como el ITU 601 4:2:2, se situaban entre 100 y 200Mbps. El flujo de datos que admite un CD-ROM de simple velocidad (150Kbytes/s) es de 1,2Mbps mientras que el flujo de bits implícito en una señal de video de 4:2:2 es de aproximadamente 160Mbps.

La solución al problema se obtuvo reduciendo la calidad de la imagen en un doble proceso de reducción espacial y temporal. Este proceso significa una reducción inicial de los datos basada en el remuestreo espacial y temporal, por lo que no puede considerarse como una verdadera compresión de video. Por una parte, la resolución de las imágenes se redujo a la mitad, tanto en la dirección horizontal como en la vertical (Formato SIF), produciendo imágenes de 360X240 para NTSC (30 imágenes por segundo) y de 360X288 para PAL (5 imágenes por segundo). Nótese que con esta selección las dos versiones de video tienen el mismo número de píxeles por segundo

(2592x1000000). También son habituales los formatos de píxel cuadrado 320X240 para NTSC y 384X288 para PAL.

Los formatos SIF estándar suelen reducirse ligeramente en el sentido horizontal a 352X240 para NTSC y 352X288 para PAL, con el objetivo de que estas dimensiones sean un múltiplo de 16 y faciliten la compensación de movimiento. Estos formatos reducidos se conocen con el nombre de SPA (Significant Pel Area). En cualquiera de los dos casos la resolución espacial de las imágenes es aproximadamente la cuarta parte de la del estándar ITU-601. Esta reducción supone una pérdida de calidad considerable en las imágenes si se comparan con el formato estándar de radiodifusión. La resolución que se obtiene para estas dimensiones de la imagen es equivalente a la del formato de registro en cinta magnética VHS. Entonces podemos argumentar que, en general, un video VHS se ve mejor que la mayoría de videos MPEG-1. Esto puede deberse a varios motivos. Por una parte, muchos videos MPEG-1 son producidos a partir de registros en cinta magnética que, en algunos casos, son también VHS, por lo que existen ruidos previos a la digitalización que dificultan considerablemente las tareas de compresión. Además, aun en el caso que el video MPEG-1 se produzca a partir de copias de calidad, el sistema visual es mucho mas critico con el formato digital, tal y como se presenta en la pantalla del ordenador, debido a la mayor claridad con que aparece cualquier defecto en el proceso de digitalización o codificación.

Otra simplificación importante en el MPEG-1 es que no admite video entrelazado, por lo que solo se requiere codificar uno de los campos de la señal original. Esta reducción tiene bastante sentido si tenemos en cuenta que la presentación de estas suelen realizarse sobre soporte informático, de modo que la propia tarjeta de video es

la que se encarga de aumentar la frecuencia de refresco de la pantalla por encima del número de imágenes y evitar la aparición del parpadeo (flicker). Veremos que una de las dificultades adicionales del MPEG-2 es que debe ser capaz de codificar videos entrelazados, lo que impone ciertas restricciones a los procesos de compresión de las imágenes. Es importante mencionar que la sintaxis del MPEG-1 admite imágenes de hasta 4095X4095 con 60 imágenes por segundo. No obstante, estos tipos de secuencias están pensadas para usos específicos y no permiten obtener flujos de información próximos a la velocidad del CD-ROM, de modo que, en la práctica, las restricciones más habituales sobre el formato de la señal de video son las que hemos descrito.

4.4.- Uso de la redundancia temporal para la compresión de video

El JPEG aprovecha la redundancia existente entre los píxeles adyacentes entre una imagen para realizar una considerable reducción en el volumen de datos sin que se produzcan pérdidas aparentes de calidad. En una secuencia de video, podríamos aplicar el JPEG a cada uno de los fotogramas para obtener una señal comprimida. De hecho, este procedimiento se usa en muchas tarjetas de digitalización de video para PC y permite obtener una primera versión de la secuencia que deseamos

Almacenar en el disco duro. Téngase en cuenta, que el flujo que requiere la digitalización de una señal de televisión en el formato ITU-601 4:2:0 es de unos 30Mbytes/s. Por ello es necesario aplicar una primera compresión mediante HARDWARE O SOFTWARE que permita el almacenamiento de la señal. Los métodos basados en comprimir la señal fotograma a fotograma mediante métodos parecidos al JPEG se denomina Motion-JPEG (MJPEG) y suelen ser métodos propios de cada fabricante o desarrollador. El nombre genérico que reciben estos algoritmos

es un tanto confuso, por cuanto no aprovechan la redundancia temporal existente en las imágenes ni realizan ninguna estimación del movimiento de los objetos contenidos en las mismas. El principal problema de este procedimiento de compresión es que, si deseamos obtener una calidad aceptable, se obtiene un flujo de datos de 8 a 10 Mbytes/s (60-80Mbps, para imágenes de 720X576), que aun siendo suficiente para su almacenamiento en una unidad de disco duro, es excesivo para su transmisión como señal de televisión digital o su almacenamiento en un soporte CD-ROM. La codificación mediante M-JPEG tiene ciertas ventajas durante el proceso de edición y manipulación del video, pues todos los fotogramas se obtienen con la misma calidad y su decodificación es independiente del resto de fotogramas de la secuencia. Por ello, estos formatos se seguirán manteniendo a pesar de la aparición del MPEG y su optimización en la compresión de la señal, en este tipo de aplicaciones.

Para obtener factores de compresión adecuados a la transmisión como señal de televisión es necesario aprovechar la redundancia temporal existente entre las sucesivas imágenes. Téngase en cuenta que, dada la naturaleza de la mayor parte de las escenas, gran parte de los objetos y elementos permanecen en la misma posición y con las mismas características de un fotograma a otro. Esto indica que es posible obtener una excelente aproximación de la información contenida en un fotograma aprovechando la información que disponemos del fotograma anterior. En la **figura 16** se muestran dos fotogramas consecutivos de una secuencia de video. En este ejemplo, las diferencias solo son apreciables cuando se realiza la resta entre las dos imágenes. En la **figura 17** se muestra el resultado de realizar esta diferencia. Sobre la imagen diferencia hemos calculado el valor absoluto y para hacer mas evidentes la diferencia entre niveles se ha multiplicado por un factor 3, finalmente se ha representado en

video inverso. La imagen resultante indica de forma clara el resultado que esperábamos, ya que la mayor parte de los elementos están próximos al cero, por lo que se ha reducido la entropía de forma notable, pudiendo codificar la imagen de forma eficientemente mediante el uso de códigos RLE, de longitudes variables o aritméticas. Existen algunas zonas de la imagen en las que se observan que las diferencias aumentan de nivel y que se corresponden, aproximadamente, con los contornos de los objetos. Esto se debe al movimiento de la cámara, que esta realizando un ligero movimiento horizontal y al de los propios objetos (la libélula esta moviéndose).

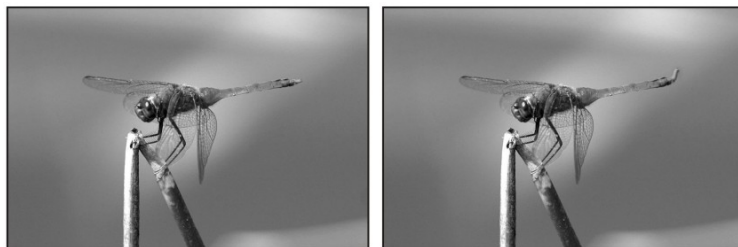


Fig. 16 Ejemplo de dos fotogramas consecutivos de una secuencia de vídeo con poco movimiento



Fig. 17 Resultado de la imagen diferencia entre los dos

La idea de utilizar la imagen anterior para predecir la actual se utiliza en diversos codecs para la producción de video en soporte informático (AVI, Internet). La ventaja de esta estrategia es que se puede desarrollarse sin necesidad de un soporte HARDWARE adicional en la mayoría de plataformas y en un tiempo reducido (en algunos casos tiempo real). El procedimiento general suele conocerse con el nombre de codificación de fotogramas en diferencias (frame differencing) y, como no existe

ningún estándar al respecto, existen multitud de variantes que son propiedades del desarrollador. Normalmente la secuencia de video se descompone en fotogramas clave (key frame) y fotogramas diferencia (delta frames) tal y como se representa en la **figura 18**. Los fotogramas clave deben codificarse de forma independiente del resto de fotogramas, teniendo en cuenta únicamente la redundancia espacial de la imagen. Generalmente se utilizan variantes del JPEG o métodos de codificación vectorial (como el Cinepack o el Indeo 3,2) para codificar estos fotogramas. Las imágenes delta se codifican utilizando como base de predicción las imágenes anteriores. Es conveniente que periódicamente se inserte un fotograma clave en la secuencia codificada para evitar la propagación de errores de codificación en las imágenes delta.

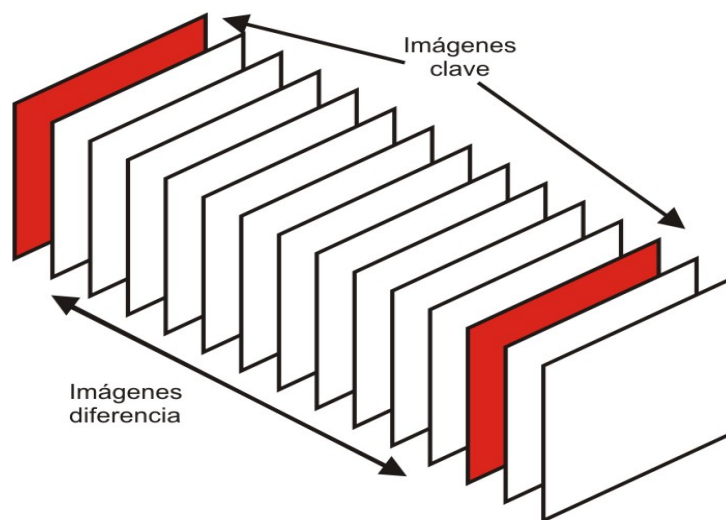


Fig. 18 *Descomposicion De Una Secuencia De Video En Fotogramas Clave y Diferencia.*

una posible estrategia de codificación de las diferencias consiste en descomponer las imágenes delta en bloques de 8X8 o 16X16 elementos y comparar cada uno con el

bloque equivalente de la imagen clave precedente. Si la diferencia entre ambos bloques no supera un determinado umbral, el valor de este bloque en la imagen delta se mantiene igual al que tenía en la imagen clave. En cambio, cuando la diferencia es significativa debe volver a codificarse. La ventaja del tratamiento por bloques es que, si se utilizan métodos transformados para codificar imágenes clave, no es necesario descomprimirlas y pueden compararse directamente los coeficientes de ambas subimágenes. El uso de un umbral para determinar si es necesario recodificar los bloques de las imágenes delta es bastante crítico.

4.5.- Compensación de movimiento

La compensación de movimiento es una técnica de predicción temporal que intenta optimizar los resultados obtenidos por la codificación diferencial analizando el movimiento que realizan los objetos dentro de la imagen y compensándolos. Evidentemente, los cálculos involucrados en la realización de esta estrategia son sumamente más complejos, pero la mejora en factor de compresión es muy notable.

Si consideramos las imágenes del ejemplo de las **figuras 16 y 17** observamos que la mayor parte de diferencias entre las dos imágenes se deben al propio movimiento de la cámara, por lo que podrían reducirse con un ligero desplazamiento relativo entre ellas. En general, la codificación diferencial presenta problemas cuando se producen desplazamientos de los objetos dentro de la imagen o aparecen nuevos motivos que pueden ser debidos al movimiento de la cámara, el cambio de Angulo visión (zoom) el desplazamiento real de los objetos o los cambios de plano; situaciones, todas ellas, que son bastante habituales en la realización de programas de televisión, documentales o películas. En la **figura 19** se muestra un ejemplo de un

desplazamiento de cámara en una imagen simplificada. La figura muestra cual sería la zona de la imagen utilizada para predecir el bloque de interés mediante una codificación diferencial. Obviamente, el error de predicción es en este caso igual a la imagen que deseamos predecir, por lo que la ganancia del codificador es nula. La **figura 20** muestra el bloque que utilizaríamos para la predicción si utilizamos técnicas de compensación de movimiento. Es evidente, que, en este ejemplo, el error de predicción puede llegar a ser exactamente nulo, por lo que no resultaría necesario volver a codificar el bloque, únicamente tendríamos que transmitir el vector de desplazamiento que tenemos que utilizar en la imagen de referencia para construir este fragmento de imagen.

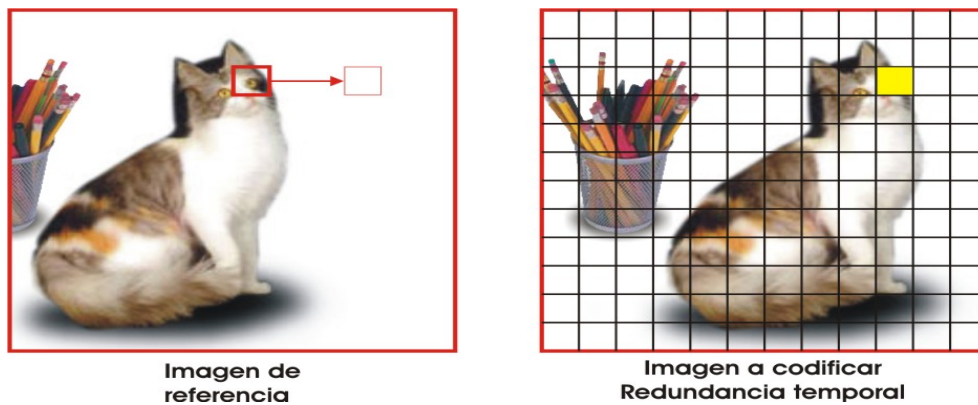


Fig. 19: Ejemplo de bloques usados para realizar la predicción en una codificación Referencial.

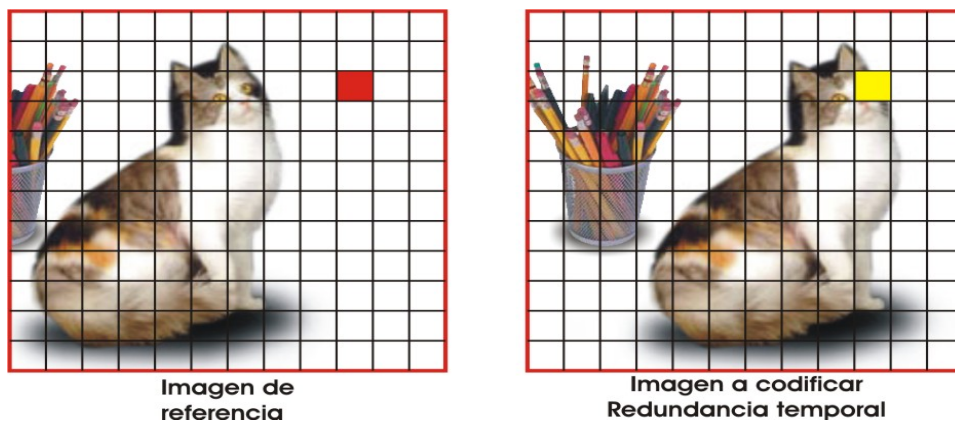


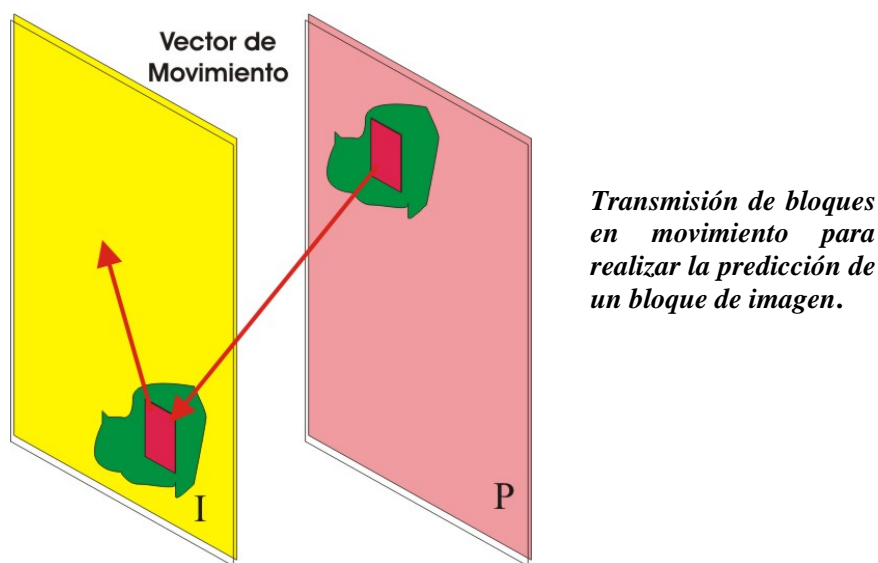
Fig. 20: Ejemplo de bloques utilizado para la predicción en una codificación por compensación de movimiento.

El estándar MPEG no establece ninguna recomendación sobre el método mediante el cual puede realizarse la estimación del vector desplazamiento, o sobre los procedimientos para decidir cuándo un bloque debe codificarse mediante la transmisión del error y su compensación de movimiento o transmitir directamente el bloque utilizando métodos de compresión intra-trama.

Los procedimientos y algoritmos utilizados para realizar estos cálculos corresponden al desarrollo de productos por parte de empresas particulares y por ello existen una multitud de codificadores MPEG con distintas prestaciones, velocidades y calidades de codificación. Es importante subrayar que toda la carga computacional del proceso de estimación de los vectores de movimiento y las decisiones de como debe codificarse cada bloque recae sobre el codificador. El receptor únicamente deberá interpretar correctamente las informaciones transmitidas y utilizarlas al realizar la

compensación de movimiento y restablecer una aproximación a la imagen original. En la **figura 21** se muestra gráficamente cómo se utiliza un fragmento de la imagen de referencia para aproximar un bloque de la imagen actual. La figura que indica explícitamente que sobre esta primera aproximación del bloque deberá transmitirse la señal de error transformada, cuantificada y codificada mediante códigos de Huffman para que el receptor pueda recuperar, aunque sea con pérdidas, los datos originales.

Fig. 21:



Una extensión de la compensación de movimiento que se utiliza en el MPEG es la compensación de movimiento bidireccional. La idea básica consiste en codificar una imagen utilizando no solo las imágenes de referencia del pasado, sino también imágenes de referencias futuras. En principio podría argumentarse que esta extensión no es causal y por tanto irrealizable, pero, evidentemente, siempre podemos introducir un retardo prefijado en el codificador y el decodificador que nos permita utilizar

imágenes de referencia futuras. La solución en el codificador consiste, simplemente, en utilizar un buffer de memoria suficientemente grande como para disponer de imágenes clave o de referencia futuras durante el proceso de codificación de la imagen actual. El problema es que el codificador deberá disponer también de las imágenes clave futuras para poder codificar una imagen que ha sido construida a partir de vectores de desplazamientos basados en imágenes futuras. Para ello es suficiente con intercambiar el orden de transmisión de las imágenes, que no necesariamente debe coincidir con el orden con el que son presentadas en el display. Si el decodificador recibe primero las imágenes clave, puede almacenarlas en memoria interna y utilizarlas para decodificar las imágenes en las que se ha utilizado este tipo de compensación de movimiento. Una vez decodificadas todas las imágenes pueden presentarse en el orden que corresponden.

En la **figura 22** se muestra un esquema que ilustra la codificación mediante compensación bidireccional. Para codificar un bloque de la imagen B, puede utilizarse como referencia la imagen I y la imagen P (de momento, los símbolos utilizados para describir las imágenes son simplemente notación, veremos que esta notación describe distintos tipos y características de imagen en el MPEG).

El procesador debe ahora calcular dos vectores de movimiento que se denominan FORWARD (hacia delante) BACKWARD (hacia atrás). El cálculo de vector de movimiento hacia delante se realiza buscando la región de la imagen de referencia previa que más se aproxima al bloque que deseamos codificar. Análogamente, el vector hacia atrás se determina utilizando la imagen clave siguiente. A partir de estos dos vectores, el procesador puede considerar distintas posibilidades para codificar el bloque de interés:

- 4.5.1 Codificar el error de predicción forward:** Esta señal de error se obtiene como la diferencia entre los píxeles del bloque original y los píxeles del bloque que se ha determinado como idóneo en la imagen de referencia precedente.
- 4.5.2 Codificar el error de predicción backward:** De forma análoga al caso anterior, se obtiene como la diferencia entre el bloque original y el bloque desplazado de la imagen de referencia posterior.
- 4.5.3 Codificar el error de predicción bidireccional:** En este caso, el bloque original se compara con el promedio entre los bloques estimados por el vector de movimiento forward y el backward.
- 4.5.4 Codificar el bloque sin utilizar ninguna predicción:** Si los errores obtenidos en los casos anteriores requieren un número de bits considerables, puede resultar rentable codificar directamente el fragmento de imagen utilizando procedimientos intra-trama.

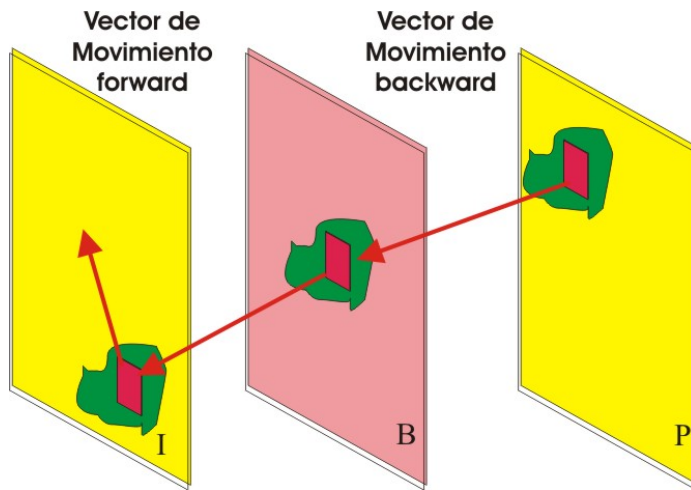


Fig. 22 Uso de la compresión de movimiento bidireccional

4.6.- Algoritmos para la Estimación de los Vectores de Movimiento

La estimación de los vectores de movimiento es una de las tareas que requieren mayor dedicación por parte del codificador. Los estándares MPEG no establecen ningún método para la estimación de estos vectores, dejando libertad a los desarrolladores de hardware y software para que utilicen los algoritmos que consideren más adecuados. Una correcta estimación de los vectores de movimiento puede significar una drástica reducción en la tasa de bits y un aumento en la calidad final con la que se visualizan las imágenes. Existen distintos procedimientos alternativos para realizar la estimación de los vectores de movimiento. La primera decisión importante suele ser determinar el área de la imagen de referencia en la que se realizara la búsqueda del vector de movimiento. Tal y como se muestra en la **figura 23**, el área de búsqueda estará situada en las proximidades de la posición del bloque que deseamos codificar, pero en las coordenadas de la imagen de referencia. El área de la zona de búsqueda depende de los modelos de movimiento máximo que se admita. También es una función de la diferencia de tiempos entre la imagen a predecir y la de referencia. Cuanto mayor es

esta diferencia, mayor es el desplazamiento que pueden experimentar los objetos entre las dos imágenes.

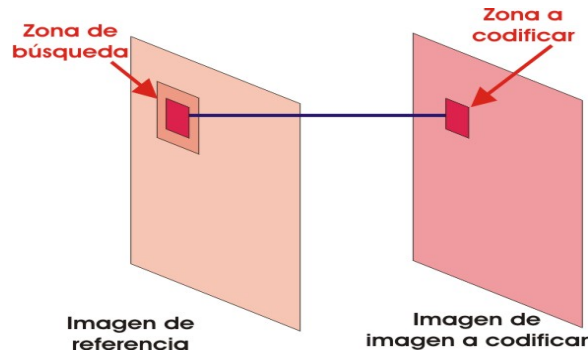


Fig. 23 Region De Búsqueda Del Vector De Movimiento En la Imagen De Referencia.

La mayoría de las variantes utilizadas en los productos MPEG actuales corresponden a la categoría de los denominados algoritmos de *block matching* (ensamblaje de bloques). Los algoritmos de *block matching* comparan los píxeles del bloque que se pretende estimar con los de la imagen de referencia y establecen una medida de distancia entre los dos bloques. El vector de movimiento óptico se obtiene en la posición de la región de análisis en la que se encuentra un valor mínimo de la distancia entre los dos bloques. La **figura 24** muestra la zona por la que debe desplazarse el bloque que deseamos codificar dentro de la región de búsqueda de la imagen de referencia. La búsqueda exhaustiva supone que debemos calcular la distancia entre las dos subimágenes para todos los posibles desplazamientos. La carga computacional aumenta por tanto, con el área de la región de búsqueda y con el tamaño de los bloques. En el MPEG-1 se utilizan bloques de imagen de 16X16 píxeles (denominados macro bloques), por lo que en cada cálculo de distancia deben

evaluarse un total de 256 píxeles. En el MPEG-2 también se utilizan macro bloques de 16X16 píxeles o de 16X8. Comentaremos y justificaremos estos detalles más adelante. Las funciones de distancia más utilizadas son el error cuadrático, el error absoluto y la correlación cruzada entre las dos imágenes. Las siguientes ecuaciones indican los cálculos involucrados en cada una de estas distancias:

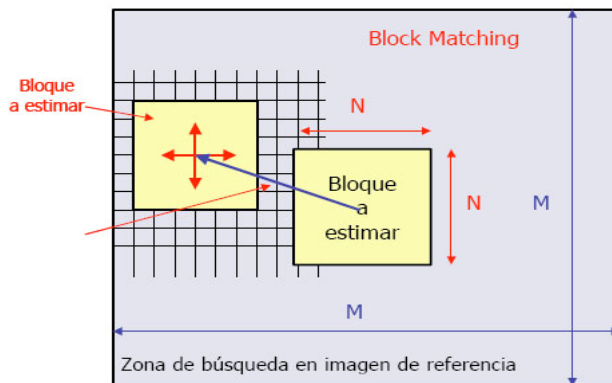


Fig.24 Procedimiento De Búsqueda Exhaustiva Del Vector De Movimiento Con Block-Matching.

Donde $b[n, m]$ representa el bloque de imagen que estamos codificando y $Ur[n, m]$ la imagen de referencia. Las coordenadas (i, j) deben variarse para toda la región de búsqueda. El vector de desplazamiento se obtiene como los valores (i, j) que producen un mínimo en la función $VM(i, j)$. De todas estas funciones, la que se utiliza con mayor frecuencia es la del error absoluto, ya que produce unos resultados similares a las demás y tiene una implementación más simple. Nótese que el uso de funciones de distancia entre los píxeles no es más que una simplificación para

determinar el bloque óptimo. En rigor, el procedimiento ideal para determinar el vector de movimiento consistiría en evaluar el número total de bits con que puede codificarse el bloque de interés en función de la zona utilizada como referencia. No obstante, es evidente que esta estrategia requeriría unos cálculos sumamente complejos y además no aportaría excesivas mejoras.

4.7.- Tipos de imágenes en el MPEG

El MPEG-1 y el MPEG-2 definen distintos tipos de imágenes dentro de la secuencia de video en los que se utilizan técnicas de codificación distintas. El objetivo final es conseguir un sistema robusto, que pueda recuperarse automáticamente de los posibles errores en la recepción de los datos y que a su vez presente un factor de compresión considerable. Por ello, se definen subsecuencias o grupos de imágenes en los que se combina la compresión intra-trama, con compresiones basadas en la compensación de movimiento *forward* y compresiones basadas en la compensación bidireccional. Los tipos de imágenes que pueden aparecer en la secuencia codificada son:

- 4.7.1 Imágenes I (Intra-Trama). El procedimiento de compresión utilizado es muy parecido al del JPEG. Las imágenes se descomponen en bloques de 8X8 píxeles que son transformados mediante “la transformada coseno”. Los coeficientes transformados son cuantificados mediante tablas preestablecidas y finalmente se codifican mediante códigos de longitud variable. Por tanto, estas imágenes se codifican de forma independiente sin aprovechar ningún tipo de redundancia temporal. Se utilizan para el acceso aleatorio en distintas partes de la secuencia de video en CD-ROM (MPEG-1) o en el DVD-Video (MPEG-2). Las imágenes I pueden

utilizarse para realizar la predicción mediante compensación de movimiento de las imágenes P y B que se describen a continuación.

4.7.2 Imágenes P (Predicted). La codificación de estas imágenes se realiza utilizando compensación de movimiento *forward* a partir de una imagen I u otra imagen P previa. Estas imágenes pueden propagar errores y se utilizan para realizar la predicción de otras imágenes P o B.

4.7.3 Imágenes B (Bidireccionales). Se obtienen usando compensación de movimiento bidireccional a partir de imágenes I o P. No se utilizan para predecir ninguna otra imagen por lo que no propagan los errores.

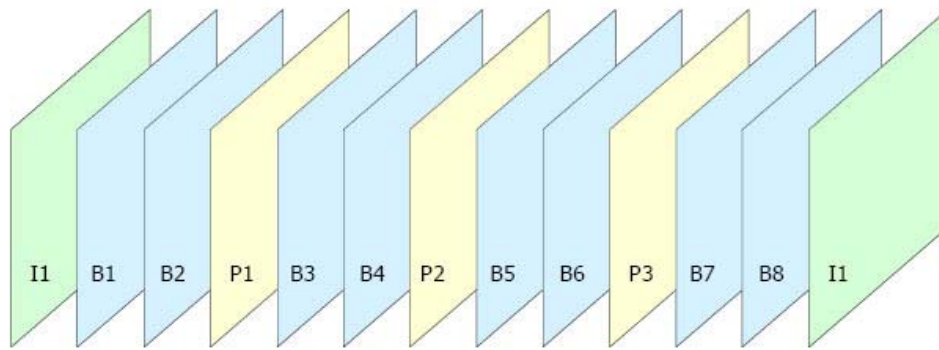
4.7.4 Imágenes D. Estas imágenes solo se utilizan en el MPEG-1. Son imágenes intra-trama en las que únicamente se codifica el coeficiente de continua de “la transformada coseno”. Se utilizan únicamente en los modos de avance rápido del video para obtener una secuencia de alta velocidad pero baja calidad.

La relación y proporción de cada tipo de imágenes en la secuencia MPEG puede ser definida por el codificador, admitiéndose diversas posibilidades. Una de las secuencias utilizadas con mayor frecuencia se ilustra en la **figura 25** y esta formada por una secuencia básica de 12 imágenes en las que interviene una imagen del tipo I, dos del tipo P y 6 del tipo B. Las posibles secuencias de imágenes se denominan grupo de imágenes (Group Of Pictures-GOP) y suelen identificarse mediante dos parámetros N y M que identifican el número total de imágenes de la secuencia y el número de imágenes que hay entre dos imágenes que puedan utilizarse como

imágenes de referencia (I o P). En nuestro ejemplo, la secuencia la secuencia GOP tiene los parámetros $N=12$ y $M=3$.

Atendiendo a la estructura de la **figura 25** la imagen P1 se codificaría utilizando compensación de movimiento *forward* sobre la imagen I1. Análogamente, la imagen P2 utilizaría la compensación de movimiento tomando como referencia a P1, y la P3 tomaría como referencia P2. Obsérvese que este proceso es muy sensible a los posibles errores en la codificación de la secuencia que se propagaran al resto de imágenes. En efecto, si debido al ruido se produce un error en la decodificación de una de las imágenes I o P, esta quedara almacenada en la memoria del decodificador y se utilizara para reconstruir el resto de imágenes a partir de los vectores de movimiento y los errores de predicción recibidos. Aunque los nuevos errores de predicción se reciban correctamente, las nuevas imágenes no estarán exentas de errores, por cuanto se están utilizando como referencia una imagen incorrecta. Por ello, es importante dedicar un numero considerable de bits a las imágenes que se utilizan como referencia para garantizar que no existe una propagación de errores considerable. Además, las transmisiones digitales de los datos deberán contener códigos protectores de error para garantizar la correcta decodificación de la información y mantener una tasa de bits erróneos baja. Los códigos de protección de error deberán adaptarse a las características del canal y están definidos por la normativa de transmisión regulada por el DVB (Digital Video Broadcasting). También se incluyen potentes códigos de protección de errores en los formatos de almacenamiento digital como el CD-ROM o el DVD. El MPEG no se ocupa de las protecciones que deben asignarse a los datos pues siempre dependen de las características de la aplicación y del ruido existente en el canal de transmisión

(radiodifusión terrena, satélite, cable) o en el soporte físico de los datos (DVD, cinta magnética, etc.)



Una posible secuencia de imágenes en MPEG (N=12, M=3)

Fig. 25 Ejemplo De Secuencia De Imágenes en MPEG

Las imágenes B se codifican utilizando la compensación de movimiento bidireccional sobre las imágenes de referencia (I o P) más próximas. Así, la imagen B6 se codifica utilizando como referencia las imágenes P2 o P3. Esta forma de codificar la información representa ciertos problemas en los sistemas de acceso aleatorio basados en el MPEG, como el DVD-Video. Para decodificar una imagen del tipo B, como por ejemplo B6, deberemos codificar primero las imágenes del tipo I, después P1, que permite decodificar P2 y esta a su vez permite decodificar P3. Una vez disponemos de P2 y P3 podemos proceder a decodificar B6. Por ello, las únicas imágenes que permiten el acceso aleatorio real son las imágenes del tipo I, que son las que siempre quedan referenciadas cuando queremos acceder a una escena concreta. Dependiendo del modelo de decodificador es posible que un DVD Video, en el modo de avance rápido, solo muestre las imágenes del tipo I y P, omitiendo las del tipo B. Además, la parada de imagen suele realizarse también en una imagen I o P.

Las imágenes de tipo B suelen tener asignado un número de bits muy reducido, por lo que la calidad es muy baja. En modo de reproducción normal el sistema visual interpola estos problemas no advirtiendo la falta de calidad de las imágenes. No obstante, cuando la imagen esta parada estos problemas pueden resultar demasiado evidentes. La reproducción de la secuencia en sentido inverso a velocidad normal (es decir decodificando todas las imágenes) suele ser una opción que solo incorporan los reproductores de DVD de gama más alta. En la **figura 26** se muestra un grupo de imágenes (GOP) con parámetros $N=9$ y $M=3$ en el que se indican que imágenes se utilizan como referencia para la codificación de cada una.

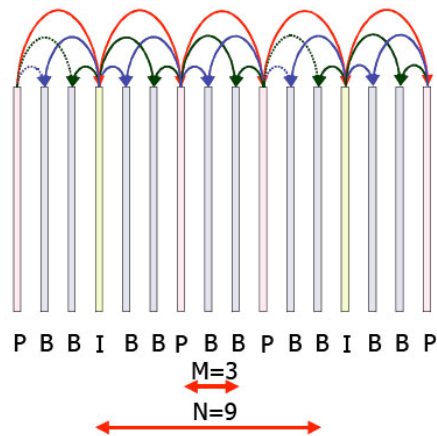


Fig. 26 Grupo De Imágenes Con $M=3$, $N=9$, se indican relaciones de prediccion

Como las imágenes B no se utilizan como referencia de ninguna otra imagen, no propagan los errores. Esto significa que, en la práctica, los errores cometidos en estas imágenes no tienen tanta incidencia sobre las prestaciones del sistema, por lo que generalmente son las imágenes en las que se aplica la mayor compresión. Aunque el MPEG permite una gran libertad en la asignación de los bits, podríamos decir que las relaciones de bits que se dedican a cada uno de los tipos de imágenes son

aproximadamente de 5,3 y 1 para las imágenes I, P y B respectivamente. No obstante, estas relaciones pueden cambiar en función del contenido de la secuencia de video y de las características del codificador.

MPEG-2.-Un video no es mas que la sucesión de imágenes en movimiento si comprimiésemos todas las imágenes que conforman un video en formato JPEG obtendríamos el formato MJPEG o MOTION JPEG con este formato ya se logra una buena compresión con respecto al original, fue así como partiendo del MJPEG se llevo al formato MPEG. Este es uno de los formatos de compresión mas sofisticados en el que todo se guarda a manera de imágenes en binarios, esto supone un avance importante con respecto a la compresión MJPEG al concluir un análisis de cambios entre una imagen clave o un cuadro clave y un numero determinado de imágenes (suele ser de 12)posteriores. De ese modo se comprime la imagen clave en formato JPEG y los 14 cuadros o imágenes siguientes NO SE COMPRIMEN ENTEROS, tan solo se almacenan los CAMBIOS con respecto al primer cuadro o IMAGEN CLAVE tomada como referencia. A esta secuencia de “CUADRO CLAVE + 12 CUADROS DE CAMBIO” se le conoce como secuencia GOP (GROUP OF PICTURES o Grupo De Imágenes)Se puede usar secuencias GOP mas largas o cortas, pero es recomendable usar secuencias de 15 hasta tener mayor conocimiento del tema.

El GOP tiene una estructura compuesta por: Cuadros Intra, Cuadros Posteriores Predecibles y Cuadros Predecibles bi-direccionales arreglados en un orden específico. Típicamente el material originado es una secuencia de video a una resolución de píxeles pre-fijada a 25 o 29.97 cuadros por segundo con sonido.

Tenemos entonces que la imagen es separada en dos partes: Luminancia (Y) y Chroma, también llamada (diferencial de color U y V) estas a su vez son divididos en “Macro-Bloques” los cuales son la unidad básica dentro de una imagen, cada macro-bloque es dividido en cuatro 8X8 bloques de luminancia. El numero de bloques de Chroma 8X8`s depende del formato de color de la fuente. Por ejemplo en el formato común 4:2:0 hay un bloque de croma por macro-bloque, por cada canal, haciendo un total de seis bloques por macro-bloque.

Así entonces tenemos que en el caso de los cuadros I, contienen la verdadera información de la imagen, pasada a través del proceso de codificación descrito a continuación, en tanto que los cuadros B y P, son primero sujetos a proceso de “Compensación De Movimiento”, en el cual son co-relacionados con la imagen previa (y en el caso del cuadro B, con la siguiente). Cada macro-bloque en la imagen P y B es entonces asociado con un área en la imagen previa o siguiente que este bien correlacionada con alguna de estas. El “vector de movimiento” que mapea el macro-bloque con su área correlacionada es codificado, y entonces la diferencia de las dos áreas es pasada a través del proceso de codificación, descrito a continuación. Cada bloque es procesado con una transformada coseno discreta (DCT) 8X8. El coeficiente DCT es entonces cuantificado de acuerdo a un esquema predefinido, reordenado a una máxima probabilidad de una larga hilera de ceros y codificado. Finalmente, se aplica un algoritmo de codificación Huffman de tabla fija.

Los cuadros I codifican redundancia espacial, mientras que los cuadros B y P codifican redundancia temporal. Debido a que los marcos adyacentes son a menudo

bien co-relacionados, los cuadros P pueden ser del 10% del tamaño de un cuadro I, y el cuadro B al 2% e su tamaño.

La secuencia de diferentes tipos de marcos es llamada “La estructura de grupo de imágenes” (GOP) y son diversas pero una muy común es la 15 marcos de largo. Y tiene la secuencia I_BB_P_BB_P_BB_P_BB_P_BB_. Una secuencia similar de 12 marcos también es común. La relación de cuadros I, B y P en la estructura GOP es determinado por la naturaleza del flujo de video y el ancho de banda que constriñe el flujo, además el tiempo de codificación puede ser un asunto importante. Esto es particularmente cierto en las transmisiones en VIVO y en los ambientes de tiempo real con Fuentes de computo limitados, un flujo que contenga varios cuadro B puede tomar tres veces mas tiempo para codificar que un archivo que contenga solo cuadros I.

La tasa de bits de salida de un codificador MPEG-2 puede ser constante (CBR) o variable (VBR), con un máximo determinado por el reproductor, por ejemplo el máximo posible en un DVD de película es de 10,4Mbit/s. Para lograr una tasa de bits constante el grado de cuantificación es alterado para lograr la tasa de bits requerida. Incrementar la cuantificación hace visible un defecto cuando el video es descodificado, generalmente en la forma de “AMOSAICAMIENTO”, donde las discontinuidades en los fillos de los macro-bloques se hace mas visible como reducción de la tasa de bits.

AUDIO MPEG 2,- El sistema de multiplexaje MPEG 2, soporta cualquier numero de canales de entrada de audio tan largos que la velocidad de transporte seleccionada

pueda soportar la suma de datos. Los usuarios tienen flexibilidad para seleccionar su propio algoritmo de compresión de audio, tales como: Audio MPEG2, MUSICAM, DOLBY AC-2 o AC-3. Los canales pueden ser configurados independientemente o en pares estéreo. Diferentes velocidades de audio es otra característica del sistema, una vez más la velocidad también será asociada con la calidad.

La compresión de audio MPEG2, es un algoritmo que como el video MPEG2, explota las limitaciones del sistema humano, en este caso el oído. Como en la compresión de video el algoritmo de compresión de audio también elimina la información irrelevante dentro de la señal de audio, llamamos información irrelevante a cualquier señal imperceptible. Por ejemplo, en presencia de una señal fuerte, todas las señales vecinas flojas son enmascaradas y aunque son parte del espectro, no son percibidas por el oído. El algoritmo MPEG2 es del tipo "LOSSY" o con pérdida pero la distorsión insertada por la señal será inaudible.

La configuración básica del audio MPEG2 ofrece seis canales de audio. Esta característica debe ser usada para distribuir tres pares de estéreos (o seis canales mono) para aplicaciones multilingües o para crear un sistema estereofónico multicanal. Lo anterior crea una realidad como a la de un campo de audio. La recomendación de cornetas configuradas para sistemas estereofónicos multicanales es conocido como estéreo $-p/q$, donde p es el número de cornetas en el frente y q es el número de cornetas en el fondo. Por ejemplo un estéreo $-3/2$ proveerá un sistema con canales al frente en la derecha, centro y a la izquierda más canales posteriores que rodean el área y ofrecen una mejor e impresionante realismo de la audiencia.

Las configuraciones típicas para sistemas estereofónicos multicanales son:

1 Canal Modo 1/0: Mono

2 Canales estéreo 2/0: izquierda y derecha

3 Canales estéreo 3/0: izquierda, derecha y centro.

4 Canales estéreo 3/1: izquierda, derecha, centro y posterior.

5 Canales estéreo 3/2: izquierda, derecha, centro, posterior izquierda y derecha.

5.1 Canales estéreo 3/2: izquierda, derecha, centro, posterior izquierda y derecha y un canal de efectos especiales de 100hz LFE (Low Frequency Enhancement).

4.8.- Orden de transmisión de las imágenes

El uso de predicción bidimensional, junto con el objetivo de reducir al máximo posible la memoria del decodificador, impone que el orden en el que se transmiten las imágenes sea distinto del orden en el que deben visualizarse. Si no existiera, estas restricciones sobre la memoria del decodificador, este podría almacenar en un buffer las imágenes recibidas y decodificarlas cuando hubiera recibido toda la información necesaria. El MPEG establece que no se necesite almacenar mas de dos imágenes de referencia en el decodificador, mas una memoria adicional para la imagen que se este codificando en cada momento. Para ello, es necesario cambiar el orden de transmisión de manera que las imágenes del tipo B se reciban siempre después de haber recibido las referencias que se han utilizado en su codificación. En la **figura 26** se muestra el orden de transmisión de las imágenes junto con la información que dispone el decodificador en cada una de las dos memorias de imágenes de referencia y en la memoria de descodificación de imágenes B. También se indica como se reconstruye

la secuencia de visualización y el retardo que esta tiene respecto a la señal transmitida.

Orden Natural:	P ₋₃	B ₋₂	B ₋₁	I ₀	B ₁	B ₂	P ₃	B ₄	B ₅	P ₆	B ₇	B ₈	I ₉
Orden Transmisión:				I ₀	B ₋₂	B ₋₁	P ₃	B ₁	B ₂	P ₆	B ₄	B ₅	I ₉
Memoria 1 Decodificador:				P ₋₃	P ₋₃	P ₋₃	P ₃	P ₃	P ₃	P ₃	P ₃	P ₃	I ₉
Memoria 2 Decodificador:				I ₀	I ₀	I ₀	I ₀	I ₀	I ₀	P ₆	P ₆	P ₆	P ₆
Memoria Imag. Decodif:					B ₋₂	B ₋₁		B ₁	B ₂		B ₄	B ₅	
Imagen mostrada display:	P ₋₃	B ₋₂	B ₋₁	I ₀	B ₁	B ₂	P ₃	B ₄	B ₅	P ₆			

Fig.27 Orden De Transmisión y De Visualización De La Secuencia MPEG(N=9,M=3)

El MPEG define el concepto de grupo cerrado (closet GOP) cuando la codificación de la secuencia permite presentar imágenes en el display justo una imagen después de recibir una imagen intra-trama (I). El grupo cerrado de imágenes tiene interés en algunos sistemas de acceso aleatorio como el DVD, en los que las imágenes I se utilizan como referencia de inicios de pasajes. Una de las características del DVD es que debe permitir el salto de determinados pasajes (p. ej. visionado del video sin mostrar escenas violentas o de contenido erótico) sin que el espectador advierta ningún tipo de discontinuidad. Esto supone que cuando se produce un salto en la secuencia normal pueden seguir viéndose las imágenes sin ningún tipo de interrupción.

4.9.- Control de la tasa de Bits

Una de las características implícitas al MPEG es que la tasa de bits con el que se codifica una secuencia de bits depende no solo de los parámetros propios del codificador, sino del contenido de las imágenes. Hemos visto que cuando las imágenes contienen abundante movimiento y objetos pequeños el número de bits necesarios para codificarlas con una calidad predeterminada es muy superior al que se requiere cuando se trabaja con imágenes casi-estacionarias y fácilmente predecibles. Esto significa que si deseamos utilizar este sistema de codificación en un canal de datos con velocidad de transmisión constante, deberemos ir adaptando los parámetros del codificador en función del contenido de las imágenes. Análogamente, si el codificador debe trabajar en un canal con tasas de transmisión variables, será necesario ajustar dinámicamente sus parámetros hasta obtener los flujos de transmisión deseados.

La forma básica para controlar el flujo de datos consiste en modificar la escala del cuantificador. Para ello, el codificador suele disponer de un modelo del buffer del decodificador que va actualizando a medida que se van codificando nuevos fotogramas (entrando los bits correspondientes a estos fotogramas en el buffer) y se van decodificando las imágenes (extrayendo los bits de las imágenes decodificadas). El codificador informa del tamaño del buffer de memoria que requiere el decodificador mediante una información situada en la cabecera de la secuencia MPEG y deberá realizar la codificación de la secuencia garantizando que no se produzca

rebasamiento del buffer (el decodificador no podría almacenar los nuevos datos recibidos) ni que queda temporalmente vacío (no podrían decodificarse nuevas imágenes).

Cuando se detecta que por las características de la secuencia del video el buffer esta excesivamente lleno, es habitual reducir los pasos del cuantificador realizando aproximaciones más toscas del error de predicción o de los macro bloques que se codifican en modo intra-trama. Con ello, se reduce la tasa de bits de la secuencia al costo de bajar la calidad de la señal de video. La modificación del paso de cuantificación no es la única estrategia posible para controlar la velocidad del tren de bits. También es posible realizar el control introduciendo cambios en los algoritmos de decisión y clasificación de macro bloques. Así, en el supuesto de que el estado del buffer del decodificador este excesivamente lleno, podríamos decidir no contemplar la posibilidad de codificar macro bloques del tipo intra-trama en las imágenes B o incluso no utilizar bits adicionales para codificar los macro bloques de estas imágenes y aproximarlos siempre por los valores predichos. En general, el control de la tasa de bits a este nivel del algoritmo de decisión es mucho menos directa que a través del paso de cuantificación y solo se emplea en casos en los que el desbordamiento del buffer es inminente. En la radiodifusión de señales de televisión es habitual asignar tasas de codificación distintas a los diferentes programas en función del contenido de los mismos. Así, los noticieros o programas de entrevistas, en los que existe poco movimiento de imágenes, suelen tener asignada una menor tasa de bits que los programas de deportes. La plataforma que gestiona el servicio se encarga de asignar las tasas de codificación a cada programa en función de los contenidos, repartiendo el ancho de banda del canal entre los distintos programas.

4.10.- Tratamiento de imágenes entrelazadas en el MPEG-2

Las imágenes entrelazadas ofrecen ciertos problemas adicionales en la compresión de video. El problema básico es que si el formato entrelazado procede de una cámara de video, cada campo corresponde a instantes de tiempos distintos, por lo que los objetos que se desplazan en el sentido horizontal pueden aparecer en distintas posiciones en cada uno de los campos. Esto provoca que aparezca un efecto de serrado entre las líneas pares e impares de un mismo objeto que reduce la correlación existente entre las líneas adyacentes. En televisión analógica convencional este efecto es tolerado por el sistema visual humano, ya que solo se produce de forma significativa en los objetos que tienen un movimiento considerable dentro de la imagen. La resolución espacial del ojo disminuye cuando aumenta el movimiento de los objetos, por lo que este problema puede pasar inadvertido cuando se presenta la secuencia de video en tiempo real. No obstante, si pudiéramos detener la imagen analógica, mostrando los dos campos simultáneamente, observaríamos todos estos problemas existentes en la imagen.

Debe mencionarse que cuando el material procede de la conversión de una película cinematográfica a video entrelazado, no se produce este problema. En este caso, los conversores de película a video (tele cinemas) parten de un único fotograma para obtener los dos campos de forma que ambos corresponden al mismo instante de tiempo.

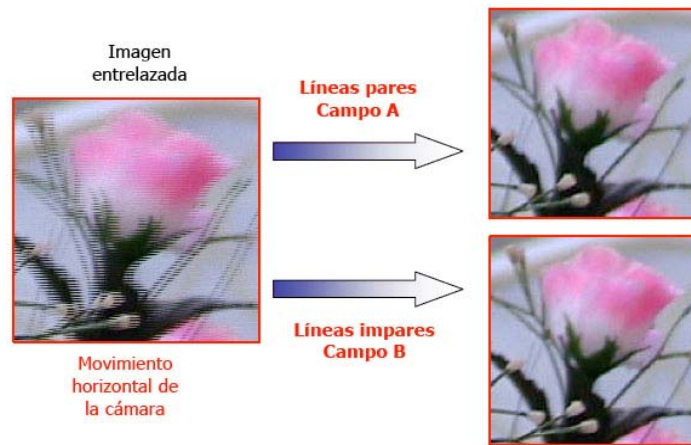


Fig. 28 Ejemplo De Imágenes Entrelazadas En Un Movimiento De Camara Horizontal.

En la **figura 28** se muestra visualmente el problema del entrelazado en una imagen. La imagen ha sido obtenida con un movimiento horizontal de la cámara y se representan los dos campos superpuestos. La figura muestra también las imágenes obtenidas para cada uno de los campos por separado donde podemos observar que la correlación entre líneas adyacentes es ahora muy alta.

El problema del entrelazado en las técnicas de compresión de imagen es evidente puesto que la correlación entre las líneas sucesivas puede disminuir apreciablemente, resultando en imágenes más complejas de codificar tanto en modo intra-trama. Recordemos que en la codificación intra-trama, la compresión se basaba en extraer la redundancia espacial existente en la imagen y que esta redundancia se reduce cuando existen diferencias considerables entre píxeles que están próximos.

El MPEG-1 no considera un tratamiento específico para las imágenes entrelazadas, pues se supone que el video o material audiovisual del que se parte ha sido tratado previamente para poder realizar una codificación progresiva. Téngase en cuenta que los tamaños de imagen mas habituales en MPEG-1 son de 352X288 píxeles, lo que significa que basta con muestrear uno solo de los campos (288 líneas) para obtener

una imagen o frame completo. En cambio, el MPEG-2 debe ser capaz de tratar con resoluciones de imagen de calidad broadcasting, por lo que deberemos ser capaces de tratar con material previamente entrelazado. Por ello, en el MPEG-2 se definen algunos modos adicionales que permiten tratar este tipo de material con el objeto de lograr mejores factores de compresión que los que se obtendrían considerando los dos campos como una única imagen. Es importante insistir que los modos entrelazados del MPEG-2 se han definido específicamente para poder tratar con este tipo de exploración. Si se dispone de un formato de partida no entrelazado (p. ej. El cine), deberán aplicarse las técnicas convencionales, por cuanto, en general, pueden conseguir un factor de compresión mas elevado.

El tratamiento de imágenes entrelazadas en el MPEG-2 afecta tanto a la definición de los macro bloques y la definición de los bloques que intervienen en *la transformada coseno*, como a la exploración en zig-zag de los coeficientes transformados y a los procedimientos de estimación de movimiento

En la codificación de una imagen, la selección de los modos entrelazados o de los modos progresivos convencionales puede realizarse en cada macro bloque de forma individual. Con ello podemos obtener los beneficios de un mayor factor de compresión mediante el uso de técnicas progresivas en aquellas zonas de la imagen que permanecen estacionarias, mientras que en regiones con elevado movimiento horizontal podemos utilizar los modos entrelazados.

Un macro bloque convencional de 16X16 píxeles se descompone en 4 bloques de 8X8 píxeles tomando los píxeles adyacentes tal y como se muestra en la **figura 29**. Un macro bloque entrelazado también se descompone en 4 bloques de 8X8 píxeles, pero

ahora los bloques se toman utilizando líneas alternadas. Es decir, en un macro bloque entrelazado, los bloques están formados por líneas que corresponden siempre al mismo campo mientras que en un macro bloque convencional las líneas se van alternando entre los dos campos. **La figura 30** muestra claramente las diferencias partiendo de la imagen entrelazada que habíamos utilizado en la **figura 28**. En este ejemplo se ha utilizado un macro bloque que representa toda la imagen con objeto de visualizar con mas claridad como deformadas las imágenes cuando los bloques se dividen por campos, con una menor resolución espacial en el sentido vertical.

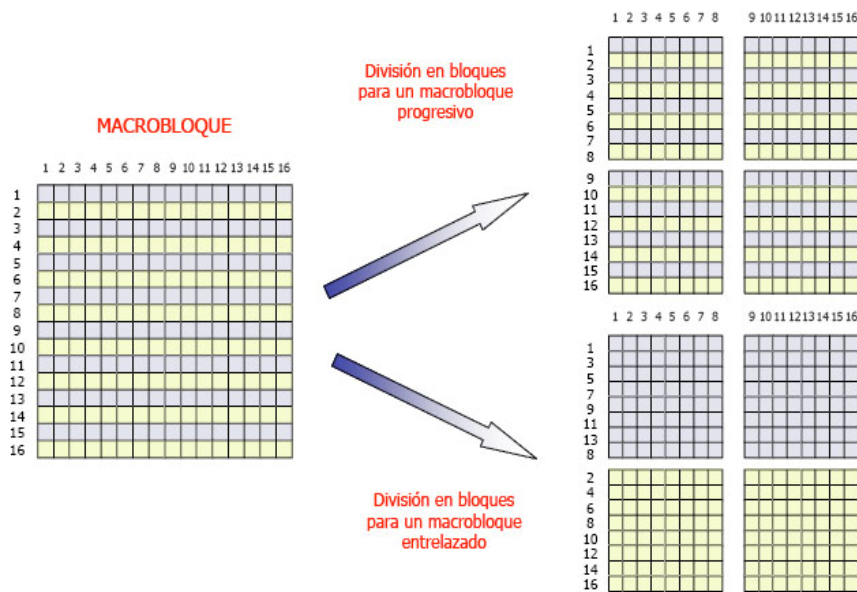
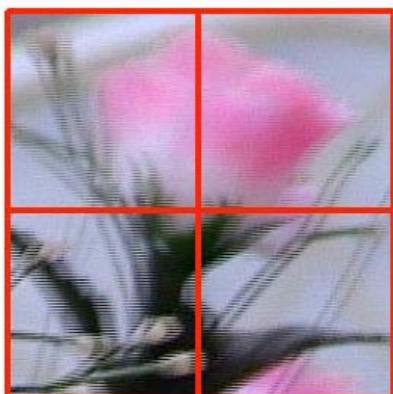
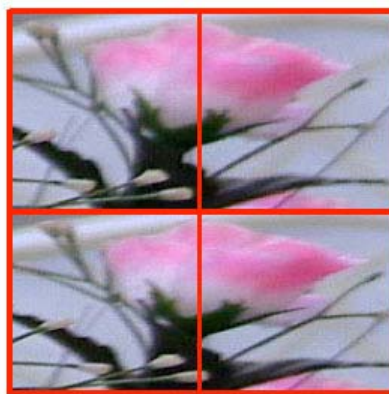


Fig. 29 Division En Bloques De Un Macrobloque para imágenes progresivas y Entrelazadas.



Descomposición de un macrobloque progresivo en 4 bloques



Descomposición de un macrobloque entrelazado en 4 bloques

Fig. 30 Descomposición en bloques en el modo progresivo y el entrelazado.

Cuando a un bloque del tipo entrelazado le aplicamos la *transformada de coseno* debemos tener en cuenta las diferentes resoluciones espaciales en cada uno de los sentidos. La sub imagen ha sido sub muestreada en el eje vertical por lo que deberemos esperar un mayor contenido frecuencial en esta dirección. Esta circunstancia resulta evidente si tenemos en cuenta, que por el hecho de aumentar el espacio entre las muestras, los niveles de los píxeles cambiarán de forma más rápida y no estarán tan correlacionados en la dirección vertical. Estas consideraciones deben ser tenidas en cuenta al ordenar los coeficientes transformados. La ordenación en zigzag convencional presupone que las componentes frecuenciales son iguales en los dos ejes. Con este nuevo muestreo la situación ha cambiado y las frecuencias verticales son más importantes que las horizontales. Por ello es conveniente redefinir la ordenación de los coeficientes de forma que los primeros coeficientes sigan siendo los más significativos. La nueva ordenación se representa en la **figura 29** y, como puede comprobarse, los coeficientes verticales y los horizontales van alternándose,

aunque primando los primeros en las primeras posiciones de la exploración. Esta curiosa forma de explorar los coeficientes suele conocerse en el entorno MPEG con el nombre Yeltsin Walk.

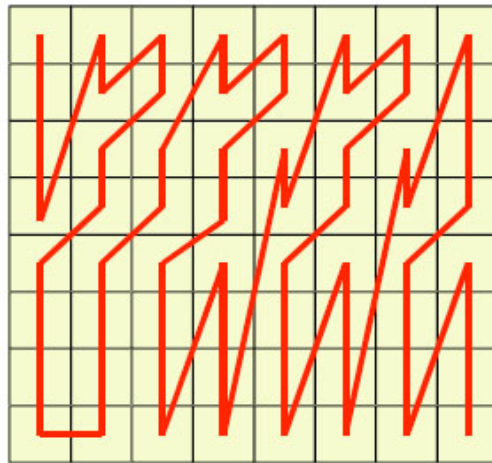


Fig.31 Orden de exploración de los coeficientes transformados en bloques entrelazados

Por lo que respecta a la compensación de movimiento, también puede realizarse mediante campos separados o basándonos en la imagen global. La forma mas evidente de tratar con campos separados consiste en descomponer las imágenes de referencia en dos campos A y B y utilizar el campo A para predecir la parte del macrobloque del campo A y viceversa. En este caso, las predicciones son independientes para cada uno de los campos que se tratan siempre por separado. No obstante, el MPEG-2 también admite otros tipo de predicción o compensación de movimiento, entre los que destacan la predicción de movimiento basada en frames (convencional) y la denominada compensación de movimiento 16X8, donde para cada macro bloque se determinan dos vectores de movimiento independientes que se determinan a partir de los dos campos de las imágenes de referencia . Existe una predicción alternativa denominada *dual frame*, en la que los vectores de movimiento

se estiman tomando como referencia el promedio de los dos campos. Una vez determinado el vector de movimiento se realiza del vector de movimiento del campo A y del campo B suponiendo un modelo de movimiento lineal de la imagen. Esta estrategia ofrece excelentes resultados, pero solo puede usarse cuando la secuencia MPEG solo se compone de imágenes P e I.

Todas las observaciones relativas al tratamiento de imágenes entrelazadas que hemos descrito se refieren tan solo a la componente de luminancia. Las componentes de color siguen un tratamiento parecido pero su organización concreta depende del tipo de formato de la señal partida. Así, en un formato como el 4:2:2 en que las componentes de chroma solo están submuestreadas en la dirección horizontal, podemos definir las componentes de croma del macro bloque en función del campo par o impar de la misma forma en que se define para las componentes. En el formato 4:2:0, las señales diferencia de color están también sub muestreadas en el sentido vertical, por lo que, en cada campo, cada dos líneas de luminancia deberán compartir una misma información de croma.

4.11 Estructura de muestreo para señales componentes

En 1982 se establecieron recomendaciones internacionales para una jerarquía de señales digitales de televisión: Recomendación CCIR 601. En la actualidad, un conjunto de definiciones revisado esta contenido en ITU-R-BT, Recomendación 601.

El primer paso para establecer una estructura de muestreo que sirva para señales de televisión, tanto de 525 como de 625 líneas, fue seleccionar la frecuencia de muestreo para cada componente de la señal de televisión: luminancia o información de escala

de grises y crominancia o información de color. Un valor de frecuencia de 2,25Mhz es el mínimo común múltiplo para frecuencias de muestreo horizontal para sistemas de televisión de 525 y 625 líneas. La frecuencia de muestreo de 13,5 Mhz ($2,25 \times 6$) conduce a una señal de luminancia de 858 muestras en total por línea para el sistema de TV de 525 y de 864 muestras para sistemas de 625 líneas. La porción activa de la señal de TV en ambos sistemas, sin embargo, fue definida como 720 muestras.

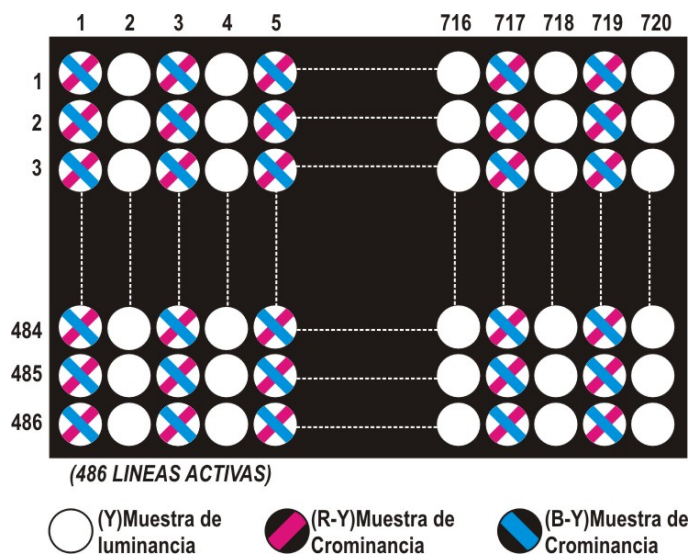


Fig.32 Estructura de muestreo 4:2:2

Reflejando las limitaciones de la percepción humana en resolución de color, la frecuencia de muestreo para la información de crominancia, es decir, las dos señales distintas de color, R-Y y B-Y, se definió a la mitad del canal de luminancia: 6,75 Mhz. Esta frecuencia proporciona 360 muestras activas para cada uno de los canales de color.

Lo que acabamos de definir es una estructura de muestreo de 4:2:2, mostrado en la **figura 32**. Los números “4:2:2” no solo indican el índice de muestreo de los componentes de la señal (Luminancia, Crominancia R-Y y crominancia B-Y), sino que además implican la posibilidad de estructuras de muestreo mayores y menores que serán relacionadas integralmente en la señal de estudio 4:2:2.

Un simple calculo muestra que para un sistema de 8 bits por muestra, se requerirá un flujo de bits de aproximadamente 167Mbps para el área activa de la señal de componente de video. La figura 5 muestra como se ha llevado a cabo este cálculo.

La señal de componente digital 4:2:2 es un formato de muestreo de televisión de alta calidad para la creación (captura) de un trabajo producción y post-producción de estudio: una señal de luminancia con 720 muestras activas por línea; acompañada por dos canales de color con 360 muestras activas por línea.

4.12.- Otras estructuras de muestreo

Muchas aplicaciones de video no requieren tener la mejor calidad de video posible. Estas aplicaciones incluyen al video industrial, TV por cable y transmisión por satélite o terrestre hacia los hogares donde las reducciones en el índice de transferencia de bits para formar interfaces con las capacidades del canal de transmisión predefinidas son más importantes que la calidad final de la imagen.

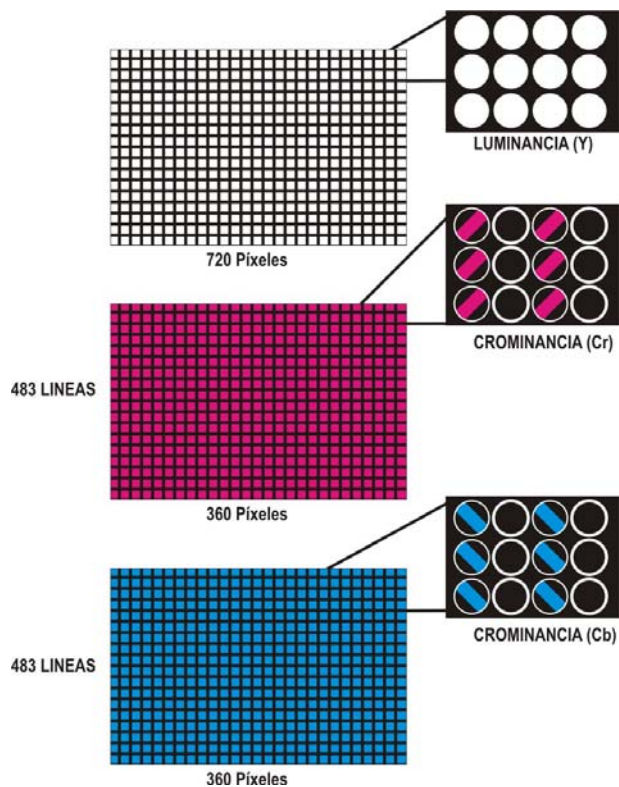


Fig. 33 CALCULO ACTIVO DEL INDICE DE TRANSFERENCIA DE BITS 4:2:2

Componentes de estudio (4:2:2) ITU-R-BT, Rec.601.

VELOCIDADES DE BITS DE IMÁGENES ACTIVAS

8 bits: $(720+360+360) * 483 * 8 * 30 = 167\text{Mbps}$

10 bits: $(720+360+360) * 483 * 10 * 30 = 209\text{Mbps}$.

4:2:0, 4:1:1 y 3:1:1 son ejemplos comunes de estructuras de muestreo usadas en estas aplicaciones.

En comparación con el video de componente digital 4:2:2, la estructura de muestreo 4:2:0 contiene el mismo número de píxeles (para las señales de luminancia y crominancia) en la dirección horizontal. En la dirección vertical, sin embargo, la señal de luminancia emplea únicamente 480 líneas activas (de las 483 líneas que llevan video) y las dos señales de crominancia que son pre-filtradas y sub-muestreadas por

un factor de 2. En otras palabras, primero la información de color se “suaviza verticalmente” y después se descarta esa información de cada línea.

La **figura 34** muestra que después del pre-filtrado y sub-muestreo, la señal 4:2:0 requiere un flujo de bits de aproximadamente 125Mbps, alrededor de un 25% menos que los 167Mbps requeridos por la señal original 4:2:2. Esto facilita el proceso de compresión al reducir el índice de transferencia de bits de la señal de video antes de entrar a la maquina de compresión.

La imagen que resulta es visualmente agradable. En la mayoría de las aplicaciones, puede parecer subjetivamente cercana a la calidad de la señal de componente 4:2:2. Sin embargo, no dará buenos resultados en trabajos complejos de producción y post-producción. Una señal 4:2:0 introduce “chroma bleeding” y ciertas distorsiones en la imagen como “desvanecimiento del borde del color”. Los cuales pueden comprometer seriamente la calidad del producto de video después del trabajo multi generacional.

Otro ejemplo común de un esquema de muestreo es 4:1:1, mostrado en la figura 33.

En este proceso, los componentes de croma son pre-filtrados y sub-muestreados en dirección horizontal: cada otro píxel en la línea de muestreo horizontal de cada canal de croma es descartado. La señal resultante tiene únicamente la mitad de ancho de banda horizontal en cada uno de los dos canales de crominancia. Es decir, una señal de componente de video 4:1:1 también requiere un flujo de bits 125 Mbps. Una vez mas, una reducción de aproximadamente 25% en velocidad de bits, comparada con los componentes originales 4:2:2.

Tanto los componentes de video 4:2:0 como el 4:1:1 son opciones populares para aplicaciones de distribución de video. Una de estas aplicaciones es el recientemente

introducido formato Digital Video Cassette (DVC) para sistemas de video al consumidor. El cual emplea señales de entrada 4:2:0 para el mercado de televisión de 625 líneas y señales 4:1:1 para el mercado de 525 líneas. El sub-muestreo vertical se favorece en 625 líneas, donde se tienen mas líneas disponibles para describir los canales de croma.

Estos sistemas, aunque adecuados para aplicaciones de distribución, pueden no ser lo suficientemente buenos para producción en televisión. Aun utilizando 4:1:1 como herramienta de alta calidad para la adquisición, puede no satisfacer los requerimientos de calidad de imagen de aplicaciones de producción y post-producción. Una vez que la información de croma se ha perdido, nunca puede recuperarse.

Algunas aplicaciones de producción de video semi-profesional en donde se utilizan computadoras, no requieren la alta resolución de luminancia de 720 píxeles por línea, de manera que se puede lograr aun mayores ahorros en el índice de transferencia de bits al sub-muestrear no solo las señales de croma, sino también el canal de luminancia.

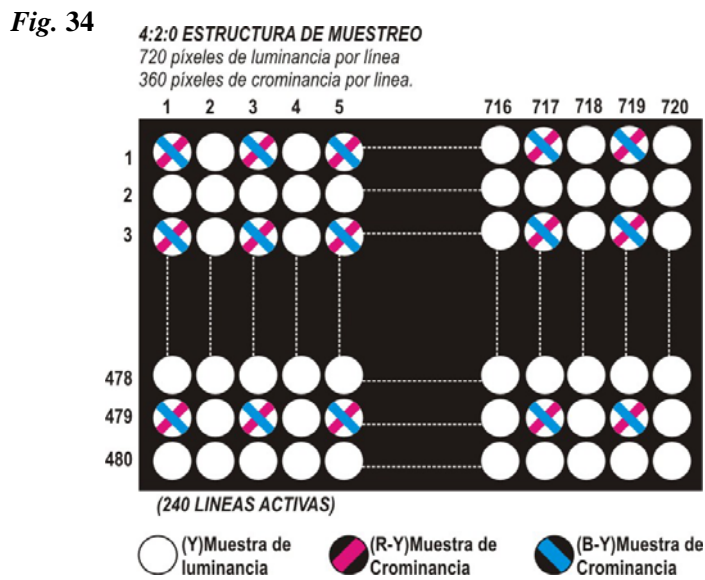
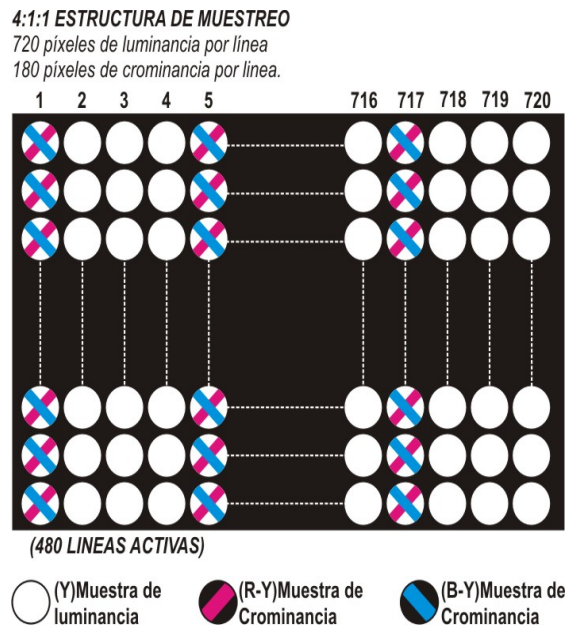


Fig. 35:



En un sistema 3:1:1 por ejemplo, la señal de luminancia esta representada por 540 píxeles por línea activa, en comparación con 720 píxeles para video por 4:2:2 por componentes. Una línea activa de 540 píxeles produce un ancho de banda equivalente de aproximadamente 4,5Mhz, comparada con 5,75Mhz para 4:2:2. Esto conduce a un 25% de reducción en la resolución horizontal del canal de luminancia, además del 50% de pérdida de resolución horizontal en crominancia. A pesar de sus limitaciones en ancho de banda horizontal, el sistema de muestreo 3:1:1 logra una reducción significativa de la velocidad de bits aun antes de que la compresión se lleve a cabo: 104 Mbps, representando un ahorro en velocidad de bits de casi el 40%, en comparación al flujo de bits a 167 Mbps de una señal 4:2:2.

Estos esquemas diversos para pre-filtrado y sub-muestreo de la información de crominancia y luminancia permiten que el índice de transferencia de bits de la señal de video digital se reduzca antes del proceso de compresión. Aunque el pre-filtrado y el sub-muestreo pueden ser las mejores formas de retrasar en un principio las imperfecciones (artifacts) debidas a la compresión, estos procesos resultan inevitablemente en señales de video que pueden no ser adecuadas para operaciones de producción o post-producción en todos los tipos de material con imágenes.

Los formatos de sub-muestreo de video son más adecuados para aplicaciones de distribución y almacenamiento, donde el resultado final es para consumo visual por un observador humano, no para un mayor proceso o manipulación mediante técnicas de producción en el estudio.

4.13.- Producción de 4:2:2

Solo las características de banda ancha de las señales de componentes 4:2:2 producen el alto nivel de calidad de imagen necesario para aplicaciones de producción y post-producción de televisión.

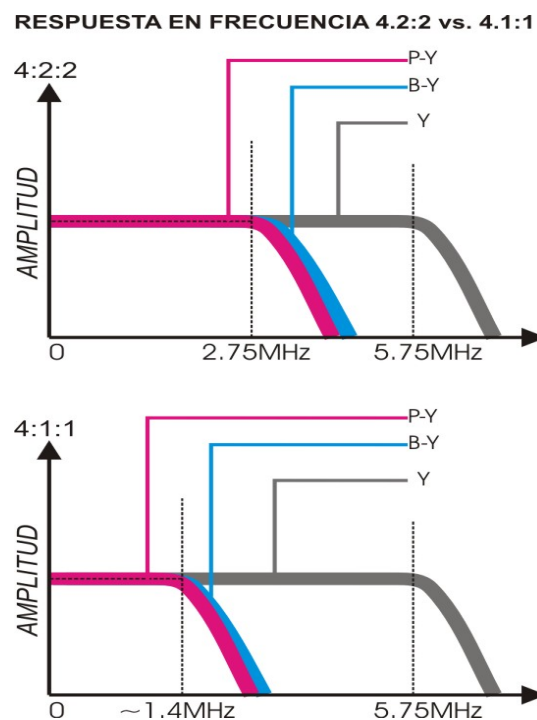
En nuestro sistema de televisión actual de 525 líneas, las señales 4:2:2 muestran 483 líneas activas de las 486 líneas posibles (la línea 21 ha sido reservada por la FCC para información de "closed-captioned"). La mayoría de los sistemas de compresión comprimen únicamente 480 líneas para facilitar el procesamiento. Mientras que estos sistemas son perfectamente adecuados para distribución, son inaceptables para la producción, pues los broadcasters también buscan información en el "blanking" del intervalo vertical.

Como lo muestra la **figura 36**, la señal de luminancia 4:2:2 tiene una respuesta en frecuencia recta hasta 5,75 Mhz. Cada señal de diferencia de color se extiende a 2,75 Mhz. Estas características de banda ancha permiten a una señal de video 4:2:2 lograr la alta calidad de imagen que es necesaria para aplicaciones de producción y post-producción.

Los procesos de producción demandantes como chromakeying, composición blue-screen, edicion multi generacional, efectos especiales, mattes, transconversión entre esquemas de conversión, conversión entre estándares 525/5625 y conversión ATV hacia arriba o hacia abajo son llevados a cabo mejor con componentes de video 4:2:2.

Dependiendo de la cantidad de compresión aplicada, un flujo de bits 4:2:2 puede imponer una seria carga en un esquema de compresión, ya que los requerimientos de manejo de datos son muy altos. Y debido a que muchos algoritmos de compresión

Fig. 37:



Usados no son lo suficientemente eficientes para manejar señales 4:2:2 completas a tasas de compresión altas sin degradar significativamente la imagen, están forzados a depender del pre-filtrado y el sub-muestreo.

Con limitaciones en el ancho de banda de crominancia y problemas con wipes, fades y efectos especiales, las imágenes que resultan pueden ser marginalmente adecuadas para las necesidades de transmisión de la actualidad, pero notoriamente deficientes para las demandas del futuro, afortunadamente, estas limitaciones se están superando.

Nuevos algoritmos de compresión que se encuentran ya en el proceso de estandarización son completamente capaces de manejar el peso de señales de componentes 4:2:2 y producir imágenes de calidad de transmisión que salen bien libradas del rigor de la edición y post-producción en estudio.

CAPITULO V

ESAMBLAJE DEL CONTROL MAESTRO

Es así entonces, que aclarados los conceptos básicos de BETACAM y VIDEO DIGITAL o MPEG2, puedo pasar a desarrollar la explicación de la experiencia adquirida durante el montaje del “CONTROL MAESTRO” para las transmisiones de los partidos en “VIVO” de los partidos jugados por en Mundial Sub 17 desde la sede de Piura.

El llamado “CONTROL MAESTRO” no es otra cosa que un área donde se ubican todos los aparatos, operadores, técnicos e ingenieros para llevar a cabo una transmisión televisiva, esta sala de aparatos esta dividida en sub-áreas:

Área Para Control De Cámaras.- Para todos los elementos que controlan las señales procedentes de las cámaras situadas en el perímetro del campo de juego, dentro del estadio.

Área Para Control Técnico.-Básico. Aquí tenemos todo lo necesario para medir y controlar las señales generadas desde las cámaras, vtr`s, gráficos, etc. Y *enfasar* los equipos cuyas salidas están conectadas al mezclador de video y audio.

Área Para Control De Sonido.-Aquí se ubican el control, distribución y monitoreo de las señales de audio para la transmisión del evento.

Área De Emisión al Aire.-Área relacionada con la recepción de todas las señales provenientes de las cámaras, VTR, gráficos, repetidoras, etc.

Donde se ubica el mezclador de video que emite la señal del programa hacia el área de transmisión.

Área De Tape.-En este espacio encontramos los equipos de grabación de los partidos y los sistemas de repetición instantánea, es aquí donde se graba toda la producción.

Área De Transmisión.- Se encuentra separada del área de CONTROL MAESTRO y donde se hallan todos los equipos que intervengan directamente con la transmisión de la señal del programa proveniente del mezclador de video hacia el transponder y el satélite correspondiente.

Área Grafica.- Donde se generan todas los gráficos que serán mezclados con el video a través del mezclador de video usando una función llamada CHROMA KEY, que no es otra cosa que poner los gráficos o títulos encima del video, mediante un quemado de fondo de color .

Tenemos también el **área de ubicación de las cámaras** y los micrófonos que en este caso es la cancha y las tribunas del propio estadio.

Ahora bien, tenemos que todas las áreas involucradas en los procesos de la producción de este evento, están comunicadas mediante un sistema de intercomunicación técnica que se compone de una red de comunicaciones a 4 hilos direccionada desde una matriz de conmutación, que generalmente esta ubicada en control técnico.

Para poder explicar la experiencia creo necesario explicar la implementación y la función de cada AREA así como los distintos aparatos que se instalaron en cada una de ellas.

5.1.- Área para control de cámaras

Antes de profundizar en este tema debo indicar la ubicación de cada cámara alrededor de la cancha de fútbol, presentándose la ubicación de la siguiente manera: 4 (1,2,3 y 4) sobre las tribunas de occidente que llevaban el tren del partido, 01 (5) sobre el flanco de occidente y al centro de la cancha para primeros planos, detrás del arco Norte se ubico 01 cámara (6) para cubrir la salida de los equipos y apoyo durante el partido, sobre la tribuna Norte se ubico otra cámara (7), para planos verticales durante el partido.

Las 07 cámaras estaban equipadas con lo siguientes componentes:

- *Cabezas de cámaras SONY BVP-E10
- *Adaptadores de Cabeza de Cámara SONY CA-570.
- *Lentes Canon Digi Súper XJ86x9 C/Foco
Control De Zoom Canon ZSD 300M
- *Cabeza De Trípode Vinten Vector 700
- *Trípode Vinten Vector HD 2 Two Stage Legs.
- *Vinten HD Skid (Dollies)
- *Kit De Intercomunicación (Headset) Sennheiser/Beyer.
- * Unidad De Control De Camaras CCU-550
- *Cable Triaxial 150m Gepco
- * Command Network Unit for BVP Series Camera systems
- * Video Command selector VCS-700
- * Sony Panel De Control Remoto RCP-720
- * Master Setup Unit Sony MSU-750
- * TELETTEST OZR4400 monitor LCD

* DTL 3410 Distribuidores De Video

Una vez con las cámaras armadas e instaladas en sus posiciones, la señal de cada cámara es llevada a los CCU-550 a través de los cables TRIAXIALES, estos se conectan de la siguiente manera, el (H) Triax Conector al CA-570 y el otro extremo (M) al CAMERA CONTROL UNIT SONY CCU-550, ubicado en el área de CONTROL DE CAMARAS. El cable TRIAX es un cable que contiene dos pantallas de cables aisladas entre si con un conductor sólido o flexible en el centro, el aislamiento de cada pantalla le permite realizar diversas funciones a través de un solo cable como por ejemplo: Envío de corriente DC a la cámara, interconexión entre operador, director de cámaras y camarógrafo, monitorización de las imágenes en VIVO, funciones de robótica y automatización independiente, entre otras.

Una vez que los siete CCU's están conectados y recibiendo las respectivas señales, son conectados y concentrados en un solo equipo llamado COMMAND NETWORK UNIT (CNU-700 Sony), mediante puertos remotos en cada CCU y el CNU.

Lo que se busca con esto es controlar remotamente desde el cuarto de maquinas cada una de las cámaras mediante los PANELES DE CONTROL REMOTO (RCP-720 SONY), los cuales están equipados con un dial y botones para guardar las configuraciones en pequeñas memorias flash y son básicamente para control del IRIS Y EL MASTER BLACK, entre otras funciones. Estos equipos también son conectados al CNU-700, mediante puertos remotos en los RCP-720.

Hasta esta etapa podemos decir que ya tenemos las cámaras montadas y tenemos control de cada una de ellas, pero como en toda producción de video es necesario

monitorear no solo visualmente sino a través de equipos de medición y calibración todas las etapas del video.

Las señales provenientes de la cámaras son las mas importantes, así tenemos que una vez instalados los CCU's a través de una salida de video SDI ubicado en cada CCU, se llevara las señales hasta un equipo llamado VIDEO COMMAND SELECTOR (VCS-700 Sony), que se encuentra conectado previamente al CNU y este a su vez se encuentra conectado a un equipo exclusivamente de medición para los niveles de las señales de video llamado, MASTER SETUP UNIT (MSU-750 Sony), de esta manera podemos monitorear cada una de las cámaras y verificar que contengan la misma fase, niveles de luz y black, logrando así una señal uniforme para todas las cámaras y absoluto control de cada una de ellas desde el AREA DE CONTROL CAMARAS.

Todos estos equipos que ya hemos mencionado y sabemos que función cumple cada uno de ellos están ubicados en un solo gabinete metálico llamado CCU OPERATION RACK, además de estos tenemos algunos adicionales como 02 TELETTEST OZR4400 que es un kit de 4 monitores LCD de 4" cada uno, para las siete cámaras, también 01 Sony 14F5E conectado directamente al MSU, para la medición y calibración de las cámaras y mediante botones selectores podemos seleccionar la cámara que deseamos monitorear.

También tenemos los Distribuidores De Video (DTL 3410) 01 por cada CCU que distribuirán las señales a través de varias salidas sin degradarlas, a los diferentes equipos en cada área.

Algo muy importante en todo este proceso es poder llevar todas las señales de video a todas las áreas involucradas y poder grabarlas en diferentes equipos de grabación con la menor pérdida de calidad, para esto se usaron 02 ROUTER DE VIDEO Pro-Bel 6705 que cuenta con una combinación de 32 botones para enrutar la señal de las cámaras a todas las áreas involucradas, en planos X-Y.

Una vez que todo esta montado y funcionando necesitamos comunicación desde la sala de maquinas con todos los camarógrafos, para esto se emplearon equipos de intercomunicación como:

- 02 Clearcom ICS-92.- que es una matriz con 9 Llaves de Talk/Listen c/u.
- 02 CTP Systems que son Paneles De Comunicacion de 4 Hilos.

5.2.- Área para el control técnico

Esta área es donde se monitorea todas las señales de video provenientes de las cámaras, Vtr`s, equipos de repetición, gráficos, etc. mediante el uso de Distribuidores De Video, también es muy importante tener todos los equipos conectados a un VIDEO PATCH, desde donde se puede enrutar todas las señales hacia cualquier equipo en el CONTROL MAESTRO, incluso la salida del PROGRAMA del Mezclador De Video hacia el área de transmisión, todo esto en forma manual, en caso tengamos algún problema en la cadena de producción.

También encontramos los enrutadores de video a través de botones

En esta área se instala un gabinete de equipos llamado VIDEO ROUTER RACK y esta equipado con los siguientes:

- 10 Distribuidores De Video DTL 3410

- 01 12-Row Video Patchbay CANARE.
- 01 Monitor Sony 14F5E
- 01 WaveForm Monitor Tektronix 601E
- 01 Pro-Bel 64X64 SDI video Router.
- 01 Pro-Bel 6276 X-Y Panel
- Trilogy Mentor SPG (Generador De Pulso De Sincronismo) C/ Trilogy master Mind (ChangeOver Unit).
- Snell&Wilcox IQDMSDA (Decoder Synchroniser) C/ IQDAFS (SDI Frame Synchronizer).
- 02 Snell & Wilcox IQD1ADC, Convertidor De Video Componente Análogo (RGB) a Serial Digital (SDI) 4:2:2 a 270Mbit/s.
- 01 Snell & WilcoxIQD1DAC, Modulo conversor de Video Componente Serial digital (SDI) a 270Mbit/s)

Es importante hacer mención del equipo Pro-Bel 64X64 con panel de 32 botones Pro-Bel 6705 y 6276 para routear las señales hacia las diferentes áreas de la producción, esto simplifica mucho el trabajo debido que es un equipo muy versátil, ya que cuenta con 64 Canales De Entrada y 64 Canales De Salidas de Audio (AES/EBU) y Video (SID) Incluso pueden ser señales analógicas (A/V) PAL y/o NTSC. También puede detectar time codes y puertos RS-422 para control de maquinas, lo único que debemos configurar es la corrección del intervalo vertical en caso de señales mixtas, otra ventaja es la alta tasa de transferencia que va desde los 140-360Mb/s lo cual asegura la calidad de la señal.

En esta sección también se ubican los equipos que generan la señal de referencia o sincronismo, para todas las fuentes de audio y video en un set de televisión.

Esta señal es una típica señal de video pero no cuenta con componentes de luminancia ni Chrominancia pero contiene todos los otros elementos de una señal de video, se podría decir que es una señal totalmente “NEGRA” lo que se conoce como BLACK BURST. El Black Burst es la señal de referencia comúnmente usada para sincronizar los tiempos de muestreo del audio y video, incluso combinando las señales análogas y digitales a través de un MASTER CHANGEOVER UNIT.

El FRAME SYNCHRONISER IQDAFS (SDI Frame Synchronizer), es un sincronizador de cuadro completo para video SDI, con la capacidad de corregir hasta 4 canales de audio estéreo.

Durante el procesamiento de la señal de audio se genera un retardo con respecto al video, este equipo tiene la capacidad de corregir este problema de dos maneras.

La primera actúa como un sincronizador completo, donde la salida de video esta enganchada (LOCKED) a una entrada de referencia análoga BLACK-BURST, en este modo el retardo pasa a través de la unidad corrigiendo la señal, de acuerdo a la señal detectada en la entrada de video, comparándola con la referencia de entrada. Seguidamente el equipo introduce una corrección de SYNC en el retraso del canal de audio que precisamente se halla retrazado respecto del video, este proceso no degrada la señal en lo más mínimo. En el Segundo modo la unidad se comporta como una constante es decir el equipo se programa con un retardo de $1\text{Frame} + 2\mu\text{S}$.

EL DECODER SYNCHRONISER IQDMSDA (Snell&Wilcox). Actualmente en casi todo el mundo se esta experimentando la transición de la televisión analógica a la televisión digital, lo cual indica que en una sala de

CONTROL MAESTRO de televisión no todo es digital, también encontramos señales análogas que van desde la señal de video compuesta hasta el área del video componente digital.

Este equipo cuenta con una gran variedad de algoritmos capaces de decodificar cualquier señal de video ya sea su fuente una análoga o digital, manteniendo la calidad de la producción.

5.3.-Área de emisión

Como mencionamos anteriormente aquí encontraremos todo lo que tenga que ver con la emisión de la señal final y su combinación con efectos y gráficos, en esta área se instalaron:

- 01 SONY DVS-7350 Production Switcher C/DME 7000
- 16 SONY PVM 9041 de 9" para visionar señales de cámara y VTR`s
- 20 SONY PVM 20" Para Preview y Program.

En esta área encontramos una pared llena de monitores "Monitor Wall" recibiendo y mostrando las señales provenientes de cada una de las cámaras, también tenemos las señales de las VTR`s que vienen del área de TAPE (grabación) y de los sistemas de repetición instantánea almacenados en Discos Duros también tenemos los gráficos y logos que también llegan como señal SDI de video, al centro del videowall se ubican 02 monitores de 20" para PVW y PGM.

Cada una de estas señales llega hasta esta área previamente corregida y sincronizada como ya indicamos antes, pues es aquí donde se mezclaran todas estas señales y saldrán como un producto final, la señal que llegara hasta el satélite y la distribución hacia todos los países receptores.

Podemos decir que el SWITCHER DE PRODUCCION es el equipo más importante en una transmisión televisiva. Uno de los equipos que es necesario mencionar en este apartado es el mezclador de video Sony DVS-7350 podemos decir que es un mezclador de video muy completo pues cuenta con 36 Canales de Entradas compartido entre señales digitales SDI y analógicas componentes RGB y compuestas, dos procesadores independientes para chroma key o quemado por fondo de color, potente corrector de colores primarios y secundarios, corrector de bordes mediante key, 14 Buses auxiliares con 3 Bancadas de efectos (Mix/Effects) M/E para preparar la imagen o mezclar imágenes mas 01 Bancada directa al PGM y PST.

5.4 Área de sonido

El audio en este caso tiene un proceso totalmente diferente e independiente y en todas las etapas de la producción es tratado analógicamente, desde su inicio en la cancha de fútbol donde se ubicaron 16 micrófonos SENNHEISER MKH-416 a condensador tipo pistola corta para cubrir el sonido ambiental, todos con un pequeño TRIPODE a 10cm del piso y una cubierta de pelo protector contra impactos y viento, el sonido es llevado hasta la consola a través de dos mangueras de cables llamadas SNAKE MULTITRACK 10 que llegan hasta una distancia determinada en la cancha y a partir de ahí se lleva cables independientes a cada micrófono, los snake no son otra cosa que una caja de conectores XLR (H) en un extremo y los conectores (M) del otro extremo conectados directamente a la mezcladora de audio SOUNDCRAFT B 800, con 40 canales de entradas balanceadas tipo XLR, 06 grupos tipo mono o 03 grupos estéreos, 06 buses mono auxiliares además de 04 buses estéreo auxiliares y 02 salidas master estéreo.

Todas estas señales de audio son mezcladas y ecualizadas con los niveles correctos y finalmente se convierten en 04 señales separadas que son 02 canales de audio ambiental + 01 canal del narrador en inglés y 01 canal stand by, estas 04 señales finales serán conectados a los distribuidores y finalmente llegaran al ROUTER DE AUDIO para ser enrutadas hacia las diferentes áreas de la producción y monitoreo para finalmente ser transmitidas al satélite.

Los equipos que se utilizaron para distribuir estas señales, son:

- SENNHEISER MKH-416
- SOUNDRAFT B 800
- SNAKE MULTITRACK 10
- 01 Router De Audio Pro-Bel Freeway 64X64 Analogo Stereo C/ Pro-Bel 6276 X-Y Panel.
- 30 Distribuidores Amplificadores De Audio Stereo LEITCH ASD-880
- 01 Alice MSU 10 Audio Transmisión Monitor.
- 02 Klark Teknik DN500 Compressor/Limiter
- 01 Chromatec AM4 In-Vision Audio Monitor.
- 02 BSS Soundweb 9088 Procesador Digital De Audio
- 01 Sony CDP-E11 CD Player
- 15 Fostex 6301 B Parlantes Monitores.
- 01 Clearcom ICS-2003 Matriz Intercom.

Los Compressor/Limiter sirven para evitar picos en la señal y se ubica en la etapa de salida de la mezcladora de audio, similar función tiene el procesador de audio que mantiene la calidad de la señal mejorando la ganancia.

Los demás equipos son básicamente para monitoreo y control de la señal, los monitores de audio se ubicaron en las diferentes áreas de la producción.

5.5 Área de tape

Es en esta área donde encontramos equipos muy importantes en la producción pues es aquí donde se grabara el audio y video final emitidos desde la mezcladora de video y audio, respectivamente. Para esto se emplearon 02 SONY DVW-A500 Betacam Digital en 01 se graba la señal limpia es decir sin gráficos y en la otra se graba la señal que sale del PGM es decir tal cual esta al aire, además hay 01 maquina adicional en caso falle alguna de estas.

También encontramos 02 EVS LSM-XT que es un sistema basado en computadora con disco duro interno, para las repeticiones instantáneas además de realizar ediciones cortas y cámaras lentas (Slow Motion). La ventaja de este sistema es que cuenta con 06 canales de I/O audio y video en simultáneo, apreciando una misma jugada, gol, fault, etc. Desde diferentes ángulos y planos, también cuenta con un pequeño control remoto tipo JOG para ediciones por cortes. Es decir podemos observar una misma jugada desde varios ángulos del campo con primeros planos y en cámara lenta, otro punto importante es que permite la grabación y reproducción proveniente de 06 cámaras en simultáneo.

Encontramos los siguientes equipos en esta area:

- 12 Monitores Sony PVM 9041 para los EVS
- 02 Monitores Sony PSVM 14L2 Para PGM y PVW.
- 02 Monitores Sony PVM 9041 Para monitoreo de los VTR.
- 02 Monitores LCD VGA para los Playlist de cada EVS.
- 02 SONY DVW-A500 Betacam Digital

- 02 EVS LSM-XT

5.6 Área gráfica

El área de gráficos esta conformada básicamente por 02 computadoras que cuentan con un software y tarjetas graficas en tiempo real, esto nos permiten ver los gráficos ya sean títulos o logos, como video de alta calidad ya sea analógico RGB o Digital SDI y se enruta hacia la mezcladora de video para ser mezcladas con las otras señales a través de la función de CHROMA KEY.

Es gracias a esta área, y a estos equipos, que podemos saber apreciar en nuestras pantallas de tv, los nombres de los jugadores con sus respectivos números, cuantos goles han convertido o cuantas faltas van acumulando, también el tiempo transcurrido, logos o símbolos de los diferentes equipos o cualquier información adicional que se quiera mostrar en la pantalla.

Si bien es cierto la señal para los gráficos son generadas por computadoras, previamente deberán ser convertidas a señal de video de calidad broadcast (RGB o SDI) para poder ser mezcladas con las demás señales a la hora de salir al aire, para esta función se utilizaron los equipos de la marca MIRANDA y modelo DVI-RAMP.

5.7 Área de transmisión

Es la parte fundamental de toda producción en “vivo”, llevar la señal de proveniente de la salida (PGM) del mezclador de video hacia los millones de personas y países alrededor del mundo entero, a través del uso de los satélites. También es en esta etapa donde realmente se producirá la codificación a MPEG-2 usando un equipo llamado

codificador o encoder, no solo por el tema de la calidad, sino también para su encriptación y evitar que “piratas” puedan acceder a nuestra señal, una vez que se aplica el tipo de codificación y encriptación, la señal pasa hacer modulada y sale como RF del encoder en IF (Frecuencia Intermedia en 70MHz) para ingresar al UP CONVERTER, equipo que se utiliza para asignarle la frecuencia exacta dentro de la banda C.

Una vez con la frecuencia correcta esta señal sale del UP CONVERTER e ingresa al HPA o Amplificador de alta potencia a través de una guía de onda de 1m de longitud. No olvidemos que hasta este punto tenemos dos sistemas redundantes es decir funcionando en paralelo, pero solo contamos con un plato transmisor, es en este punto donde llegan las dos guías de onda provenientes de los transmisores con la misma potencia, pero solo una a la vez puede alimentar al FEEDER o ALIMENTADOR con polarización circular (RHCP), así que en el punto de unión se cuenta con un “SWITCH BALL” que es justamente un interruptor tipo switch para dejar pasar una u otra señal en caso se pierda alguna, es un interruptor que funciona haciendo un medio giro (90°) con una carga en la salida stand by, el switchado puede ser manual o mediante un pulso eléctrico.

El plato off-set, pues el foco de incidencia no es el centro del plato sino 10° menos aproximadamente, esta conformado por 4 petalos en forma romboide, cuenta con un diámetro de 1,8m y descansa sobre una cabeza movil para fijar el angulo Azimut (Horizontal) y Elevación en forma independientes, con ajustes finos y gruesos, todo esto descansa sobre un trípode.

La señal transmitida es modulada como QPSK o Modulación En Cuadratura Por Desplazamiento De fase (Quadrature Phase Shift Keying) esta es una forma de modulación consistente en enviar la señal en 4 fases, 45, 135, 225 y 315 grados, y el cambio de fase de un símbolo al siguiente codifica dos bits (dibit) por símbolo.

La modulación QPSK es equivalente a la 4-QAM.

Una de sus principales ventajas es que ofrece la misma eficiencia de potencia, utilizando la mitad de ancho de banda, lo que es muy importante en la transmisión de datos por satélite.

La Polarización de una antena también es muy importante y se refiere solo a la orientación del campo eléctrico radiado desde esta. Una antena puede polarizarse en forma lineal (por lo regular, polarizada horizontal o verticalmente, suponiendo que los elementos de la antena se encuentran dentro de un plano vertical u horizontal), en forma elíptica o circular. Si una antena irradia una onda electromagnética polarizada horizontalmente, la antena se define como polarizada horizontalmente, si la antena irradia una onda electromagnética polarizada verticalmente, se dice que ha sido polarizada verticalmente, si el campo eléctrico radiado gira en un patrón elíptico, esta polarizada elípticamente; y si el campo eléctrico gira en un patrón circular, esta polarizado circularmente.

Si una antena trabaja en polarización lineal vertical (por ejemplo, perpendicular a la superficie del suelo), en teoría sólo puede transmitir y recibir ondas verticalmente polarizadas (el campo eléctrico ha de variar en una dirección perpendicular al suelo). Así, la antena no podrá recibir una onda polarizada horizontalmente (paralela al suelo)

y se dice entonces que la antena no es capaz de trabajar con ondas de polarización cruzada.

Esto mismo se aplica al resto de polarizaciones. Por ejemplo, una antena que use polarización circular a derechas no podrá recibir una onda polarizada circularmente a izquierdas. Si dos antenas no utilizan la misma polarización, sufrirán una pérdida de potencia (desacoplo de potencia).

Configuración Principal:

02 Transmisor XICOM modelo XTRD-400

02 Encoder Tandberg modelo Evolution 5000

02 Up converter SVX-60T

02 Guia De Onda 1m Longitud

01 Switching Ball

01 Plato Formado por 4 Petalos 1,8m. Diámetro Con Tripode Con cabezal Movable Azimut y Elevación.

01 Feeder con Polarizacion Circular Continental Microwave

01 LNB California Microwave

5.8 Area De Alimentacion

Para la eliminacion de tantos equipos se contrato los servicios de una empresa especializada en grupos electrogenos de gran capacidad.

Para lo cual se contrataron dos generadores de 25Kw cada uno, es decir uno en caso de emergencia, cabe mencionar que durante las transmisiones ambos motores funcionaban en paralelo, en caso de caerse el principal, automaticamente mediante un sistema de estabilizadores con relay electronicos, intercambiarian funciones.

Los voltages entregados por los generadores tenian una configuracion de 220v y 110v. Lineas separadas segun exigieron los tecnicos.

Estos voltages llegaban a una central con 7 secciones desde donde se distribuia a cada una de las areas mediante llaves con sensores electronicos.

Se utilizaron dos pozos a tierra con el fin de dirigir la energía perdida a la tierra, eliminando el riesgo de electrizamientos y descargas, en caso de fallas.

CAPITULO VI

ANALISIS DE COSTOS POR AREAS.

Cabe Mencionar que los equipos presentados en este informe y que fueron utilizados durante el evento, no eran nuevos ni se pretendían comprar por tal motivo no se solicito una cotización formal para la adquisición de equipos.

Fue un alquiler de servicios temporal, tampoco puedo precisar el valor del alquiler por cada sede del total de los equipos y servicios debido a que es información clasificada del Canal 9 ATV y decidieron no brindarmela.

Por tal motivo los precios presentados en este capitulo son referenciales tomados del Internet de empresas proveedoras de equipos nuevos y usados, Pero en buen estado de funcionamiento, de ultima generación y cubiertos con garantía de fabrica.

CONCLUSIONES

Actualmente la televisión se esta preparando para adoptar una única infraestructura de televisión basada en la codificación.

MPEG-2 4:2:2 @ML. Los beneficios de hacerlo se pueden resumir como la adopción de un esquema de compresión flexible basado en tecnología económica, escalable desde las aplicaciones de consumidor hasta la alta definición. Ya se ha llevado a cabo trabajo en comité para establecer el conjunto de herramientas de compresión y para asegurar que los niveles de calidad satisfagan los estándares de producción de televisión y los requerimientos de flexibilidad. MPEG-2 4:2:2 es una arquitectura verdaderamente abierta que beneficia a todos los fabricantes y a la industria de la televisión en general.

En el Perú actualmente el estándar sigue siendo BETACAM SP formato nacido en los 80's y lejos de migrar hacia formatos broadcast, el desarrollo ha tomado un giro hacia formatos "CONSUMER" asumiéndolos como Broadcast, tal es el caso del MINI DV, que es un formato también basado en MPEG-2 pero con una tasa de transferencia muy inferior a los formatos profesionales o broadcast. Esto es debido mayormente a la política de poca inversión económica en cuanto a equipos, por parte de los canales de televisión, probablemente sigamos así durante algún tiempo mas, pues todo el mundo esta esperando la transición a HD (alta definición) que se presume será en Periodo de 10° a 15 años.

Diferentes causas han llevado a que el Perú siga siendo un país obsoleto y desfasado tecnológicamente en el tiempo, no olvidemos que el Perú fue uno de los primeros

países en Latinoamérica donde apareció la televisión, siempre estuvo a la vanguardia además de contar con canales muy conocidos a nivel mundial.

No es sino que gracias a un evento de esta magnitud desarrollado en nuestro propio país que los ingenieros y técnicos peruanos, pudimos apreciar, conocer, operar, instalar y sobre todo ser parte de las últimas tecnologías y estándares usados en los países más desarrollados a nivel mundial en cuanto a tecnología de las telecomunicaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Frances Tarrés Ruiz. "Sistemas Audiovisuales (Televisión Analógica y Digital) Ediciones UPC. Primera edición. Barcelona. 2000 .
- [2] Wayne Tomasi. "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas". Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Segunda edición. México. 1996.
- [3] Hugo Gaggioni. "Pizarrón para los maestros de video". Sony Electronics inc. Mexico. 1999.
- [4] Ian Collings. "Preparando el futuro del mercado broadcast". Sony Profesional. México. 2000
- [5] Sony Electronics. "MPEG2 4:2:2 La elección ideal para la industria de la televisión". Sony Electronics. Mexico. 2002.
- "Televisión Digital" <http://www.monografias.com/trabajos5/tv/tv.shtml>
- [6]"Televisión digital terrestre
<http://www.televisiondigital.es/Terrestre/Ciudadanos/index.htm>
- [7]"Televisión Digital" http://es.wikipedia.org/wiki/Televisión_digital