

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA

**DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS
PARA REALIZAR EL CONTROL DE CALIDAD
DEL SERVICIO DE TELEVISION CODIFICADA
SATELITAL**

Tesis previa a la obtención del título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

DORIS DEL CARMEN GONZALEZ PALLO

Quito, Octubre, 1999

Certifico que el presente trabajo ha
sido desarrollado en su totalidad
por la Srta. Doris González

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'CE' or similar initials, written over a horizontal line.

Ing. Carlos Egas

Director

Agradecimientos

Mi sincero agradecimiento al
Ing. Carlos Egas por su acertada
dirección en la presente tesis.

Agradezco al Ing. Milton Ludeña
por el impulso inicial dado y la
colaboración como codirector de
este trabajo

Dedicatoria

A Dios, que me ha dado salud y vida, a mis padres y hermanos quienes con su amor y apoyo incondicionales han hecho posible la culminación de mi carrera.

A Xavier.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I. GENERALIDADES	
1.1	Conceptos básicos del control de calidad..... 3
1.1.1	Calidad..... 3
1.1.2	Control de calidad..... 4
1.1.3	Sistema de control de calidad..... 4
1.2	Servicios de televisión satelital..... 5
1.2.1	Bandas de frecuencias satelitales para transmisiones de televisión y telecomunicaciones..... 5
1.2.2	Definición de sistema de radiodifusión satelital..... 6
1.2.3	Sistema de televisión codificada por satélite..... 6
1.2.4	Características técnicas para la transmisión de señales de televisión por satélite..... 7
1.2.4.1	Estación..... 7
1.2.4.2	Estación terminal del sistema de televisión codificada satelital..... 7
1.2.4.3	Estación terrena..... 8
1.2.4.4	Servicio fijo por satélite..... 8
1.2.4.5	Transpondedor..... 8
1.2.4.6	Portadora..... 8
1.2.4.7	Intensidad de campo utilizable..... 8
1.2.4.8	Zona de asignación..... 9
1.3	Aspectos fundamentales del servicio de televisión codificada Satelital..... 9
1.3.1	Principios básicos de televisión..... 9
1.3.2	Fundamentos de la técnica digital de señales de televisión..... 13
1.3.2.1	Digitalización de la señal de video..... 13
1.3.2.1.1	Muestreo..... 14
1.3.2.1.2	Cuantificación..... 16
1.3.2.1.3	Codificación..... 17
1.3.3	Sistemas de compresión de video..... 18
1.3.3.1	Principios de la compresión..... 18
1.3.4	Características técnicas para la transmisión digital de señales de televisión..... 20
1.3.4.1	Características de banda base..... 21
1.3.4.2	Velocidad de información del codec..... 21
1.3.4.3	Características RF..... 22
1.3.4.4	Parámetros de transmisión..... 22
1.3.4.5	Disponibilidad del enlace..... 23
1.3.4.6	Recursos del satélite..... 24
1.3.4.7	Modalidades operativas de las portadoras utilizadas en el servicio de televisión codificada satelital..... 24
1.3.4.7.1	Modalidad MCPC..... 25

1.3.4.7.2	Modalidad SCPC.....	25
1.3.5	Sistema de recepción del servicio de televisión codificada satelital...	26
1.4	Distribución y uso de frecuencias para el servicio de televisión codificada satelital en el Ecuador.....	27
1.4.1	Norma técnica que se aplica para la televisión codificada satelital....	27
1.4.2	Distribución y uso de frecuencias.....	28
1.4.2.1	Bandas de frecuencias.....	28
1.4.3	Canalización.....	28
1.4.3.1	Canalización de la banda 11.45 – 12.2 GHz (espacio – tierra).....	29
1.4.3.2	Canalización de la banda 11.45 – 12.2 GHz (espacio – tierra).....	31
1.4.4	Características sobre la utilización de las bandas.....	33
1.4.4.1	Las bandas 11.7 a 12.1 y 12.1 a 12.2 GHz.....	34
1.4.4.2	Las bandas 11.7 a 12.2 GHz.....	34
1.4.4.3	Las bandas 13.75 a 14.0 GHz.....	34
1.4.4.4	Las bandas 14.0 a 14.3 GHz.....	35
1.4.4.5	Las bandas 14.0 a 14.5 GHz.....	35
1.5	Desarrollo del servicio de televisión codificada satelital en el Ecuador.....	35
1.6	Situación actual del servicio de televisión codificada satelital en el Ecuador.....	36

CAPITULO II . FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL SERVICIO DE TELEVISION CODIFICADA SATELITAL

2.1	Factores técnicos que influyen en la calidad de las transmisiones satelitales.....	39
2.1.1	La potencia del enlace descendente.....	39
2.1.2	Potencia isotrópica radiada equivalente.....	40
2.1.3	Relación portadora – densidad de ruido (C/No).....	40
2.2	Factores técnicos que influyen en los receptores satelitales.....	41
2.2.1	Area efectiva de una antena.....	42
2.2.2	Ganancia de la antena parabólica (G).....	42
2.2.3	Relación potencia de portadora – temperatura de ruido (C/T).....	43
2.2.4	Relación portadora – potencia de ruido (C/N).....	44
2.2.5	Temperatura de ruido del sistema de recepción (T).....	44
2.2.6	Factor de mérito (G/T).....	46
2.3	Factores que influyen en la propagación atmosférica.....	46
2.3.1	Perdidas en el espacio libre (Ls).....	47
2.3.2	Desvanecimiento de la señal por lluvia.....	48
2.4	Ruidos que afectan a las comunicaciones satelitales.....	48
2.4.1	Ruido de intermodulación.....	49
2.4.2	Ruido de interferencia.....	49
2.4.2.1	Armónicos de determinadas emisiones que caen dentro de la banda de radiodifusión por satélite.....	50
2.4.2.2	Emisiones en la banda de la frecuencia intermedia.....	50
2.4.2.3	Radiaciones no esenciales procedentes de equipos receptores.....	51

CAPITULO III . PARAMETROS DE CALIDAD PARA EL SERVICIO DE TELEVISION CODIFICADA SATELITAL

3.1	Requisitos del segmento espacial.....	52
3.1.1	Potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e) del transpondedor..	53
3.1.2	Ancho de banda del canal.....	53
3.1.3	Potencia de portadora con respecto al ruido en el enlace descendente (C/N).....	54
3.1.4	Relación Eb/No en el enlace descendente.....	55
3.1.5	Velocidad de transmisión de datos de un canal de televisión digital... 55	
3.1.6	Porcentaje de Bit Error Rate (BER) en la estación receptora.....	57
3.2	Estación receptora.....	57
3.2.1	Ganancia de la antena parabólica (G).....	57
3.2.2	Factor de mérito de la antena receptora (G/T).....	57
3.2.3	Convertidores de bloque de bajo ruido (Low Noise Block Converters).....	59
3.2.3.1	Ganancia del amplificador de bajo ruido (LNB).....	59
3.2.3.2	Nivel de salida del amplificador de bajo ruido (LNB).....	59
3.2.3.3	Banda de frecuencia para la conversión en bajada.....	60
3.2.3.4	Niveles de señal que deben llegar al decodificador del sistema de televisión codificada satelital.....	60
3.2.3.5	Especificaciones necesarias para evitar degradaciones en la imagen..	60
3.2.3.6	Características que deben mantenerse en el sistema de recepción de TV codificada satelital ante los armónicos radiados por un horno de microondas.....	61
3.2.4	Características de la estructura del sistema de recepción.....	62
3.2.4.1	Características del montaje de la antena.....	62
3.2.4.2	Características de soportes no penetrantes.....	63
3.2.4.3	Características mínimas del cable del amplificador LNB.....	66
3.2.4.4	Características de los conectores del cable del amplificador LNB.....	66
3.2.4.5	Longitud máxima del cable del amplificador LNB.....	67
3.2.4.6	Conexiones a tierra del sistema de recepción.....	67

CAPITULO IV . DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS PARA REALIZAR EL CONTROL DE CALIDAD DEL SERVICIO DE TELEVISION CODIFICADA SATELITAL

4.1	Establecimiento de normas y especificaciones.....	71
4.1.1	Parámetros de calidad sujetos a medición a nivel de señal.....	72
4.1.2	Parámetros de calidad sujetos a medición a nivel de estructura del sistema de recepción.....	73
4.2	Evaluación del cumplimiento de los parámetros medibles en el servicio de televisión codifica satelital.....	74

4.2.1	Requerimientos para realizar el control del servicio de televisión codificada satelital.....	74
4.2.1.1	Requerimientos para realizar el control de calidad de los parámetros medibles a nivel de señal en el servicio de televisión codificada Satelital.....	75
4.2.1.2	Requerimientos para realizar el control de calidad de los parámetros medibles a nivel de estructura del sistema de recepción del servicio de televisión codificada satelital.....	75
4.2.2	Diseño del sistema para el control de calidad del servicio de televisión codificada satelital.....	76
4.2.2.1	Estructura del sistema de control de calidad para los parámetros medibles a nivel de señal en el servicio de televisión codificada satelital.....	76
4.2.2.1.1	Primer subsistema para realizar el control de calidad del servicio de televisión codificada satelital.....	77
4.2.2.1.2	Segundo subsistema para realizar el control de calidad del servicio de televisión codificada satelital.....	79
4.2.2.1.3	Estructura de la estación móvil.....	81
4.2.3	Equipos que conforman el sistema de control de calidad del servicio de televisión codificada satelital a nivel señal.....	82
4.2.3.1	Antena receptora para el servicio de televisión codificada satelital....	83
4.2.3.2	decodificador del sistema de televisión codificada satelital.....	85
4.2.3.3	Receptor de video.....	87
4.2.3.4	Analizador de espectros.....	87
4.2.3.5	Características del móvil a utilizarse en el sistema de control.....	91
4.2.4	Formatos propuestos para la recopilación de datos.....	92
4.2.4.1	Formatos para recopilación de información de los parámetros medibles a nivel de estructura del sistema de recepción.....	93
4.2.4.2	Formatos para recopilación de información de los parámetros medibles a nivel de señal.....	98
4.2.5	Procedimiento para el tratamiento de la información.....	106
4.2.6	Administración del sistema de control.....	107
4.2.6.1	Infraestructura de las oficinas para la administración del sistema.....	107
4.2.6.2	Personal necesario.....	109
4.3	Tomar acción cuando exista disconformidad entre los estándares y los valores obtenidos en la evaluación.....	110
4.4	Planear mejoras constantemente.....	111

CAPITULO V . ANALISIS ECONOMICO

5.1	Costos de la implementación física del sistema.....	112
5.1.1	Costos del equipo móvil.....	112
5.1.1.1	Costos del equipo de DirecTV.....	113
5.1.1.2	Costos de equipos de medición del sistema.....	113

5.1.1.3	Costos de equipos de generación de energía para el sistema	113
5.1.1.4	Costos del vehículo adaptado, herramientas básicas e instalación.....	114
5.1.2	Costos de las oficinas de administración general del sistema que brinda el servicio.....	114
5.1.3	Costos mensuales por operación y mantenimiento.....	115
5.1.4	Costo total del sistema.....	115
5.2	Análisis beneficio – costo (B/C).....	116

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones.....	120
6.2	Recomendaciones.....	123

BIBLIOGRAFIA

ANEXO 1.....	I
ANEXO 2.....	II
ANEXO 3.....	III
ANEXO 4.....	IV
ANEXO 5.....	V
ANEXO 6.....	VI

INTRODUCCION

Los avances logrados en el campo de las comunicaciones digitales han contribuido al surgimiento de nuevos servicios, uno de estos es la transmisión de video digital por satélite, este servicio ha permitido llegar a aquellas zonas más desfavorecidas donde no llegan los sistemas de comunicaciones terrestres.

Para una correcta explotación del servicio de televisión codificada satelital se debe tomar en cuenta bajo que parámetros técnicos debe funcionar este servicio, los mismos que son recomendados por organismos de normalización; el cumplimiento de estos parámetros proporcionarán una calidad de servicio garantizada al consumidor.

Para llegar a determinar estos parámetros, es necesario seguir las normas o recomendaciones dadas para este tipo de servicio, las cuales antes de haber sido declaradas como normas o recomendaciones han sido estudiadas previamente por los organismos de normalización como lo es la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), organismo que se encarga de regular los acuerdos internacionales de telecomunicaciones. En este trabajo se adapta las recomendaciones a nuestra propia realidad.

Para establecer entonces un control de calidad se presenta primero una definición de cada uno de los parámetros del servicio que se requieren ser controlados para luego obtener una evaluación de su calidad.

Este denominado control de calidad implica la implementación de un sistema de control de calidad que permita la medición de los parámetros medibles para posteriormente realizar una comparación con los valores dados por las normas técnicas a través de esquemas de recopilación de datos y análisis de los mismos.

El presente trabajo tiene el propósito de determinar los parámetros que intervienen en el servicio de televisión codificada satelital a nivel de recepción y además llegar a establecer un sistema que nos permitirá realizar el control de calidad de este servicio en nuestro país.

Se incluyen también el detalle de los elementos que constituyen el sistema de control de calidad del servicio de televisión codificada satelital, se propone esquemas de recopilación de datos, y además se realiza un estudio general de la administración de éste; pretendiendo ofrecer de esta manera una guía para su elaboración. Cabe destacar que los equipos propuestos para este sistema de control son de última tecnología y reconocido funcionamiento y que además soporta el impacto del cambio de milenio.

Finalmente en este trabajo se presenta un análisis aproximado del costo de la implementación total del sistema de control, así como los gastos que representan su mantenimiento y operación. Todos estos tópicos se encuentran desarrollados en los diferentes capítulos que conforman este trabajo, cumpliendo de esta manera los objetivos que se habían planteado.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1.- Conceptos básicos del control de calidad

La calidad y el control de calidad se han colocado como los factores más significativos en las decisiones de los compradores por lo cual es preciso determinar cada uno de estos términos.

1.1.1.- Calidad

Comúnmente se entiende por calidad un grado de excelencia, o algo bueno; también se la puede considerar como la medida en que un producto cumple con la función para la cual fue proyectada. Existen algunas otras definiciones pero el concepto más completo es definido por el Bouwcentrum que además se ajusta al concepto dado por la ISO que dice:

“Calidad es la totalidad de aspectos, rasgos, características de un producto o servicio, que se sustenta en su conformidad para satisfacer una necesidad dada, y es apto para el uso a un precio económico”.¹

Para elevar la “Calidad de un Servicio”, debe ser valoradas todas y cada una de las características que componen dicho servicio, desde su fase de diseño, ingeniería, mercadeo, procesos de fabricación y mantenimiento respectivos que deben cumplir comparádole con normas de referencia de calidad.

¹ Hugo Jara ,La Gestión Moderna de la Calidad, editado por INEN, 1987.

El objetivo de la mayor parte de las normas de calidad es llegar a determinar el grado con el cual el servicio se acerca a un punto determinado el óptimo.

1.1.2.- Control de calidad

Es el sistema programado y coordinado de esfuerzos, de los varios grupos en una organización, para mantener o mejorar la calidad a un nivel económico.

Podemos aplicar un control de calidad en cuatro pasos:

- a) Establecer normas y especificaciones: Se determinan los parámetros requeridos para los procesos de funcionamiento, seguridad y confiabilidad del servicio.
- b) Evaluación del cumplimiento: Se compara el cumplimiento entre el servicio ofrecido y los estándares.
- c) Tomar acción cuando exista disconformidad entre los estándares y los valores obtenidos en la evaluación.
- d) Planear mejoras constantemente: Se desarrollan nuevas técnicas para mejorar la confiabilidad del servicio.

1.1.3.- Sistema de control de calidad

Es el conjunto de requerimientos técnicos y administrativos que deben aplicarse a una empresa que presta servicio, para conseguir una buena calidad en el mismo.

Para implantar un sistema de control de calidad es necesario:

- a) Determinar las especificaciones de calidad.
- b) Organizar un cuerpo de control de calidad, con equipos de medición y técnicas de evaluación adecuadas.

- c) Realizar el control en cada etapa del servicio donde existan variaciones o sea susceptible a variaciones y obtener datos cuantitativos y cualitativos.
- d) Adiestrar al personal en técnicas de control de calidad.
- e) Evaluar los datos utilizando cartas de control.
- f) Obtener conclusiones

1.2.- Servicios de televisión satelital

Para fines de una mejor ilustración es necesario dar a conocer las bandas de frecuencia usadas para transmisiones de televisión y telecomunicaciones.

1.2.1- Bandas de frecuencias satelitales para transmisiones de televisión y telecomunicaciones

La Conferencia Administrativa de la UIT de 1992 definió y confirmó los intervalos de frecuencias reservados a los satélites de televisión y de telecomunicaciones que utilizan la órbita estacionaria; estos intervalos mencionados se muestran en el cuadro 1.1.

Banda GHz	Enlace ascendente GHz	Enlace descendente GHz
Banda C, 6/4	5.925 - 6.425	3.700 - 4.200
Banda 8/7	7.900 - 8.395	7.250 - 7.745
Banda Ku 1 14/12	14.00 - 14.800	10.950 - 11.700
Banda Ku 3 14/12	14.00 - 14.800	11.700 - 12.500
Banda Ku 5 14/12	14.00 - 14.800	12.500 - 12.750

Cuadro 1.1.- Intervalos de frecuencias para satélites de televisión y telecomunicaciones²

² René Besson, Emisión y Recepción de Televisión vía Satélite, Editorial Paraninfo, 1995

1.2.2.- Definición de sistema de radiodifusión satelital

Los Sistemas de Radiodifusión Satelital (RDS) permiten difundir programas de TV, audio y datos sobre el territorio de un país.

En un punto accesible para la señal procedente del centro de producción de programas, se sitúa la estación de tierra de emisión al satélite. Esta estación equipada con una antena de grandes dimensiones, establece el enlace ascendente con el satélite.

La señal propiamente dicha, recibida por el satélite, se retransmite hacia el país por una antena adecuada a bordo del satélite, y con una potencia, frecuencia y características determinadas previamente. Esta señal servirá directamente a los receptores situados en la tierra, tanto para los sistemas de recepción individual, como comunal.

1.2.3.- Sistema de televisión codificada por satélite

Es un sistema de radiocomunicación del servicio fijo por satélite destinado a transmitir señales de Televisión Codificada a través de un Satélite que se encuentra ubicado a 36000 Km. de la altura sobre el Ecuador, en la órbita geoestacionaria, para ser recibidas directamente y en forma exclusiva por un grupo particular privado de suscriptores que disponen de estaciones terminales del sistema.

El enlace ascendente es el primer tramo del trayecto de la señal satelital. Es la señal que se transmite al satélite desde la tierra. Esta señal digital contiene las señales de audio y video del programa. El proveedor de programas envía el material de los mismos al enlace ascendente, para su procesamiento antes de la transmisión al satélite. En la

instalación del enlace ascendente, las señales analógicas se digitalizan, se comprimen, se cifran y finalmente se agrupan en paquetes para su transmisión. El satélite refleja esta compleja señal digital hacia la parábola donde el receptor la procesa para reproducir los programas enviados.

1.2.4.- Características técnicas para la transmisión de señales de televisión por satélite

De la Norma Técnica y Plan de Frecuencias para el Servicio de Televisión Codificada Satelital dada por la Superintendencia de Telecomunicaciones, se transcriben los siguientes conceptos que están involucrados en este servicio y que se les considera importantes para un mejor entendimiento en el transcurso de este trabajo.

1.2.4.1.- Estación

Uno o más transmisores o receptores, o una combinación de transmisores y receptores, incluyendo las instalaciones necesarias para asegurar un servicio de radiocomunicación.

1.2.4.2.- Estación Terminal del Sistema de Televisión Codificada Satelital

Estación terrena receptora de señales del Sistema de Televisión Codificada por Satélite, perteneciente a un suscriptor del sistema.

Está compuesta básicamente por módulos de recepción de las señales de Televisión Codificada transmitidas desde el Satélite, conversión de frecuencias, decodificación de las señales, demodulación y receptores de televisión o monitor de video.

1.2.4.3.- Estación Terrena

Estación situada en la superficie de la tierra o en la parte principal de la atmósfera terrestre destinada a establecer comunicación con una o varias estaciones de la misma naturaleza, mediante el empleo de uno o varios satélites situados en el espacio.

1.2.4.4.- Servicio Fijo por Satélite

Es el servicio de radiocomunicaciones entre estaciones terrenas situadas en puntos fijos determinados, cuando se utilizan uno o más satélites; en algunos casos, este servicio incluye enlaces de conexión para otros servicios de radiocomunicación espacial.

1.2.4.5.- Transpondedor

Es el elemento constitutivo básico de un satélite de comunicaciones. Este dispositivo recibe las portadoras de enlace ascendente, las amplifica, las convierte a la banda de frecuencias del enlace descendente y las retransmite a la tierra por medio de un amplificador de alta potencia.

1.2.4.6.- Portadora

Constituye una señal de radiofrecuencia que es modulada para conducir información

1.2.4.7.- Intensidad de campo utilizable

Valor mínimo de intensidad de campo necesario para proporcionar una recepción satisfactoria en condiciones específicas, en presencia de ruido atmosférico y artificial y de interferencias en una situación real, resultante de un proceso de asignación de frecuencias para definir el área de cobertura.

1.2.4.8.- Zona de Asignación

Zona geográfica definida para la asignación y uso de frecuencias, dentro de la cual se autoriza la operación de las estaciones del sistema.

1.3.- Aspectos fundamentales del servicio de televisión codificada satelital

A continuación se muestran algunos conceptos básicos que se encuentran involucrados en este servicio, para lo cual es necesario comenzar describiendo rápidamente los principios básicos de la televisión.

1.3.1.- Principios básicos de televisión

Para entender los sistemas de video, es mejor comenzar por la anticuada y sencilla televisión en blanco y negro. El método que se ha desarrollado consiste en analizar la escena secuencialmente línea por línea y cuadro por cuadro para luego transmitir las señales en sucesión muy rápida. A este método se lo conoce como exploración secuencial y es uno de los principios básico sobre los cuales funcionan todos los sistemas de televisión.

La rapidez de exploración secuencial debe ser lo más elevada para crear una sensación de continuidad de la imagen gracias a la propiedad de persistencia de visión del ojo humano.

Debido a que es imposible enviar y recibir simultáneamente todos los puntos que forman una imagen visual, se ha recurrido a dividir la imagen en una gran cantidad de partes, cuanto más pequeñas mejor, y luego enviar la información correspondiente a las

intensidades luminosas individuales una tras otra. En la misma forma se recibirán estas informaciones en el receptor de televisión.

El número de líneas en que debe dividirse una imagen analizada, y el número de elementos de imagen en cada línea se fijan en base al factor de resolución del ojo humano, tanto en sentido vertical como en horizontal.

Los parámetros de líneas de barrido varían de país en país. El sistema usado en el Norte, Sudamérica y en Japón tienen 525 líneas de barrido, una relación de aspecto horizontal a vertical de 4 : 3 (esta proporción nos indica la forma rectangular de una trama y se ha elegido porque se ha demostrado que la escena presenta siempre mayor número de detalles en el sentido horizontal que el vertical), y treinta tramas por segundo. El sistema Europeo tiene 625 líneas de barrido, la misma relación 4 : 3, y 25 tramas por segundo.³

El video de color usa el mismo patrón de barrido que el monocromático (blanco y negro), excepto que, en lugar de presentar la imagen mediante un solo haz, se usan tres haces. Se usa un haz para cada uno de los colores primarios aditivos rojo, verde y azul (RGB). Esta técnica funciona porque puede construirse cualquier color a partir de la superposición lineal de rojo, verde y azul con las intensidades apropiadas como se muestra en la Figura 1.1



Figura 1.1.- Colores primarios y superposición lineal.⁴

Todo color tiene tres características que especifican la información visual: su matiz o tinte (generalmente referenciado como color), su saturación de color, y su luminancia.

MATIZ

El color en sí mismo es su matiz o tinte, y es lo que distingue un objeto de otro por su color. Resultan diferentes matices cuando diferentes longitudes de onda de la luz producen la sensación visual en el ojo humano.

SATURACIÓN

Los colores saturados son vívidos, intensos, profundos o fuertes. Los colores pálidos o débiles tienen poca saturación; en pocas palabras, la saturación indica cómo está diluido el color por el blanco. Aquí cabe mencionar que un color completamente saturado, no tiene blanco.

³ - Andrew S. Tanenbaum, Redes de Computadoras, 3 ra Edición, 1997.
- Ing. Tania Pérez e Ing. Edwin Barriga, Curso de Televisión, 1995

⁴ - Internet, www..SeñalTV.com

CROMINANCIA.

Este termino combina los conceptos de matiz y saturación. En la televisión en color, la señal de color de 3.58 MHz es específicamente la señal de crominancia. La crominancia incluye toda la información de color sin el brillo; la crominancia y el brillo en conjunto, especifican la información de imagen de manera total.

LUMINANCIA (Y).

La luminancia indica la cantidad de luz que es percibida por el ojo como brillo. En una imagen blanco y negro, las partes más claras tienen más luminancia que las partes más oscuras; la luminancia indica realmente cómo aparece el color en la reproducción de blanco y negro.

Cuando se invento la televisión a color, eran técnicamente posibles varios métodos de presentación de los colores, así que varios países tomaron decisiones diferentes, lo que condujo a sistemas que aún no son compatibles. El primer sistema a color fue estandarizado en Estados Unidos por el Comité Nacional de Estándares de Televisión, que presento sus siglas al estándar NTSC. La televisión a color se introdujo en Europa varios años después, y para entonces la tecnología había mejorado, conduciendo a sistemas con mejor inmunidad contra el ruido y mejora en los colores; estos son SECAM (color secuencial con memoria), que se usa en Francia y Europa Oriental, y PAL (Línea de fases alternas), usado en el resto de Europa.⁵

⁵ - Internet, www.señal_TV.com

- Andrew Tanenbaum, Redes de computadoras, 3ra edición, 1997

1.3.2.- Fundamentos de la técnica digital de señales de televisión

Los grandes adelantos logrados en el campo de las comunicaciones digitales han contribuido al surgimiento de las técnicas de transmisión de video digital. La tecnología digital ha permitido simplificar procesos y generar una mejor calidad en este tipo de servicio, procesos que eran muy difíciles de conseguir con la tecnología analógica. Esta técnica de digitalización de video ha permitido dar varias aplicaciones como es el servicio de televisión codificada por satélite, donde un paquete de información de video digital puede transmitirse con relativa facilidad. La condición indispensable es que los números binarios originales se envíen en el orden correcto y en el porcentaje adecuado, a su destino final para su conversión en imagen, sin tomar en cuenta como se haya realizado la transmisión.

1.3.2.1.- Digitalización de la señal de video

Una imagen digital monocromática es fundamentalmente una red de puntos, por lo general rectangulares, de modo que sus niveles de brillo estarán almacenados como números binarios. Los puntos se conocen como elementos de imagen, píxeles.

En la Figura 1.2 se muestra a la matriz que esta ordenada con un espacio entre píxeles, los cuales se encuentran distribuidos por filas y columnas. Colocando los píxeles unos junto a otros, se pretende que el espectador pueda percibir una imagen continua. Naturalmente cuando menor sea el espacio entre píxeles, mayor será la resolución pero la cantidad de datos digitales que se necesiten para almacenar una imagen será mayor de acuerdo al grado de resolución.

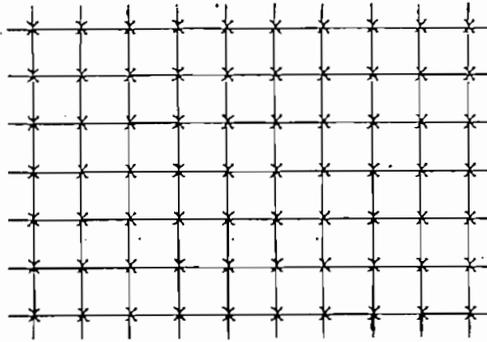


Figura 1.2.- Imagen que puede almacenarse en forma digital, representándose el brillo de cada uno de los puntos de la figura por un número binario.⁶

Al convertir una imagen de color, los pixeles ya no tienen un valor de brillo a escala, sino un vector que describe de alguna manera el brillo, matiz y saturación para cada punto de la imagen.

A continuación se muestran tres procesos fundamentales que se deben seguir para digitalizar una señal; los cuales son: muestreo, cuantificación y codificación.

1.3.2.1.1.- Muestreo

El muestreo es una forma de expresar un fenómeno continuo mediante muestras periódicas. La señal de video está constituida por un gran número de frecuencias, formando un espectro continuo que va desde los 0 Hz, hasta unos 6 MHz, como se representa en la Figura 1.3.

⁶ Milton Pumisacho, Estudio Técnico para la Implementación de un Sistema de Transmisión Digital de Señales de Televisión vía Satélite en la Estación Terrena Quito, 1998.

Al muestrear esta señal, cada frecuencia de video aparecerá en las bandas laterales superior e inferior de cada armónico de la frecuencia de muestreo, incluyendo la banda base, esto es, el armónico cero.

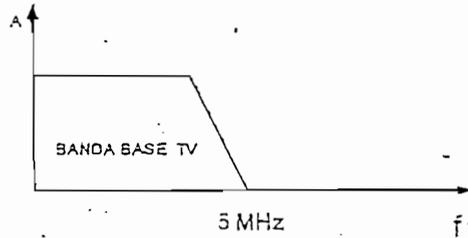


Figura 1.3.- Ancho de banda de la señal de video.⁷

El espectro de la señal muestreada se representa en la Figura 1.4. De esta figura se puede deducir que $f_0 > 2f_s$, que se conoce como el teorema de Nyquist que establece que para conseguir un proceso de “muestreo - recuperación” sin distorsión, se requiere que la frecuencia de muestreo, f_0 , sea por lo menos dos veces más alta que la frecuencia máxima presente en la señal analógica muestreada, para que la banda lateral inferior de la frecuencia muestreo no se superponga a la banda base.

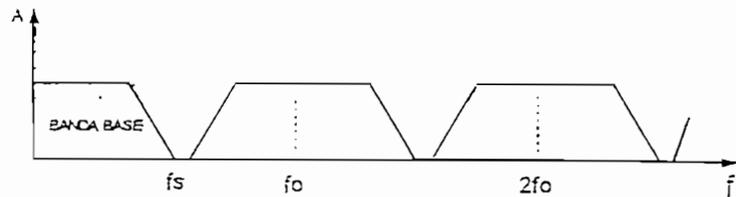


Figura 1.4.- Espectro de la señal de video muestreada a la frecuencia f_0 .⁷

La recuperación de la banda base se realiza utilizando un filtro pasa bajos, que corte todas las frecuencias superiores a $f_0/2$. De no cumplirse con el teorema de Nyquist, el

⁷ Milton Pumisacho, Estudio Técnico para la Implementación de un Sistema de Transmisión Digital de Señales de Televisión vía Satélite en la Estación Terrena Quito, 1998.

filtro dejará pasar frecuencias pertenecientes a la banda lateral inferior contaminante de la banda base, produciéndose mezclas, con las frecuencias más altas de la misma; éste efecto se denomina “aliasing”.

1.3.2.1.2. Cuantificación

Se denomina cuantificación al proceso mediante el cual se atribuye a cada muestra un valor de amplitud dentro de un margen de niveles previamente fijado. Este valor se representa por un número que será convertido a un número de ceros y unos en el proceso de codificación. El número de niveles es generalmente en potencia de 2 y los impulsos de señal modulados en amplitud (técnica PAM) se redondean al valor superior o inferior según sobrepase o no la mitad del nivel en que se encuentre.

El error cometido por estas aproximaciones equivale a sumar una señal errática a los valores exactos de las muestras, como se muestra en la Figura 1.5 .

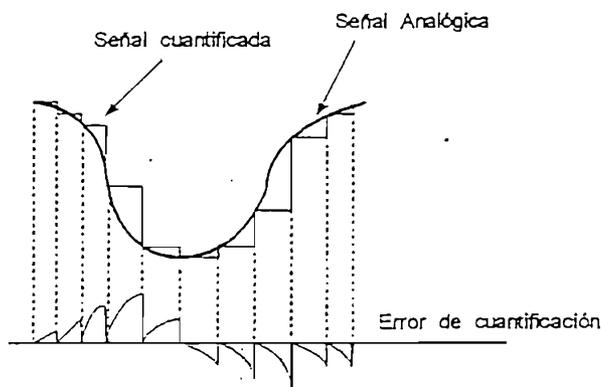


Figura 1.5.- Error de cuantificación.⁸

⁸ Milton Pumisacho, Estudio Técnico para la Implementación de un Sistema de Transmisión Digital de Señales de Televisión vía Satélite en la Estación Terrena Quito, 1998.

Estos errores de cuantificación estarán presentes en la señal recuperada después de la decodificación (después de la conversión digital/analógica), en forma de ruido visible, que se denomina “ruido de cuantificación”. Este ruido de cuantificación dependerá del número de niveles N empleado en el proceso; cuanto más niveles existan, menor será el ruido generado.

1.3.2.1.3. Codificación

Existen actualmente dos planteamientos para la digitalización de señales de televisión en color:

- a) Codificación de señales compuestas
- b) Codificación de componentes

CODIFICACION DE SEÑALES COMPUESTAS.

Este método de codificación se muestra en la Figura 1.6, donde, la señal compleja de color se codifica en su forma compuesta (NTSC, PAL, SECAM) como un solo tren de bits. Con esto persiste el problema de incompatibilidad de las distintas normas internacionales de televisión, aún manteniendo la misma frecuencia de muestreo y codificación. Luego del proceso de decodificación se obtendrá de nuevo las señales originales NTSC, PAL O SECAM.

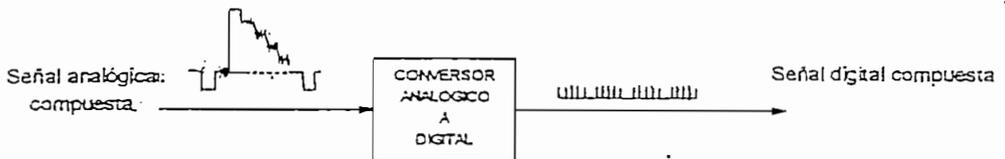


Figura 1.6. Diagrama de bloques de codificación de señal compuesta.⁹

⁹ Milton Pumisacho, Estudio Técnico para la Implementación de un Sistema de Transmisión Digital de Señales de Televisión vía Satélite en la Estación Terrena Quito, 1998.

CODIFICACION EN COMPONENTES

En la Figura 1.7 se muestra este tipo de codificación, donde, las componentes de las señales de luminancia, Y, y de diferencia de color (R-Y) y (B-Y), se codifican por separado y se transmiten juntas como trenes de bits independientes multiplexados en el tiempo

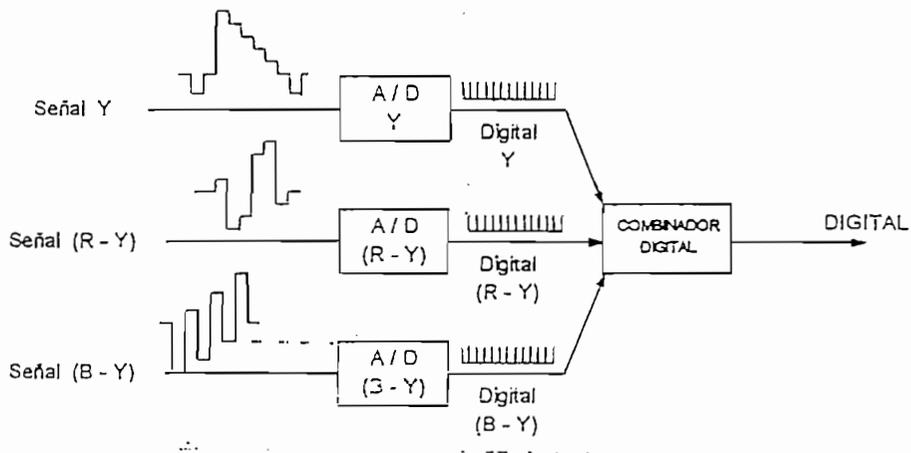


Figura 1.7. Diagrama de bloques de codificación de componentes.¹⁰

1.3.3.- Sistemas de compresión de video

Los términos de compresión, reducción de velocidad binaria y reducción de datos, significan lo mismo y consisten esencialmente en transportar la misma información utilizando la menor cantidad o velocidad de datos.

1.3.3.1.- Principios de la compresión

A fin de minimizar la velocidad de transferencia de datos, los mismos se comprimen mediante la compresión MPEG-2 (Grupo de Expertos de Imágenes Móviles). Esta es una organización que desarrolló una especificación para el transporte de imágenes en

¹⁰ Milton Pumisacho, Estudio Técnico para la Implementación de un Sistema de Transmisión Digital de Señales de Televisión vía Satélite en la Estación Terrena Quito, 1998.

movimiento por las redes de comunicaciones de datos. Tanto la compresión JPEG y MPEG las podemos ver el Anexo 1

Fundamentalmente, el sistema se basa en el principio de que las imágenes contienen una gran cantidad de redundancia de un cuadro de video al otro. En otras palabras, el fondo probablemente permanece igual durante muchos cuadros. La compresión se logra al predecir el movimiento que se produce de un cuadro de video al siguiente a fin de transmitir únicamente los vectores de movimiento y la información del fondo. Al codificar solo el movimiento y las diferencias del fondo en lugar del cuadro de información de video completo, la velocidad efectiva de los datos de video puede reducirse de centenares de Mbps a un promedio de 3 a 6 Mbps. Esta velocidad de datos es dinámica y cambia en función de la cantidad de movimiento que se produce en el video.

Además de la compresión de video MPEG, se usa la compresión de audio MPEG para reducir la velocidad de datos de audio. La compresión de audio se logra al eliminar los sonidos débiles que están cerca de los fuertes en el dominio de la frecuencia. La velocidad de datos de audio comprimido puede variar entre 56 Kbps en las señales monoaurales y a 384 Kbps en las señales estereofónicas.

En la Figura 1.8 se presenta las tres operaciones básicas en la compresión de video. Primeramente, la señal de video se somete a un proceso de análisis que da lugar a una forma eficaz de representación de la imagen que facilita la compresión.

La segunda operación es la cuantificación que se encarga de convertir a valores discretos los datos de la representación. La tercera operación consiste en la asignación de palabras de código, serie de bits utilizados para representar los niveles de cuantificación.¹¹

1.3.4.- Características técnicas para la transmisión digital de señales de televisión

Gracias a las nuevas técnicas de compresión de video se ha superado el gran ancho de banda que se necesitaba para transmitir señales de televisión digital.

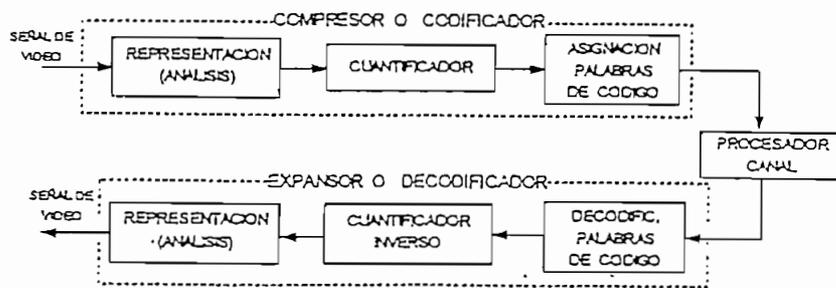


Figura 1.8. Operaciones básicas de la compresión.¹²

Para el servicio de televisión digital satelital se han desarrollado un conjunto de normas técnicas como lo es la recomendación UIT-R BT 601 (Anexo 2) de televisión digital MPEG-2 (Moving Pictures Expert Group, que se encarga de dar normas de multiplexación y codificación), IESS-503 (norma que se encarga de describir el funcionamiento básico de la transmisión de portadoras de TV digital a través de sistemas de satelitales INTELSAT), que ha facilitado enormemente el proceso de transmisiones de televisión digital por el espacio.

¹¹ Andrew S. Tanenbaum, Redes de computadoras, 1997.

¹² Milton Pumisacho, Estudio Técnico para la Implementación de un Sistema de Transmisión Digital de Señales de Televisión vía Satélite en la Estación Terrena Quito, 1998.

1.3.4.1.- Características de banda base

Los códecs de TV digital típicamente emplean alguna forma de codificación de corrección de errores sin canal de retorno (FEC) (Anexo 3), por ejemplo, codificación de bloque Reed-Solomon (RS), para minimizar la ocurrencia de bits erróneos aleatorios a la entrada del decodificador de Viterbi (Anexo 4) que puede provocar un degradación de la imagen.

Los códigos convolucionales son aquellos que utilizan los datos precedentes para formar el código, y que utilizan la técnica de corrección de errores FEC; estos códigos se utilizan especialmente cuando la información que se va a transmitir llega en serie, en secuencias largas, en lugar de bloques.

La codificación FEC existente puede concatenarse con la codificación de bloque Reed-Solomon para mejorar el BER (Bit Error Rate) en los modems, así como el BER en condiciones de cielo despejado y aumentar la disponibilidad de los enlaces; teniendo de esta manera un sistema conformado por un códec externo (el códec RS) y un códec interno (el codificador convolucional/decodificador de Viterbi es decir el FEC); el tipo de modulación que se utiliza es el QPSK(Anexo 5).

1.3.4.2.-Velocidad de información del códec

La velocidad de información que puede soportar la TV digital dependerá de la calidad de video que ha elegido el usuario, por lo general esta dentro de rango de 64 Kbps a 140 Mbps. En las cuadros 1.2 (a) y (b) se muestran velocidades típicas de códecs que se utilizan actualmente.

1.3.4.3.-Características RF

Para soporte de servicio de TV digital, los usuarios pueden utilizar diferentes velocidades de transmisión para obtener un máximo de rendimiento, optimizando la utilización de potencia y ancho de banda del transpondedor de satélite. El método que se adopte en una situación dada dependerá de las necesidades del usuario en cuanto a factores tales como: bandas de frecuencia y transpondedor de satélite que puede ser utilizado, el tamaño de la estación terrena receptora en la red, el tipo de módem y FEC a ser utilizado y, el máximo BER que puede ser tolerado por el códec de TV digital.

1.3.4.4.- Parámetros de transmisión

A continuación se dan a conocer las velocidades de transmisión con códecs típicos utilizados actualmente para el servicio de TV digital.

Vel. Inform. Códec (IR) bits/s	Bit Sup. del módem OH	Vel. datos del módem	Vel. Trans. del módem	Ancho de banda ocupado	Ancho de banda asignado	Umbral de Eb/No	C/No de cielo despejado BER < 10 ⁷
bits/s	bits/s	bits/s	bits/s	Hz	Hz	dB	dB-Hz
64 K	0	64 K	128.0K	76.8K	112.5 K	5.8	54.9
512 K	0	512 K	1024.0K	614.4K	742.5 K	5.8	63.9
768 K	0	768 K	1536.0K	916.6 K	1102.5 K	5.8	65.7
1536K	0	1536 K	3072.0K	1843.2 K	2182.5 K	5.8	68.7
2.048 M	0	2.048 M	4.096M	2.46 M	2902.5 K	5.8	69.9
3.300 M	0	3.300 M	6.600M	3.96 M	4657.5 K	5.8	72
6.600 M	0	6.600 M	13.200M	7.92 M	9247.5 K	5.8	75
8.488 M	0	8.488 M	16.896M	10.14 M	11857.5 K	5.8	76.1
17.184 M	0	17.184 M	34.368M	20.62 M	24125.0 K	5.8	79.2
22.368 M	0	22.368 M	44.736M	26.84 M	31375.0 K	5.8	80.3
34.368 M	0	34.368 M	68.736M	41.24 M	48125.0 K	5.8	82.2
44.736 M	0	44.736 M	89.472M	53.68 M	62625.0 K	5.8	83.3

Cuadro 1.2 (a).- Parámetros de transmisión para velocidades de información típicas para un códec de TV digital utilizando FEC relación 1/2.¹³

¹³ Milton Pumisacho, Estudio Técnico para la Implementación de un Sistema de Tx Digital de Señales de Televisión vía Satélite en la Estación Terrena Quito, 1998.

Vel. Inform. Códex (IR) bits/s	Bit Sup. del módem OH	Vel. datos del módem	Vel. Trans. del módem	Ancho de banda ocupado	Ancho de banda asignado	Umbral de Eb/No	C/No de cielo despejado BER < 10 ⁻⁷
bits/s	bits/s	bits/s	bits/s	Hz	Hz	dB	dB-Hz
64 K	0	64 K	85.3 K	51.2 K	67.5 K	7.2	56.3
512 K	0	512 K	612.7 K	409.6 K	517.5 K	7.2	65.3
768 K	0	768 K	1024.0 K	614.4 K	742.5 K	7.2	67.1
1536K	0	1536 K	2048.0 K	1228.8 K	1462.5 K	7.2	70.1
2.048 M	0	2.048 M	2.371 M	1.64 M	1912.5 K	7.2	71.3
3.300 M	0	3.300 M	4.400 M	2.64 M	3082.5 K	7.2	73.4
6.600 M	0	6.600 M	8.800 M	5.28 M	6187.5 K	7.2	76.4
8.488 M	0	8.488 M	11.264 M	6.76 M	7897.5 K	7.2	77.5
17.184 M	0	17.184 M	22.912 M	13.75 M	16125.0 K	7.2	80.6
22.368 M	0	22.368 M	29.824 M	17.89 M	20875.0 K	7.2	81.7
34.368 M	0	34.368 M	45.824 M	27.49 M	32125.0 K	7.2	83.6
44.736 M	0	44.736 M	59.624 M	35.79 M	48125.0 K	7.2	84.7

Cuadro 1.2(b).- Parámetros de transmisión para velocidades de información típicas de códec de TV digital utilizando FEC relación 3/4.¹⁴

1.3.4.5.- Disponibilidad de enlace

Para asegurar que un enlace satelital esté disponible en un cierto porcentaje de tiempo en el año, se incluye un margen de desvanecimiento del sistema al umbral de funcionamiento del módem en el diseño del enlace para contrarrestar los efectos de atenuación en la propagación causados principalmente por lluvia. Además, para hacer un enlace más confiable, puede ser necesario incluir algún margen adicional (típicamente, cerca de 1 dB). La magnitud del margen del sistema es importante en la determinación de disponibilidad del servicio, así como para la cantidad de potencia requerida del transpondedor en el alcance y, por tanto, en el costo del segmento espacial a ser utilizado.

¹⁴ Milton Pumisacho, Estudio Técnico para la Implementación de un Sistema de Tx Digital de Señales de Televisión vía Satélite en la Estación Terrena Quito, 1998.

En la banda C, se incluye un margen de desvanecimiento del sistema, típicamente de 1 dB, con lo cual se provee una disponibilidad de enlace del 99.6% al año, dependiendo de las estadísticas de lluvia en los sitios de transmisión y recepción de las estaciones terrenas.

En banda Ku, la adición de márgenes de desvanecimiento del sistema debido a los efectos de propagación están entre 4 y 7 dB, posiblemente en conjunto con la utilización del control de potencia del enlace ascendente, puede ser necesario en algunas áreas del mundo donde se requieran disponibilidades de enlace del 99.6% al año, o más, a causa de los altos desvanecimientos que la lluvia puede provocar en la banda Ku.

1.3.4.6.- Recursos del satélite

El servicio de TV digital comprimida puede ofrecerse sobre cualquier transpondedor de conexión de los satélites autorizados para dar este servicio.

El alquiler parcial o completo de transpondedores, están disponibles para cursar el servicio de TV digital y provee a los usuarios la facilidad de optimizar los recursos de la estación terrena y del segmento espacial para satisfacer las necesidades del servicio.

1.3.4.7.- Modalidades operativas de las portadoras utilizadas en el servicio de televisión codificada satelital

La radiodifusión de señales de TV codificada puede hacerse según dos modalidades de transmisión distintas, o bien por portadora multicanal (MCPC) o por portadora monocanal (SCPC). Estas dos técnicas se basan en la técnica de acceso múltiple por división de frecuencia. Con el MPEG-2 puede utilizarse ambas técnicas.

La técnica FDMA es la más usada en los sistemas de radioenlace. Mediante esta técnica, la separación en frecuencia de las diferentes portadoras permite compartir el transpondedor del satélite. Esta técnica no solamente resulta adecuada para métodos analógicos de modulación, sino también han dado buenos resultados con métodos digitales de modulación.

1.3.4.7.1.- Modalidad MCPC

El radiodifusor dispone de un amplio margen de maniobra ya que una portadora puede cursar varios canales de TV. El usuario tiene la posibilidad de seleccionar la velocidad de transmisión en cada codificador de canal MPEG-2 y el multiplexador del sistema MPEG-2 combinará los canales, consiguiéndose un tren de velocidad fija que dependerá de la capacidad del transpondedor del satélite. Como resultado de ello, una portadora MCPC puede cursar una combinación de deportes, películas, noticias, etc.

En la modalidad MCPC se multiplexan varios canales de televisión (así como los canales de audio correspondientes). A continuación, se realiza el proceso FEC y se modula el tren de transporte en QPSK antes de transmitirlo al satélite. En el extremo de recepción, mediante un demodulador y un demultiplexador/selector de canales, se puede extraer del banco de canales el canal seleccionado.

1.3.4.7.2.- Modalidad SCPC

El SCPC es una modalidad operativa en la que una portadora cursa un canal; sin embargo, existen algunos inconvenientes como :

- El transpondedor no puede utilizarse al máximo de su capacidad
- Se necesitará un canal de datos y control por cada canal

- Deberá haber un multiplexor por canal (que resulta mas costoso).

En la modalidad SCPC hay un canal de TV por portadora digital. Por tanto, el ancho de banda del transpondedor se comparte entre varias portadoras y por ello será necesario reducir la potencia de salida para limitar los efectos de la intermodulación.¹⁵

1.3.5.- Sistema de recepción del servicio de televisión codificada satelital

El sistema de recepción del servicio de televisión codificada satelital consiste en una antena parabólica de banda KU de forma ligeramente ovalada. Esta forma se debe al desplazamiento del LNB (Bloque Convertidor de Bajo Ruido).

El bloque LNB convierte la señal del enlace descendente de 12.2 a 12.7 GHz proveniente del satélite en la señal de 950 a 1700 MHz requerida por el sintonizador del receptor satelital. Este bloque puede recibir señales de polarización circulares hacia la izquierda y hacia la derecha .

El receptor satelital es un procesador de señales digitales complejas que se decodifican y se procesan digitalmente. No se encuentran señales analógicas en el receptor, excepto las que salen del decodificador de video y del conversor digital analógico de audio.

Este receptor esta integrado por varios dispositivos en su interior cada uno de los cuales se encarga de realizar funciones como la demodulación, corrección de errores, descompresión de video, decodifica los datos cifrados en la transmisión, convierte la

¹⁵ - Intelsat, Tecnología Digital de Comunicaciones por Satélite, 1992.

- Gordillo A Lucia, Planes de Transmisión de Redes Nacionales para Solicitar el Servicio de Internet con los Satélites Intelsat VII e Intelsat K, Quito, 1995.

información de video digital en video analógico NTSC o PAL, y otras características del sistema.

1.4.- Distribución y uso de frecuencias para el servicio de televisión codificada satelital en el Ecuador

Luego de haber establecido las características básicas del Sistema de Televisión Codificada Satelital, es necesario dar a conocer la distribución y el uso de frecuencias para dicho sistema en nuestro país.

1.4.1.- Norma técnica que se aplica para televisión codificada satelital

La Superintendencia de Telecomunicaciones que es la entidad para efectuar la gestión, administración y control del espectro radioeléctrico de conformidad con la Ley Especial de Telecomunicaciones expedida en 1992 y en uso de sus atribuciones legales resuelve: Que mediante resolución No. ST-94-027A publicada en el Registro Oficial No 435 de fecha 6 de mayo de 1994 se expidió el Reglamento General de los Servicios de Radiocomunicaciones.

“Que es necesario establecer la Norma Técnica y Plan de Distribución y Uso de frecuencias para la operación de los Sistemas de Televisión Codificada por Satélite.

Aprobar la NORMA TECNICA Y PLAN DE DISTRIBUCION Y USO DE FRECUENCIAS PARA LOS SISTEMAS DE TELEVISION CODIFICADA POR SATELITE”.

1.4.2.- Distribución y uso de frecuencias

A continuación se indica las bandas de frecuencias que se utilizan en el enlace ascendente y descendente del servicio de TV codificada satelital.

1.4.2.1.- Bandas de frecuencias

Los sistemas de Televisión Codificada por Satélite podrán operar en las siguientes bandas de frecuencias atribuidas al servicio Fijo por Satélite:

Banda 11.45 a 12.2 GHz, en el sentido espacio - Tierra

Banda 13.75 a 14.5 GHz, en el sentido Tierra - espacio

De acuerdo con las necesidades nacionales, estas bandas de frecuencias se pueden compartirse a título primario con los servicios de radiocomunicaciones que se indican a continuación, en lugares y condiciones que no se produzcan interferencias.

Bandas de Frecuencias GHz	Servicio Compartido
11.45 a 11.7	Fijo, Móvil (salvo móvil aeronáutico)
11.70 a 12.1	Fijo
13.75 a 14.0	Radiolocalización
14.00 a 14.3	Radionavegación
14.40 a 14.5	Fijo, Móvil (salvo móvil aeronáutico)

Cuadro 1.3. Servicios que comparten los intervalos de frecuencias en el Ecuador¹⁶

1.4.3.- Canalización

Para efectos de distribución y asignación de canales radioeléctricos para Televisión Codificada por Satélite, cada una de las bandas de 11.45 a 12.2 GHz y 13.75 a 14.5GHz, se divide en 125 canales de 6 MHz de ancho de banda cada uno de la siguiente manera:

¹⁶ Superintendencia de Telecomunicaciones, Norma Técnica para el Servicio de TV Codificada Satelital

1.4.3.1.- Canalización de la Banda 11.45 - 12.2 GHz (espacio - Tierra)

CANAL Nº	Frecuencia Central	DESDE	HASTA
	FO	F1	F2
	MHz	MHz	MHz
1	11453	11450	11456
2	11459	11456	11462
3	11465	11462	11468
4	11471	11468	11474
5	11477	11474	11480
6	11483	11480	11486
7	11489	11486	11492
8	11495	11492	11498
9	11501	11498	11504
10	11507	11504	11510
11	11513	11510	11516
12	11519	11516	11522
13	11525	11522	11528
14	11531	11528	11534
15	11537	11534	11540
16	11543	11540	11546
17	11549	11546	11552
18	11555	11552	11558
19	11561	11558	11564
20	11567	11564	11570
21	11573	11570	11576
22	11579	11576	11582
23	11585	11582	11588
24	11591	11588	11594
25	11597	11594	11600
26	11603	11600	11606
27	11609	11606	11612
28	11615	11612	11618
29	11621	11618	11624
30	11627	11624	11630
31	11633	11630	11636
32	11639	11636	11642
33	11645	11642	11648
34	11651	11648	11654
35	11657	11654	11660
36	11663	11660	11666
37	11669	11666	11672
38	11675	11672	11678
39	11681	11678	11684
40	11687	11684	11690
41	11693	11690	11696
42	11699	11696	11702
43	11705	11702	11708
44	11711	11708	11714
45	11717	11714	11720
46	11723	11720	11726
47	11729	11726	11732
48	11735	11732	11738
49	11741	11738	11744
50	11747	11744	11750
51	11753	11750	11756

52	11759	11756	11762
53	11765	11762	11768
54	11771	11768	11774
55	11777	11774	11780
56	11783	11780	11786
57	11789	11786	11792
58	11795	11792	11798
59	11801	11798	11804
60	11807	11804	11810
61	11813	11810	11816
62	11819	11816	11822
63	11825	11822	11828
64	11831	11828	11834
65	11837	11834	11840
66	11843	11840	11846
67	11849	11846	11852
68	11855	11852	11858
69	11861	11858	11864
70	11867	11864	11870
71	11873	11870	11876
72	11879	11876	11882
73	11885	11882	11888
74	11891	11888	11894
75	11897	11894	11900
76	11903	11900	11906
77	11909	11906	11912
78	11915	11912	11918
79	11921	11918	11924
80	11927	11924	11930
81	11933	11930	11936
82	11939	11936	11942
83	11945	11942	11948
84	11951	11948	11954
85	11957	11954	11960
86	11963	11960	11966
87	11969	11966	11972
88	11975	11972	11978
89	11981	11978	11984
90	11987	11984	11990
91	11993	11990	11996
92	11999	11996	12002
93	12005	12002	12008
94	12011	12008	12014
95	12017	12014	12020
96	12023	12020	12026
97	12029	12026	12032
98	12035	12032	12038
99	12041	12038	12044
100	12047	12044	12050
101	12053	12050	12056
102	12059	12056	12062
103	12065	12062	12068
104	12071	12068	12074
105	12077	12074	12080
106	12083	12080	12086
107	12089	12086	12092
108	12095	12092	12098

109	12101	12098	12104
110	12107	12104	12110
111	12113	12110	12116
112	12119	12116	12122
113	12125	12122	12128
114	12131	12128	12134
115	12137	12134	12140
116	12143	12140	12146
117	12149	12146	12152
118	12155	12152	12158
119	12161	12158	12164
120	12167	12164	12170
121	12173	12170	12176
122	12179	12176	12182
123	12185	12182	12188
124	12191	12188	12194
125	12197	12194	12200

Cuadro 1.4.- Asignación de frecuencias para los canales de la banda 11.45-12.2 GHz.¹⁷

1.4.3.2.- Canalización de la banda 13.75 - 14.5 GHz (Tierra - espacio)

CANAL N°	Frecuencia Central	DESDE	HASTA
	FO	F1	F2
	MHz	MHz	MHz
1	13753	13750	13756
2	13759	13756	13762
3	13765	13762	13768
4	13771	13768	13774
5	13777	13774	13780
6	13783	13780	13786
7	13789	13786	13792
8	13795	13792	13798
9	13801	13798	13804
10	13807	13804	13810
11	13813	13810	13816
12	13819	13816	13822
13	13825	13822	13828
14	13831	13828	13834
15	13837	13834	13840
16	13843	13840	13846
17	13849	13846	13852
18	13855	13852	13858
19	13861	13858	13864
20	13867	13864	13870
21	13873	13870	13876
22	13879	13876	13882
23	13885	13882	13888
24	13891	13888	13894
25	13897	13894	13900
26	13903	13900	13906

¹⁷ Superintendencia de Telecomunicaciones, Norma Técnica para el Servicio de TV Codificada Satelital

27	13909	13906	13912
28	13915	13912	13918
29	13921	13918	13924
30	13927	13924	13930
31	13933	13930	13936
32	13939	13936	13942
33	13945	13942	13948
34	13951	13948	13954
35	13957	13954	13960
36	13963	13960	13966
37	13969	13966	13972
38	13975	13972	13978
39	13981	13978	13984
40	13987	13984	13990
41	13993	13990	13996
42	13999	13996	14002
43	14005	14002	14008
44	14011	14008	14014
45	14017	14014	14020
46	14023	14020	14026
47	14029	14026	14032
48	14035	14032	14038
49	14041	14038	14044
50	14047	14044	14050
51	14053	14050	14056
52	14059	14056	14062
53	14065	14062	14068
54	14071	14068	14074
55	14077	14074	14080
56	14083	14080	14086
57	14089	14086	14092
58	14095	14092	14098
59	14101	14098	14104
60	14107	14104	14110
61	14113	14110	14116
62	14119	14116	14122
63	14125	14122	14128
64	14131	14128	14134
65	14137	14134	14140
66	14143	14140	14146
67	14149	14146	14152
68	14155	14152	14158
69	14161	14158	14164
70	14167	14164	14170
71	14173	14170	14176
72	14179	14176	14182
73	14185	14182	14188
74	14191	14188	14194
75	14197	14194	14200
76	14203	14200	14206
77	14209	14206	14212
78	14215	14212	14218
79	14221	14218	14224
80	14227	14224	14230
81	14233	14230	14236
82	14239	14236	14242
83	14245	14242	14248

84	14251	14248	14254
85	14257	14254	14260
86	14263	14260	14266
87	14269	14266	14272
88	14275	14272	14278
89	14281	14278	14284
90	14287	14284	14290
91	14293	14290	14296
92	14299	14296	14302
93	14305	14302	14308
94	14311	14308	14314
95	14317	14314	14320
96	14323	14320	14326
97	14329	14326	14332
98	14335	14332	14338
99	14341	14338	14344
100	14347	14344	14350
101	14353	14350	14356
102	14359	14356	14362
103	14365	14362	14368
104	14371	14368	14374
105	14377	14374	14380
106	14383	14380	14386
107	14389	14386	14392
108	14395	14392	14398
109	14401	14398	14404
110	14407	14404	14410
111	14413	14410	14416
112	14419	14416	14422
113	14425	14422	14428
114	14431	14428	14434
115	14437	14434	14440
116	14443	14440	14446
117	14449	14446	14452
118	14455	14452	14458
119	14461	14458	14464
120	14467	14464	14470
121	14473	14470	14476
122	14479	14476	14482
123	14485	14482	14488
124	14491	14488	14494
125	14497	14494	14500

Cuadro 1.5.- Asignación de frecuencias para los canales de la banda 13.75-14.5 GHz.¹⁸

1.4.4.- Características sobre la utilización de las bandas

Es necesario dar a conocer las principales características para la utilización de las bandas de frecuencia en nuestro país, ya que de esta manera se evitará que exista

¹⁸ Superintendencia de Telecomunicaciones, Norma Técnica para el Servicio de TV Codificada Satelital

problemas en las transmisiones del servicio de radiodifusión por satélite. A continuación se transcriben estas características dadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones, en el documento de la Norma Técnica para el Servicio de TV Codificada Satelital.

1.4.4.1.- Las bandas 11.7 a 12.1 y 12.1 a 12.2 GHz

Los transpondedores de estaciones espaciales del servicio fijo por satélite pueden ser utilizados adicionalmente para transmisiones del servicio de radiodifusión por satélite, a condición de que dichas transmisiones no tengan una p.i.r.e máxima superior a 53 dBW por canal de televisión y no causen una mayor interferencia ni requieran mayor protección contra la interferencia que las que requieren las asignaciones de frecuencias coordinadas del servicio fijo por satélite. Con respecto a los servicios espaciales, estas bandas serán utilizadas principalmente por el servicio fijo por satélite.

1.4.4.2.- La banda de 11.7 a 12.2 GHz

La utiliza el servicio fijo por satélite, esta banda esta limitada a los sistemas nacionales y subregionales. Está sujeta a previo acuerdo entre las administraciones interesadas y aquellas cuyos servicios, explotados o que se explotarán se puedan resultar afectados.

1.4.4.3.- La banda 13.75 a 14.0 GHz

En esta banda la p.i.r.e. de toda emisión procedente de una estación terrena del servicio fijo por satélite será al menos de 68 dBW y no debe rebasar el valor de 85 dBW, para un diámetro de antena mínima de 4.5 metros. Además, el promedio en un segundo de la p.i.r.e. radiada por un estación de los servicios de radiolocalización y radionavegación hacia la órbita de los satélites geoestacionarios no deberá rebasar el valor de 59 dBW.

1.4.4.4.- La banda de 14.0 a 14.3 GHz

El servicio de radionavegación es utilizada en esta banda, este servicio debe realizarse de tal manera que se asegure una protección suficiente a las estaciones espaciales del servicio fijo por satélite.

1.4.4.5.- La banda de 14.0 a 14.5 GHz

Puede ser utilizada por el servicio fijo por satélite (Tierra-espacio), para enlaces de conexión destinados al servicio de radiodifusión por satélite.

1.5.- Desarrollo del servicio de televisión codificada satelital en el Ecuador

El Servicio de Televisión Codificada Satelital, se estableció en nuestro país con el fin de establecer un gran número de programas de televisión por un procedimiento rápido y económico con relación a las grandes inversiones económicas que se realizaban en años atrás para poder receptar transmisiones del satélite.

La Superintendencia de Telecomunicaciones que es la entidad autorizada en dar la concesión de los servicios de telecomunicaciones en el Ecuador, concesiono la prestación del Servicio de Televisión Codificada Satelital a Jointvent S.A. en 1996 la misma que presta el servicio en el mercado con el nombre de DirecTV.

Jointvent S.A es una empresa local que representa en nuestro país a Galaxi Latin América (GLA), esta última, es una sociedad establecida entre organizaciones de Estados Unidos, Venezuela, México y Brasil cuyo objetivo es proveer el servicio de televisión directa por satélite a los hogares de Latinoamérica, proporcionando una competitividad substancial sobre los sistemas actuales de televisión por suscripción.

La tecnología de DirecTV, comenzó a operar a nivel general en Estados Unidos a partir de 1994, teniendo como resultado un rotundo éxito, lo cual hizo buscar en Latinoamérica una segunda región en donde opere este tipo de servicio, constituyéndose en el primer medio masivo de comunicación en esta región.

1.6.- Situación actual del servicio de televisión codificada satelital en el Ecuador

Actualmente en nuestro país el Servicio de Televisión Codificada Satelital tiene solo un proveedor que es DirecTV, el cual opera con un banda de recepción del satélite de 11.45 a 12.2 GHz y la banda de transmisión al satélite es de 13.75 a 14.5 GHz. La configuración básica del sistema consta de las siguientes partes como se describe a continuación:

- a) Una Agencia central de programación (Master Hub) ubicada en USA Florida que transmite un paquete de programación de audio y video hacia el satélite GALAXI IIR.

- b) Satélite GALAXI IIR; este es un satélite geoestacionario cuya posición orbital es 95° Oeste con una inclinación $\pm 0.05^\circ$ y $\pm 0.005^\circ$ de longitud cuya polarización es circular, tiene 24 transpondedores de 27 y 54 MHz; gracias a la compresión y multiplexación de datos, el satélite tiene la posibilidad de transportar mediante los 24 transpondedores más de 50 canales de audio y video convencionales. La transmisión digital lo hace en QPSK a 40Mbps, realiza compresión de seis canales de televisión en 27 Mhz, utiliza los codificadores MPEG1 y MPEG2, la p.i.r.e. típica esta entre 46 a 49 dBW y soporta 6 canales por satélite; retransmite la programación de audio y video hacia Latinoamérica a una frecuencia Uplink de 14 GHz y la frecuencia downlink de 11 GHz.

Adicionalmente, se debe mencionar que la empresa Hughes Communication Galaxy, Inc. que proporciona este servicio lanzó otro satélite el GALAXY VIII (i) que se encuentra en los 95° Oeste de longitud y opera en las banda 13.75 - 14.0 y 11.45 - 11.95 GHz, cuya potencia de transmisión es el doble que el primer satélite lo cual permite utilizar receptores con antenas de 0.60 metros de diámetro.

Este satélite está equipado con dos cargas útiles (payloads) en banda Ku. Una provee cobertura a Sudamérica en las bandas de 14.0 - 14.5 GHz y 11.7 - 12.2 GHz; la otra proveerá cobertura a Norteamérica, el Caribe, Sudamérica y Centroamérica en las bandas 13.75 - 14.0 GHz y 11.45 - 11.70 GHz.

c) Equipo de subscriptor, que consta de un antena de 1.0 m en el caso de utilizar el satélite GALAXY IIIIR y para el caso de utilizar el segundo satélite la antena será de 0.60 metros, ambos casos con una alta ganancia, cuya banda de operación es 11.45 a 12.2 GHz, y un decodificador, para recibir la respectiva programación televisiva como se muestra en la Figura 1.9

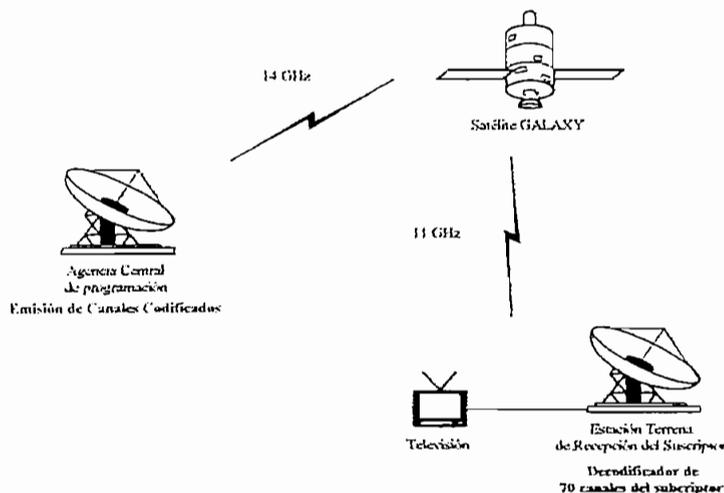


Figura 1.9.- Sistema de Transmisión-Recepción de 70 canales de televisión establecido por

DirecTV

A continuación se da a conocer un estimativo del número de usuarios del Servicio de TV Codificada Satelital en el Ecuador.

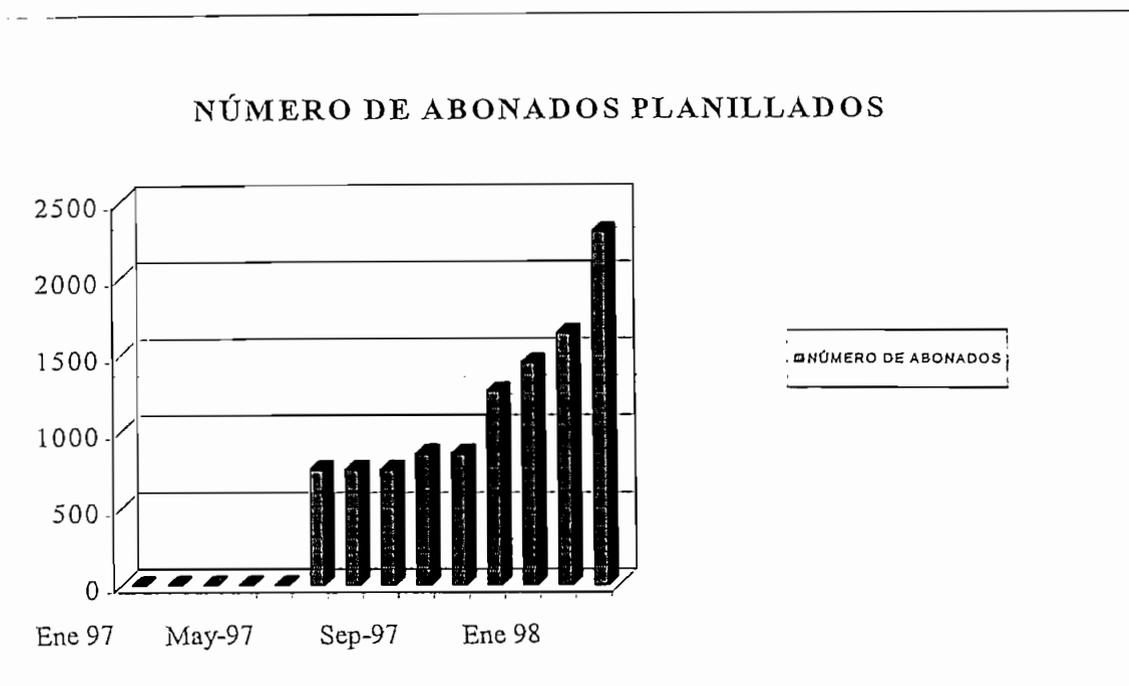


Figura 1.10.- Número de usuarios del servicio DirecTV.¹⁹

En la Figura 1.10 se muestra el número de usuarios de servicios de DirecTV en el período de enero de 1997 y febrero de 1998, en esta se puede observar que la demanda por el servicio ha ido creciendo paulatinamente desde el inicio de operación llegando a adquirir un gran número de subscriptores o usuario en tan solo un año de operación. Esto nos indica que continuamente el Servicio de Televisión Codificada Satelital en el país va aumentando la demanda obligando de esta manera a que el proveedor entregue el servicio en optimas condiciones y buena calidad.

¹⁹ Superintendencia de Telecomunicaciones, Informes mensuales presentados por DirecTV a la Superintendencia de Telecomunicaciones

CAPITULO II

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL SERVICIO DE TELEVISION CODIFICADA SATELITAL

En un enlace satelital la transmisión se puede ver afectada por algunos factores tanto en transmisión, en recepción, así como en la propagación atmosférica. Además se describen los ruidos que afectan a las comunicaciones satelitales, ruidos que se pueden generar tanto en el transpondedor del satélite como en el receptor.

En este capítulo describimos algunos conceptos básicos importantes, ya que son parte de algunos factores que influyen en la calidad del servicio de televisión codificada satelital.

2.1.- Factores técnicos que influyen en la calidad de las transmisiones satelitales

A continuación se muestran los factores técnicos que influyen en las transmisiones satelitales al no escoger los valores adecuados para su correcto funcionamiento.

2.1.1.- La potencia del enlace descendente

Es necesario tener claro cada uno de los conceptos que intervienen en una transmisión satelital por lo que a continuación se transcriben los más importantes, conceptos que han sido tomados de la tesis de grado de Lucia Gordillo, "Planes de Transmisión de Redes Nacionales para Solicitar el Servicio de Internet con los Satélites Intelsat VII e Intelsat K".

2.1.2.- Potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.)

Es la medida de intensidad de la señal que una estación terrena o satélite emite hacia el espacio o tierra, respectivamente.

La ganancia de una antena direccional permite optimizar la potencia de radiofrecuencia suministrada por la fuente. Por lo tanto, la p.i.r.e. se expresa como función de la ganancia de transmisión de la antena y la potencia transmitida que llega a la misma.

$$\text{p.i.r.e.} = P_T G_T \quad [\text{W}]$$

donde: P_T , es la potencia transmitida

G_T , es la ganancia de transmisión de la antena

expresada en dBW tenemos:

$$\text{PIRE} = 10 \log P_T G_T (\text{dBi}) \quad [\text{dBW}]$$

La potencia RF total de salida de un satélite está limitada por la potencia de los paneles solares del satélite, las pérdidas del subsistema convertidor de energía y el rendimiento del transmisor. Otros factores que imponen limitaciones prácticas a la potencia de transmisor del vehículo espacial son el peso del vehículo, los límites de densidad de flujo de potencia aplicables en bandas de frecuencias determinadas, y las consecuencia de la interferencia en la utilización eficaz del arco geoestacionario.

2.1.3.- Relación portadora - densidad de ruido (C/No)

La relación de portadora frente a la densidad de ruido tanto para un enlace ascendente como descendente se muestran a continuación:

$$C = \text{p.i.r.e.}_{(\text{dBW})} - L_{s(\text{dB})} - L_{a(\text{dB})} + G_{(\text{dBi})} \quad [\text{dBW}]$$

donde: p.i.r.e., es la potencia isotrópica radiada equivalente

L_s , son las pérdidas por el espacio libre

L_a , es la atenuación atmosférica cuyo valor típico es 0.3 dB

G , es la ganancia de la antena receptora

$$N_o = k T \text{ [dBW/Hz]}$$

donde: k , es la constante de Boltzman en decibelios, $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ (228.6 dB/°K-Hz)

T , es la temperatura de ruido en grados kelvin en dBK

por tanto la relación C/N_o tanto para el enlace ascendente como descendente están dadas por:

$$(C/N_o)_u = \text{p.i.r.e.}_u \text{ [dBW]} - L_u \text{ [dB]} + (G/T)_s \text{ [dB/}^\circ\text{K]} - k \text{ [dB/}^\circ\text{K-Hz]} \text{ [dB-Hz]}$$

$$(C/N_o)_d = \text{p.i.r.e.}_d \text{ [dBW]} - L_d \text{ [dB]} + (G/T)_r \text{ [dB/}^\circ\text{K]} - k \text{ [dB/}^\circ\text{K-Hz]} \text{ [dB-Hz]}$$

los términos u y d determinan los enlaces de uplink y downlink respectivamente

donde: p.i.r.e._u , es la p.i.r.e del enlace ascendente de la estación terrena

p.i.r.e._d , es la p.i.r.e del enlace descendente el satélite

L_u , son las pérdidas en el espacio libre más atenuación atmosférica del
enlace ascendente

L_d , son las pérdidas en el espacio libre más atenuación atmosférica del
enlace descendente

G/T_s , es el G/T del satélite

G/T_r , es el G/T de la estación receptora.

2.2.- Factores técnicos que influyen en los receptores satelitales

En esta sección mostraremos los principales factores técnicos que influyen para que no se pueda dar una correcta recepción satelital.

2.2.1.- Area efectiva de una antena

Este concepto lo da a conocer ya que lo utilizaremos mas adelante en el concepto de ganancia de la antena receptora.

Una antena receptora recoge o capta la potencia radiada desde una fuente, en su área de abertura efectiva, A_e . Si la antena fuera perfecta y sin pérdidas (ideal), el área de abertura efectiva A_e seria igual al área real proyectada A , que para una abertura circular tenemos:

$$A = \pi r^2 = \frac{\pi D^2}{4} \quad [\text{m}^2]$$

donde: D , es el diámetro de la antena expresada en metros

En la práctica considerando las pérdidas y la no uniformidad se tiene:

$$A_e = \eta A = \eta \frac{\pi D^2}{4} \quad [\text{m}^2]$$

donde: η , es el rendimiento de la antena y varia entre: 0.55 - 0.75.

2.2.2.- Ganancia de la antena parabólica (G)

Una antena transmisora concentra la potencia transmitida en la dirección del receptor, en lugar de radiar en otras direcciones. Debido a que la potencia se concentra, se produce una ganancia de la señal con respecto a la potencia que se hubiera recibido. A este concepto también se le ha considerado como un factor influyente en la calidad del servicio de televisión codificada satelital, ya que la antena receptora debe tener una ganancia adecuada para que la señal pueda ser percibida en perfectas condiciones por el receptor satelital y de esta manera se pueda decodificar la señal adecuadamente, caso contrario, la señal no será la adecuada impidiendo así que el decodificador realice su

trabajo correctamente; y por ende no dará la calidad de imagen adecuada en el receptor de video. La ganancia de potencia esta dada por la siguiente formula:

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} Ae$$

donde: λ , es la longitud de onda en el espacio

Ae , es el área efectiva de una antena

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ [m]}$$

donde: c , es la velocidad de las ondas radioeléctricas = 3×10^8 [m/s]

f , es la frecuencia radioeléctrica en Hz

reemplazando en la primera ecuación de ganancia el área efectiva, λ y expresándola en dB tenemos la siguiente expresión:

$$G_{dB_i} = 10 \log \eta + 20 \log \pi + 20 \log D - 20 \log \lambda \quad \text{[dB}_i\text{]}$$

2.2.3.- Relación potencia de portadora - temperatura de ruido (C/T)

Este se encarga de ver que relación existe entre la potencia de portadora recibida y la temperatura de ruido del sistema de recepción, se lo considera como un factor que influye en la calidad del servicio de televisión codificada satelital ya que es una manera con la cual nos da conocer el funcionamiento de un enlace satelital.

A continuación se muestra la expresión que da la potencia de la portadora a la salida de la antena receptora:

$$C = G Pr$$

donde: G , es la ganancia del sistema

Pr , Potencia de la señal recibida con referencia a una antena isótropa

de donde se tiene que la relación potencia de portadora - temperatura de ruido esta dada en decibelios por:

$$\frac{C}{T} = \frac{G}{T_{[dB/K]}} + Pr_{[dBW]} \quad [dBW/^{\circ}K]$$

2.2.4.- Relación portadora - potencia de ruido (C/N)

Esta relación esta definida por la siguiente ecuación:

$$\frac{C}{N} = \frac{C}{NO_{[dB-Hz]}} - 10 \log AB_{[dB]} \quad [dB]$$

donde: AB, es el ancho de banda ocupado por la señal.

Esta relación es necesaria conocerla ya que nos permite determinar el umbral que tiene el receptor y además probar los demoduladores.

2.2.5.- Temperatura de ruido del sistema de recepción (T)

En general se lo define al ruido como el movimiento aleatorio de electrones que ocurre en cualquier conductor a una temperatura superior al cero absoluto. En la transmisiones terrestres de microondas el ruido es evaluado en términos de figura de ruido, para los enlaces de estaciones terrenas con el satélite para fuentes de bajo ruido el equivalente de figura de ruido es la temperatura de ruido T.

Si una fuente de ruido, genera ruido de potencia P_N , la temperatura de ruido T se define como:

$$T = \frac{P_n}{kB} \quad [^{\circ}\text{K}]$$

donde: B, es el ancho de banda en Hertzios

k, es la constante de Boltzman (1.374×10^{-23} J/°K)

P_N , es la potencia de ruido en vatios.

La temperatura de ruido en un sistema de recepción consta de dos partes; la temperatura de ruido del receptor y la temperatura de ruido del sistema de antena.

En la Figura 2.1 se muestra un esquema de referencia para la obtención de la temperatura de ruido del sistema de recepción, a continuación mostramos la expresión por la cual esta dada esta temperatura:

$$T_s = \alpha T_a + (1 - \alpha) T_o + T_{LNB} + T_{RF} / G_{LNB} \quad [^{\circ}\text{K}]$$

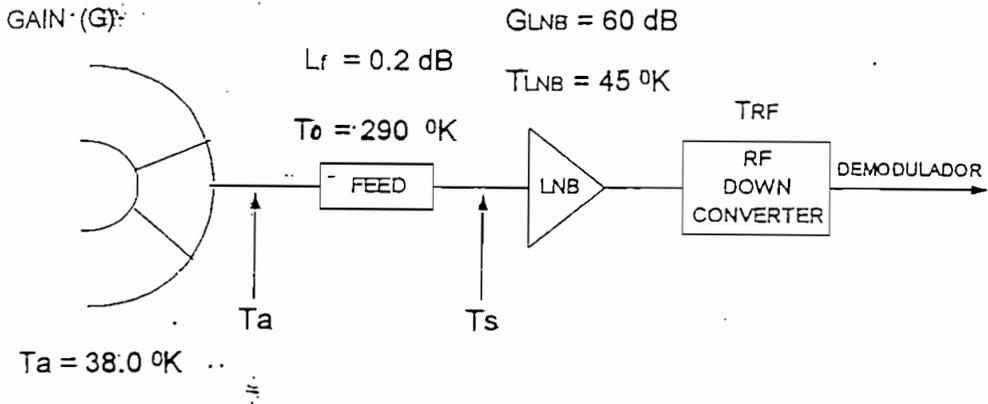


Figura 2.1.- Esquema de referencia para la determinación de la temperatura de ruido del sistema de recepción.¹

donde: T_s , es la temperatura de ruido del sistema de recepción, referida a la entrada de recepción.

¹ Milton Pumisacho, Estudio Técnico para la Implementación de un Sistema de Transmisión Digital de Señales de TV vía Satélite en la Estación Terrena Quito.

T_o , es la temperatura de ruido del alimentador, se considera el valor de
 290°K

T_a , es la temperatura de ruido de la antena

T_{LNB} , es la temperatura de ruido del LNB

G_{LNB} , es la ganancia del LNB

T_{RF} , es la temperatura de ruido de RF

α , son las pérdidas debidas al alimentador, cuyo valor típico es 0.2 dB

donde: $0.2 = 10 \log (1/ \alpha)$

2.2.6.- Factor de mérito (G/T)

La figura de mérito del receptor, también llamada factor de calidad, es un parámetro que mide la calidad del sistema de recepción, es la relación entre la ganancia de la antena de recepción y la temperatura de ruido del sistema. La generalidad es que el sistema tenga un factor de mérito alto lo cual indicará que tan buena es la calidad del sistema de recepción; es necesario aclarar que este parámetro solo tiene sentido en el receptor ya que determina que capacidad tiene el sistema para rechazar el ruido al momento de recibir la señal.

2.3.- Factores que influyen en la propagación atmosférica

Si las condiciones de transmisión son inadecuadas, la calidad de la señal de TV digital se deteriora notablemente. El nivel de calidad de las transmisiones pasa de una señal "sin error" (calidad intrínseca) a señal compuesta "solo de errores" (interrupción del servicio).

El elemento principal que debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar un sistema, es la disponibilidad del servicio, lo cual implica que en la fase de diseño deba dejarse un margen, sobre todo en banda Ku.

La calidad de la imagen depende en gran medida de la degradación derivada de la velocidad de transmisión de datos de la codificación, siempre y cuando haya un enlace satelital disponible. Además de la velocidad de transmisión de datos, la relación E_b/N_0 en recepción es un factor importante, ya que de este depende directamente en la calidad del enlace de transmisión.

La utilización de códigos correctores de errores concatenados, como los Reed-Solomon y los convolucionales, permite que la relación E_b/N_0 necesaria para conseguir buenos resultados de BER en la recepción sea muy reducida.

La calidad de la imagen puede verse gravemente deteriorada si durante la transmisión surgen errores o bloques de errores. Es indispensable que las transmisiones digitales se realicen sin errores.

Como sabemos, en todo enlace radioeléctrico la señal sufre pérdidas a lo largo del trayecto esto se debe a problemas típicos de la propagación que los vamos a detallar a continuación y que se deben tomar en cuenta para el diseño de los enlaces.

2.3.1.- Pérdidas en el espacio libre (L_s)

En un enlace de telecomunicaciones la señal transmitida sufre pérdidas a lo largo de todo su trayecto, estas pérdidas pueden hacer que la señal no llegue con un nivel

adecuado al receptor para que pueda decodificar la señal y por ende no dará la calidad requerida en la imagen.

Las pérdidas en el espacio libre está dada por la siguiente expresión:

$$L_s = 92.5 + 20 \log f_{(\text{GHz})} + 20 \log d_{(\text{Km})} \quad [\text{dB}]$$

donde: f , es la frecuencia en la cual se esta transmitiendo

d , es la distancia desde el satélite hasta la estación receptora

2.3.2.- Desvanecimientos de la señal por lluvia

La lluvia es uno de los principales factores que producen la atenuación al absorber y dispersar la energía de las señales, haciendo que esta atenuación introduzca ruido incrementado la temperatura de ruido y por ende degradando la señal transmitida.

Por lo general el incremento de ruido no es un factor importante en el enlace ascendente, pero sí es muy indispensable que la potencia de la portadora mantenga determinados límites, además es necesario introducir ciertas modalidades de funcionamiento y control en la potencia del enlace descendente para compensar el efecto de desvanecimiento por lluvia .

2.4.- Ruidos que afectan a las comunicaciones satelitales

A continuación se muestran los ruidos mas comunes que se producen tanto en el transpondedor satelital como en el receptor que de alguna manera afectan a las comunicaciones satelitales.

2.4.1.- Ruido de intermodulación

La intermodulación ocurre cuando varias portadoras pasan por dispositivos no lineales.

En los sistemas de comunicación por satélite, esto es común en los amplificadores de TWTA (travelling-wave-tube-amplifiers) de alta potencia a bordo de los satélites.

Cuando hay un gran número de portadoras moduladas, los productos de intermodulación aparecen como un tipo de ruido denominado ruido de intermodulación (IM). Por lo general, la relación portadora/ruido de intermodulación, se obtiene experimentalmente.

2.4.2.- Ruido de interferencia

En un transpondedor existen varias portadoras a diferentes frecuencias esto hace que existan filtros pasabanda para aislar las señales e impedir que se interfieran, pero como sabemos el filtrado nunca es perfecto lo que provocará cierta interferencia; está se sumará a los productos de intermodulación que pueden estar presentes. También pueden haber frecuencias entre portadoras que reutilicen las frecuencias, esta reutilización depende de la polarización o del aislamiento de los haces de la antena y, también en este caso un aislamiento imperfecto produce interferencia.

También debe considerarse la interferencia de los servicios cursados por otras redes de satélites, siendo la más importante la procedente de enlaces con los satélites adyacentes en la órbita geoestacionaria.

Existen también otras interferencias que por considerarlas importantes las mostraremos a continuación.

2.4.2.1.- Armónicos de determinadas emisiones que caen dentro de la banda de radiodifusión por satélite.

Este riesgo tiene origen en los armónicos que radian los equipos de aplicaciones industriales, científicas y médicas y en particular por los hornos de microondas domésticos, este ultimo es el que mas podría afectar a una correcta recepción del servicio ya que se encuentran ubicados en las proximidades de una antena de receptora del servicio de radiodifusión satelital por lo que se han determinado límites de radiaciones parásitas recomendado por de UIT-R, así como la respectiva distancia que debería existir estos límites los trataremos en el capítulo III.

2.4.2.2.- Emisiones en la banda de la frecuencia intermedia

Si la banda de la frecuencia intermedia está comprendida entre 900 y 1700 Mhz, existe un grave riesgo de interferencia exterior, principalmente de transmisiones de servicio de radionavegación, que pueden producir una p.i.r.e. de vario kilovatios. Estas interferencias producen degradaciones en las imágenes, para lo cual se puede prever de al menos dos soluciones:

- a) Utilización de un equipo de recepción protegido contra este riesgo mediante un buen apantallamiento de la estructura y el empleo de componentes adecuadamente diseñados en particular el convertidor de ondas centimétricas y el conductor de baja que transmite las señales de frecuencia intermedia pero esto atribuye a que los equipos que constituyen el sistema sea costosos lo cual resulta incompatible con el mercado del consumidor.
- b) Elección de la banda de 1500 - 2300 MHz como frecuencia intermedia. Esto plantea problemas tecnológicos pero que pueden tener mayor accesibilidad ya que la tecnología avanza y con ello los componentes electrónicos.

2.4.2.3.- Radiaciones no esenciales procedentes de equipos receptores

Una posible fuente de radiaciones no deseadas procedentes de terminales receptores del servicio de radiodifusión satelital es el primer oscilador local. Los diseños de receptor frontal que utiliza un mezclador directo, pueden tener niveles de oscilador tan altos como -50 dBW a la entrada de la antena. Los receptores que tienen preamplificadores como primera etapa presentaran habitualmente niveles de -65dBW a -70dBW. Podría requerirse una reducción adicional de estos niveles para evitar la posible interferencia en las bandas del servicio fijo por satélite si la frecuencia seleccionada para el primer oscilador local esta dentro de las bandas atribuidas a esos servicios.

Todas estas señales interferentes hay que tomarles en cuenta el momento de realizar los cálculos del enlace para de esta manera obtener una transmisión confiable y sin errores y por ende una buena calidad del servicio de radiodifusión satelital.²

² - Gordillo À Lucia, Planes de Transmisión de Redes Nacionales para Solicitar el Servicio de Internet con los Satélites Intelsat VII e Itelsat K", 1995.

- UIT-R, Recomendación BO 0790-S, Características de Equipos Receptores para el Servicio de Radiodifusión por Satélite.

CAPITULO III

PARAMETROS DE CALIDAD PARA EL SERVICIO DE TELEVISION CODIFICADA SATELITAL

En este capítulo se presentan los parámetros que establecen la calidad del servicio de televisión codificada satelital, parámetros que se deben tomar en cuenta para una adecuada explotación del servicio. Los mismos que están dados de acuerdo a normas y estándares internacionales relacionados con la temática, los cuales nos permitirán llegar a establecer posteriormente un sistema cuyo objetivo será el verificar que se cumplan estos parámetros de calidad.

Debido a que el objetivo de la presente tesis es llegar a determinar un sistema y metodología para verificar la calidad del servicio en el receptor o usuario subscriptor del mismo, los parámetros estarán definidos desde la transmisión descendente y todo cuanto forma la parte receptora.

3.1.- Requisitos del segmento espacial

Como habíamos hablado anteriormente nos referiremos a todo cuanto es el enlace descendente, no nos referiremos al enlace ascendente ya que el propósito es el control de calidad del servicio en la estación receptora.

3.1.3.- Potencia de portadora con respecto al ruido en el enlace descendente (C/N)

A continuación se muestran valores de potencia de portadora con respecto a ruido para valores dados de p.i.r.e y factor de mérito de recepción (G/T). Las fórmulas para el cálculo de esta relación fueron descritas anteriormente en el capítulo 2.

$$\frac{C}{N} = \frac{C}{N_0} - 10 \log AB$$

$$\frac{C}{N} = p.i.r.e - L_d + \frac{G}{T} - k - 10 \log AB$$

para los valores correspondientes al enlace descendente se tiene:

$$L_d = 92.5 + 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log d_{(km)} \quad [dB]$$

$$L_d = 92.5 + 20 \log (12) + 20 \log (36000) \quad [dB]$$

$$L_d = 205.2 [dB]$$

k, es la constante de Boltzman de decibelios cuyo valor es

$$228.6 [dB]$$

AB, es el ancho de banda de la señal que es de 6MHz

entonces:

$$\frac{C}{N} = p.i.r.e_{(dBW)} - 205.2_{(dB)} + \frac{G}{T}_{(DB/K)} + 228.6_{(DB/K)} - 10 \log(6MHz)_{(dB)}$$

El cuadro 3.1 muestra los valores de C/N calculados, considerando una p.i.r.e. de 40 dBW debido a que este valor nos dará la relación mínima de C/N que debe cumplirse para los valores de G/T correspondientes a las antenas utilizadas para este servicio, los valores de G/T se presentan en el cuadro 3.4 de este capítulo.

Díámetro de antena (m)	G/T [dB/K]	p.i.r.e [dBW]	C/N [dB]
0.46	10.50	40	6.11
0.60	13.0	40	8.61
1.0	17.2	40	12.82

Cuadro 3.1.- Valores de C/N variando los parámetros de p.i.r.e y G/T de acuerdo a las recomendaciones dadas en este capítulo.³

3.1.4.- Relación Eb/No en el enlace descendente

La relación Eb/No necesaria para tener en recepción un BER de 1×10^{-11} varía con respecto a las diferentes relaciones FEC (Ver anexo 2), a continuación se indica los siguientes valores:

Eb/No (dB)	Relación FEC
4.0	1/2
4.7	2/3
5.0	3/4
5.8	5/6
6.8	7/8

Cuadro 3.2.- Valores Eb/No necesario para un BER de 1×10^{-11} de acuerdo a la relación FEC.⁴

3.1.5.- Velocidad de transmisión de datos de un canal de televisión digital

Son dos los factores que determinan la elección de una velocidad determinada de transmisión de datos de TV:

³ Cálculos realizados de acuerdo a las fórmulas dadas en el capítulo 2

⁴ Intelsat, Televisión Digital Comprimida, 1996.

a) Tipo de servicio:

Estos servicios abarcan desde las señales VCR hasta las señales deportivas de movimiento completo. Las primeras exigen velocidades más altas.

b) Calidad del servicio:

La calidad de TV digital codificada no solo depende de la relación C/N del enlace, sino de la velocidad de transmisión de datos. Cuanto mas sea la ésta velocidad, mejor será la calidad de video.

Generalmente las velocidades oscilan entre 1.5 Mbps y 8 Mbps. En el cuadro 3.3 se dan ejemplos de las velocidades recomendadas según el tipo de aplicación.

Aplicación	Velocidades de transmisión de datos
	TV recomendadas (Mbps)
Películas y noticias a la carta . Pay Per View ,(PPV).	menor a 1.5
Películas y retransmisiones	3.5
Deportes en directo	4.6
Señales de calidad de estudio	8
Audio	0.128 (Mono)
	0.256 (estéreo)

Cuadro 3.3.- Velocidades de transmisión de datos de video codificado recomendadas.⁵

La velocidad final de un canal determinado, se conseguirá añadiendo las velocidades de transmisión de TV, audio e información de control. Es importante señalar que la TV codificada les permite a los radiodifusores controlar el acceso de los receptores a la señal codificada MPEG-2. Esto se realiza mediante los datos de servicio y de control.

⁵ Información procedente de los catálogos de los fabricantes.

3.1.6.- Porcentaje de Bit Error Rate (BER) en la estación receptora.

El BER nos indica el porcentaje de bits errados con respecto a un total de bits transmitidos, medido en un intervalo de tiempo dado.

El porcentaje de BER medido en un intervalo de tiempo (1 minuto, 10 minutos, etc.), no debe exceder de 10^{-6} , 10^{-7} , etc.⁶

3.2.- Estación receptora

A continuación se especifican los parámetros técnicos de calidad que se deben cumplir en las estaciones receptoras.

3.2.1.- Ganancia de la antena parabólica (G)

La ganancia de la antena receptora recomendada para este servicio están entre los valores 34.0, 36.5, o 40.7 dB, estas ganancias están dadas para los diámetros de las antenas 0.46, 0.60, y 1.0 metros respectivamente.

3.2.2.- Factor de Mérito de la antena receptora (G/T)

En el cuadro 3.4 se muestran los valores de G/T del sistema de recepción de acuerdo a los diámetros de las antenas receptoras, su ganancia y temperatura de ruido; datos que se recomiendan en este capítulo. Las fórmulas que se involucran en el cálculo de este parámetro fueron ya descritas en el capítulo 2.

Por tanto tenemos que:

$$G/T_{sys} = \text{Ganancia de la antena} - 10 \log (T_{sys}) \quad [\text{dB}]$$

⁶ Intelsat, Planificación de estaciones terrenas VSAT, Argentina, 1998.

$$T_{sys} = \alpha T_a + (1 - \alpha)T_o + T_{LNB} + T_{RF} / G_{LNB} \text{ [}^\circ\text{K]}$$

considerando que $G_{LNB} = 1 \times 10^6$, el factor T_{RF} / G_{LNB} se lo puede despreciar, de tal manera que la expresión puede reducirse a:

$$T_{sys} = \alpha T_a + (1 - \alpha)T_o + (n - 1)T_o \text{ [}^\circ\text{K]}$$

donde n, es la figura de ruido del amplificador de bajo ruido (LNB) y está dada por:

$$n = (T_{LNB} + T_o) / T_o \text{ cuyo valor típico es 1.58 (2 dB). }^7$$

T_o , es la temperatura de ruido del alimentador, se considera el valor de 290°K

α , son las pérdidas debidas al alimentador, cuyo valor típico es 0.2 dB

donde:

$$0.2 = 10 \log (1/ \alpha)$$

Por lo tanto tenemos:

$$0.2 = 10 \log (1/ \alpha) \text{ donde } \alpha = 0.955$$

$$T_{sys} = 0.955 T_a + (1 - 0.955) 290 + (1.58 - 1) 290$$

La temperatura de ruido de las antenas receptoras que se utilizan para este servicio varia de entre 41 a 45 °K; para nuestros cálculos tomaremos el valor más crítico que es 45° K, ya que este nos indicará los valores mínimos de factor de mérito que deben cumplir las antenas especificadas para este servicio.

⁷ - ETS. Norma ETS 300 158. 1992.

- UIT. Informe 473 -5" Anexo I, Características de los equipos receptores para el servicio de radiodifusión por satélite, 1990.

Obteniéndose:

Diámetro de antena (m)	Gr [dB]	T _e [°K]	T _{sys} [dB°K]	G/T [dB/°K]
0.46	34	45	23.51	10.5
0.60	36.5	45	23.51	12.9
1.0	40.7	45	23.51	17.2

Cuadro 3.4.- Valores de factor de mérito G/T calculados⁸

3.2.3.- Convertidores de bloque de bajo ruido (Low Noise Block Converters)

Los convertidores en bloque de bajo ruido (LNB) combinan la etapa de amplificación de bajo ruido y la de conversión de bajada en frecuencia.

3.2.3.1.- Ganancia del amplificador de bajo ruido (LNB)

La ganancia del amplificador de bajo ruido en este tipo de servicio, de acuerdo a recomendaciones dadas y datos tomados de los fabricantes, esta dentro de 52 y 60 dB.⁹

3.2.3.2.- Nivel de salida del amplificador de bajo ruido (LNB).

El nivel de salida de amplificador de bajo ruido para este sistema debe cumplir los valores entre -55 dB a -35 dB; estos valores variará de acuerdo a la ganancia de la antena escogida como se indico anteriormente.¹⁰

⁸ Valores obtenidos a partir de cálculos de acuerdo a las fórmulas descritas anteriormente previas al cuadro.

⁹ Valores proporcionados por los fabricantes

¹⁰ ETS, Norma ETS 300 158, 1992.

3.2.3.3.- Banda de frecuencia para la conversión en bajada

El espectro de 500 MHz se traslada hacia abajo entre frecuencias 950 y 1450 MHz en la región 2. Esto hace que exista un grave riesgo de interferencia exterior, lo cual habíamos señalado en el capítulo anterior provocan algunas degradaciones en la imagen.¹¹

3.2.3.4.- Niveles de señal que deben llegar al decodificador del sistema de televisión codificada satelital

Es importante verificar los niveles con los que llega la señal al decodificador del servicio, ya que si el nivel no cumple los especificados, el decodificador no podrá decodificar la señal adecuadamente y por ende se notará en el monitor de video un claro deterioro en la calidad del servicio. Los niveles son los siguiente: el nivel mínimo que debe llegar es de -70 dBm y el máximo es de -25dBm.¹²

3.2.3.5.- Especificaciones necesarias para evitar degradaciones en la imagen

Para evitar estas degradaciones existen por lo menos dos soluciones:

- Utilización de equipo de recepción protegido contra ese riesgo mediante un buen apantallamiento de la estructura y el empleo de componentes adecuadamente diseñados, en particular el convertidor de ondas centimétricas (cuya ganancia ha de ser elevada, pero que debe presentar bajos niveles de intermodulación) y el conductor de baja que transmite las señales de frecuencia intermedia. Ello puede entrañar la necesidad de elaborar componentes específicos, y que se establezca métodos apropiados para medir la inmunidad de la interferencia.

¹¹ UIT. Informe 473 -5*, Características de los equipos receptores para el servicio de radiodifusión por satélite, 1990.

¹² Información proporcionada por Thomson GLA.

- Elección de la banda de 1500 - 2300 MHz como frecuencia intermedia. Esto plantea problemas tecnológicos que talvez se resuelvan en el futuro.

Existen otras interferencias que caen en las misma banda de frecuencia intermedia y que también son degradantes en la imagen como lo es los hornos de microondas que lo habíamos señalado en el capítulo 2.

3.2.3.6.- Características que deben mantenerse en el sistema de recepción de TV codificada satelital ante los armónicos radiados por un horno de microondas

Se recomienda que para que exista un riesgo pequeño de interferencia por los armónicos radiados por un horno de microondas doméstico, la radiación parásita no debe exceder de 57dB(pW).¹³ Este límite debería considerarse aplicable a la potencia total en una anchura de banda de 27 MHz. En la figura 3.1 se muestra la distancia a la cual debería permanecer un horno de microondas doméstico para evitar radiaciones no deseadas al sistema de TV codificada satelital.

¹³ UIT, Informe 473-5⁴ ; Características de los Equipos Receptores para el Servicio de Radiodifusión por Satélite, 1990

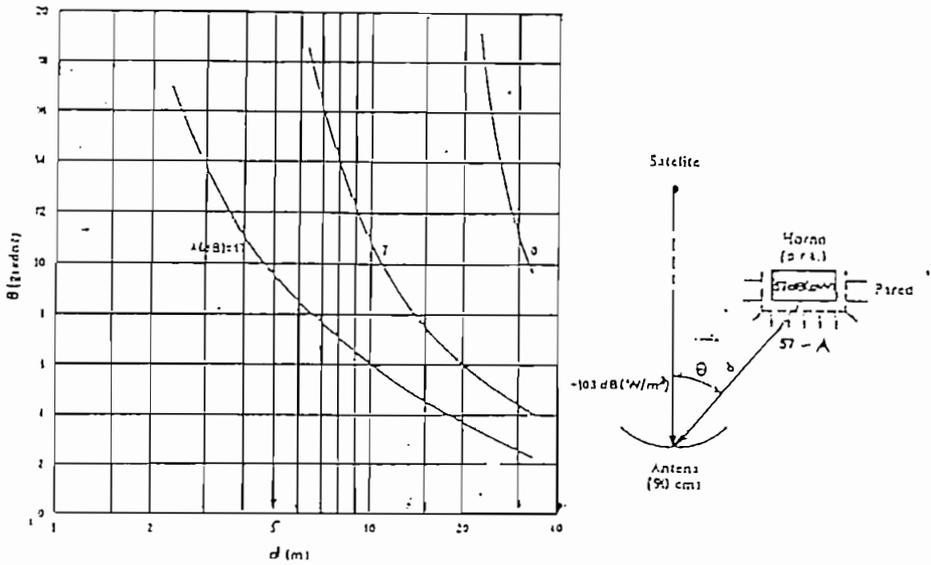


Figura 3.1.- Limitaciones en el emplazamiento de un receptor debidas a la radiación del quinto armónico de un horno de microondas incluyendo la atenuación (A) debida al efecto de pantalla de la pared ($C/I = 30$ dB).¹⁴

3.2.4.-Características de la estructura del sistema de recepción

Es importante determinar bajo que circunstancias se establece o se monta un sistema de recepción, ya que estas características influyen directamente en la calidad del sistema; no se trata de dar un manual de instalación del sistema sino mas bien dar encapie en los aspectos mas fundamentales.

3.2.4.1.- Características del montaje de la antena

La superficie en la que se monta la antena tiene gran importancia. Debe ser estructuralmente sólida y no tener una cantidad excesiva de movimiento. Una estructura sólida puede ser la pared de un edificio, una balaustrada o un poste anclado a tierra.

¹⁴ UIT, Informe 473-5^o ; Características de los Equipos Receptores para el Servicio de Radiodifusión por Satélite, 1990

La superficie de montaje por lo menos debe resistir los varios centenares de kilogramos de fuerza que puede producir la parábola sobre ella. Esta fuerza no se aplica constantemente sobre la superficie de montaje, sino que solo está presente cuando el viento incide sobre la parábola.

3.2.4.2.- Características de soportes no penetrantes

Los soportes no penetrantes solucionan un problema muy determinado para aquellos casos en que no se ha concedido el permiso para instalar un sistema de montaje de tierra permanente. El soporte no penetrante, si se coloca correctamente, permite instalar una parábola de 0.6 o de 1.0 metros de diámetro sin necesidad de modificar la propiedad .

El peso del equilibrador se determina a partir de la fuerza del viento esperada y puede utilizarse cualquier material disponible. Es recomendable utilizar bloques de hormigón de escoria o sacos de arena, pero este no es el único sistema para equilibrar el soporte. El peso total del equilibrador es importante en términos de seguridad, así como en cuanto a la estabilización de la parábola se refiere, con el objeto de evitar pérdidas de señal ante tormentas o vientos de gran velocidad. Ver Anexo 6 gráfica 1.

Para poder calcular el equilibrador necesario en una instalación, debe tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Velocidad máxima del viento
- Superficie del tejado o suelo
- Exposición de la parábola a factores ambientales
- Peso total del conjunto de la parábola

VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO

En primer lugar debe determinarse la velocidad máxima del viento que deberá resistir la parábola. El requisito mínimo de instalación son para vientos de 175 Kph, pero si se trata de una zona en que las tormentas de vientos o huracanes son frecuentes, es recomendable utilizar los pesos para vientos de 190 Kph.

SUPERFICIE DEL TEJADO O DEL SUELO

El determinar la superficie del tejado o del suelo es el siguiente paso a seguir; ya que es necesario que exista una intensa fricción entre el soporte y el tejado o suelo. Si no la existe se realiza las adecuaciones necesarias para que se incremente la fricción, para lo cual es recomendable colocar un revestimiento de caucho entre la cubetas del equilibrador y el tejado. Las instalaciones realizadas sobre superficies y tejados de hormigón o en el suelo son las que presentan más problemas.

EXPOSICIÓN DE LA PARÁBOLA A FACTORES AMBIENTALES

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la exposición de la parábola a factores ambientales. La exposición "B" hace referencia a áreas urbanas, suburbanas y áreas arboladas con numerosos obstáculos en un radio de espacio muy reducido, del tamaño de una vivienda familiar o mayor. También se incluyen edificios que ofrecen gran protección frente al viento ya que están muy juntos los unos a los otros. Las mismas condiciones de tiempo prevalecen a 500 metros de altura o diez veces la altura del edificio.

La exposición "C" hace referencia a terrenos abiertos con pocos problemas relacionados con el viento a 9 metros de altura. Puede tratarse de zonas muy llanas, praderas o edificios de pisos cuyos tejados no presentan protección, tejados completamente planos o complejos aislados no protegidos por otras estructuras de tamaño similar.

PESO TOTAL DEL CONJUNTO DE LA PARÁBOLA

El peso del conjunto de la parábola con soporte debe incluirse en el peso necesario del equilibrador. Según el mástil que se utilice, el peso entre la parábola y el soporte es de 263 Kg aproximadamente. Este peso debe sustraerse de los requisitos del equilibrador, como se determina en el cuadro 3.5.

El peso resultante es la totalidad del equilibrador que debe añadirse a las cubetas del mismo. No se debe olvidar que el equilibrador debe repartirse en partes iguales en las cuatro esquinas.

Techo o suelo	Condiciones Ambientales	175 Kph	190 Kph
guardavientos, protegida	exposición "B"	1000 Kg	1285 Kg
guardavientos, protegida	exposición "C"	1421 Kg	1695 Kg
sin guardavientos	exposición "B"	1420 Kg	1690 Kg
sin guardavientos	exposición "C"	2400 Kg	2860 Kg
sin guardavientos, caucho	exposición "B"	1520 Kg	1810 Kg
sin guardavientos, caucho	exposición "C"	2570 Kg	3065 Kg
sin guardavientos, concreto	exposición "B"	1930 Kg	2300 Kg
sin guardavientos, concreto	exposición "C"	3270 Kg	3890 Kg
sin guardavientos, suelo	exposición "B"	1930 Kg	2300 Kg
sin guardavientos, suelo	exposición "C"	3270 Kg	3890 Kg

Cuadro 3.5.- Peso del equilibrador de acuerdo a la velocidad del viento, condiciones ambientales y características del techo o suelo.¹⁵

¹⁵ Thomson Consumer Electronics, Galaxy/RCA Instalación del Sistema Satelital Digital, 1996

3.2.4.3.- Características mínimas del cable del amplificador LNB

Los cables LNB transportan las señales desde este amplificador hasta el receptor. Dichas señales están en la gama de frecuencias de 950 a 1450 MHz como lo habíamos indicado anteriormente. Cuanto mayor sea el trayecto que debe correr la señal, mayor será la atenuación debida a las pérdidas en el cable que afectará a la señal final de video. Un cable de mala calidad puede permitir la entrada de ruido al sistema y reducir así su rendimiento. En el cuadro 3.6 se resume las características que debe poseer este cable.

El cable coaxial RG6 de doble conductor es recomendado para este servicio; ya que el receptor dispondrá en todo momento de ambas polaridades de la señal del satélite, eliminando así la conmutación del LNB, y por otro lado se dispone de un hilo portador para cumplir los requisitos de puesta a tierra del sistema. Además el RG6 tiene la impedancia correcta y una atenuación de señal aceptable de 950 a 1450 MHz.

Especificaciones	Valor nominal	Comentarios generales
Tipo de cable	RG6 doble	El cable posee dos conductores RG6 más un hilo de portador para puesta a tierra.
Impedancia	75 ohmios	
Blindaje	Blindaje doble como mínimo	Se requiere una lámina de blindaje del 100% cubierta con una malla trenzada del 40 %
Cubierta externa	PVC	Debe ser adecuada para uso interior y exterior

Cuadro 3.6.- Especificaciones del cable del amplificador LNB¹⁶

3.2.4.4.- Características de los conectores del cable del amplificador LNB

La finalidad de toda instalación es proteger al cable contra los daños físicos y la

¹⁶ Thomson Consumer Electronics, Galaxy/RCA. Instalación del Sistema Satelital Digital, 1996

penetración de la humedad. Este último se puede evitar utilizando conectores a prueba de interperie. Este conector puede ser el conector tipo F a prueba de interperie que es el mas común utilizado en las instalaciones de este tipo de servicios. Ver Anexo 6 gráfica 2.

Sellando todas las conexiones expuestas a los elementos climáticos es otra manera de evitar la penetración de humedad en el cable. Los lazos de goteo agregan una protección adicional en el área de la conexión. Estos lazos impiden que la humedad circule por el cable y entre a la conexión. Ver Anexo 6 gráfica3.

3.2.4.5.- Longitud máxima del cable del amplificador LNB

El cable coaxial RG6 con cable de tierra incorporado, que se tiende para la conexión desde el amplificador LNB hasta el receptor satelital, no debe exceder de 30 metros sin amplificador.¹⁷

3.2.4.6.- Conexiones a tierra del sistema de recepción

Los sistemas eléctricos y electrónicos, así como los conductores de circuitos de señales o de alimentación disponen de tomas de tierra para limitar los voltajes debidos a descargas eléctricas, sobretensión o a contactos no intencionados con líneas de voltaje superior. Los conductores de toma a tierra del equipo están conectados al electrodo de toma a tierra del sistema, con el objeto de proporcionar una línea de baja impedancia para la corriente de pérdida lo que facilitará el funcionamiento de los dispositivos de sobrecorriente bajo condiciones de pérdida de tierra.

¹⁷ Thomson Consumer Electronics, Galaxy/RCA Instalación del Sistema Satelital Digital, 1996

Las condiciones de pérdida de tierra son aquellas que causan el flujo de corriente fuera de la línea normal entre conductores de C/A. Excepto en el caso de corrientes de descarga espontánea de poca importancia, la corriente que fluye en un circuito a través de la línea de suministro será igual a la corriente que fluya en el circuito a través de una línea neutra. En condiciones de pérdida de tierra, la corriente C/A de entrada encuentra una vía a tierra distinta a la línea neutra.

El sistema de recepción satelital digital debe conectarse a tierra por varios motivos, entre los que cabe destacar los siguientes:

En primer lugar, por la seguridad de las personas que manipulan el sistema. Las descargas eléctricas o la sobre tensión pueden provocar una fluctuación de voltaje de tierra de cualquier dispositivo. Ello incrementa el voltaje del flujo de corriente entre el voltaje de tierra incrementado y cualquier objeto conductor que permanezca conectado a tierra. La parábola satelital estará conectada al receptor a través del cable suspensión (con cable de tierra incorporado), por lo que se mantendrá en el voltaje de tierra del receptor, sea cual sea dicho voltaje. Si la lengüeta de conexión del receptor no está conectada al circuito de conexión a tierra central en el lugar de la instalación, el voltaje de tierra del receptor podría fluctuar con las descargas eléctricas o con fluctuaciones de suministro eléctrico. En el caso de producirse descargas eléctricas, un buen sistema de conexión a tierra ayudará a disipar el voltaje excesivo en la conexión a tierra.

En segundo lugar, si las distintas referencias a tierra del sistema de recepción satelital digital no están conectadas a una toma de tierra de referencia central, podría producirse en distintos momentos una diferencia de voltaje entre las conexiones a tierra, dando

lugar a un flujo de corriente inadecuado en alguna dirección y a un posible error del sistema de graves consecuencias. Para reducir las posibilidades de aparición de estas situaciones, deben mantenerse todos los puntos de conexión a un mismo voltaje.

El bloque de tierra es el punto de conexión central del sistema de recepción satelital digital. El coaxial RG6 dual de la parábola y el cable de tierra incorporado están conectados al bloque. El RG6 simple o dual y su cable de tierra incorporado del receptor también se conectan aquí. Estas conexiones deben ser firmes y sin ningún obstáculo. Deben formarse recodos anti-goteo. El cable que se conecta a la toma de tierra del sistema con el electrodo de tierra del edificio debe ser como mínimo un cable de aluminio del número 8 o uno de cobre del número 10. El cable puede estar o no aislado.

Este cable no debe presentar ningún empalme bajo ningún concepto. Los empalmes, aún cuando estén muy bien realizados, siempre ofrecen resistencia. Al intentar eliminar corrientes elevadas del sistema, esta resistencia producirá una diferencia de voltaje que podría dar como resultado un error de protección en la conexión. Ver Anexo 6 gráficas 4.1 y 4.2.

CAPITULO IV

DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS PARA REALIZAR EL CONTROL DE CALIDAD DEL SERVICIO DE TELEVISION CODIFICADA SATELITAL

El presente capítulo tiene como objetivo presentar los requerimientos que se necesitan para realizar un adecuado control de calidad del servicio de televisión codificada satelital en el usuario receptor para nuestro país. Estos requerimientos nos permitirán llegar a establecer un sistema de control de calidad para este servicio; cumpliéndose entonces el objetivo del presente trabajo.

En el capítulo anterior se presentaron los parámetros que debe cumplir el servicio de televisión codificada satelital; sin embargo no todos estos parámetros son medibles para nuestra aplicación, tan solo unos lo son, por lo que es necesario definir cuales son los parámetros que pueden ser evaluados (es necesario recalcar que el control de calidad se lo realizará a nivel de RF (Radio Frecuencia) e instalación del sistema de recepción, no a nivel de monitor de televisión ya que este último no es objetivo del presente trabajo debido a que existe equipos específicos que se encargan de realizar el control a este nivel).

En el primer capítulo del presente trabajo se dio a conocer como se realiza un control de calidad; a continuación mencionaremos en síntesis los pasos que se deben seguir.

-
- a) Establecer normas y especificaciones.
 - b) Evaluación del cumplimiento.
 - c) Tomar acción cuando exista disconformidad entre los estándares y los valores obtenidos en la evaluación.
 - d) Planear mejoras constantemente.

Todos estos aspectos están desarrollados en este capítulo; además se presenta una propuesta para la administración del nuevo servicio que se encargará de realizar el control de calidad del servicio de televisión codificada satelital; esta administración tratará de proponer la infraestructura tanto de personal como física con la cual este servicio de control puede entra en operación.

4.1.- Establecimiento de normas y especificaciones

En el capítulo anterior se dió a conocer los parámetros que se deben cumplir para explotar adecuadamente el servicio de televisión codificada satelital. Desafortunadamente no todos estos parámetros pueden ser verificables para esta aplicación, por lo que es necesario determinar los parámetros que puedan ser medibles.

- * Estos parámetros se los han clasificado en dos grupos; el primero determina los parámetros de calidad medibles a nivel se señal y el segundo grupo trata de los parámetros de calidad medibles a nivel de estructura del sistema de recepción.

4.1.1.- Parámetros de calidad sujetos a medición a nivel de señal

Estos parámetros se los ha considerado medibles, ya que el propósito de este trabajo es el realizar el control de calidad en el receptor del usuario que se ha suscrito al servicio de televisión codificada satelital, esto implica por lo tanto establecer un sistema móvil de control de calidad para este servicio que pueda evaluar los parámetros a medirse en cualquier lugar del país de una manera rápida, sencilla y que no implique costos elevados.

Algunos parámetros no se los ha considerado como medibles, estos son:

- Porcentaje de Bit Error Rate (BER) en la estación receptora
- Velocidad de transmisión
- Potencia isotrópica radiada equivalente del transpondedor (p.i.r.e.)
- La ganancia de la antena receptora (G)
- La ganancia del amplificador de bajo ruido

Debido a las limitaciones de información acerca de los formatos de transmisión que realiza el proveedor de este servicio, no es posible llegar a determinar las mediciones de el BER y la velocidad de transmisión.

Otro parámetro como la p.i.r.e del transpondedor , no se la ha considerado como medible ya que para esto se requiere tener acceso al transpondedor del satélite y los únicos que pueden tener acceso a este son los dueños del satélite.

La ganancia de la antena receptora y la ganancia del amplificador de bajo ruido no se los ha considerado como parámetros que se los pueda medir bajo un sistema de medición, ya que estos valores son proporcionados por el fabricante, el mismo que antes de sacar al mercado el producto a realizado las pruebas pertinentes en sus respectivos laboratorios.

Los parámetros medibles en recepción a nivel de señal son:

- Ancho de Banda del canal
- Potencia de portadora con respecto al ruido (C/N)
- Relación Energía de Bit con respecto al Ruido (Eb/No)
- Nivel de salida del amplificador de bajo ruido (LNB)
- Banda de frecuencia para la conversión en bajada
- Nivel de señal que debe llegar al decodificador del sistema de televisión codificada satelital.
- El factor de mérito (G/T)

4.1.2.- Parámetros de calidad sujetos a medición a nivel de estructura del sistema de recepción

Uno de los factores importantes que influyen en la calidad del servicio de televisión codificada satelital es la instalación del sistema de recepción; por lo que ha sido necesario establecer los parámetros de calidad que deben mantenerse en la estructura de recepción. A continuación se muestran todos y cada uno de estos parámetros de calidad mencionados en el capítulo anterior y que se los puede medir debido a la facilidad de acceso físico que brindan.

Los parámetros medibles a nivel de estructura del sistema de recepción son:

- Características que deben mantenerse en el sistema de recepción de TV codificada satelital ante los armónicos radiados por un horno de microondas.
- Características del montaje de la antena
- Características de soportes no penetrantes
- Características mínimas del cable del amplificador LNB
- Características de los conectores del cable del amplificador LNB
- Longitud máxima del cable del amplificador LNB
- Conexiones a tierra del sistema de recepción

4.2.- Evaluación del cumplimiento de los parámetros medibles en el servicio de televisión codificada satelital

Definido los parámetros medibles para nuestra aplicación determinaremos una manera de evaluar el cumplimiento de estos parámetros; para esto iniciaremos con una descripción de lo que realizaremos para determinar la calidad del servicio de televisión codificada satelital.

4.2.1.- Requerimientos para realizar el control de calidad del servicio de televisión codificada satelital.

Para el control de calidad que se propone en este trabajo se requerirá básicamente de un sistema de control de calidad que nos permita realizar las mediciones de los parámetros a evaluar.

Como lo habíamos señalado anteriormente, el objetivo es realizar el control de calidad en el usuario receptor del servicio de televisión codificada satelital; desde este punto de

vista el sistema de control de calidad deberá estar integrado en un móvil (previamente adecuado a las instalaciones que requiera el equipo que realice las mediciones), ya que se pretende dar un servicio ágil y móvil en cualquier lugar del país, que este provisto de todo tipo de materiales que se requieran para establecer la mediciones necesarias.

4.2.1.1.- Requerimientos para realizar el control de calidad de los parámetros medibles a nivel de señal en el servicio de televisión codificada satelital

Para realizar el control de calidad sobre los parámetros medibles a nivel de señal se requiere se un sistema que se encargue de realizar las mediciones de dichos parámetros. Este sistema permitirá realizar las mediciones en la etapa de baja frecuencia; es decir después de que se haya bajado a la señal a una frecuencia menor que la frecuencia emitida por el satélite.

Además estas mediciones se deben realizar bajo ciertas condiciones como lo es que se realicen bajo condiciones de cielo despejado, ya que los valores de los parámetros establecidos para ser verificados son recomendados bajo esta prescripción.

4.2.1.2.- Requerimientos para realizar el control de calidad de los parámetros medibles a nivel de estructura del sistema de recepción del servicio de televisión codificada satelital

Como habíamos determinado anteriormente la estructura del sistema de recepción en este servicio es muy importante; los parámetros que intervienen en esta parte los verificaremos de manera visual ya que no se realiza medición alguna con equipos

electrónicos; mas bien se trata de constatar física y manualmente si cumple o no con dichos parámetros en su estructura de recepción.

Para el cumplimiento de los parámetros medibles a nivel de señal en recepción y para los parámetros medibles a nivel de estructura del sistema de recepción, se requerirán de esquemas para la recopilación de datos, los cuales serán presentados mas adelante.

4.2.2.- Diseño del sistema para el control de calidad del servicio de televisión codificada satelital

Una vez determinados los requerimientos que se necesitan para realizar el control de calidad del servicio de televisión codificada satelital, se propone en este trabajo un diseño del sistema que va a realizar el control de dicho servicio, este sistema de control se encargará de verificar los parámetros que están sujetos a medición descritos anteriormente.

4.2.2.1.- Estructura del sistema de control de calidad para los parámetros medibles a nivel de señal en el servicio de televisión codificada satelital

En esta sección se muestra el diseño del sistema de control de calidad que se encargará de verificar los parámetros sujetos a medición a nivel de señal; este sistema esta compuesto por dos subsistemas que los damos a conocer en dos bloques a continuación:

Primer Subsistema

Parámetros a medir:

- Eb/No

Manera de realizar las mediciones

Se determina la medición de Eb/No de manera indirecta a través de tablas.

Segundo Subsistema

Parámetros a medir:

- Ancho de banda del canal
- Relación señal a ruido (C/N)
- El nivel de salida del amplificador de bajo ruido (LNB)
- La banda de frecuencia para la conversión en bajada
- El nivel de señal que debe llegar al decodificador del sistema de televisión codificada satelital

Manera de realizar las mediciones

Se determina las mediciones directamente a través de un sistema determinado

El detalle del lo que se encargarán de realizar cada uno de estos subsistemas se muestran a continuación.

4.2.2.1.1.- Primer subsistema para realizar el control de calidad del servicio de televisión codificada satelital a nivel de señal

El primer subsistema de control nos permitirá obtener de manera indirecta los valores de la relación energía de bit con respecto al ruido (E_b/N_0), esto se realizará a través de mediciones de señal que realiza el sistema de DirecTV; sistema que está constituido por un antena receptora, que como su nombre lo indica se encargará de recibir la señal enviada por el satélite, luego esta señal pasa por un amplificador de bajo ruido o LNB que se encarga de adaptar la señal del satélite a frecuencias que pueda manipular el decodificador que es el siguiente dispositivo en el sistema; este último se encargará de decodificar la señal, convertirla a señal analógica y enviarla al receptor de video. Este decodificador además de decodificar la señal y enviarla al receptor para su respectiva programación, tiene la posibilidad de realizar un diagnóstico de la señal, este diagnóstico verifica que el receptor pueda sintonizarse con cualquiera de los 24 transpondedores del satélite que proporciona el servicio, esto se lo puede visualizar en el

receptor de video ya que la sintonía de cada uno de los transpondedores se muestra a través de un número en la pantalla del televisor; este número es una manera de indicar que cantidad de señal esta llegando de cada transpondedor (el número que se observa no es una medición de señal en dB, sino es una cantidad con la que se puede establecer que transpondedor esta llegando con mejor sintonía, recomendándose sintonizar al transpondedor que llega con por lo menos una cantidad de 100).

A través de estas mediciones de señales, los Ingenieros de Thomson GLA han desarrollado unas tablas las cuales indican que para la máxima medición de señal escogida que se indique en la pantalla del receptor de video le corresponde un valor de Eb/No; determinando de esta forma uno de los parámetros a evaluar.

En un inicio las conversaciones que se mantuvieron con los ingenieros de esta organización indicaban que podrían facilitarnos sin ningún problema estas tablas; pero lamentablemente esto no se realizó ya que después se considero a esta información como confidencial; sin embargo se propondrá en este trabajo este subsistema para cuando se pueda tener acceso a estas tablas.

El diagrama que se presenta a continuación muestra la estructura de este primer subsistema; este subsistema nos va a permitir obtener únicamente la referencia de la mejor señal recibida, pero no se podrá deducir el Eb/No ya que como habíamos indicado anteriormente no se pudo tener acceso a la información de las tablas desarrolladas por los Ingenieros de Thomson GLA.

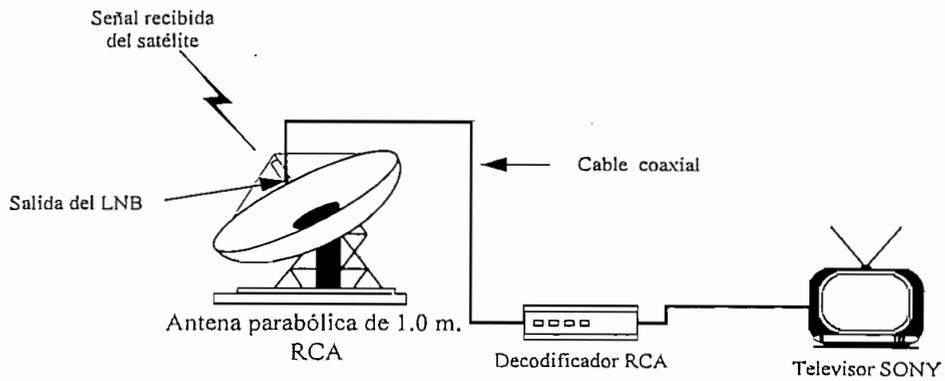


Figura 4.1.-Diagrama de bloques sistema de control a través de Eb/No

4.2.2.1.2- Segundo subsistema requerido para realizar el control de calidad del servicio de televisión codificada satelital

El segundo subsistema se lo propondrá de tal manera que pueda medirse los parámetros restantes a evaluarse que no se los pueden medir con el primer subsistema. Este segundo subsistema debe estar constituido por una antena receptora que capte la señal del satélite, luego esta señal debe pasar por un bloque convertidor de bajo ruido para obtener la señal a frecuencias más manejables y por ende que el equipo que intervenga en las mediciones no se encarezca.

El equipo realizará las mediciones a la salida del LNB, este equipo deberá tener la capacidad de medir: el ancho de banda del canal, relación señal a ruido (C/N), el nivel de salida del amplificador de bajo ruido (LNB), la banda de frecuencia para la conversión en bajada y el nivel de señal que debe llegar al decodificador del sistema de televisión codificada satelital.

Además este equipo debe tener la característica de poder realizar mediciones tanto para señales con polarizaciones hacia la izquierda y hacia la derecha, ya que esta es una de

las características más importantes del servicio de televisión codificada satelital en el Ecuador.

En la figura 4.2 se muestra el segundo subsistema de control de calidad para realizar las mediciones a nivel de RF.

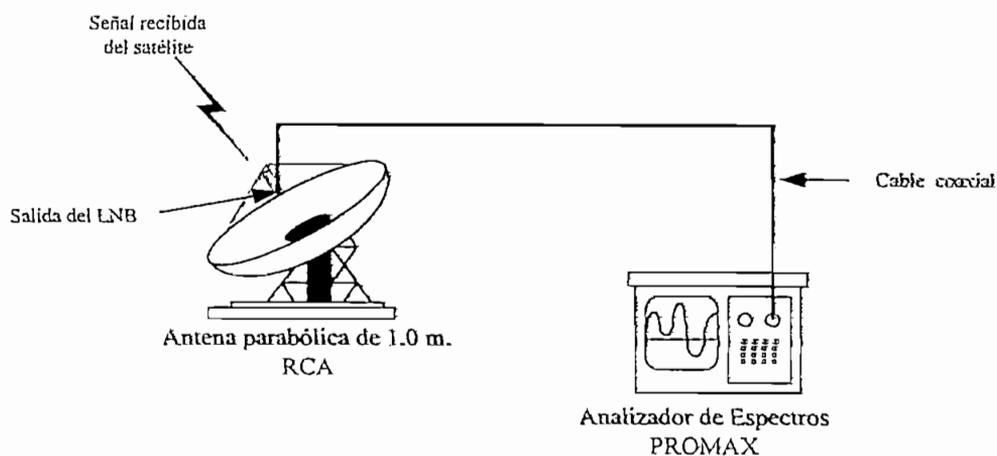


Figura 4.2.-Diagrama de bloques sistema de control a nivel de RF

No se presenta una estructura de sistema para realizar el control de calidad de los parámetros a nivel de estructura del sistema de recepción, ya que como lo habíamos anotado anteriormente estos parámetros son evaluados de una manera visual a través de un acceso físico, que con ayuda de los esquemas de recopilación de datos nos proporcionarán la información de sus respectivos parámetros medibles. Es importante destacar bajo que condiciones se deben realizar estas mediciones. Estas se deben realizar cuando se pueda tener un acceso fácil a la estructura de la recepción; esto quiere decir que no debe haber factores como la lluvia o neblina que dificultaría el acceso, así como otros factores pondrían poner en riesgo la vida del operador.

Por lo tanto se presentarán todos los esquemas necesarios cuyo objetivo será el recopilar la mayor cantidad de información a cerca de la estructura del sistema de recepción.

4.2.2.1.3- Estructura de la estación móvil

El sistema propuesto en este trabajo requerirá de un medio de transporte que tenga el espacio necesario de tal manera que se pueda implementar en su interior las estructuras de los subsistemas del sistema de control y permita al administrador del sistema tomar las respectivas mediciones. Además se requiere que la parte superior del móvil sea lo suficientemente amplia para así no tener problemas de montaje con la antena receptora y brinde seguridad en la instalación, la misma que es indispensable en este sistema para no obtener errores en la pruebas que se realicen.

En la figura 4.3 se muestra la estructura que tendrá el equipo móvil.

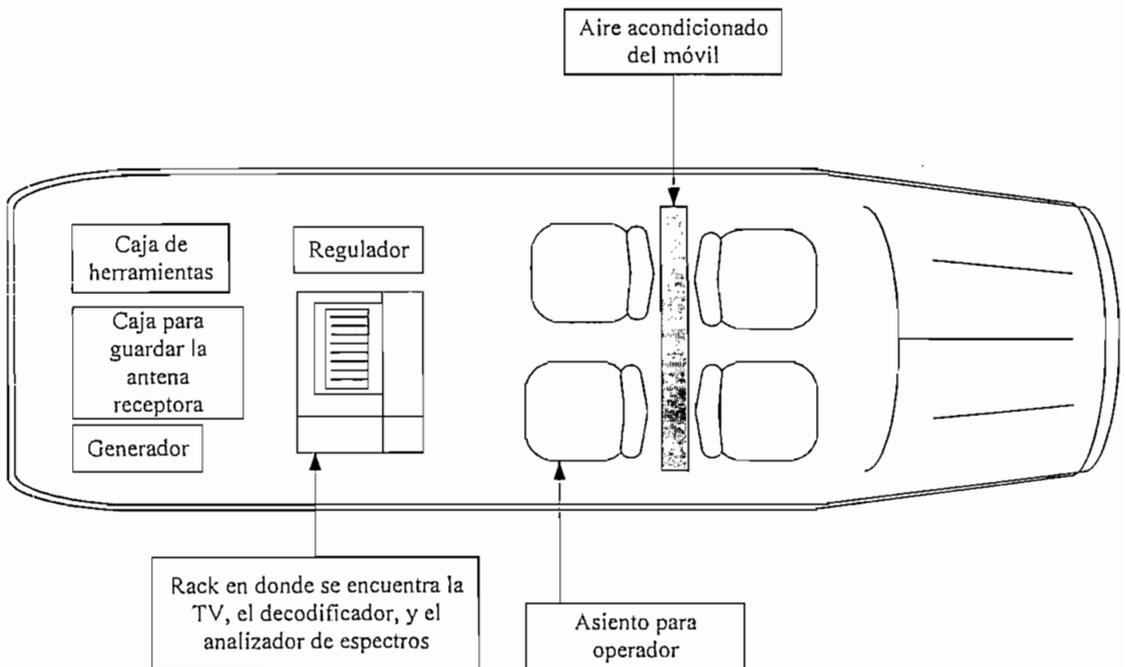


Figura 4.3.-Esquema de instalaciones en el móvil

4.2.3- Equipos que conforman el sistema de control de calidad del servicio de televisión codificada satelital a nivel de señal

Los equipos que se utilicen para la medición de los parámetros de calidad deberán cumplir con los siguientes aspectos:

- Los equipos deben cumplir con las normas y estándares internacionales tales como las recomendaciones de la UIT, y que además estén vigentes en nuestro país.
- Los equipos deben trabajar en las bandas de frecuencias L (950 MHz a 1700 MHz) que son las bandas en las que trabaja el LNB (amplificador de bajo ruido) de este servicio y donde se conectará directamente nuestro sistema de control de calidad.
- Además los equipos deben tener la característica de captar señales con polarización circular hacia la izquierda o circular hacia la derecha, debido a que el sistema de transmisión satelital emite este tipo de señales; para distinguir las señales se sensa un voltaje diferente a la salida de LNB de 13 V y 18 V respectivamente.

Generalmente, existen sistemas que verifican la calidad de todo el enlace tanto de uplink como de downlink, en donde pueden verificar más parámetros que los descritos en este trabajo, estos sistemas son muy complejos que incluso lo constituyen estaciones terrenas y que junto a las empresas proveedoras realizan este tipo de pruebas. Por lo tanto, es indispensable tener claro que el sistema de calidad que se presenta en este trabajo es solo a nivel de parámetros del receptor; es decir, que no se realiza la calidad desde la transmisión del servicio ya que se busca un sistemas de control casi independiente, por ende son limitados los parámetros medibles del sistema propuesto.

A continuación se presentará una descripción de los equipos que conforman el sistema de control diseñado.

4.2.3.1.- Antena Receptora para servicio de televisión codificada satelital

La parábola que se utiliza en este sistema es una antena en la banda KU de forma ligeramente ovalada. El diámetro de la antena para este sistema es de 1.0 metros. Dada la distancia a la que se encuentra el satélite, la señal enviada por la estación transmisora se recibe muy débil, por lo que se necesita que la antena receptora tenga una alta ganancia y además que su ruido interno sea muy inferior a la señal recibida con el objeto de que la calidad no se deteriore.

El bloque convertidor de bajo ruido (LNB) convierte la señal de microondas del enlace descendente de 11.45 a 12.2 GHz proveniente del satélite en una señal de 950 a 1700 MHz requerida por el sintonizador del receptor satelital.

El LNB como ya lo habíamos mencionado anteriormente pueden recibir señales de polarizaciones levógira (polarización hacia la izquierda) y dextrógira (polarización hacia la derecha).

Esta polarización se selecciona eléctricamente mediante una tensión continua enviada por el conductor central del cable proveniente del receptor. La polarización dextrógira se selecciona con +13 V y la levógira con +18 V.

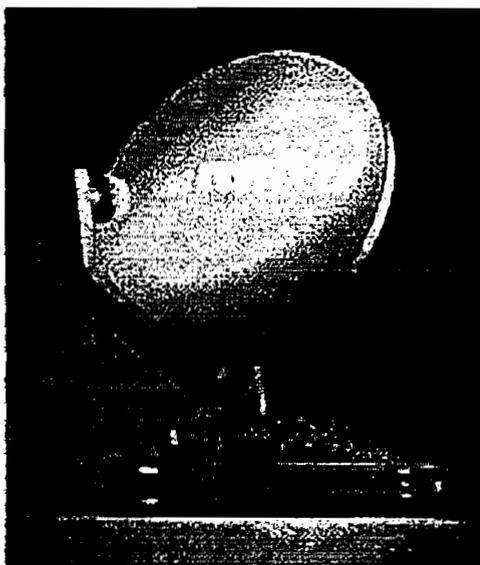


Figura 4.4.- Antena receptora y LNB del servicio de televisión codificada satelital.¹

A continuación se muestran las características mínimas de funcionamiento:

Especificaciones Eléctricas

Frecuencia de trabajo	12.2 - 12.7 GHz
Ganancia de la antena	40.7 dBi
Temperatura de ruido	41 °K
Ancho del Lóbulo de la antena	1.9°
VSWR (Máximo)	1.3 : 1

Especificaciones Mecánicas

Porcentaje F/D del reflector	0.6
Precisión de superficie	0.015'' RMS
Reflectores ópticos	Foco principal
	Alimentación Offset

¹ www.digitalsat.com

Material reflector	Fibra de vidrio reforzada con polyester
--------------------	--

Especificaciones Ambientales

Velocidad del viento:

- | | |
|--------------------|---------|
| - Operación mínima | 80 Km/h |
| - Supervivencia | 200Km/h |

Temperatura :

- | | |
|-----------------|-----------------|
| - Operacional | -20 °F a 125 °F |
| - Supervivencia | -40 °F a 165 °F |

4.2.3.2.- Decodificador del sistema de televisión codificada satelital

El receptor satelital es un procesador de señales digitales complejas. La cantidad y la velocidad de datos que procesa el receptor supera a las más rápidas computadoras personales del mercado actual. La información recibida del satélite es una señal digital que se decodifica y se procesa digitalmente. No se encuentran señales analógicas en el receptor, excepto las que salen del codificador de video y el DAC (convertor digital-analógico) de audio.

La señal del enlace descendente proveniente del satélite se convierte en forma descendente desde 11.45 a 12.2 GHz a 950 a 1700 MHz en el convertidor del LNB (bloque de bajo ruido).

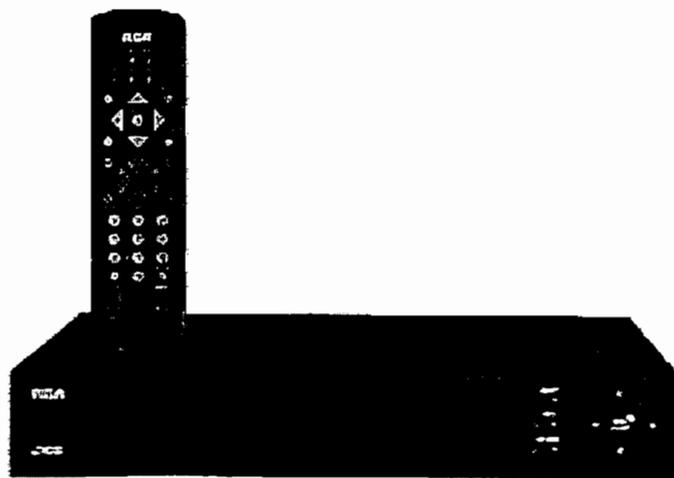


Figura 4.5.- Decodificador del servicio de televisión codificada satelital.²

A continuación se muestran las características mínimas de funcionamiento:

Frecuencia de entrada IF	950 - 1450MHz
Conector de entrada para la señal satelital	"F" coaxial tipo hembra
Conector de entrada al televisor	"F" coaxial tipo hembra
Salida de RF	"F" coaxial tipo hembra
Salida de audio	L/R tipo audio(2 pares)
Salida de video	tipo audio (2)
Salida de S-Video	4-pines tipo mini DIN
Interface para Low Speed Data	9-pines conector tipo D
Interface para Teléfono	Jack RJ-11C
Microprocesador	32 bits
Alimentación	120V AC 60Hz
Consumo de potencia	20W

² www..digitalsat.com

4.2.3.3.- Receptor de video

El receptor de video es un televisor común que lo podemos encontrar en cualquier lugar de ventas de electrodomésticos. En este receptor se puede visualizar las imágenes de programación del servicio. Además nos ayudará a obtener las pruebas de diagnóstico que realiza el receptor antes mencionado.

El receptor que se propone como parte del sistema de control debe ser marca SONY de 14 pulgadas, debido a que estos presentan una buena calidad de video y que además facilita su movilización.

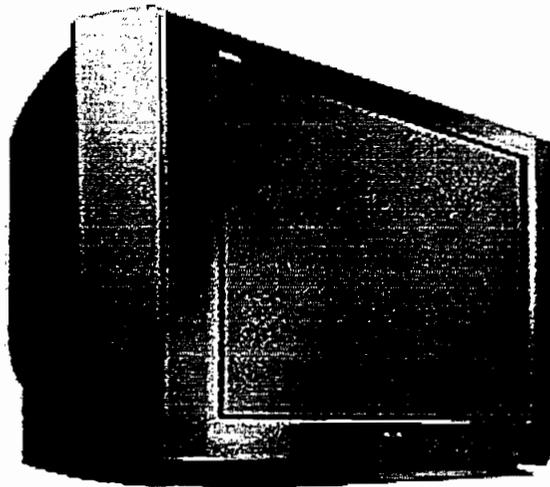


Figura 4.6.- Receptor de video para el servicio de televisión codificada satelital.³

4.2.3.4.- Analizador de espectros

Este equipo esta especialmente diseñado para realizar mediciones tanto individuales como colectivas en antenas receptoras de señal de televisión y sistemas de distribución.

³ www.sony.com

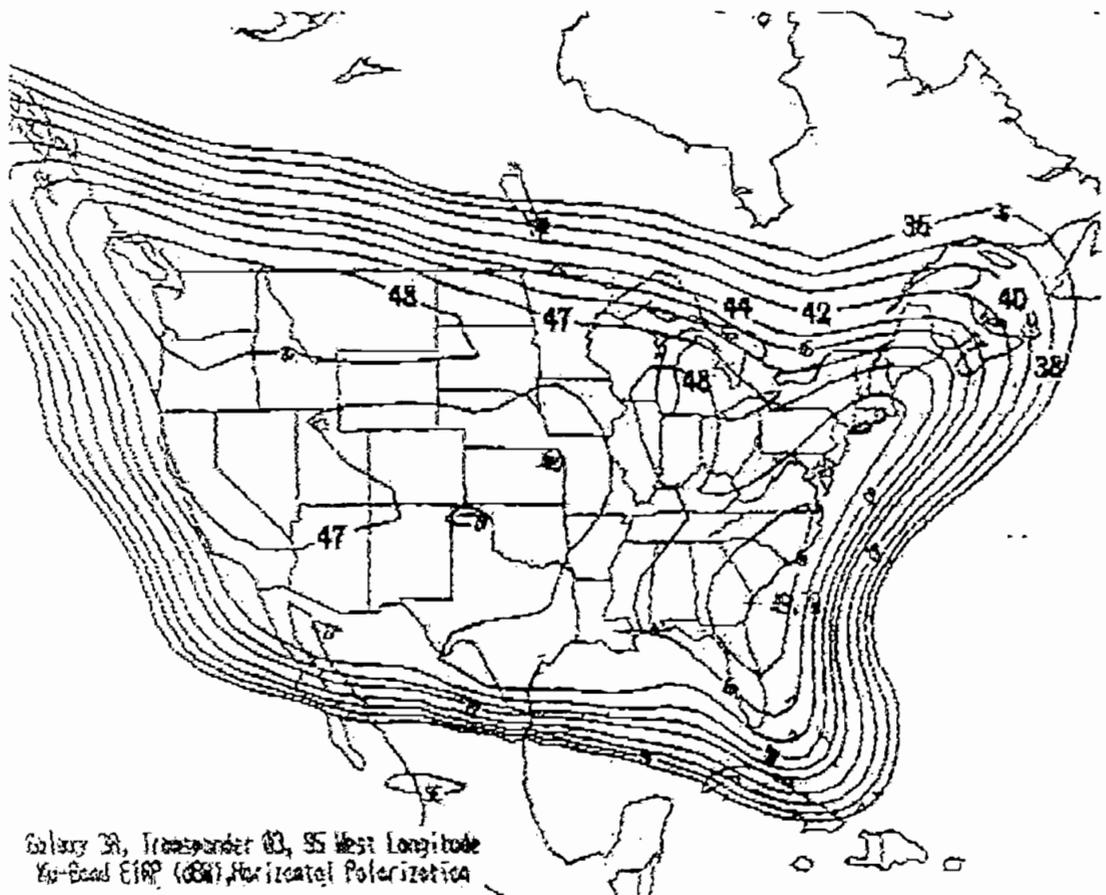
- Impedancia de entrada	75 Ohm (BNC)
- Nivel máximo de entrada	130 dBuV
- Rango de señal para TV	20 dBuV a 130 dBuV
- Rango de señal para Satélite	40 dBuV a 100 dBuV
- Atenuador para TV	50 dB, pasos de 10 dB
- Atenuador para Satélite	20 dB
- Indicador variable	Tono variable según nivel señal
- Función de analizador de espectros	Modo normal y full SPAN
- Monitor	4.2" B/N (CTR)
- Voltaje a LNB	0,13, 18 V
Energía	
- Batería	12 V - 1.8 Ah
- Principal	110 Vac

Adicionalmente, se debe indicar que este equipo ofrece un excepcional ancho dinámico que permite ver hasta 60 dB sobre el display, así como también realizar un análisis de interferencias. También, se debe indicar que se puede ampliar el rango de medición de frecuencias con un equipo opcional que es el OPT-277-63 que permite llegar a medir hasta 2100 MHz.

El equipo presentado anteriormente podrá ser parte de una estación móvil de control como lo habíamos indicado en la sección 4.2 en la que se menciona los requerimientos para realizar el control de calidad el servicio de televisión codificada satelital; esta

estación móvil permitirá determinar con facilidad los niveles de señal recibida en cualquier lugar del país, ya que estos varían de acuerdo al footprint o pisada del satélite que proporciona el servicio; debido a esta característica, es justificable realizar mediciones de la señal en los diferentes puntos donde se vaya a instalar o se tenga instalado un servicio de televisión codificada satelital, y así garantizar que el sistema cumpla con los requerimientos mínimos de operación.

En el figura 4.8 se presenta un ejemplo del footprint correspondiente al satélite GALAXY IIIR que brinda el servicio de televisión codificada. En este se observa los niveles con los que llega la señal a los diferentes puntos geográficos que corresponden al área de cobertura del satélite.



⁵ Internet, www.geocities.com

Los diferentes niveles de señal nos permiten determinar las características que debe tener la antena receptora; es decir, que si existe niveles muy bajos se debe tener antenas de mayor ganancia, para de esta manera poder compensar el bajo nivel de recepción.

Es conveniente indicar que el footprint del satélite GALAXY III R que cubre la zona de Sudamérica y del GALAXY VIII que cubre también la misma zona no se presentan debido a que no están disponibles, posiblemente porque el levantamiento de esta información requiere todavía de más tiempo.

4.2.3.5.- Características del móvil a utilizarse en el sistema de control

A continuación se presentan las condiciones mínimas de funcionamiento que debe cumplir el móvil para implementar el sistema de control diseñado.

Especificaciones Físicas

Motor	- Tipo	Vortec longitudinal 8 cilindros en V
	- Desplazamiento	5.700 c.c.
	- Potencia (HP/RPM)	250/4600
	- Torque , máximo (Lb/RPM)	335/2800
	- Relación de compresión	9.3:1

Sistema de combustible	- Inyección electrónica MPFI
	-- Capacidad de tanque 113.5 Lts.

Suspensión delantera	-Brazo de torsión con amortiguadores telescópicos
----------------------	---

Suspensión posterior	-Semi-elíptico con amortiguadores telescópicos resortes ballestas
----------------------	---

Equipamiento

Operación	- Dirección hidráulica con sistema de esfuerzo variable electrónico (EVO)
-----------	---

Control de aire	<ul style="list-style-type: none">- Aire acondicionado con sistema adicional trasero.- Calefacción.
Equipo interior	<ul style="list-style-type: none">- Como equipo extra de lo que un vehículo dispone se debe incluir:- Asiento trasero abatible para comodidad del operador al realizar las mediciones- Alfombra piso pelo cortado- Alfombra de goma auxiliar delanteras y traseras- Interruptor en el pilar "D" derecho para abrir y cerrar todas las puertas- Bolsa de aire contra impactos para el conductor y el pasajero delantero- Rack 19" de 1 metro de alto para ubicación de TV, decodificador y analizador de espectros.- Generador de energía AC, capacidad de 1Kw- Regulador de voltaje
Equipo Exterior	<ul style="list-style-type: none">- Sistema de protección contra la corrosión de la pintura ELPO- Parachoques cromados con tira de goma negra- Parrilla superior con escalera lateral removible para la instalación de la antena receptora- Platinas exteriores- Llantas radiales P245/75R 16- Vidrios ahumados (Para evitar daños en los equipos a causa de los rayos solares)

4.2.4.- Formatos propuestos para la recopilación de datos

Como anteriormente se mencionó, para un adecuado procesamiento de los datos es indispensable contar con formatos de adquisición de datos, para de esta manera obtener una información ordenada y por ende fácil de ser procesada.

A continuación se presentan los formatos propuestos para la adquisición de datos que se los ha dividido en dos grupos que se notan continuación:

- Formatos para recopilación de información de los parámetros medibles a nivel de estructura del sistema de recepción.
- Formatos para recopilación de información de los parámetros medibles a nivel de señal

4.2.4.1.- Formatos para recopilación de información de los parámetros medibles a nivel de estructura del sistema de recepción

CARACTERISITICAS QUE DEBEN MANTENERSE EN EL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE TV CODIFICADA SATELITAL ANTE LOS ARMÓNICOS RADIADOS POR UN HORNO DE MICROONDAS

Distancia d:metros

Ángulo θ :grados

Comentarios:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

La especificación se muestra en el capítulo 3 sección 3.2.3.6

Equipo de prueba usado o método utilizado:

.....
.....

Prueba:

Pasa

Falla

CONSTRUCCION MECANICA - VELOCIDAD DEL VIENTO

Altura máxima de instalación de la antena:metros

Velocidad de viento máxima :Kph

Peso del equilibrador para caso de montaje de tierra no permanentes:.....Kg

Alguna señal de distorsión observada: Si No

Comentarios:

.....
.....
.....
.....
.....

La especificación se muestra en el capítulo 3 sección 3.2.4.2

Equipo de prueba usado o método utilizado:

.....
.....

Prueba: Pasa Falla

CONSTRUCCION MECANICA - DISPOSITIVOS DE CONSTRUCCION

Descripción	Características o medidas
Cable coaxial	
Conectores	
Longitud del cable coaxial	

Comentarios:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Las especificaciones se muestran en el capítulo 3 secciones 3.2.4.3, 3.2.4.4, 3.2.4.5

Equipo de prueba usado o método utilizado:

.....
.....

Prueba:

Pasa

Falla

CONEXIONES A TIERRA

Material del conductor utilizado en las conexiones a tierra: Cu
Al
Fe
None

Comentarios:

.....
.....
.....
.....
.....

Las especificaciones se muestran en el capítulo 3 sección 3.2.4.6.

Equipo de prueba usado o método utilizado:

.....
.....

Prueba:

Pasa

Falla

4.2.4.2.- Formatos para recopilación de información de los parámetros medibles a

nivel de señal

ANCHO DE BANDA DEL CANAL

Ancho de bandaMHz

Las especificaciones se muestran en el capítulo 3 sección 3.1.2

Equipo de prueba usado o método utilizado:

.....
.....

Prueba:

Pasa

Falla

RELACION PORTADODA - RUIDO (C/N)

Nivel de portadora en recepcióndBm

Nivel de ruido en recepción:dBm

Relación portadora - ruido:dB

Las especificaciones se muestran en el capítulo 3 sección 3.1.3

Equipo de prueba usado o método utilizado:

.....
.....

Prueba:

Pasa

Falla

RELACION ENERGIA DE BIT CON RESPECTO AL RUIDO(E_b/N_0)

Nivel señal medido en el decodificador:

Relación Energía de bit - ruido.....dB

Las especificaciones se muestran en el capítulo 3 sección 3.1.4

Equipo de prueba usado o método utilizado:

.....
.....

Prueba:

Pasa

Falla

NIVEL DE SEÑAL A LA SALIDA DEL AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (LNB)

Nivel de señal a la salida del amplificador de bajo ruido:dBm

Las especificaciones se muestran en el capítulo 3 sección 3.2.3.2

Equipo de prueba usado o método utilizado:

.....
.....

Prueba:

Pasa

Falla

BANDA DE FRECUENCIA PARA LA CONVERSIÓN EN BAJADA

Frecuencia superior: MHz

Frecuencia inferior: MHz

Las especificaciones se muestran en el capítulo 3 sección 3.2.3.3

Equipo de prueba usado o método utilizado:

.....
.....

Prueba:

Pasa

Falla

NIVEL DE SEÑAL QUE LLEGA AL DECODIFICADOR DEL SISTEMA DE
TELEVISIÓN CODIFICADA SATELITAL.

Nivel de señal que llega al decodificador:dBm

Las especificaciones se muestran en el capítulo 3 sección 3.2.3.5

Equipo de prueba usado o método utilizado:

.....
.....

Prueba:

Pasa

Falla

FIGURA DE MERITO (G/T)

Ganancia de la antena receptoradBm

Temperatura de la antena receptora.....°K

Temperatura To:290 K

Pérdidas debidas al alimentador α :.....0.2 dB

Figura de ruido del amplificador de bajo ruido (LNB) n : 1.58 (2 dB)

Las especificaciones se muestran en el capítulo 3 sección 3.2.2

Equipo de prueba usado o método utilizado:

.....
.....

Prueba:

Pasa

Falla

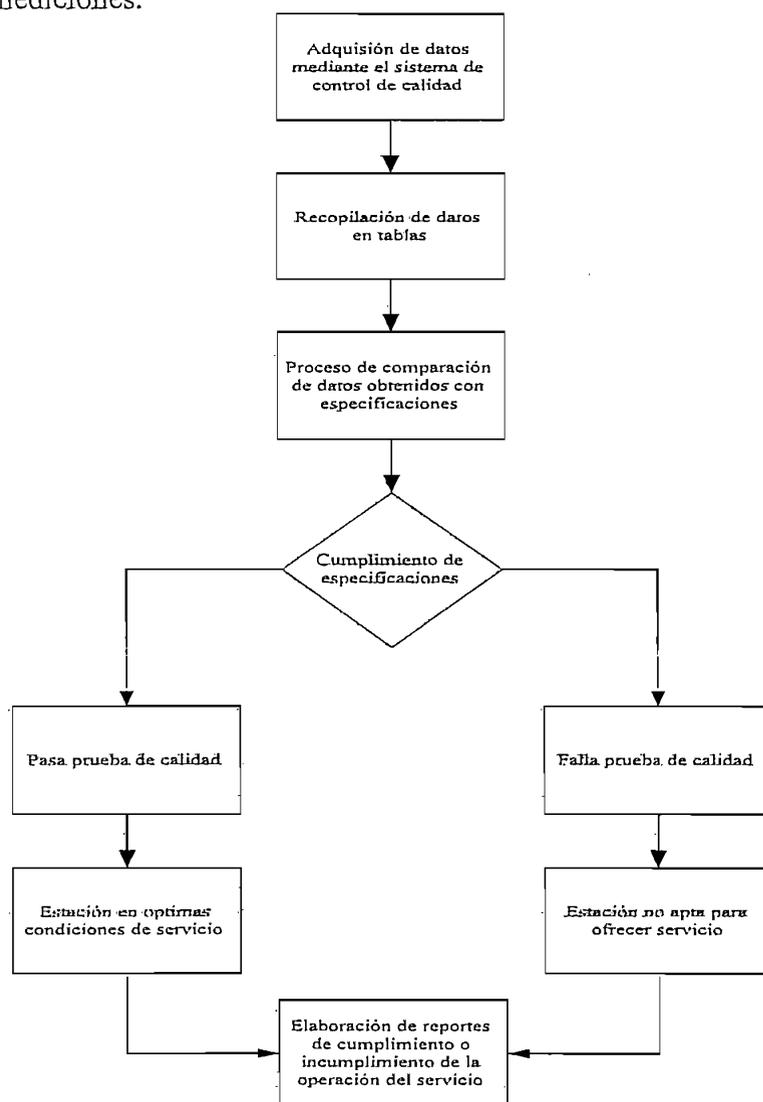
En la siguiente tabla se propone dar una manera de recopilar los datos obtenidos de los parámetros medibles en este sistema de calidad, para así procesarlos y llegar a determinar si cumple o no con las especificaciones antes mencionadas.

RESUMEN DE REPORTES DE PRUEBAS

Sección del capítulo 3 en la que se encuentra la especificación	Especificación	Se Realizó Pruebas Si o No	Pasa o Falla	Comentarios y/o Valores Medidos
3.2.3.5	Características que deben mantenerse en el sistema de recepción de TV codificada satelital ante los armónicos radiados por un horno de microondas			
3.2.4.1	Seguridad en la estructura de montaje de la antena de recepción			
3.2.4.2	Construcción Mecánica-Velocidad del Viento			
3.2.4.3, 3.2.4.4, 3.2.4.5	Construcción Mecánica-Dispositivos de Construcción			
3.2.4.6.	Conexiones a Tierra			
3.1.2	Ancho de Banda del canal			
3.1.3	Relación Portadora - Ruido (C/N)			
3.1.4	Relación Energía de bit con respecto al Ruido(Eb/No)			
3.2.3.2	Nivel de Señal a la salida del amplificador de bajo ruido			
3.2.3.3	Banda de frecuencia para la conversión en bajada			
3.2.3.5	Nivel de señal que llega al decodificador del sistema de televisión codificada satelital.			
3.2.2	Factor de mérito de la antena receptora (G/T).			

4.2.5.- Procedimiento para el tratamiento de la información.

Una vez establecido el sistema de control se debe tener una manera de notar las mediciones realizadas, para luego ser analizadas; por lo que se han propuesto esquemas de recopilación de datos en los cuales se puede analizar si cumple o no con los parámetros técnicos especificados; para luego emitir informes de cumplimiento o de incumplimiento. Para tener una mejor ilustración del procedimiento para el tratamiento de la información, se presenta un diagrama de flujos del proceso que se seguirá una vez realizadas las mediciones.



Esquema 4.1.-Diagrama de flujos para tratamiento de información

Adicionalmente se debe prever de una administración de este sistema de control ; por lo que se realizará un estudio breve de la administración del sistema con el respectivo personal necesario así como de su infraestructura, que involucraría el ponerlo en funcionamiento.

4.2.6.- Administración del sistema de control

Para que la información adquirida a través del sistema de control diseñado pueda ser procesada adecuadamente, se necesita que el sistema este debidamente administrado; por ello se ha propuesto un bosquejo general para su administración.

Por lo tanto la administración de el Sistema de Control de Calidad del Servicio de Televisión Codificada Satelital, debe considerar dos aspectos importantes:

- Infraestructura del sistema de administración
- Personal necesario

4.2.6.1- Infraestructura de las oficinas para la administración del sistema

En la infraestructura del sistema se requiere de una oficina de administración general, que brinde el servicio donde se encontrará una base de ayuda o “help-desk” que tome los requerimientos de las personas que necesiten del servicio. Esta base de ayuda se lo puede realizar a través de un sistema PABX con 3 líneas troncales y que nos den 8 extensiones en donde las personas que requieran del servicio puedan llamar a un número telefónico, donde una operadora informe al usuario del servicio general del sistema y tome la información necesaria en caso en que este opte por el uso; esta información es por ejemplo la ubicación geográfica en donde se quiera verificar la

calidad del servicio, concretar un fecha tentativa de inspección, etc.; la misma que será dada al operador del sistema para dar de inmediato el servicio. En la figura 4.9 se muestra la central telefónica a utilizarse.



Figura 4.9.-Central telefónica.⁷

A continuación se presentan las características mínimas que debe cumplir la central telefónica requerida para la administración del sistema.

Especificaciones Generales

Número de líneas troncales	3
Número de extensiones	8
Características de software	Espera de llamadas Transferencia de llamadas Estación de conferencia de llamadas Monitoreo por computadora

⁷ www.Panasonic.com

Volumen de timbrado

Especificaciones eléctricas

Pérdidas por inserción de potencia

- Estación a estación -8 dB nominal a 1000 Hz
- Línea a estación 0 dB a 1000 Hz
- Línea a línea +8 dB nominal a 1000 Hz

Corriente de lazo de una estación 24 mA

Voltaje de timbrado 75 V RMS a 20 Hz

Impedancia 600 ohmios nominal de todas las líneas

Conectores RJ11 jacks modulares

Conector de música para espera Conductor miniatura jack

Otra manera de realizar una base de ayuda sería por Internet a través de un Pagina Web, donde se brinde a disposición el servicio del sistema y que además debe incluir un test del cual se pueda extraer la información necesaria que requiera el operador para dar el servicio al usuario.

4.2.6.2.- Personal necesario

Para el manejo de la estación móvil del sistema se requiere de dos operadores que tengan la adecuada capacitación de tal manera que puedan solucionar problemas eventuales y tomar decisiones en la adquisición de los datos y procesamiento de los mismos.

solicitante, tomando en cuenta las recomendaciones que de el administrador del sistema de control de calidad del servicio de televisión codificada satelital.

4.4.- Planear mejoras constantemente.

Tomadas las acciones pertinentes para que el servicio de televisión codificada satelital trabaje bajo los parámetros establecidos de explotación; concierne al proveedor del servicio plantear mejoras constantemente; estas mejoras están íntimamente ligadas a la tecnología, ya que si un sistema está conformado con tecnología de punta implicará ofrecer al cliente nuevas aplicaciones y por ende un mejor servicio; además conllevará al proveedor a obtener mayor rentabilidad por su servicio.

CAPITULO V

ANALISIS ECONOMICO

En el capítulo anterior se definió la infraestructura, equipo a utilizarse y personal que se requieren para el funcionamiento del sistema; en el presente capítulo analizaremos los costos que tendría su implementación.

Este análisis económico no solo se enfoca a su implementación, sino también, a los costos que manifestarían mensualmente por su mantenimiento y operación.

5.1.- Costos de la implementación física del sistema

En este punto nos referiremos a los equipos a utilizarse mencionados en el capítulo 4 sección 4.2.3 que son los que conforman las estructuras del sistema de control de este servicio presentadas en la sección 4.2.2 del capítulo anterior.

Los costos de los equipos lo realizaremos en dólares debido a que en estos momentos en el país existe una gran inestabilidad en la cotización de la divisa norteamericana.

5.1.1.- Costos del Equipo móvil

A continuación detalla los costos de cada uno de los equipos que conforman el sistema así como los de su instalación, que se realizarán en el móvil.

5.1.1.1.- Costos del equipo de DirecTV

Descripción	Costo (dólares)
Membresía del servicio de DirecTV	\$ 554
Antena, LNB (bloque amplificador de bajo ruido) y conectores.	\$ 100
Valor de la instalación	\$ 50
IVA	\$ 71
Total	\$ 775

5.1.1.2.- Costos de equipos de medición del sistema

Descripción	Costo (dólares)
Monitor de video	\$ 300
Analizador de espectros	\$ 2,000
Total	\$ 2,300

5.1.1.3.- Costos de equipos de generación de energía para el sistema

Descripción	Costo (dólares)
Generador de energía AC 1Kw	\$ 700
Regulador de voltaje	\$ 70
Total	\$ 770

5.1.1.4.- Costo del vehículo adaptado, herramientas básicas e instalación.

Descripción	Costo (dólares)
Rack	\$ 150
Herramientas básicas para operadores (incluye: multímetro, desarmadores, cortadoras, cable de pruebas, etc.)	\$ 300
Costo de instalación en el interior del móvil	\$ 100
Vehículo	\$ 36,865
Total	\$ 37,415

5.1.2.- Costos de las oficinas de administración general del sistema que brinda el servicio

Descripción	Costo (dólares)
Garantía del local a utilizar para las oficinas	\$ 500
Mobiliario de oficina	\$ 500
Equipos de computo de oficina	\$ 10,000
Central telefónica	\$ 550
3 teléfonos PANASONIC multifuncionales	\$ 750
5 teléfonos PANASONIC simples	\$ 125
Costo de la 3 líneas telefónicas	\$ 500
Total	\$ 12,925

5.1.3.- Costos mensuales por operación y mantenimiento

Descripción	Costo (dólares)
Costo mensual del sistema de DirecTV	\$ 29
Costo mensual de operación y mantenimiento del móvil	\$ 110
Costo mensual de las 3 líneas telefónicas (estimado)	\$ 300
Costo mensual de luz y agua	\$ 120
Costo mensual por pago a empleados	\$ 2,500
Costo mensual de arriendo de oficinas	\$ 500
Total	\$ 3,559

5.1.4.- Costo total del sistema

Descripción	Costo (dólares)
Costos del equipo de DirecTV	\$ 775
Costos de equipos de medición del sistema	\$ 2,300
Costos de equipos de generación de energía para el sistema	\$ 770
Costo del vehículo adaptado, herramientas básicas e instalación	\$ 37,415
Costos de las oficinas de administración general del sistema que brinda el servicio	\$ 12,925
Costos mensuales por operación y mantenimiento	\$ 3,559
TOTAL	\$ 57,744

5.2.- Análisis beneficio - costo (B/C)

El análisis beneficio costo como su nombre lo señala se basa en la relación entre los costos y beneficios de un proyecto particular. Por lo tanto, el primer paso de un análisis B/C es determinar cuales elementos son beneficios y cuales son costos.

En general, los beneficios son ventajas, expresados en términos monetarios, que recibe el propietario. Por otro lado los costos son los gastos anticipados de construcción, operación, mantenimiento, etc. Puesto que un análisis B/C es común en un análisis económico, en este trabajo se presenta un estudio de esta relación para el sistema diseñado.

A continuación se muestra la expresión por la cual esta dada esta relación:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{beneficios} - \text{desbeneficios}}{\text{costos}}$$

En esta fórmula encontramos un factor nuevo, los desbeneficios; estos se presentan cuando el proyecto bajo consideración involucra desventajas para el propietario. En nuestro caso el proyecto diseñado no involucra desventajas, ya que por lo general todo proyecto de telecomunicaciones son rentables y beneficios.

Por tanto la ecuación anterior se reduce a :

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{beneficios}}{\text{costos}}$$

Para poder expresar los beneficios en términos monetarios, se considerará un valor estimado de los ingresos anuales al dar el servicio a posibles clientes. Podemos obtener estos valores al realizar un análisis de carta blanca; en el que a través de los presupuestos que se designan los clientes para la adquisición de equipos nuevos en las empresas, se pueda considerar un porcentaje para la adquisición del servicio como parte de un nuevo equipo para su empresa. Este análisis no es ciertamente exacto pero tampoco está fuera de parámetros reales.

Para emprender este nuevo servicio la empresa supone inicialmente de dos clientes; el primero es la Superintendencia de Telecomunicaciones que es el ente que se encarga de velar por la correcta explotación del servicio en el país, y el segundo posible cliente es DirecTV que por el momento es la única empresa autorizada por la Superintendencia de Telecomunicaciones de explotar el servicio de Televisión Codificada Satelital en el Ecuador y por ende interesada en adquirir los servicios de este sistema para dar una garantía a los usuarios que su servicio cumple con los parámetros internacionales establecidos.

A continuación se da a conocer una estimación del presupuesto que las dos empresas designan para adquisición de nuevos proyectos y equipos anualmente:

Empresa	Presupuesto anual (dólares)
Superintendencia de Telecomunicaciones	3'000,000
DirecTV	2'000,000

De los presupuestos presentados anteriormente se asumirá un porcentaje de este, el cuál se tomará como asignado para este nuevo servicio que se asume se adquirirá.

En el cuadro 5.1 se muestra el valor monetario anual estimado que se obtendrían a través de las empresas con las cuales se iniciaría la explotación del servicio.

Empresa	Porcentaje de presupuesto asignado	Valor monetario anual (dólares)
Superintendencia de Telecomunicaciones	0.4 %	12,000
DirecTV	0.7%	14,000

Cuadro 5.1.- Valores anuales que se recaudarian por el servicio

Determinado entonces el valor anual a recaudarse por la prestación del servicio, se procede a realizar el análisis beneficio costo. El beneficio como lo indicamos anteriormente se lo expresa en valores monetarios, para nuestro caso este valor es de 26,000 dólares; y el costo total del sistema determinado en la sección 4.1.4 es de 57,744 dólares.

Reemplazando estos valores en la relación B/C (beneficio /costo) tenemos:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{beneficio}}{\text{costo}} = \frac{26,000}{57,744} = 0.45$$

Este resultado aparentemente nos indica que los beneficios existentes no justifican el alto costo de la implementación del sistema. Si embargo cabe señalar que solamente se han realizado cálculos estimados y además se ha asumido solo dos clientes en el primer año de prestación del servicio y no se ha tomado en cuenta la ampliación de este hacia otras organizaciones; las que obviamente harán que se de más rentabilidad para este servicio.

Existen otras maneras de realizar un análisis beneficio / costo, ya no monetario sino mas bien social; y desde este nuevo enfoque podemos decir que la alternativa de crear este nuevo servicio con los costos que implican su implementación son justificables contra la alternativa de no hacer nada.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- Conclusiones

- La tecnología de comunicaciones satelitales ha permitido grandes ventajas, una de ellas es la introducción del servicio de televisión codificada satelital, que ahora permite llegar a lugares antes no accesibles por la televisión terrena, y de esta manera brindar información de la educación, salud y entretenimiento a estos sectores. Además se destaca en éste sistema la digitalización de la señal de video ha contribuido enormemente a optimizar de mejor manera los recursos disponibles en los transpondedores del satélite como lo es el ancho de banda; por lo tanto siendo este tipo de servicio un recurso importante para la comunidad, es necesario que sea de una alta calidad, por lo que no podría faltar, un control de calidad en este.

- La calidad de televisión codificada satelital depende de las características de transmisión del sistema y de los parámetros del sistema de recepción; no se toma en cuenta la calidad reflejada en el monitor de televisión; ya que este no es el objetivo del presente trabajo.

-
- Para establecer los parámetros que determinan la calidad de cualquier sistema de radiodifusión deben existir normas técnicas, las mismas que deben estar sujetas a recomendaciones internacionales tales como la UIT.

 - La calidad del servicio de televisión codificada satelital no solo esta dada a través de los parámetros dados por normas y recomendaciones; sino también en este caso, el montaje del sistema y el performance de los elementos que intervienen en este son factores influyentes en la calidad del sistema, por lo que se los debe tomar en cuenta.

 - El sistema establecido para verificar la calidad de televisión codificada satelital está definida básicamente para el sistema de recepción, ya que aquí es donde se puede verificar si los parámetros medibles del sistema de recepción cumplen con las recomendaciones y normas establecidas.

 - Para los servicios de radiodifusión es necesario contar con un plan de frecuencias estrictamente definido, para de esta manera evitar posibles interferencias que puedan ser causa para que un servicio no garantice la satisfacción requerida por el usuario.

 - Un control en los parámetros del servicio de televisión codificada satelital es indispensable, ya que ayudan a dar el cumplimiento a las normas y parámetros especificados para este servicio, y así evitar interferencias con otros servicios de radiodifusión.

- La determinación de un sistema de control de calidad para este servicio es necesario, ya que es la herramienta mediante la cual se realiza un adecuado control de calidad, y de esta manera garantizar el correcto funcionamiento del servicio a los usuarios. Además contribuye una herramienta importante para que el organismo encargado de velar por la correcta explotación del servicio en el país notifique al proveedor del servicio de su incumplimiento en la calidad de este, y exija una mejora en el mismo.

- El sistema de control propuesto en este trabajo, se ha diseñado basándose en que no existe un sistema adecuado de comprobación de calidad del servicio de televisión codificada satelital en el país, que garantice a los usuarios que el servicio es bueno.

- En el análisis beneficio / costo desarrollado en el capítulo 5, nos da como resultado que aparentemente la implementación del sistema es elevada con relación al beneficio que se obtendría. Cabe señalar que los valores utilizados para el cálculo de esta relación han sido estimados, y además se tomo en cuenta solo a dos clientes en todo un año de operación del servicio; lo cual puede estar fuera de lo real.

- Desde otra perspectiva se puede anotar que antes de que pueda existir algún beneficio monetario, este puede ser más bien como un beneficio social para la comunidad sin necesidad de que aporte con alguna remuneración. Desde este punto de vista los resultados de la relación beneficio / costos justifican el costo

de la implementación del sistema ya que se compara con la alternativa de no hacer nada; además toda labor social tiene un sin número de beneficios y en estos caso no importa el costo que implique el servicio.

- Es importante destacar que en el diseño propuesto para la verificación de la calidad del servicio, se ha considerado tecnología de punta y además, garantizan el problema del año 2000.

6.2.- Recomendaciones

- Este trabajo se ha centrado en verificación de la calidad del sistema de televisión codificada satelital a nivel de estaciones receptoras del servicio; sería importante realizar un análisis de calidad a nivel de estación transmisora; es decir desde donde se manipula toda la información enviada.

-En la sección 4.2.2.1.1 del capítulo 4 que trata del primer subsistema para realizar el Control de Calidad del Servicio de Televisión Codificada Satelital a nivel de señal, se mencionó unas tablas que tienen relación directa entre la señal medida a través del sistema de DirecTV y la relación Eb/No desarrolladas por Ingenieros de Thomson GLA (Galaxy Latinoamérica), cuyo contenido no fue accesible; por lo tanto, sería recomendable que se realizará un estudio de como se ha llegado a establecer esta relación y además que la información obtenida sea accesible al público, contribuyendo de esta manera al desarrollo de otras investigaciones.

BIBLIOGRAFIA

1. - ING. JARA ROMAN Hugo “La Gestión Moderna de la Calidad”,
Quito, Ecuador, 1987.

- 2.- ING. PEREZ Tania
ING. BARRIGA Edwin “Curso de Televisión Grabación de video”,
EPN, FIE, 1995.

3. - SALGUERO Freddy
VIVANCO Holger “Proyecto para el Control de Calidad de los
Servicios de Radiodifusión Sonora y
Televisión en el Ecuador”, EPN, Quito,
Ecuador, 1998.

4. - BESSON Rene “Emisión y Recepción de Televisión vía
Satélite”, Madrid, España, 1995.

5. - PUMISACHO Milton Efraín “Estudio Técnico para la Implementación
de un Sistema de Transmisión Digital de
Señales de Televisión vía Satélite en la
Estación Terrena Quito”, EPN, Quito,
Ecuador, 1998.

6.- BIBLIOTECA DE DISEÑO

ELECTRONICO

“Televisión Universal y Televisión vía Satélite”,
España, 1982.

7. - SUPERINTENDENCIA DE

TELECOMUNICACIONES

“Norma Técnica y Plan de Distribución y
uso de Frecuencias para los Sistemas de
Televisión Codificada por Satélite,
Ecuador, 1994.

8. - INTELSAT

“Tecnología Digital de
Comunicaciones por Satélite”,
1992.

9. - UIT-R Recomendación

BO 0790-S

“Características de Equipos Receptores
para el Servicio de Radiodifusión por
Satélite”, 1994.

10. - GORDILLO A Lucia

“Planes de Transmisión de Redes
Nacionales para Solicitar el Servicio de
Internet con los Satélites Intelsat VII e
Intelsat K” , EPN, Quito, Ecuador, 1995.

11. - ETSI (Estándar de Telecomunicaciones Europea)
Recomendación 300-457 "Sistemas de Estaciones Terrenas Satelitales. Métodos de Pruebas solo para Receptores de Televisión (TVRO) que Operan en las Bandas de Frecuencias 11/12 GHz", 1995.
12. - INTELSAT "Televisión Digital Comprimida", 1996.
13. - THOMSON CONSUMER ELECTRONICS, GALAXY/RCA "Instalación del Sistema Satelital Digital", 1996.
14. - MARK LONG ENTERPRISES "The World Satellite Annual", Florida, USA, 1994
15. - TARQUIN Anthony J.
BLANK Leland T. "Ingeniería Económica", Bogotá, Colombia, 1978.
- 16.- INTELSAT "Planificación de estaciones terrenas VSAT", Argentina, 1998.

- WWW. Panamsat.com
- WWW. Galaxy.com
- WWW.channelmaster.avnet.com
- WWW. scs-ems.com
- WWW. digitalsat.com
- WWW. dbstv.com
- WWW. geocities.com
- WWW. Panasonic.com
- WWW. sony.com
- WWW. SeñalTV.com
- DirecTV - Ecuador, Av. Amazonas 2915 e Inglaterra.

ANEXO 1

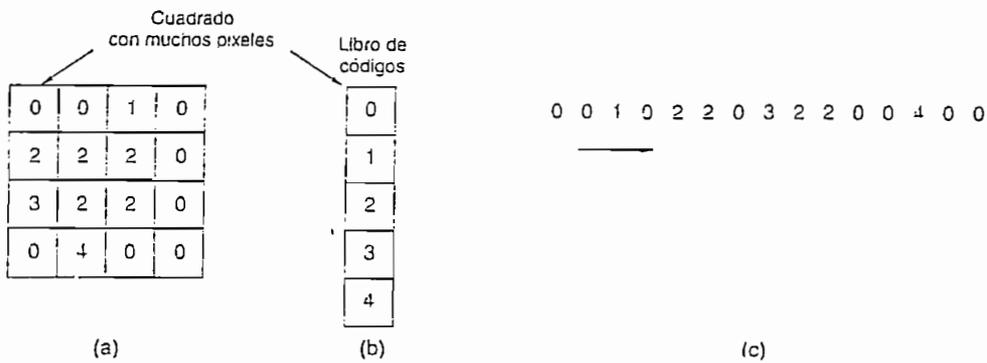


Figura 7-79. Ejemplo de cuantización vectorial. (a) Imagen dividida en marcos. (b) Libro de códigos de la imagen. (c) La imagen codificada.

En cierto sentido, la cuantización vectorial es sólo una generalización de dos dimensiones de la CLUT. Sin embargo, la verdadera diferencia es lo que ocurre si no se encuentra una equivalencia. Son posibles tres estrategias. La primera es simplemente usar la mejor equivalencia. La segunda es usar la mejor equivalencia y agregar alguna información sobre la manera de mejorar la equivalencia (por ejemplo, agregar el valor medio real). La tercera es usar la mejor equivalencia y agregar lo que sea necesario para permitir al decodificador la reconstrucción exacta de los datos. Las primeras dos estrategias tienen pérdidas, pero ofrecen alta compresión. La tercera no tiene pérdidas, pero es menos efectiva como algoritmo de compresión. De nuevo vemos que la codificación (equivalencia de patrones) consume mucho más tiempo que la decodificación (indización en una tabla).

Estándar JPEG

El estándar JPEG (*Joint Photographic Experts Group*, grupo conjunto de expertos en fotografía) para la compresión de imágenes fijas de tono continuo (por ejemplo, fotografías) fue desarrollado por expertos en fotografía trabajando con el auspicio conjunto del ITU, la ISO y el IEC, otro grupo de estándares. Es importante para multimedia porque, a primera vista, el estándar multimedia para imágenes en movimiento, MPEG, es simplemente la codificación JPEG de cada marco por separado, más algunas características extra para la compresión intermarcos y la detección de movimiento. El JPEG se define en el Estándar Internacional 10918.

El JPEG tiene cuatro modos y muchas opciones; se parece más a una lista de compras que a un solo algoritmo. No obstante, para nuestros fines sólo es relevante el modo secuencial con pérdidas, y éste se ilustra en la figura 7-80. Es más, nos concentraremos en la manera en que el JPEG se usa normalmente para codificar imágenes de vídeo RGB de 24 bits y dejaremos fuera algunos de los detalles menores por cuestiones de sencillez.

El paso 1 de la codificación de una imagen con el JPEG es la preparación del bloque. Para ser específicos, supongamos que la entrada JPEG es una imagen RGB de 640×480 con 24 bits/píxel, como se muestra en la figura 7-81(a). Puesto que el uso de luminancia y crominancia da

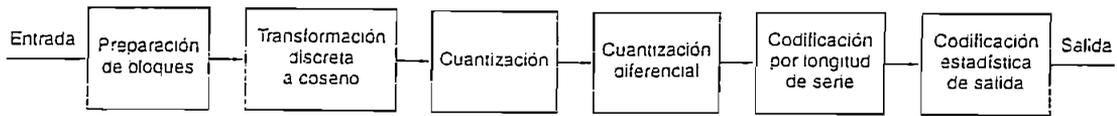


Figura 7-80. Operación del JPEG en el modo secuencial libre.

una mejor compresión, primero calcularemos la luminancia, Y , y las dos crominancias, I y Q (para NTSC), de acuerdo con las siguientes fórmulas:

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

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

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

En PAL, las crominancias se llaman U y V , y los coeficientes son diferentes, pero la idea es la misma. SECAM es diferente tanto de NTSC como de PAL.

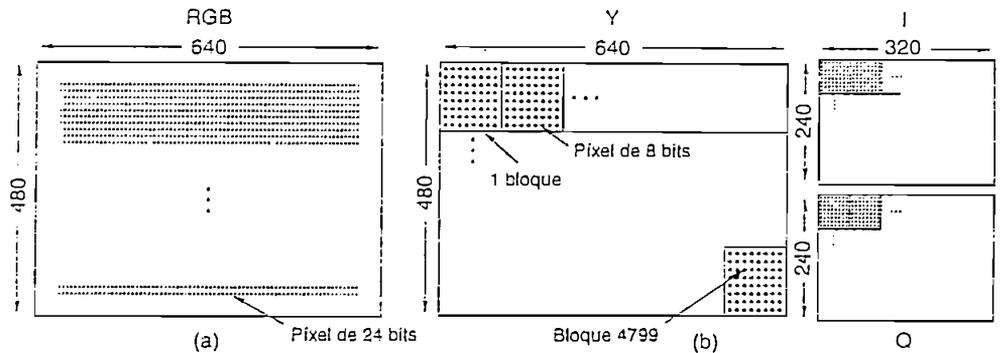


Figura 7-81. (a) Datos de entrada RGB. (b) Tras la preparación de bloques.

Se construyen matrices separadas para Y , I y Q , cada una con elementos en el intervalo de 0 a 255. A continuación se promedian marcos de cuatro píxeles en las matrices I y Q para reducirlos a 320×240 . Esta reducción tiene pérdidas, pero el ojo apenas lo nota, ya que responde a la luminancia más que a la crominancia; no obstante, comprime los datos en un factor de dos. Ahora se resta 128 a cada elemento de las tres matrices para poner el 0 a la mitad de la gama. Por último, cada matriz se divide en bloques de 8×8 . La matriz Y tiene 4800 bloques; las otras dos tienen 1200 bloques cada una, como se muestra en la figura 7-81(b).

El paso 2 del JPEG es aplicar individualmente una transformación coseno discreta (DCT) cada uno de los 7200 bloques. La salida de cada DCT es una matriz 8×8 de coeficientes DCT. El elemento DCT (0, 0) es el valor medio del bloque. Los otros elementos indican la cantidad de potencia espectral que hay en cada frecuencia espacial. En teoría, una DCT no tiene pérdidas pero en la práctica, el uso de números de punto flotante y funciones trascendentales siempre introduce

algún error de redondeo que resulta en una pequeña pérdida de información. Estos elementos normalmente decaen rápidamente al alejarse del origen (0, 0), como se sugiere en la figura 7-82.

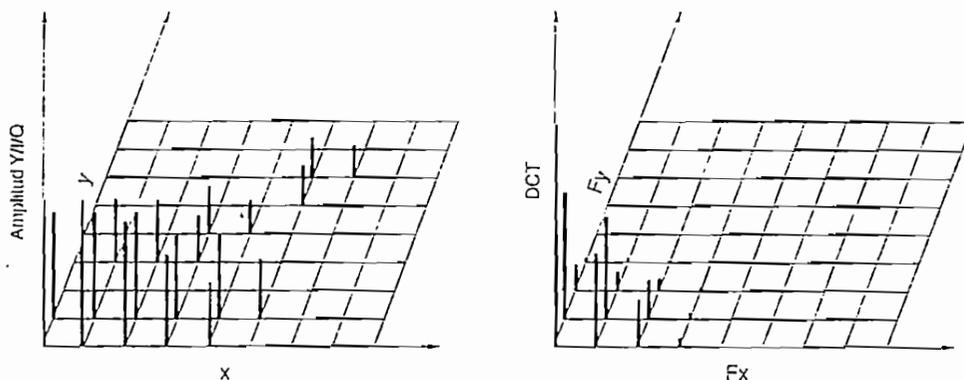


Figura 7-82. (a) Un bloque de la matriz Y . (b) Coeficientes DCT.

Una vez completa la DCT, el JPEG sigue con el paso 3, llamado cuantización, en el que se eliminan los coeficientes DCT menos importantes. Esta transformación (con pérdidas) se hace dividiendo cada uno de los coeficientes de la matriz DCT de 8×8 entre un peso tomado de una tabla. Si todos los pesos son 1, la transformación no hace nada. Sin embargo, si los pesos aumentan marcadamente desde el origen, las frecuencias espaciales más altas se descartarán rápidamente.

En la figura 7-83 se da un ejemplo de este paso. Aquí vemos la matriz DCT inicial, la tabla de cuantización y el resultado obtenido al dividir cada elemento DCT entre el elemento correspondiente de la tabla de cuantización. Los valores de la tabla de cuantización no son parte del estándar JPEG. Cada aplicación debe proporcionar sus propios valores, permitiéndole controlar el equilibrio pérdidas-compresión.

El paso cuatro reduce el valor (0, 0) de cada bloque (el de la esquina superior izquierda) reemplazándolo por el valor de su diferencia respecto al elemento correspondiente del bloque previo. Dado que estos elementos son las medias de sus respectivos bloques, deben cambiar lentamente, por lo que al tomarse sus valores diferenciales se debe reducir la mayoría de ellos a valores pequeños. No se calculan diferenciales de los otros valores. Se llama a los valores (0, 0) componentes de cc; los otros son las componentes de ca.

El paso 5 hace lineales los 64 elementos y aplica codificación por longitud de serie a la lista. El barrido del bloque de izquierda a derecha y luego de arriba abajo no concentra los ceros, por lo que se usa un patrón de barrido en zigzag, como se muestra en la figura 7-84. En este ejemplo, el patrón de zigzag produce 38 ceros consecutivos al final de la matriz. Esta cadena puede reducirse a una sola cuenta diciendo que hay 38 ceros.

Ahora tenemos una lista de números que representan la imagen (en espacio de transformación). El paso 6 aplica codificación de Huffman a los números para su almacenamiento o transmisión.

Coeficientes DCT								Coeficientes cuantizados							
150	80	40	14	4	2	1	0	150	80	20	4	1	0	0	0
92	75	36	10	6	1	0	0	92	75	18	3	1	0	0	0
52	38	26	8	7	4	0	0	26	19	13	2	1	0	0	0
12	8	6	4	2	1	0	0	3	2	2	1	0	0	0	0
4	3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla de cuantización

1	1	2	4	8	16	32	64
1	1	2	4	8	16	32	64
2	2	2	4	8	16	32	64
4	4	4	4	8	16	32	64
8	8	8	8	8	16	32	64
16	16	16	16	16	16	32	64
32	32	32	32	32	32	32	64
64	64	64	64	64	64	64	64

Figura 7-83. Cálculo de los coeficientes DCT cuantizados.

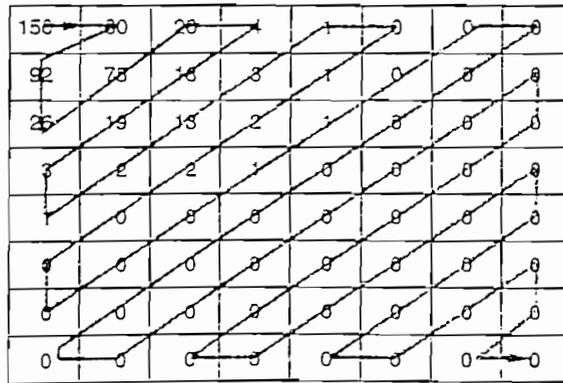


Figura 7-84. Orden en que se transmiten los valores cuantizados.

El JPEG puede parecer complicado, pero eso es porque *es* complicado. Aun así, dado que con frecuencia produce una compresión de 20:1 o mejor, se usa ampliamente. La decodificación de una imagen JPEG ejecuta hacia atrás el algoritmo. A diferencia de algunos de los algoritmos de compresión que hemos visto, el JPEG es más o menos simétrico: la decodificación tarda tanto como la codificación.

Como detalle interesante, debido a las propiedades matemáticas de la DCT, es posible ejecutar ciertas transformaciones (por ejemplo, rotación de imagen) sobre la matriz transformada sin regenerar la imagen original. Estas transformaciones se estudian en (Shen y Sethi, 1995). También se aplican propiedades semejantes al audio comprimido MPEG (Broadhead y Owen, 1995).

Estándar MPEG

Por último, llegamos al corazón del asunto: los estándares MPEG (*Motion Picture Experts Group*, grupo de expertos en imágenes en movimiento). Éstos son los algoritmos principales usados para comprimir vídeos y han sido estándares internacionales desde 1993. Puesto que las películas contienen tanto imágenes como sonido, el MPEG puede comprimir tanto audio como vídeo pero, dado que el vídeo usa más ancho de banda y también contiene mayor redundancia que el audio, nos enfocaremos principalmente en la compresión de vídeo MPEG en lo que sigue.

El primer estándar terminado fue el MPEG-1 (Estándar Internacional 11172); su meta fue producir salida con calidad de videograbadora (352×240 para NTSC) usando una tasa de bits de 1.2 Mbps. Puesto que, como vimos antes, el vídeo no comprimido por sí solo puede requerir 472 Mbps, reducirlo a 1.2 Mbps no es nada trivial, aun con esta menor definición. El MPEG-1 puede transmitirse por líneas de transmisión de par trenzado a distancias modestas. El MPEG-1 también se usa para almacenar películas en CD-ROM, en formatos CD-I y CD-Vídeo.

El siguiente estándar de la familia MPEG fue el MPEG-2 (estándar internacional 13818), que se diseñó originalmente para comprimir vídeo con calidad de difusión a 4-6 Mbps, de modo que pudiera caber en un canal de difusión NTSC o PAL. Después se expandió el MPEG-2 para manejar definiciones mayores, incluida HDTV. El MPEG-4 es para videoconferencias de mediana definición con tasas de marco bajas (10 marcos/seg) y a bajo ancho de banda (64 kbps). Esto permite sostener videoconferencias por un solo canal N-ISDN B. Dada la numeración, podría pensarse que el siguiente estándar será el MPEG-8. En realidad, la ISO está numerándolos linealmente, no exponencialmente. Originalmente existió el MPEG-3, que estaba dirigido a la HDTV, pero ese proyecto luego se canceló, y la HDTV se agregó al MPEG-2.

Los principios básicos del MPEG-1 y el MPEG-2 son parecidos, pero los detalles son diferentes. A primera vista, el MPEG-2 es un supergrupo del MPEG-1, con características, formatos de marco y opciones de codificación adicionales. Es probable que a la larga el MPEG-1 dominará en las películas en CD-ROM y el MPEG-2 dominará en la transmisión de vídeo a largas distancias. Estudiaremos el MPEG-1 primero y el MPEG-2 después.

El MPEG-1 tiene tres partes: audio, vídeo y sistema, que integra los otros dos, como se muestra en la figura 7-85. Los codificadores de audio y vídeo funcionan independientemente, lo

que hace surgir la cuestión de cómo se sincronizan las dos cadenas en el receptor. Este problema se resuelve teniendo un reloj de sistema de 90 kHz que suministra el valor de tiempo a ambos codificadores. Estos valores son de 33 bits, para permitir que las películas duren 24 horas sin dar la vuelta. Estas marcas de tiempo se incluyen en la salida codificada y se propagan hasta el receptor, que puede usarlas para sincronizar las corrientes de audio y vídeo.

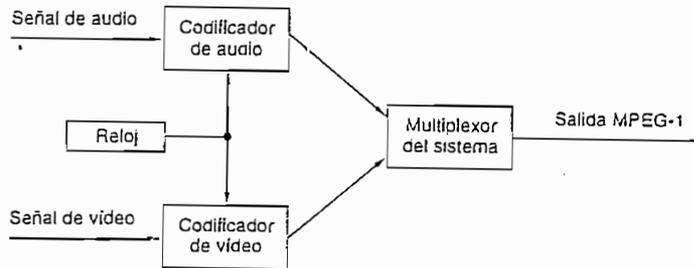


Figura 7-85. Sincronización de las corrientes de audio y vídeo en el MPEG-1.

La compresión de audio MPEG se hace muestreando la forma de onda a 32 kHz, 44.1 kHz o 48 kHz. Se puede manejar sonido monofónico, estéreo disjunto (cada canal comprimido por separado) o estéreo combinado (explotación de la redundancia intercanal). El algoritmo se organiza en tres capas, cada una de las cuales aplica optimizaciones adicionales para obtener mayor compresión (a mayor costo). La capa 1 es el esquema básico. Esta capa se usa, por ejemplo, en el sistema de cinta digital DCC. La capa 2 agrega asignación de bits avanzada al esquema básico. Se usa para audio de CD-ROM y pistas sonoras de cine. La capa 3 agrega filtros híbridos, cuantización no uniforme, codificación Huffman y otras técnicas avanzadas.

El MPEG puede comprimir un CD de *rock and roll* a 96 kbps sin pérdidas perceptibles en la calidad del audio, aun para fanáticos del *rock* que aún no han sufrido pérdidas auditivas. Para un concierto de piano se requieren cuando menos 128 kbps. Son diferentes porque la relación señal a ruido del *rock and roll* es mucho mayor que en un concierto de piano (desde el punto de vista de la ingeniería, al menos).

La compresión de audio se logra ejecutando una transformación de Fourier rápida con la señal de audio para transformarla del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. El espectro resultante se divide entonces en 32 bandas de frecuencia, que se procesan por separado. Cuando hay presentes dos canales estéreo, también puede aprovecharse la redundancia inherente a tener dos fuentes de audio altamente traslapadas. La corriente de audio MPEG-1 resultante se puede ajustar desde 32 kbps hasta 448 kbps. En (Pan, 1995) se presenta una introducción al proceso.

Consideremos ahora la compresión de vídeo MPEG-1. Existen dos clases de redundancia en las películas: espacial y temporal. El MPEG-1 aprovecha ambas. La redundancia espacial puede utilizarse simplemente codificando por separado cada marco mediante JPEG. Este enfoque se ocasionalmente, sobre todo cuando se requiere acceso aleatorio a cada marco, como en la

edición de producciones de vídeo. En este modo, se puede lograr un ancho de banda comprimido del orden de 8 a 10 Mbps.

Puede lograrse compresión adicional aprovechando el hecho de que los marcos consecutivos a menudo son casi idénticos. Este efecto es menor que lo que podría pensarse, puesto que muchos cineastas hacen cortes entre escenas cada 3 o 4 segundos (tome el tiempo de una película y cuente las escenas). No obstante, incluso una serie de 75 marcos muy parecidos ofrece el potencial de una reducción importante respecto a la simple codificación de cada marco por separado mediante JPEG.

En las escenas en las que la cámara y el fondo son estacionarios y uno o dos actores se mueven con lentitud, casi todos los píxeles serán idénticos de un marco a otro. Aquí será suficiente la simple resta de cada marco del anterior y la aplicación de JPEG a la diferencia. Sin embargo, en las escenas en las que la cámara hace una panorámica o un acercamiento, esta técnica falla gravemente. Lo que se necesita es una manera de compensar este movimiento. Esto es precisamente lo que hace el MPEG, y es la diferencia principal entre el MPEG y el JPEG.

La salida del MPEG-1 consiste en cuatro tipos de marco:

1. Marcos I (intracodificados): imágenes fijas autocontenidas codificadas en JPEG.
2. Marcos P (predictivos): diferencia bloque por bloque con el marco anterior.
3. Marcos B (bidireccionales): diferencias con el marco anterior y el siguiente.
4. Marcos D (codificación CD): promedios de bloque usados para avance rápido.

Los marcos I son simplemente imágenes fijas codificadas con JPEG, usando también luminancia de definición completa y crominancia de definición media sobre cada eje. Es necesario hacer que los marcos I aparezcan periódicamente en la corriente de salida por tres razones. Primera, el MPEG-1 puede usarse para multitransmisión, sintonizándose los usuarios a voluntad. Si todos los marcos dependieran de sus antecesores remontándose al primer marco, cualquiera que no recibiera el primer marco no podría decodificar nunca los marcos subsiguientes. Segunda, si un marco se recibiera con error, no sería posible ninguna decodificación posterior. Tercera, sin marcos I, al hacer un avance o retroceso rápido, el decodificador tendría que calcular cada marco por el que pasa para conocer el valor completo de aquel en el que se detiene. Por estas tres razones, se insertan marcos I en la salida una o dos veces por segundo.

Los marcos P, en contraste, codifican las diferencias entre marcos; se basan en la idea de los macrobloques, que cubren 16×16 píxeles de espacio de luminancia y 8×8 píxeles de espacio de crominancia. Un macrobloque se codifica buscando en el marco previo algo igual a o ligeramente diferente de él.

Un ejemplo de caso en el que serían útiles los marcos P se ve en la figura 7-86. Aquí vemos tres marcos consecutivos que tienen el mismo fondo, pero en los que cambia la posición de una persona. Los macrobloques que contienen el fondo serán exactamente iguales, pero los macrobloques que contienen la persona estarán desfasados en alguna cantidad desconocida y tendrán que rastrearse.

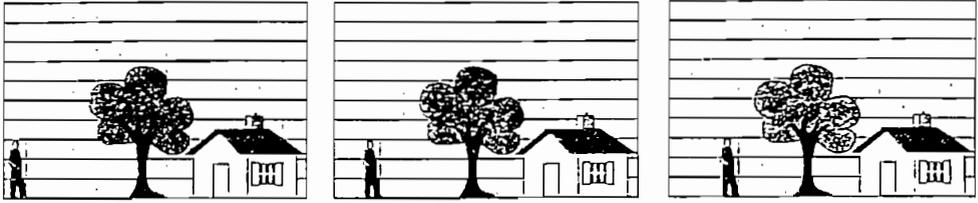


Figura 7-86. Tres marcos consecutivos.

El estándar MPEG-1 no especifica la manera de efectuar la búsqueda, ni qué tan profunda o buena debe ser para que sirva. Éstas son decisiones de cada implementación. Por ejemplo, una implementación podría buscar un macrobloque en la posición actual, pero del marco anterior, y con todas las demás posiciones desplazadas $\pm\Delta x$ en la dirección x y $\pm\Delta y$ en la dirección y . Para cada posición, podría calcularse la cantidad de equivalencias en la matriz de luminancia. La posición con el puntaje más alto se declararía ganadora, siempre que estuviera por encima de un umbral predefinido. En caso contrario, se diría que falta el macrobloque. Por supuesto, pueden usarse algoritmos mucho más refinados.

Si se encuentra un macrobloque, se codifica tomando la diferencia respecto a su valor en el marco previo (para la luminancia y ambas crominancias). Estas matrices de diferencias son el objeto de la transformación por coseno discreto, cuantización, codificación por longitud de serie y codificación Huffman, al igual que en el JPEG. El valor del macrobloque en la cadena de salida es entonces el vector de movimiento (la distancia que se movió el macrobloque de su posición previa en cada sentido), seguido de la lista de codificación Huffman de los números. Si el macrobloque no se encuentra en el marco previo, se codifica el valor actual con JPEG, igual que en un marco I.

Es claro que este algoritmo es altamente asimétrico. Las implementaciones están en libertad de intentar todas las posiciones del marco previo si lo desean, en un intento desesperado por localizar todos los macrobloques previos. Este enfoque reducirá al mínimo la cadena MPEG-1 codificada al costo de una codificación muy lenta. Este enfoque podría estar bien para la codificación de una sola vez de una cineteca, pero sería terrible para las videoconferencias en tiempo real.

De la misma manera, cada implementación está en libertad de decidir lo que constituye un macrobloque "encontrado". Esta libertad permite a los implementadores competir según la calidad y velocidad de sus algoritmos, pero siempre produce MPEG-1 conformante. Sea cual sea el algoritmo de búsqueda usado, la salida final es la codificación JPEG del macrobloque actual, o la codificación JPEG de la diferencia entre el macrobloque actual y el del marco previo, con un desplazamiento especificado respecto al marco actual.

Hasta ahora, la decodificación del MPEG-1 es directa. La decodificación de marcos I es igual a la decodificación de marcos JPEG. La decodificación de marcos P requiere que el decodificador maneje en *buffer* el marco previo, y luego construya el nuevo en un segundo *buffer*

con base en macrobloques completamente codificados y macrobloques que contienen diferencias respecto al marco previo. El nuevo marco se ensambla macrobloque por macrobloque.

Los marcos B son parecidos a los marcos P, excepto que permiten que el macrobloque de referencia esté en un marco previo o en un marco posterior. Esta libertad adicional permite mejorar la compensación del movimiento y es útil también cuando pasan objetos por delante o detrás de otros objetos. Para ejecutar la codificación de marcos B, el codificador necesita tener a la vez tres marcos decodificados en la memoria: el anterior, el actual y el siguiente. Aunque los marcos B producen la mejor compresión, no todas las implementaciones los reconocen.

Los marcos D sólo se usan para visualizar una imagen de baja definición al hacer un reembobinado o avance rápido. Hacer la decodificación MPEG-1 normal en tiempo real ya es bastante difícil. Esperar que el decodificador lo haga mientras trabaja a 10 veces su velocidad normal es pedir demasiado. Cada entrada de marco D simplemente es el valor promedio de un bloque, sin mayor codificación, simplificando la presentación en tiempo real. Este mecanismo es importante para permitir que la gente barra un vídeo a alta velocidad en busca de una escena en particular.

Habiendo terminado nuestro tratamiento del MPEG-1, pasemos al MPEG-2. La codificación MPEG-2 es parecida en lo fundamental a la codificación MPEG-1, con marcos I, marcos P y marcos B. Sin embargo, no se reconocen los marcos D. También, la transformación coseno es de 10×10 en lugar de 8×8 , para dar 50% más de coeficientes y, por tanto, mayor calidad. Puesto que el MPEG-2 está dirigido a la televisión difundida al igual que a las aplicaciones en CD-ROM, reconoce imágenes tanto progresivas como entrelazadas, mientras que el MPEG-1 reconoce sólo las imágenes progresivas. También son diferentes otros detalles menores entre los dos estándares.

En lugar de reconocer un solo nivel de definición, el MPEG-2 reconoce cuatro: baja (352×240), principal (720×480), alta-1440 (1440×1152) y alta (1920×1080). La baja definición es para videograbadoras y compatibilidad hacia abajo con el MPEG-1. La principal es la normal para difusión-NTSC. Las otras dos son para HDTV.

Además de tener cuatro niveles de definición, el MPEG-2 también maneja cinco perfiles. Cada perfil está pensado para algún área de aplicación. El perfil principal es para propósito general, y probablemente la mayoría de los *chips* estará optimizada para el perfil principal y el nivel de definición principal. El perfil sencillo es parecido al principal, excepto que excluye el uso de marcos B para simplificar el *software* de codificación y decodificación. Los otros perfiles tienen que ver con la escalabilidad y la HDTV. Los perfiles son diferentes en términos de la presencia o ausencia de marcos B, definición de crominancia y escalabilidad de la cadena de bits codificada a otros formatos.

La tasa de datos comprimidos de cada combinación de definición y perfil es diferente; va desde unos 3 Mbps hasta 100 Mbps para HDTV. El caso normal es de unos 3 a 4 Mbps. En (Pancha y El Zarki, 1994) se dan algunos datos del desempeño de MPEG.

El MPEG-2 tiene una manera más general de multiplexar audio y vídeo que el modelo MPEG-1 de la figura 7-85; define una cantidad ilimitada de corrientes elementales, incluidos vídeo y audio, pero también corrientes de datos que deben sincronizarse con el audio y el vídeo;

por ejemplo, subtítulos en varios idiomas. Cada una de las corrientes se empacka primero con marcas de tiempo. Se muestra un ejemplo sencillo de las corrientes en la figura 7-87.

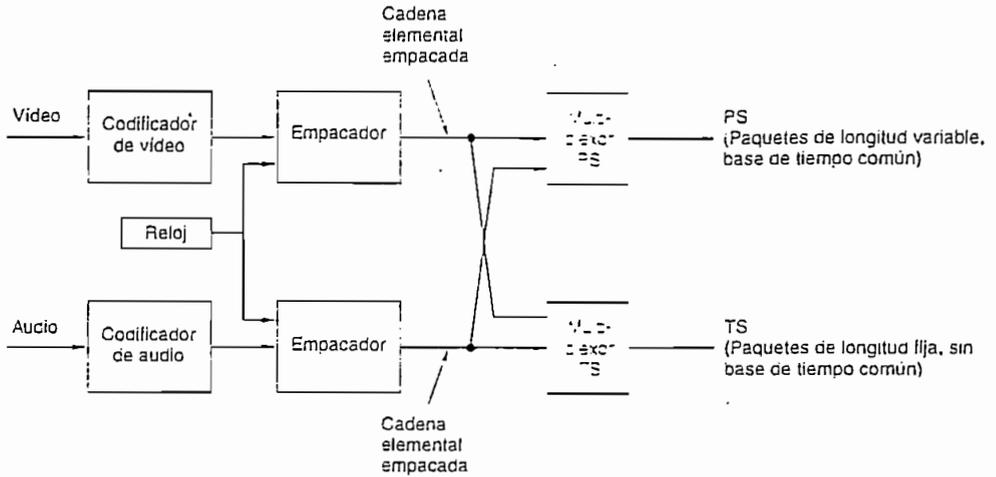


Figura 7-87. Multiplexión de dos corrientes en MPEG-2.

La salida de cada empackador es una PES (*Packetized Elementary Stream*, corriente elemental empackada). Cada PES tiene unos 30 campos de cabecera e indicadores, incluidas longitudes, identificadores de corriente, control de cifrado, estado de derechos de autor, marcas de tiempo y un CRC.

Las corrientes PES de audio, vídeo y posiblemente datos se multiplexan juntas en una sola corriente de salida para su transmisión. Se definen dos tipos de corriente. La corriente de programa MPEG-2 es parecida a la corriente de los sistemas MPEG-1 de la figura 7-85; se usa para multiplexar varias corrientes elementales que tienen una base común y tienen que presentarse de una manera sincronizada. La corriente de programa usa paquetes grandes de longitud variable.

La otra corriente MPEG-2 es la corriente de transporte. Se usa para multiplexar corrientes (incluidas corrientes de programa) que no usan una base de tiempo común. Los paquetes de corriente de transporte son de longitud fija (188 bytes), para simplificar la limitación del efecto de los paquetes dañados o perdidos durante la transmisión.

Vale la pena indicar que todos los esquemas de codificación que hemos estudiado se basan en el modelo de codificación con pérdidas seguida de transmisión sin pérdidas. Ni el JPEG ni el MPEG pueden recuperarse de paquetes perdidos o dañados sin que se note el problema. Un enfoque diferente para la transmisión de imágenes es transformar éstas de manera que se separe la información importante de la menos importante (como la DCT, por ejemplo). Luego se agrega

una cantidad considerable de redundancia (incluso paquetes duplicados) a la información importante y ninguna a la menos importante. Si se pierden o se alteran algunos paquetes, aún puede ser posible presentar imágenes razonables sin retransmitir. Estas ideas se describen con mayor detalle en (Danskin *et al.*, 1995), y se aplican especialmente a la multitransmisión, en la que la realimentación de cada receptor de todos modos es imposible.

7.7.4. Vídeo a solicitud

El vídeo a solicitud a veces se compara con una tienda electrónica de renta de vídeos. El usuario (cliente) selecciona cualquiera de una gran cantidad de vídeos y comienza a verlo de inmediato. No se necesita ningún viaje a la tienda. Sobra decir que la implementación del vídeo a solicitud es un tanto más complicada que su descripción. En esta sección haremos un repaso general de los conceptos básicos y de su implementación. Puede encontrarse una descripción de una implementación real en (Nelson y Linton, 1995). Otras referencias relevantes son (Chang *et al.*, 1994; Hodges *et al.*, 1993, y Little y Venkatesh, 1994).

¿Es el vídeo a solicitud en realidad como rentar un vídeo, o se parece más a seleccionar una película de un sistema de cable de 500 o 5000 canales? La respuesta tiene implicaciones técnicas importantes. En particular, los usuarios que rentan vídeos están acostumbrados a la idea de poder detener el vídeo, hacer un viaje rápido a la cocina o al baño, y luego continuar a partir de donde detuvieron el vídeo. Los espectadores de televisión no esperan poner los programas en pausa.

Si el vídeo a solicitud va a competir con éxito contra las tiendas de renta de vídeo, puede ser necesario que los usuarios detengan, inicien y rebobinen los vídeos a voluntad. Para ello, el proveedor de vídeos tendrá que transmitir una copia individual a cada quien.

Por otra parte, si el vídeo a solicitud se considera más como una televisión avanzada, entonces puede ser suficiente hacer que el proveedor de vídeo inicie cada vídeo popular, digamos, cada 10 minutos, y luego lo exhiba sin parar. Un usuario que desee ver un vídeo popular podría tener que esperar hasta 10 minutos para que comience. Aunque no es posible la pausa/reinicio aquí, un espectador que regrese a la sala tras una interrupción corta puede pasar a otro canal que muestre el mismo vídeo, pero con 10 minutos de retraso. Una parte del material se repetirá, pero no se perderá nada. Este esquema se llama casi vídeo a solicitud, y ofrece la posibilidad de un costo mucho menor, puesto que la misma alimentación del servidor de vídeo puede llegar a muchos usuarios al mismo tiempo. La diferencia entre vídeo a solicitud y casi vídeo a solicitud es parecida a la diferencia entre manejar su propio auto y tomar el autobús.

Ver películas (casi) a solicitud es una de una gran gama de servicios nuevos que podrían hacerse realidad una vez que estén disponibles las redes de ancho de banda amplio. El modelo general que usa mucha gente se ilustra en la figura 7-88. Aquí vemos una red de *backbone* de área amplia (nacional o internacional) de alto ancho de banda como centro del sistema. Conectadas a ella hay miles de redes de distribución locales, como TV por cable o sistemas de distribución telefónica. Los sistemas de distribución locales llegan hasta las casas de la gente, donde terminan en cajas de control, que de hecho son potentes computadoras personales especializadas.

ANEXO 2

RECOMENDACIÓN UIT-R BT.601-5

PARÁMETROS DE CODIFICACIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA ESTUDIOS CON
FORMATOS DE IMAGEN NORMAL 4:3 Y DE PANTALLA ANCHA 16:9

(Cuestión UIT-R 206/11)

(1982-1986-1990-1992-1994-1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las normas de televisión digital para estudios que cuentan con el mayor número de valores de parámetros significativos comunes a los sistemas de 525 y 625 líneas presentan claras ventajas para los organismos de radiodifusión y los productores de programas de televisión;
- b) que un método digital compatible en todo el mundo posibilitará el desarrollo de equipos con muchas características comunes, permitirá economías de explotación y facilitará el intercambio internacional de programas;
- c) que conviene disponer de una familia ampliable de normas compatibles de codificación digital; los niveles de dicha familia podrían corresponder a diferentes niveles de calidad y formatos, facilitar el tratamiento adicional requerido por las actuales técnicas de producción y tener en cuenta las necesidades futuras;
- d) que un sistema basado en la codificación de las componentes puede satisfacer estos objetivos deseables;
- e) que la coincidencia en el espacio de las muestras que representan las señales de luminancia y de diferencia de color (o, en su caso, las señales de rojo, verde y azul) facilita el tratamiento de las señales componentes digitales que requieren las actuales técnicas de producción,

recomienda

que se empleen los siguientes parámetros como base para las normas de codificación digital para estudios de televisión en aquellas zonas del mundo que utilizan tanto sistemas de 525 líneas como de 625 líneas:

1 Introducción

Esta Recomendación especifica los métodos de codificación digital de señales vídeo. Se utiliza una misma velocidad de muestreo de 13,5 MHz para los formatos 4:3 y 16:9, con funcionamiento adecuado en los actuales sistemas de transmisión. Se especifica también una velocidad de muestreo alternativa de 18 MHz para los sistemas con formato 16:9 que requieren una resolución horizontal proporcionalmente más alta.

Se indican en primer lugar las especificaciones aplicables a cualquier nivel de esta familia de normas. En la Parte A figuran las características específicas para el muestreo a 13,5 MHz, y en la Parte B, para el muestreo a 18 MHz.

2 Familia ampliable de normas compatibles de codificación digital

2.1 La codificación digital debe permitir el establecimiento y la evolución de una familia ampliable de normas compatibles de codificación digital. También debe permitir el interfaz simple entre dos niveles cualesquiera de la familia.

2.2 La codificación digital debe basarse en el empleo de una señal de luminancia y de dos señales de diferencia de color (o, en su caso, señales de rojo, verde y azul).

2.3 Deben controlarse las características espectrales de las señales para evitar el solape de los diferentes espectros, conservando al mismo tiempo la respuesta en la banda de paso. Las características de los filtros se muestran en el Apéndice 2 a la Parte A y en el Apéndice 2 a la Parte B.

3 Especificaciones aplicables a cualquier nivel de la familia

3.1 Las estructuras de muestreo deben ser estáticas en el espacio. Este es el caso, por ejemplo, de la estructura de muestreo ortogonal especificada en las Partes A y B.

3.2 Si las muestras representan la señal de luminancia y dos señales simultáneas de diferencia de color, cada par de muestras de diferencia de color deben tener igual ubicación en el espacio. Si se utilizan muestras que representan las señales de rojo, verde y azul, deben tener igual ubicación en el espacio.

3.3 La norma digital adoptada para cada nivel de la familia debe hacer posible la aceptación y aplicación a nivel mundial en la explotación; una condición para lograr este objetivo es que, en cada nivel de la familia, el número especificado de muestras por línea para los sistemas de 525 y 625 líneas sea compatible. (De ser posible, conviene que haya un número igual de muestras por línea.)

3.4 En las aplicaciones de estas especificaciones, el contenido de las palabras digitales se expresa tanto en forma decimal como hexadecimal, designadas respectivamente por los sufijos «d» y «h».

Para evitar confusiones entre las representaciones de 8 bits y 10 bits, los ocho bits más significativos se consideran parte entera, mientras que los dos bits adicionales, de existir, se consideran partes fraccionarias.

Por ejemplo, la configuración de bits 10010001 se expresaría mediante 145_d ó 91_h , y la configuración 1001000101, mediante $145,25_d$ ó $91,4_h$.

Cuando no aparece ninguna parte fraccionaria, debe suponerse que el valor binario es 00.

3.5 Definición de las señales digitales Y , C_R , C_B , partiendo de las señales (analógicas) primarias E'_R , E'_G y E'_B

Para definir las señales Y , C_R , C_B , se describen aquí las reglas de construcción de esas señales partiendo de las señales analógicas primarias E'_R , E'_G , E'_B . Esta construcción encadena las tres etapas descritas más adelante en los § 3.5.1, 3.5.2 y 3.5.3, y se da a título de ejemplo. En la realización práctica hay otros métodos de construcción que, aplicados a esas señales primarias o a otras señales analógicas o digitales, pueden conducir a resultados idénticos. En el § 3.5.4 se da un ejemplo.

3.5.1 Construcción de las señales de luminancia (E'_Y) y de diferencia de color ($E'_R - E'_Y$) y ($E'_B - E'_Y$)

La construcción de las señales de luminancia y de diferencia de color es la siguiente:

$$E'_Y = 0,299 E'_R + 0,587 E'_G + 0,114 E'_B$$

de donde:

$$\begin{aligned} (E'_R - E'_Y) &= E'_R - 0,299 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B \\ &= 0,701 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B \end{aligned}$$

y:

$$\begin{aligned} (E'_B - E'_Y) &= E'_B - 0,299 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B \\ &= -0,299 E'_R - 0,587 E'_G + 0,886 E'_B \end{aligned}$$

Suponiendo que los valores de las señales están normalizados a la unidad (por ejemplo, niveles máximos de 1,0 V), los valores que se obtienen para los colores blanco, negro, los colores primarios saturados y sus complementarios se muestran en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Valores de las señales normalizadas

Condición	E'_R	E'_G	E'_B	E'_Y	$E'_R - E'_Y$	$E'_B - E'_Y$
Blanco	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0
Negro	0	0	0	0	0	0
Rojo	1,0	0	0	0,299	0,701	-0,299
Verde	0	1,0	0	0,587	-0,587	-0,587
Azul	0	0	1,0	0,114	-0,114	0,886
Amarillo	1,0	1,0	0	0,886	0,114	-0,886
Cian	0	1,0	1,0	0,701	-0,701	0,299
Magenta	1,0	0	1,0	0,413	0,587	0,587

3.5.2 Construcción de las señales de diferencia de color renormalizadas (E'_{C_R} y E'_{C_B})

Aunque los valores de E'_Y están ya comprendidos en la gama de 1,0 a 0, los de $(E'_R - E'_Y)$ se sitúan en la gama de +0,701 a -0,701, y los de $(E'_B - E'_Y)$ en la gama de +0,886 a -0,886. Para renormalizar respecto a la unidad la gama de las señales de diferencia de color (es decir, de +0,5 a -0,5), se pueden calcular los coeficientes siguientes:

$$K_R = \frac{0,5}{0,701} = 0,713; \quad K_B = \frac{0,5}{0,886} = 0,564$$

Entonces:

$$E'_{C_R} = 0,713 (E'_R - E'_Y) = 0,500 E'_R - 0,419 E'_G - 0,081 E'_B$$

y:

$$E'_{C_B} = 0,564 (E'_B - E'_Y) = -0,169 E'_R - 0,331 E'_G + 0,500 E'_B$$

donde E'_{C_R} y E'_{C_B} son las señales renormalizadas de diferencia de color para rojo y azul, respectivamente (véanse las Notas 1 y 2).

NOTA 1 - Los símbolos E'_{C_R} y E'_{C_B} se reservarán para designar las señales de diferencia de color «renormalizadas», es decir, las que tengan una amplitud nominal cresta cresta idéntica a la de la señal de luminancia E'_Y , elegida así como referencia de amplitud.

NOTA 2 - En el caso en que las señales de las componentes no estén normalizadas en la gama de 1 a 0 (por ejemplo, cuando se efectúa la conversión a partir de señales componentes analógicas, con amplitudes de luminancia y de diferencia de color desiguales), se necesitará un factor de ganancia adicional y deberán modificarse en consecuencia los factores de ganancia K_R , K_B .

3.5.3 Cuantificación

En el caso de una codificación binaria de 8 bits con cuantificación uniforme, se especifican 2^8 , es decir, 256 niveles de cuantificación equidistantes, con lo que la gama de números binarios disponibles va de 0000 0000 a 1111 1111 (00 a FF en la notación hexadecimal) siendo los números decimales equivalentes 0 a 255.

En el caso del sistema 4:2:2 descrito en esta Recomendación, los niveles 0 y 255 se reservan para datos de sincronización, en tanto que los niveles 1 a 254 se utilizan para vídeo.

Dado que la señal de luminancia sólo va a ocupar 220 niveles, para proporcionar márgenes de trabajo y que el negro se encuentre en el nivel 16, el valor decimal de la señal de luminancia, \bar{Y} , antes de la cuantificación es:

$$\bar{Y} = 219 (E'_Y) + 16$$

y el número de nivel correspondiente, después de la cuantificación, es el número entero más próximo.

Análogamente, como las señales de diferencias de color van a ocupar 225 niveles y como el nivel 0 va a ser el nivel 128, los valores decimales de las señales de diferencia de color, \bar{C}_R y \bar{C}_B , antes de la cuantificación son:

$$\bar{C}_R = 224 [0,713 (E'_R - E'_Y)] + 128$$

y:

$$\bar{C}_B = 224 [0,564 (E'_B - E'_Y)] + 128$$

que simplificando se convierte en:

$$\bar{C}_R = 160 (E'_R - E'_Y) + 128$$

y:

$$\bar{C}_B = 126 (E'_B - E'_Y) + 128$$

y el número de nivel correspondiente, después de la cuantificación, es el número entero más próximo.

Los equivalentes digitales se denominan Y , C_R y C_B .

3.5.4 Construcción de Y , C_R , C_B mediante la cuantificación de E'_R , E'_G , E'_B

Cuando las componentes se obtienen directamente de las señales componentes con corrección gamma E'_R , E'_G y E'_B o se generan directamente en forma digital, la cuantificación y la codificación serán equivalentes a:

$$E'_{R_D} \text{ (en forma digital) = Parte entera de } (219 E'_R) + 16$$

$$E'_{G_D} \text{ (en forma digital) = Parte entera de } (219 E'_G) + 16$$

$$E'_{B_D} \text{ (en forma digital) = Parte entera de } (219 E'_B) + 16$$

Por consiguiente:

$$Y = \frac{77}{256} E'_{R_D} + \frac{150}{256} E'_{G_D} + \frac{29}{256} E'_{B_D}$$

$$C_R = \frac{131}{256} E'_{R_D} - \frac{110}{256} E'_{G_D} - \frac{21}{256} E'_{B_D} + 128$$

$$C_B = -\frac{44}{256} E'_{R_D} - \frac{87}{256} E'_{G_D} + \frac{131}{256} E'_{B_D} + 128$$

tomando los coeficientes enteros más próximos en base 256. Para obtener las componentes 4:2:2 Y , C_R , C_B , debe efectuarse el filtrado de paso bajo y el submuestreo en las señales 4:4:4 C_R , C_B anteriormente descritas. Conviene tomar nota de que podría haber ligeras diferencias entre las componentes C_R , C_B , obtenidas de este modo y las obtenidas por filtrado analógico antes del muestreo.

3.5.5 Limitación de las señales Y , C_R , C_B

La codificación digital en forma de señales Y , C_R , C_B permite representar una gama notablemente mayor de valores de señal, que pueden sustentarse por las gamas correspondientes de las señales R , G , B . Debido a ello y como resultado de la generación electrónica de la imagen o el tratamiento electrónico de la señal, se pueden producir señales Y , C_R , C_B que, aunque individualmente sean válidas, darían lugar a valores fuera de gama al convertirlas en señales R , G , B . Es a la vez más conveniente y más eficaz evitar esta circunstancia aplicando una limitación a las señales Y , C_R , C_B en lugar de esperar a que las señales se encuentren en la forma R , G , B . Además, la limitación puede aplicarse de manera que se mantengan los valores de luminancia y tonalidad, reduciendo al mínimo la degradación subjetiva, a costa únicamente de la saturación.

4 Miembros de la familia de 13 MHz

En la Parte A se definen los siguientes miembros de la familia de normas:

- 4:2:2, 13,5 MHz para sistemas con formato 4:3, y con formato de pantalla ancha 16:9 cuando es necesario mantener la misma anchura de banda de la señal análoga y la misma velocidad digital para ambos formatos.
- 4:4:4, 13,5 MHz para sistemas con formato 4:3 y 16:9 con resolución de color más alta.

5 Miembros de la familia de 18 MHz

En la Parte B se definen los siguientes miembros de la familia de normas:

- 4:2:2, 18 MHz, para sistemas con formato 16:9 con resolución horizontal más alta en comparación con los sistemas con muestreo a 13,5 MHz.
- 4:4:4, 18 MHz para sistemas con formato 16:9 con resolución de color más alta.

NOTA 1 – En los miembros 4:4:4 de la familia de normas, las señales muestreadas pueden ser las señales de luminancia y de diferencia de color (o, en su caso, las señales de rojo, verde y azul).

ANEXO 1

Algunas orientaciones sobre la realización práctica de los filtros especificados en el Apéndice 2 a la Parte A y en el Apéndice 2 a la Parte B

En las propuestas para los filtros utilizados en los procesos de codificación y decodificación, se ha supuesto que se introduce la corrección de la característica ($\text{sen } x/x$) en los filtros que van a continuación de la conversión digital-analógica. Las tolerancias en la banda de paso del filtro, más el corrector de ($\text{sen } x/x$), más la característica teórica ($\text{sen } x/x$) deben ser las mismas que las que se aplican únicamente a los filtros. Esto se logra más fácilmente si, en el proceso de diseño, el filtro, el corrector de ($\text{sen } x/x$) y el ecualizador de retardo se consideran una sola unidad.

Los retardos totales debidos al filtrado y a la codificación de las componentes de luminancia y de diferencia de color deben ser los mismos. El retardo en el filtro de diferencia de color (Figs. 4a) y 4b)) es el doble del correspondiente al filtro de luminancia (Figs. 3a) y 3b)). como resulta difícil igualar estos retardos utilizando redes analógicas de retardo sin exceder las tolerancias de la banda de paso, se recomienda igualar el conjunto de las diferencias de retardo (en múltiplos enteros del periodo de muestreo) en el dominio digital. Al corregir cualquier resto, debe observarse que el circuito de muestreo y mantenimiento del decodificador introduce un retardo uniforme igual a la mitad del periodo de muestreo.

Se reconoce que las tolerancias en la banda de paso para el rizado de amplitud y el retardo de grupo son muy estrictas. El estado actual de los estudios indica que es necesario que se pueda llevar a cabo un número significativo de operaciones de codificación y decodificación en cascada sin sacrificar la calidad potencialmente elevada de la norma de codificación 4:2:2. Debido a las limitaciones de las características de los equipos de medición actualmente disponibles, puede que los fabricantes tengan dificultades para verificar de forma económica el cumplimiento de las tolerancias de cada uno de los filtros durante la producción. No obstante, es posible diseñar filtros de forma que se cumplan las características especificadas en la práctica, y se pide a los fabricantes que hagan todos los esfuerzos posibles, durante el proceso de fabricación, para que el ajuste de cada filtro cumpla las máscaras correspondientes.

Las especificaciones indicadas en el Apéndice 2 a la Parte A y en el Apéndice 2 a la Parte B se elaboraron con la idea de mantener en la medida de lo posible el contenido espectral de las señales Y , C_R , C_B a través de la cadena de señales componentes. Sin embargo, se reconoce que la característica espectral de la diferencia de color debe conformarse mediante un filtro de corte progresivo lento insertado en los monitores de imagen o al final de la cadena de señales componentes.

PARTE A

AL ANEXO 1

Niveles de 13,5 MHz de la familia

1 Valores de los parámetros de codificación para el nivel de la familia de 4:2:2 y 13,5 MHz

La especificación (véase el Cuadro 2) es aplicable a nivel de la familia de relación 4:2:2, que ha de utilizarse para la interfaz digital normalizada entre los equipos digitales principales de estudio y para el intercambio internacional de programas de televisión digital con formato 4:3 o de pantalla ancha 16:9 cuando es necesario mantener la misma anchura de banda y la misma velocidad digital.

CUADRO 2

Parámetros	Sistemas de 525 líneas 60 tramas/s	Sistemas de 625 líneas 50 tramas/s
1. Señales codificadas: Y, C_R, C_B	Estas señales se obtienen a partir de señales con precorrección gamma es decir: $E'_Y, E'_R - E'_Y, E'_B - E'_Y$ (véase el § 3.5)	
2. Número de muestras por línea completa: – señal de luminancia (Y) – cada señal de diferencia de color (C_R, C_B)	858 429	864 432
3. Estructura de muestreo	Ortogonal, repetitiva en cada línea, en cada trama y en cada imagen. Las muestras de las señales C_R y C_B coinciden en el espacio con las muestras impares ($1^a, 3^a, 5^a$, etc.) de la señal Y en cada línea	
4. Frecuencia de muestreo: – señal de luminancia – cada señal de diferencia de color	13,5 MHz 6,75 MHz La tolerancia para las frecuencias de muestreo debe coincidir con la tolerancia para las frecuencias de línea de la norma de televisión en color que corresponda	
5. Forma de codificación	MIC con cuantificación uniforme, 8 bits por muestra (10 facultativamente) para la señal de luminancia y para cada señal de diferencia de color	
6. Número de muestras por línea activa digital: – señal de luminancia – cada señal de diferencia de color	720 360	
7. Relación de temporización horizontal analógico-digital: – desde el final de la línea activa digital hasta O_H	16 periodos del reloj de luminancia	12 periodos del reloj de luminancia
8. Correspondencia entre los niveles de la señal de vídeo y los niveles de las señales de cuantificación: – escala – señal de luminancia – cada señal de diferencia de color	(Véase el § 3.4) (los valores se encuentran en forma decimal) 0 a 255 220 niveles de cuantificación; el nivel de negro corresponde al nivel 16 y el nivel de blanco de cresta corresponde al nivel 235. El nivel de la señal puede ocasionalmente sobrepasar el nivel 235 225 niveles de cuantificación en la parte central de la escala de cuantificación: la señal cero corresponde al nivel 128	
9. Uso de palabras de código	Las palabras de código que corresponden a los niveles de cuantificación 0 y 255 se utilizan exclusivamente para sincronización. Los niveles 1 a 254 están disponibles para vídeo	

2 Valores de los parámetros de codificación para el nivel de la familia de 4:4:4 y 13,5 MHz

La siguiente especificación, indicada en el Cuadro 3, es aplicable al nivel de la familia de relación 4:4:4 adecuado para equipos de fuente de señales de televisión y aplicaciones de tratamiento de señales de vídeo de alta calidad.

CUADRO 3

Parámetros	Sistemas de 525 líneas 60 tramas/s	Sistemas de 625 líneas 50 tramas/s
1. Señales codificadas: Y, C_R, C_B o R, G, B	Estas señales se obtienen a partir de señales con precorrección gamma, es decir: $E'_Y, E'_R - E'_Y, E'_B - E'_Y$ o E'_R, E'_G, E'_B	
2. Número de muestras por línea completa para cada señal	858	864
3. Estructura de muestreo	Ortogonal, repetitiva en cada línea, en cada trama y en cada imagen. Las tres estructuras de muestreo deben ser coincidentes tanto entre sí como con la estructura de muestreo de luminancia del nivel de relación 4:2:2	
4. Frecuencia de muestreo para cada señal	13,5 MHz	
5. Forma de codificación	MIC con cuantificación uniforme, 8 bits por muestra (10 facultativamente)	
6. Duración de la línea activa digital expresada en número de muestras	720	
7. Correspondencia entre los niveles de la señal de vídeo y los 8 bits más significativos (MSB) del nivel de cuantificación de cada muestra: – escala – señales R, G, B o señal de luminancia ⁽¹⁾ – cada señal de diferencia de color ⁽¹⁾	(Véase el § 3.4) (los valores se encuentran en forma decimal) 0 a 255 220 niveles de cuantificación; el nivel de negro corresponde al nivel 16 y el nivel de blanco de cresta corresponde al nivel 235. El nivel de la señal puede ocasionalmente sobrepasar el nivel 235 225 niveles de cuantificación en la parte central de la escala de cuantificación: la señal cero corresponde al nivel 128	

⁽¹⁾ Si se utiliza.

APÉNDICE 1

A LA PARTE A

Definición de las señales utilizadas en las normas de codificación digital

1 Relación entre la línea activa digital y la referencia analógica de sincronismo

La relación entre las muestras de luminancia de la línea activa digital y la referencia analógica de sincronismo se indica en las siguientes figuras:

- Fig. 1 para sistemas de 625 líneas de 13,5 MHz (véase el Cuadro 2);
- Fig. 2 para sistemas de 525 líneas de 13,5 MHz (véase el Cuadro 3).

En esas figuras, el punto de muestreo aparece al comienzo de cada bloque.

Los números respectivos de muestras de diferencia de color se pueden obtener dividiendo el número de muestras de luminancia por 2. Los números (12,132) y (16,122) se escogieron para disponer simétricamente la línea activa digital con respecto a las variaciones permitidas. No forman parte de la especificación de la línea digital y sólo se refieren a interfaces analógicos.

FIGURA 1

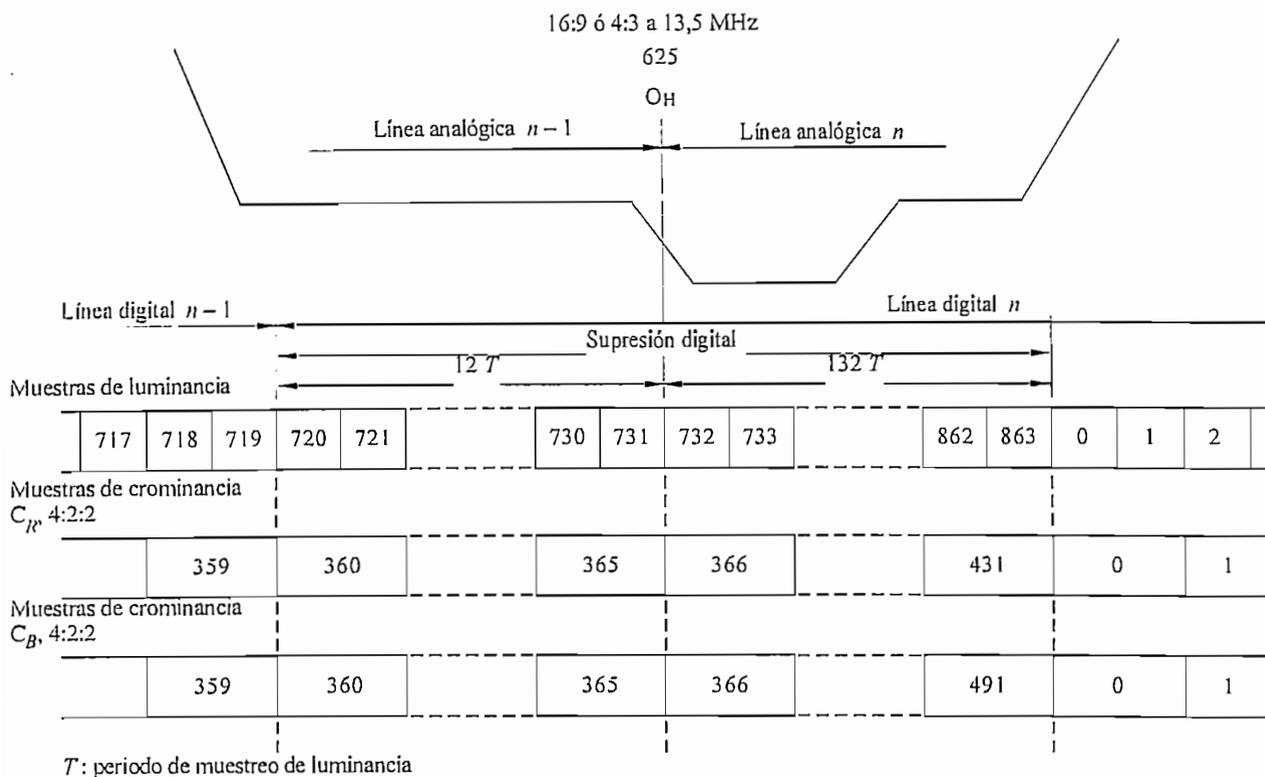
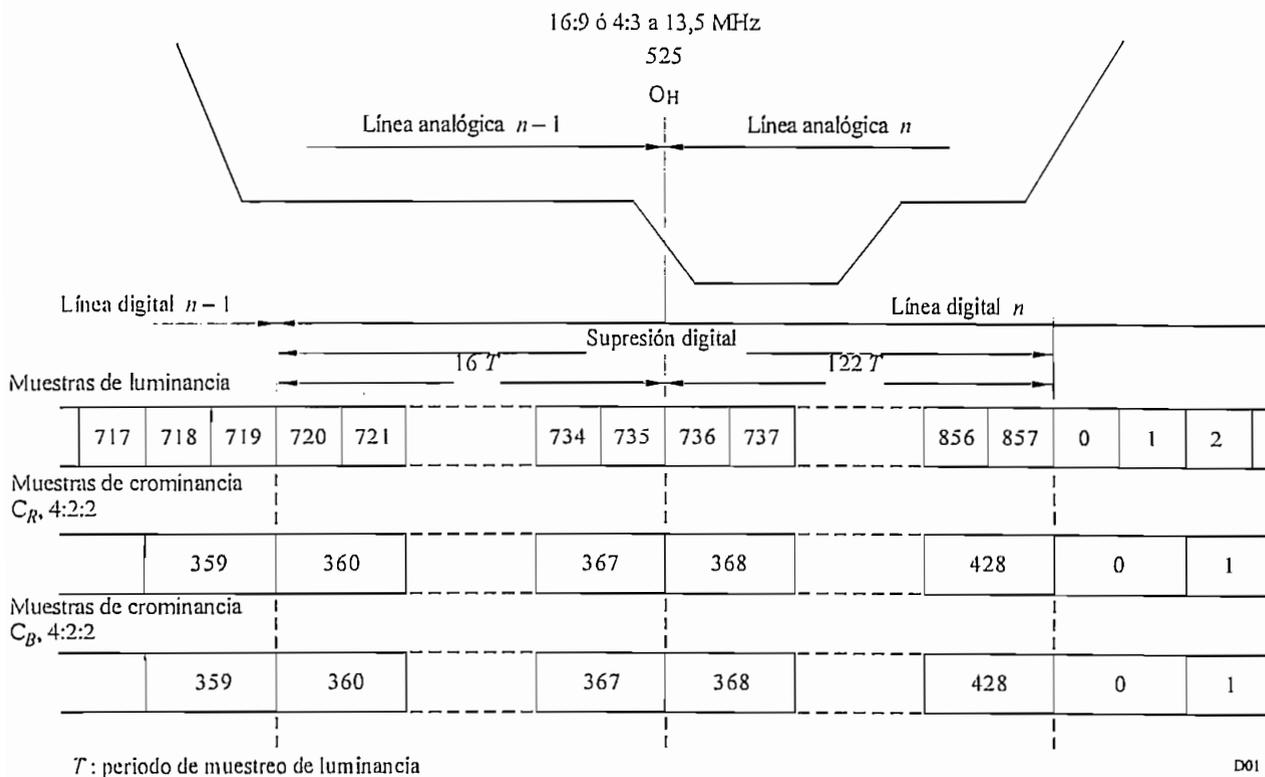


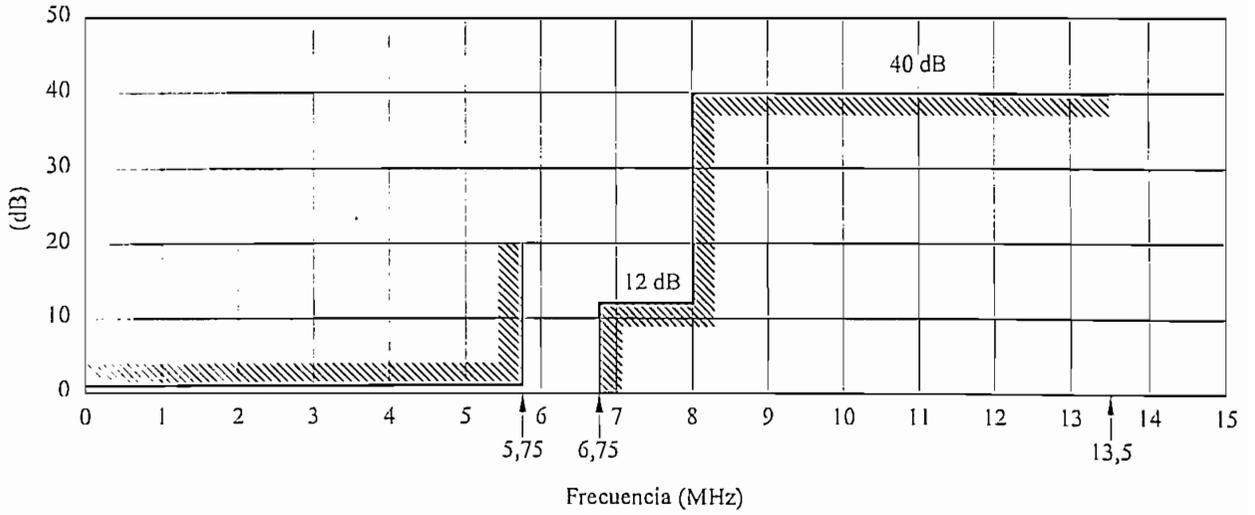
FIGURA 2



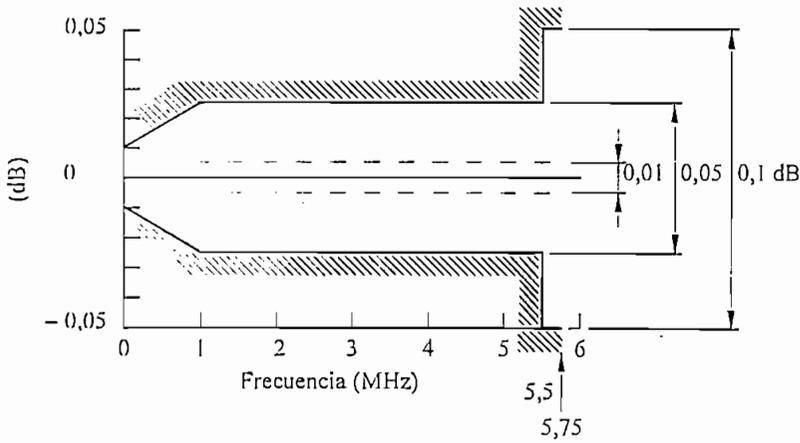
APÉNDICE 2
A LA PARTE A
Características de filtrado

FIGURA 3

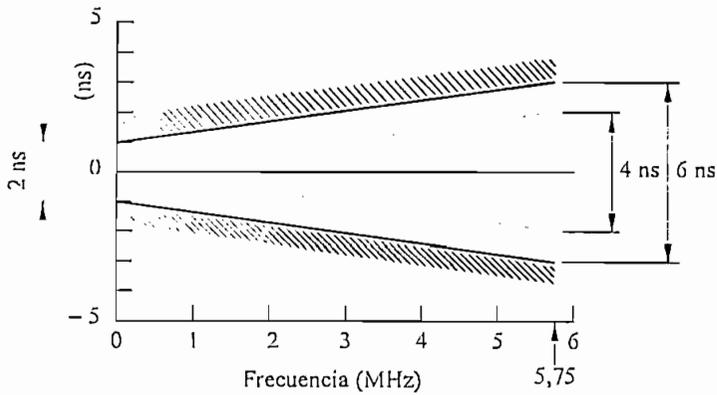
Especificación de un filtro para la señal de luminancia o RGB
utilizado cuando se muestrea a 13,5 MHz



a) Máscara de la característica de pérdida de inserción en función de la frecuencia



b) Tolerancia para el rizado en la banda de paso

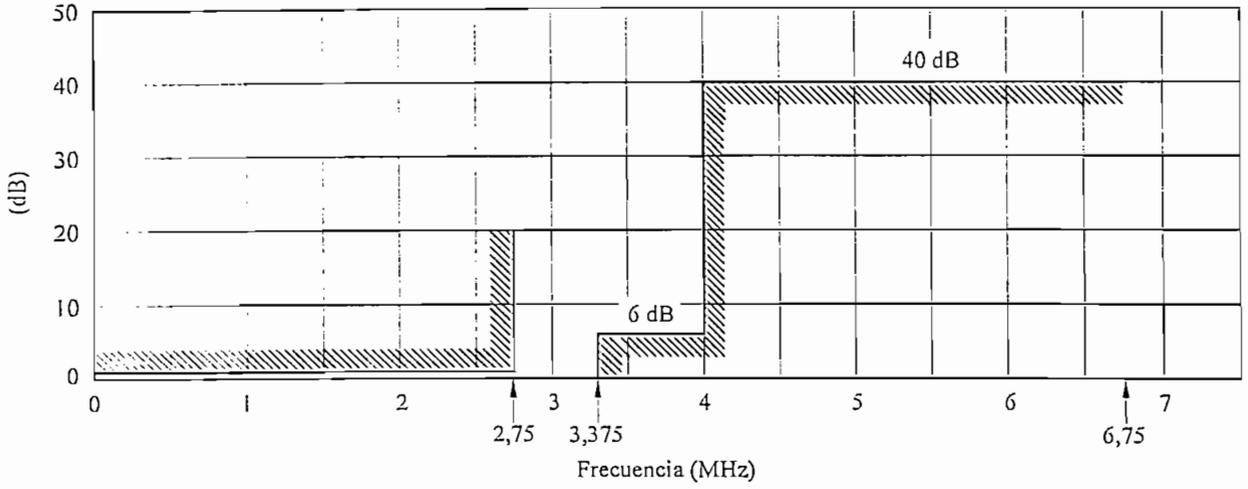


c) Tolerancia para el retardo de grupo en la banda de paso

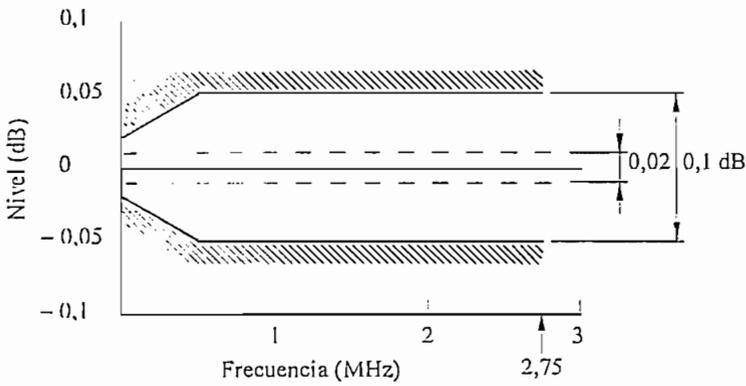
Nota 1 – Los valores más bajos de la escala de ordenadas en b) y c) corresponden a 1 kHz (en vez de 0 MHz).

FIGURA 4

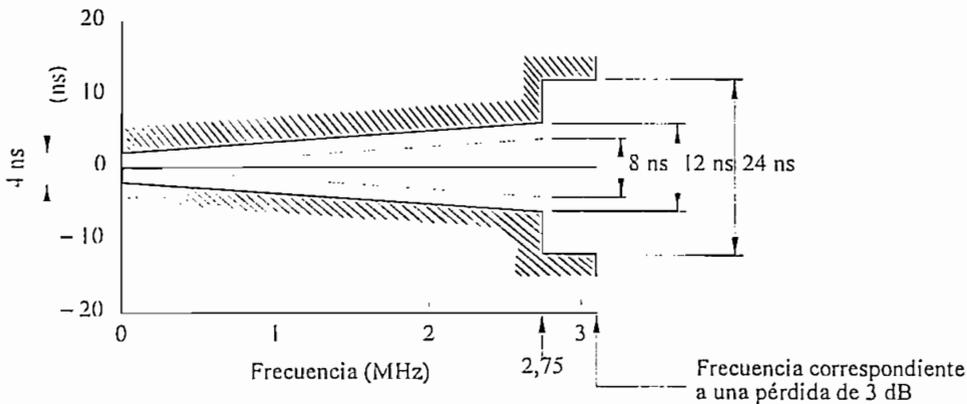
Especificación de un filtro para la señal de diferencia de color utilizado cuando se muestrea a 6,75 MHz



a) Máscara de la característica de pérdida de inserción en función de la frecuencia



b) Tolerancia para el rizado en la banda de paso

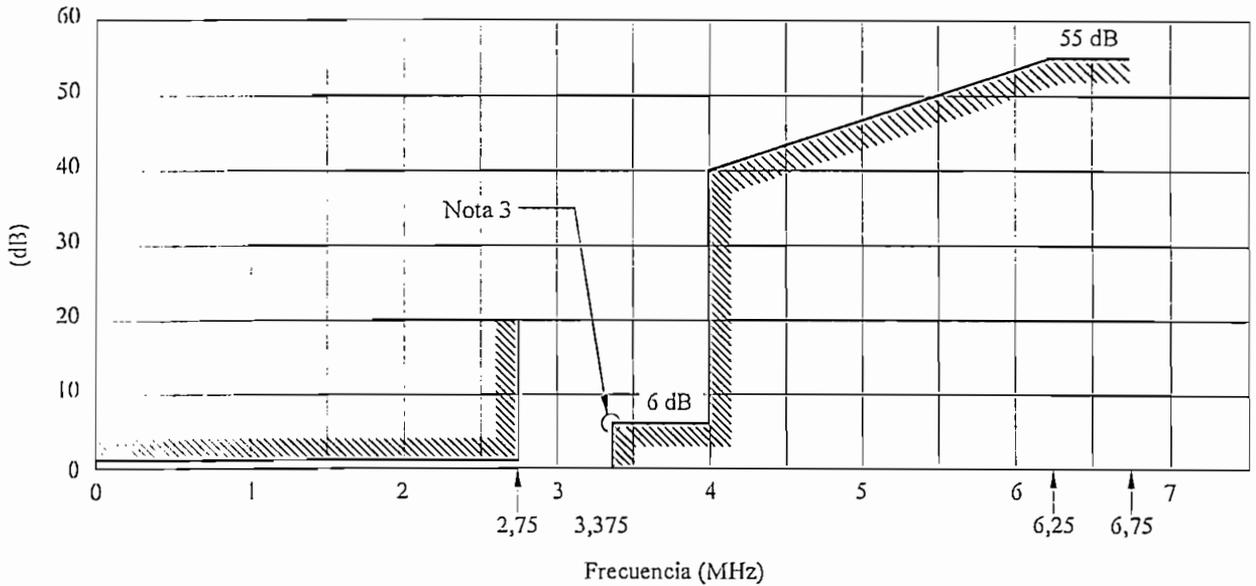


c) Tolerancia para el retardo de grupo en la banda de paso

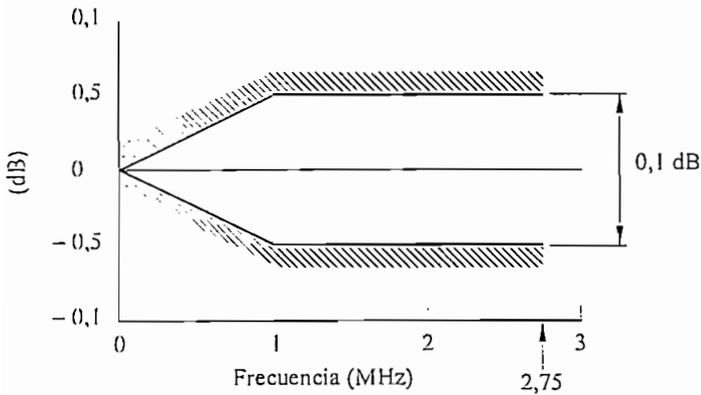
Nota 1 – Los valores más bajos de la escala de ordenadas en b) y c) corresponden a 1 kHz (en vez de 0 MHz).

FIGURA 5

Especificación de un filtro digital para la conversión de frecuencia de muestreo de señales de diferencia de color de relación 4:4:4 a señales de relación 4:2:2



a) Máscara de característica de pérdida de inserción en función de la frecuencia



b) Tolerancia para el rizado en la banda de paso

Notas relativas a las Figs. 3, 4 y 5:

Nota 1 – El rizado y el retardo de grupo se especifican respecto de sus valores a 1 kHz. Las líneas continuas representan los límites prácticos y las líneas de trazo discontinuo indican los límites sugeridos para el diseño teórico.

Nota 2 – En el filtro digital, los límites prácticos y de diseño son los mismos. La distorsión de retardo es cero, por diseño.

Nota 3 – En el filtro digital (Fig. 5), la característica de amplitud en función de la frecuencia (en escalas lineales) debe ser asimétrica respecto del punto de amplitud mitad, como se indica en la figura.

Nota 4 – En las propuestas para los filtros utilizados en los procesos de codificación y decodificación, se ha supuesto que se introduce la corrección de la característica ($\text{sen } x/x$) del circuito de muestreo y retención en los filtros que van a continuación de la conversión digital-analógica.

PARTE B
AL ANEXO 1

Niveles de 18 MHz de la familia

1 Valores de los parámetros de codificación para el nivel de la familia de 4:2:2 y 18 MHz

La especificación (véase el Cuadro 4) es aplicable a nivel de la familia de relación 4:2:2, que ha de utilizarse para la interfaz digital normalizada entre los equipos digitales principales de estudio y para el intercambio internacional de programas de televisión de formato 16:9 con resolución horizontal más alta en comparación con los sistemas con muestreo a 13,5 MHz.

CUADRO 4

Parámetros	Sistemas de 525 líneas 60 tramas/s	Sistemas de 625 líneas 50 tramas/s
1. Señales codificadas: Y, C_R, C_B	Estas señales se obtienen a partir de señales con precorrección gamma es decir: $E'_Y, E'_R - E'_Y, E'_B - E'_Y$ (véase el § 3.5)	
2. Número de muestras por línea completa: – señal de luminancia (Y) – cada señal de diferencia de color (C_R, C_B)	1144 572	1152 576
3. Estructura de muestreo	Ortogonal, repetitiva en cada línea, en cada trama y en cada imagen. Las muestras de las señales C_R y C_B coinciden en el espacio con las muestras impares ($1^a, 3^a, 5^a$, etc.) de la señal Y en cada línea	
4. Frecuencia de muestreo: – señal de luminancia – cada señal de diferencia de color	18 MHz 9 MHz La tolerancia para las frecuencias de muestreo debe coincidir con la tolerancia para las frecuencias de línea de la norma de televisión en color que corresponda	
5. Forma de codificación	MIC con cuantificación uniforme, 8 bits por muestra (10 facultativamente) para la señal de luminancia y para cada señal de diferencia de color	
6. Número de muestras por línea activa digital: – señal de luminancia – cada señal de diferencia de color	960 480	
7. Relación de temporización horizontal analógico-digital: – desde el final de la línea activa digital hasta O_H	Por determinar (véase el Apéndice 1 a la Parte B)	
8. Correspondencia entre los niveles de la señal de vídeo y los niveles de las señales de cuantificación: – escala – señal de luminancia – cada señal de diferencia de color	(Véase el § 3.4) (los valores se encuentran en forma decimal) 0 a 255 220 niveles de cuantificación; el nivel de negro corresponde al nivel 16 y el nivel de blanco de cresta corresponde al nivel 235. El nivel de la señal puede ocasionalmente sobrepasar el nivel 235 225 niveles de cuantificación en la parte central de la escala de cuantificación: la señal cero corresponde al nivel 128	
9. Uso de palabras de código	Las palabras de código que corresponden a los niveles de cuantificación 0 y 255 se utilizan exclusivamente para sincronización. Los niveles 1 a 254 están disponibles para vídeo	

2 Valores de los parámetros de codificación para el nivel de la familia 4:4:4 y 18 MHz

La siguiente especificación, indicada en el Cuadro 5, es aplicable al nivel de la familia de relación 4:4:4 adecuado para equipos de fuente de señales de televisión y aplicaciones de tratamiento de señales de vídeo de alta calidad.

CUADRO 5

Parámetros	Sistemas de 525 líneas 60 tramas/s	Sistemas de 625 líneas 50 tramas/s
1. Señales codificadas: Y, C_R, C_B o R, G, B	Estas señales se obtienen a partir de señales con precorrección gamma, es decir: $E'_Y, E'_R - E'_Y, E'_B - E'_Y$ o E'_R, E'_G, E'_B	
2. Número de muestras por línea completa para cada señal	1144	1152
3. Estructura de muestreo	Ortogonal, repetitiva en cada línea, en cada trama y en cada imagen. Las tres estructuras de muestreo deben ser coincidentes tanto entre sí como con la estructura de muestreo de luminancia del nivel de relación 4:2:2	
4. Frecuencia de muestreo para cada señal	18 MHz	
5. Forma de codificación	MIC con cuantificación uniforme, 8 bits por muestra (10 facultativamente)	
6. Duración de la línea activa digital expresada en número de muestras	960	
7. Correspondencia entre los niveles de la señal de vídeo y los 8 bits más significativos (MSB) del nivel de cuantificación de cada muestra: - escala - señales R, G, B o señal de luminancia ⁽¹⁾ - cada señal de diferencia de color ⁽¹⁾	(Véase el § 3.4) (los valores se encuentran en forma decimal) 0 a 255 220 niveles de cuantificación; el nivel de negro corresponde al nivel 16 y el nivel de blanco de cresta corresponde al nivel 235. El nivel de la señal puede ocasionalmente sobrepasar el nivel 235 225 niveles de cuantificación en la parte central de la escala de cuantificación: la señal cero corresponde al nivel 128	

(1) Si se utiliza.

APÉNDICE 1

A LA PARTE B

Definición de las señales utilizadas en las normas de codificación digital

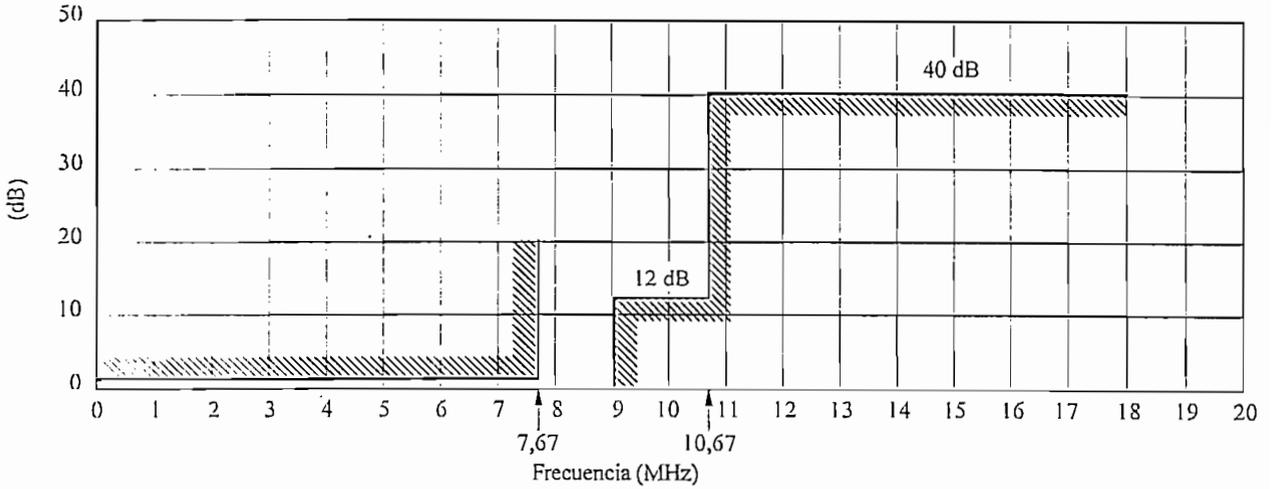
Relación entre la línea activa digital y la referencia analógica de sincronismo

Nuevos estudios son necesarios a fin de especificar los valores absolutos para estos parámetros, al mismo tiempo que asegurar la consistencia de la posición de la imagen y de su geometría para diferentes normalizaciones. En la práctica, la relación correcta se obtiene cuando la correspondencia entre la imagen y la sincronización en el campo analógico, es idéntica para las imágenes convertidas a partir de representaciones digitales muestreadas a 13,5 y 18 MHz

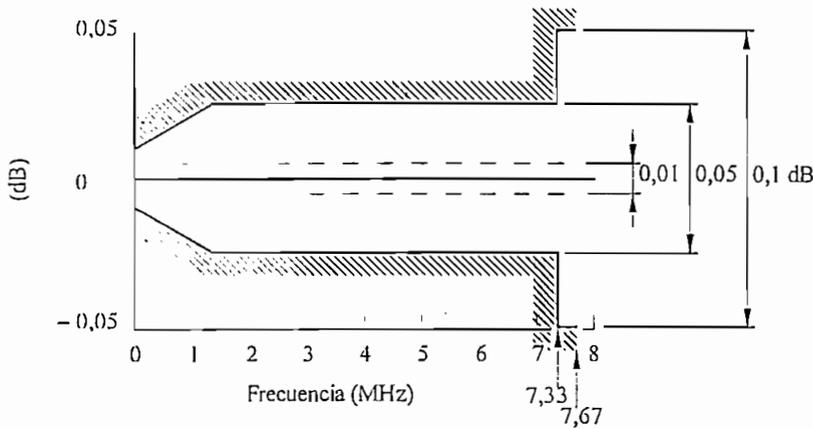
APÉNDICE 2
A LA PARTE B
Características de filtrado

FIGURA 6

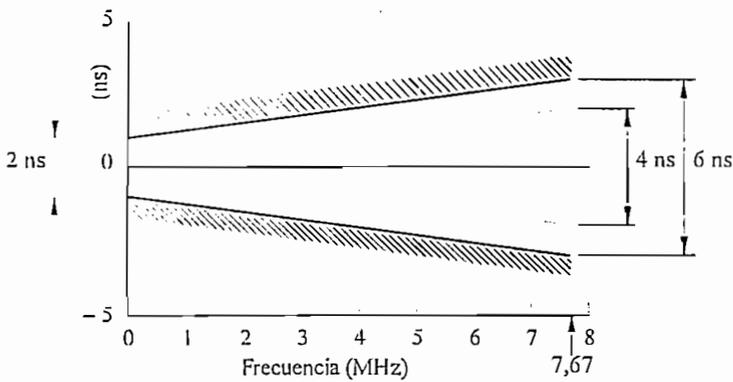
Especificación de un filtro para las señales de luminancia o *RGB* utilizado cuando se muestrea a 18 MHz



a) Máscara de la característica de pérdida de inserción en función de la frecuencia



b) Tolerancia para el rizado en la banda de paso

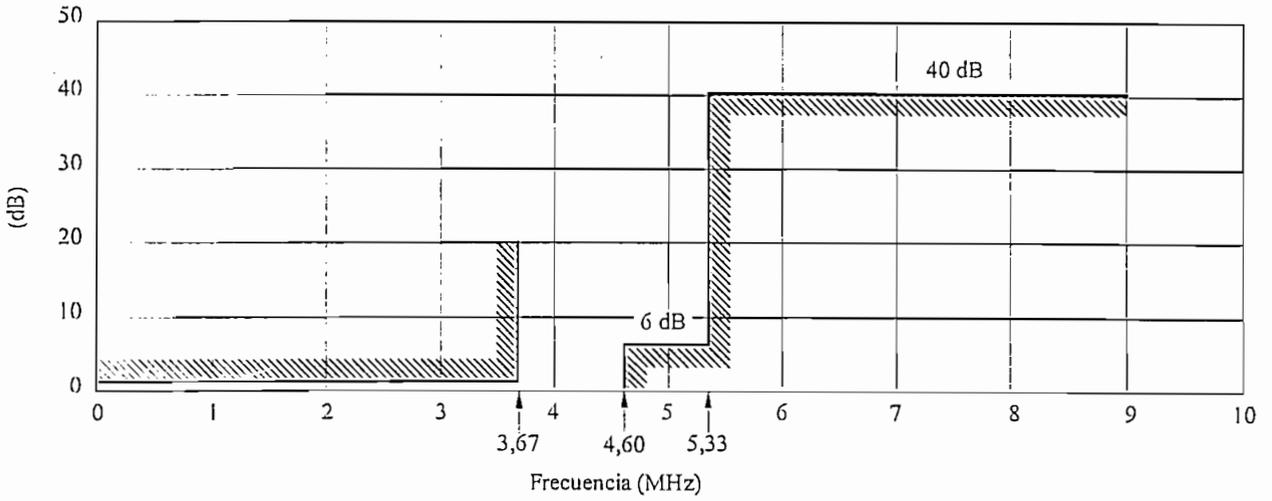


c) Tolerancia para el retardo de grupo en la banda de paso

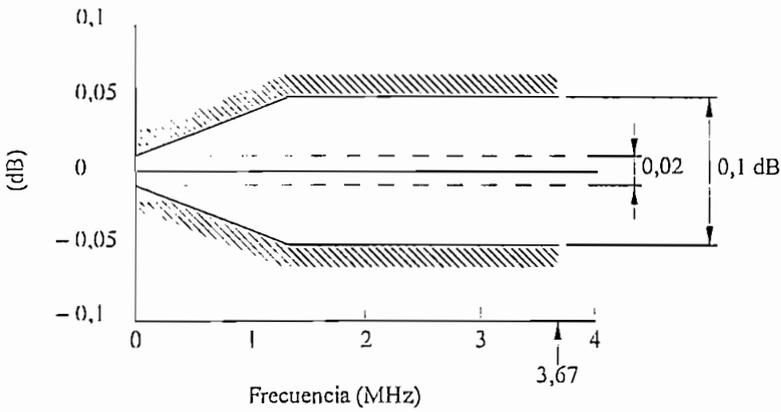
Nota 1 – Los valores más bajos de la escala de ordenadas en b) y c) corresponden a 1 kHz (en vez de 0 MHz).

FIGURA 7

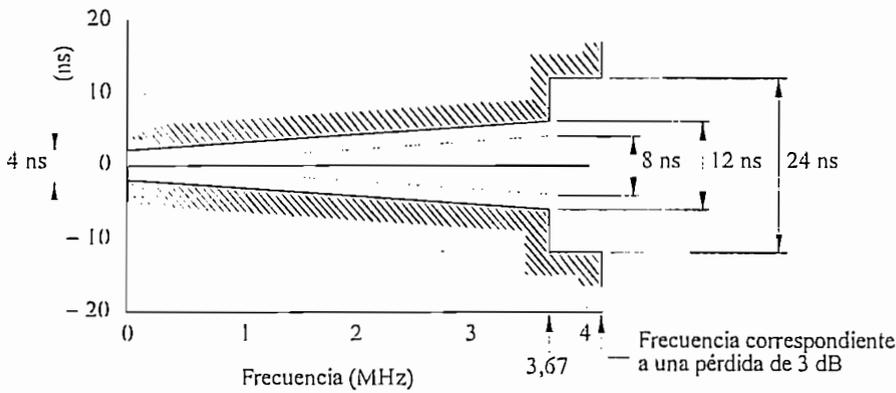
Especificación de un filtro para la señal de diferencia de color, utilizado cuando se muestra a 9 MHz



a) Máscara de la característica de pérdida de inserción en función de la frecuencia



b) Tolerancia para el rizado en la banda de paso

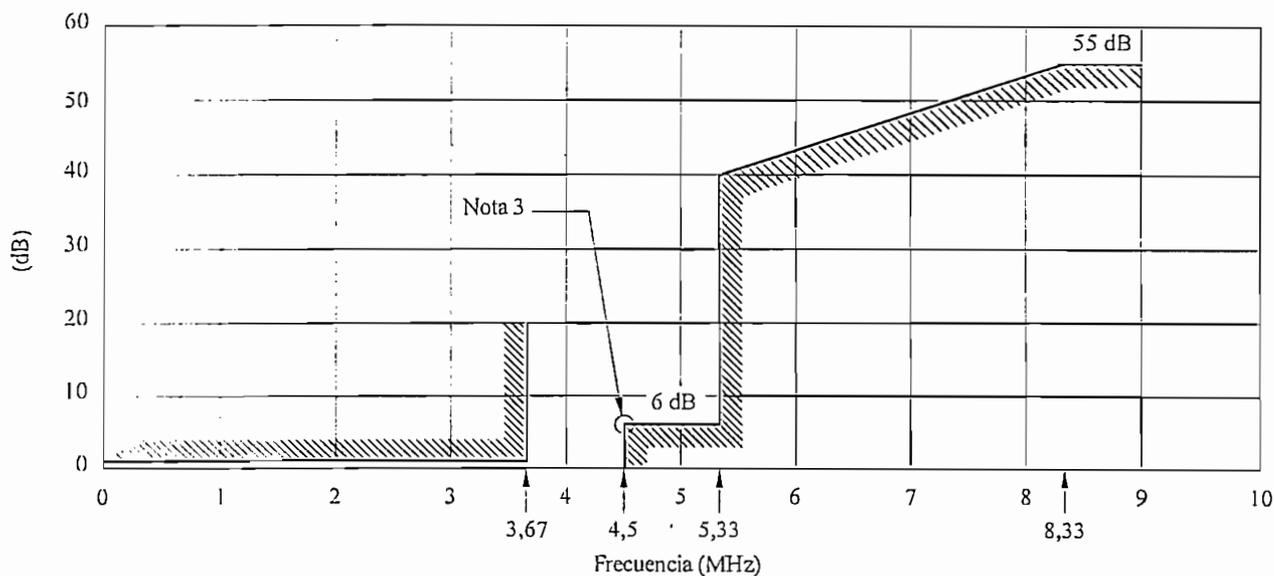


c) Tolerancia para el retardo de grupo en la banda de paso

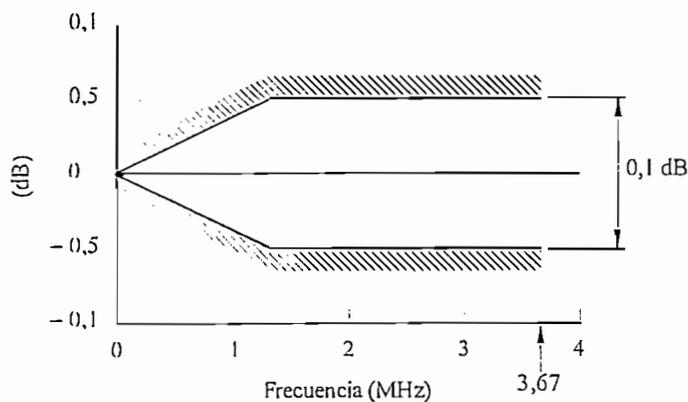
Nota 1 – Los valores más bajos de la escala de ordenadas en b) y c) corresponden a 1 kHz (en vez de 0 MHz).

FIGURA 8

Especificación de un filtro digital para la conversión de frecuencia de muestreo de señales de diferencia de color de relación 4:4:4 a señales de relación 4:2:2



a) Máscara de la característica de pérdida de inserción en función de la frecuencia



b) Tolerancia para el rizado en la banda de paso

Notas relativas a las Figs. 6, 7 y 8:

Nota 1 – El rizado y el retardo de grupo se especifican respecto de sus valores a 1 kHz. Las líneas continuas representan los límites prácticos y las líneas de trazo discontinuo indican los límites sugeridos para el diseño teórico.

Nota 2 – En el filtro digital, los límites prácticos y de diseño son los mismos. La distorsión de retardo es cero, por diseño.

Nota 3 – En el filtro digital (Fig. 8), la característica de amplitud en función de la frecuencia (en escalas lineales) debe ser asimétrica respecto del punto de amplitud mitad, que se indica en la figura.

Nota 4 – En las propuestas para los filtros utilizados en los procesos de codificación y decodificación, se ha supuesto que se introduce la corrección de la característica ($\sin x/x$) del circuito de muestreo y retención en los filtros que van a continuación de la conversión digital-analógica.

3.6 Corrección de errores sin canal de retorno

Introducción

Se necesita la FEC para aprovechar al máximo la potencia y la anchura de banda del satélite y para ofrecer la máxima fiabilidad que sea posible con las limitaciones del sistema. Los principales aspectos que hay que tener en cuenta en lo que atañe al sistema de satélites son:

- a. La perturbación principal es el ruido blanco aditivo de banda ancha.
- b. El retardo de la transmisión es relativamente grande, de unos 250 ms para las órbitas geoestacionarias.

Además, hasta ahora los repetidores de los satélites han estado sujetos a mayores limitaciones de potencia que de anchura de banda, y lo estarán durante los años venideros. Por lo tanto, se dispone de suficiente anchura de banda como para dar cabida a una cierta ampliación de la anchura de banda.

La limitación de la potencia reduce la posibilidad de usar señales fuertes para superar el problema del ruido. Con la codificación se obtiene una ganancia aparente de la intensidad de la señal en comparación con la potencia de ruido debido a la capacidad de las estructuras de código utilizadas para corregir errores. Esta ganancia aparente se conoce como "ganancia de codificación". La Figura 3.34 es una gráfica de la ganancia de codificación.

El retardo de la transmisión del satélite limita el uso de un sistema de solicitud de repetición automática (ARQ) a bajas velocidades de datos porque para la ARQ se necesitan memorias comunes o intermedias capaces de almacenar bloques de datos hasta que se reciba una señal de confirmación del equipo distante. Por ejemplo, un canal soporte de 10 Mbit/s requeriría una memoria capaz de almacenar por lo menos 5 Mbit/s.

Por las razones señaladas, la FEC se usa en los casos en que la información que se va a transmitir se codifique usando secuencias conocidas que permitan una decodificación fiable en el extremo distante. En todos los sistemas codificados, la velocidad binaria hacia el satélite es superior a la velocidad binaria de la información que se alimenta al codificador FEC. La Figura 3.35 muestra la ubicación del codificador y decodificador FEC en una unidad de canal IDF.

3.6 Corrección de errores sin canal de retorno

Introducción

Se necesita la FEC para aprovechar al máximo la potencia y la anchura de banda del satélite y para ofrecer la máxima fiabilidad que sea posible con las limitaciones del sistema. Los principales aspectos que hay que tener en cuenta en lo que atañe al sistema de satélites son:

- a. La perturbación principal es el ruido blanco aditivo de banda ancha.
- b. El retardo de la transmisión es relativamente grande, de unos 250 ms para las órbitas geostacionarias.

Además, hasta ahora los repetidores de los satélites han estado sujetos a mayores limitaciones de potencia que de anchura de banda, y lo estarán durante los años venideros. Por lo tanto, se dispone de suficiente anchura de banda como para dar cabida a una cierta ampliación de la anchura de banda.

La limitación de la potencia reduce la posibilidad de usar señales fuertes para superar el problema del ruido. Con la codificación se obtiene una ganancia aparente de la intensidad de la señal en comparación con la potencia de ruido debido a la capacidad de las estructuras de código utilizadas para corregir errores. Esta ganancia aparente se conoce como "ganancia de codificación". La Figura 3.34 es una gráfica de la ganancia de codificación.

El retardo de la transmisión del satélite limita el uso de un sistema de solicitud de repetición automática (ARQ) a bajas velocidades de datos porque para la ARQ se necesitan memorias comunes o intermedias capaces de almacenar bloques de datos hasta que se reciba una señal de confirmación del equipo distante. Por ejemplo, un canal soporte de 10 Mbit/s requeriría una memoria capaz de almacenar por lo menos 5 Mbit/s.

Por las razones señaladas, la FEC se usa en los casos en que la información que se va a transmitir se codifique usando secuencias conocidas que permitan una descodificación fiable en el extremo distante. En todos los sistemas codificados, la velocidad binaria hacia el satélite es superior a la velocidad binaria de la información que se alimenta al codificador FEC. La Figura 3.35 muestra la ubicación del codificador y descodificador FEC en una unidad de canal IDA.

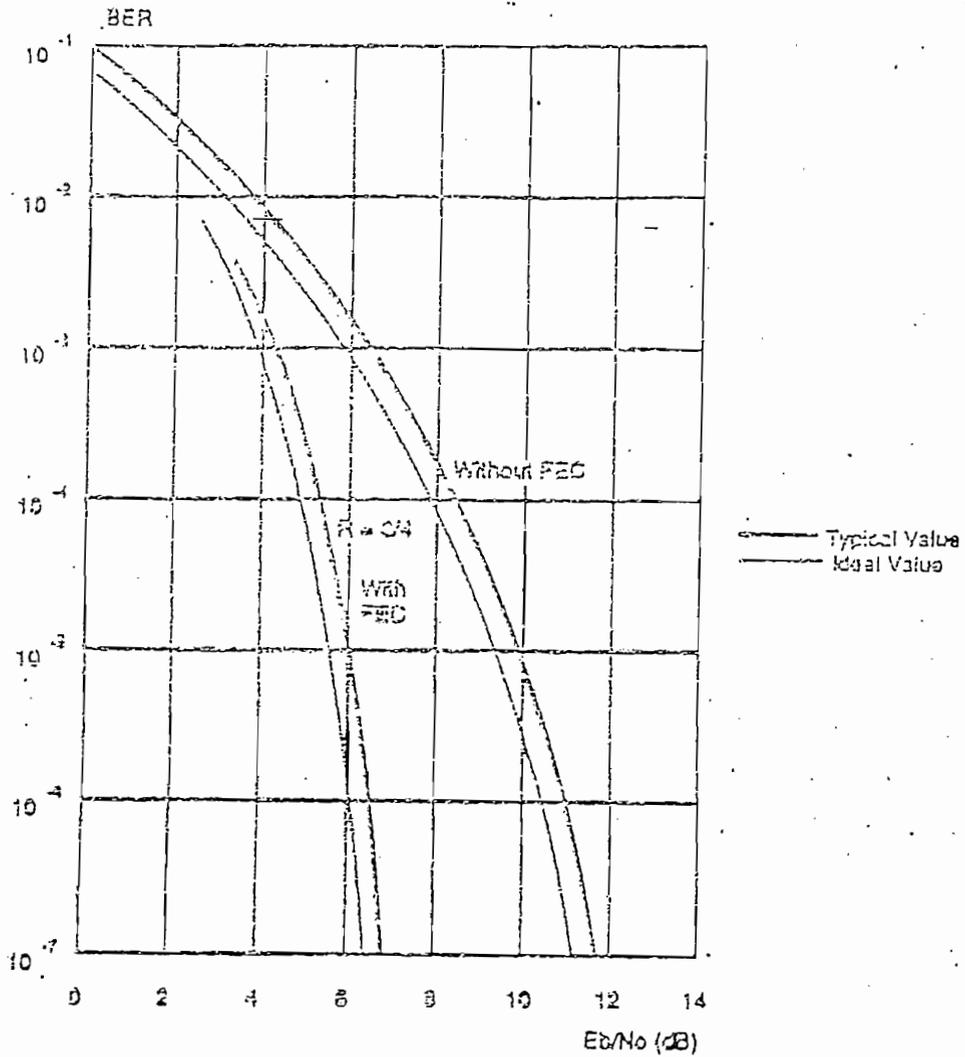


Figura 3.34 Características de la BER con FEC y sin ella

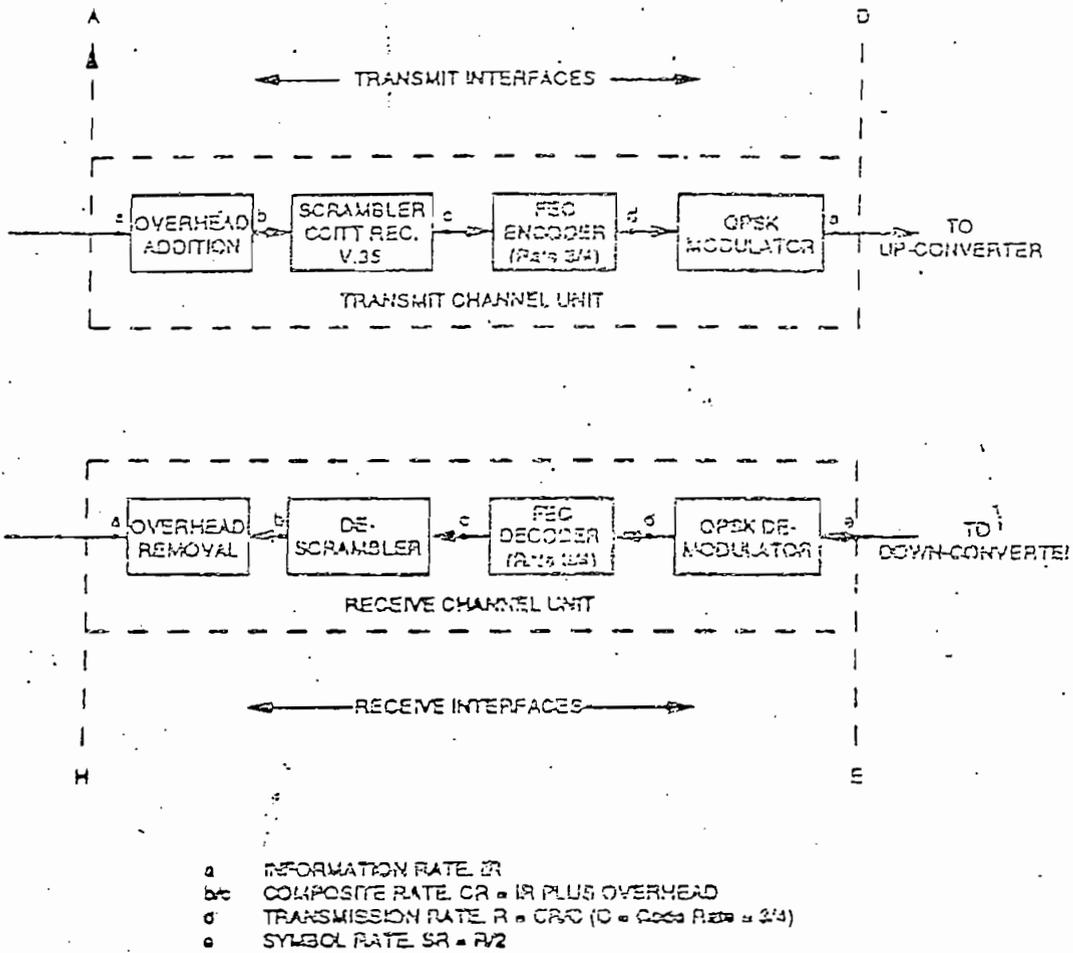


Figura 3.35 Bloque IDR básico

Códigos convolucionales

Código convolucional es aquél que utiliza los datos precedentes para formar el código. Los códigos convolucionales son especialmente útiles para los sistemas donde la información que se va a transmitir llega en serie, en secuencias largas, en vez de en bloques. Los símbolos de información se codifican continuamente en serie.

Método de codificación

Para ello se insertan los símbolos en un registro de desplazamiento (Figura 3.36). Después de cada desplazamiento se obtienen varios símbolos codificados mediante suma binaria (la suma binaria, o módulo 2, es una suma en la que no se llevan cantidades, es decir, $1+0+0 = 1$, $1+1+0 = 0$, etc.) del contenido de etapas seleccionadas del registro de desplazamiento. Cada etapa del registro de desplazamiento tiene un dígito binario que actúa conforme a los bitos de generación de códigos conocidos como polinomios operativos G1 y G2 (un polinomio es una expresión algebraica de tres términos como mínimo). El número (n) de símbolos codificados a la salida por bitio de información da la velocidad de codificación ($1/n$); por ejemplo, $1/2$ ó $3/4$.

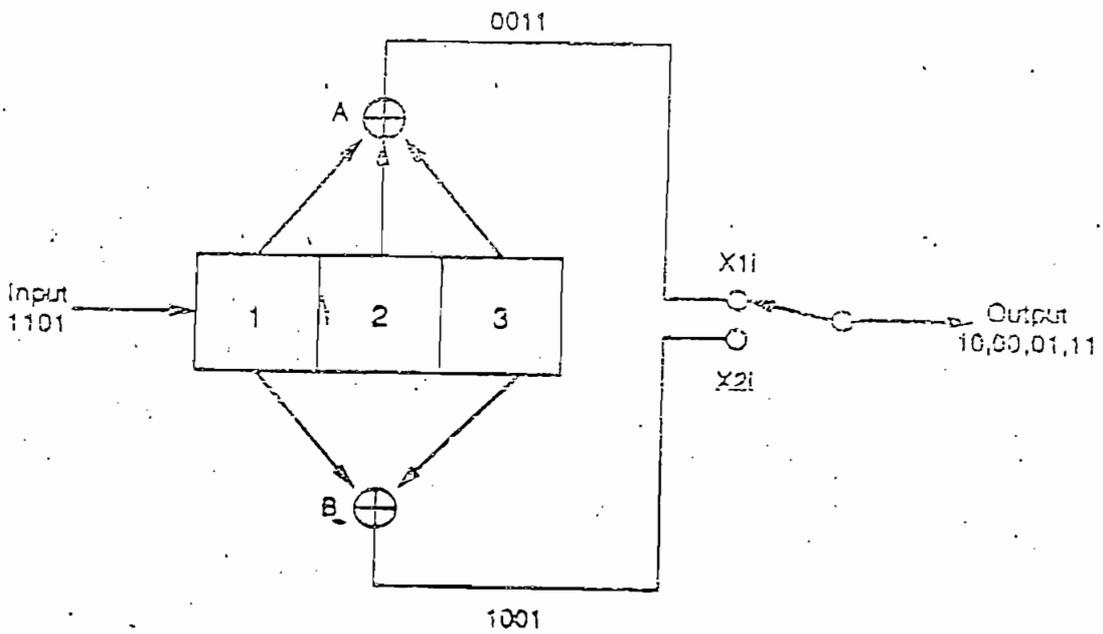


Figura 3.36 Codificador simplificado

La Figura 3.36 muestra un codificador sencillo de velocidad $1/2$ con un registro de desplazamiento de tres etapas. El número de etapas del registro se conoce como longitud limitativa (k) del codificador. La salida codificada se toma de $X1i$ y $X2i$ alternadamente a través del conmutador. En este caso, los polinomios de generación de códigos son:

$$\text{Polinomio } G1 = 111 \text{ (A)}$$

$$\text{Polinomio } G2 = 101 \text{ (B)}$$

Tal como se indica en la Figura 3.36, y suponiendo que cuando el codificador comienza a trabajar se encuentra en el estado de "todos ceros", los primeros cuatro bits 1011 producen una salida de 11, 10, 00 y 01, respectivamente. Resulta claro que la salida correspondiente a cada nuevo bit de entrada depende de los dos bits de entrada anteriores, que están almacenados en el registro de desplazamiento.

Los bits de salida pueden derivarse también del diagrama en celosía (Figura 3.37), que ha sido trazado en forma tal que coincida con la generación de códigos para el codificador de la Figura 3.36. La celosía comienza en el estado de todos ceros, nodo a, en el momento $t = 0$. Se efectúan transiciones correspondientes al bit de entrada. Estas transiciones se indican por medio de una línea entera si hay un "0" a la entrada y una línea de rayas si hay un "1" a la entrada. Los bits de salida obtenidos se indican junto a la transición.

Los cuatro estados (a) a (d) equivalen a las condiciones de las etapas 1 y 2 del registro de fase antes de la inserción del bit siguiente.

$$a = 00, b = 10, c = 01, d = 11.$$

Cada bit de entrada al codificador señalado está representado por dos bits de salida. La ubicación de dos bits de salida cualesquiera en la celosía se puede determinar sobre la base de los pares de bits precedentes y siguientes, que dependen de los bits de entrada precedentes y siguientes. Evidentemente, la capacidad de codificador y del decodificador para corregir errores mejora al aumentar el número de bits de entrada que influyen en los pares de bits de salida del codificador. Para ello se incrementa la longitud limitativa del codificador. Sin embargo, con una longitud limitativa superior a 8, la mayoría que se logra es escasa.

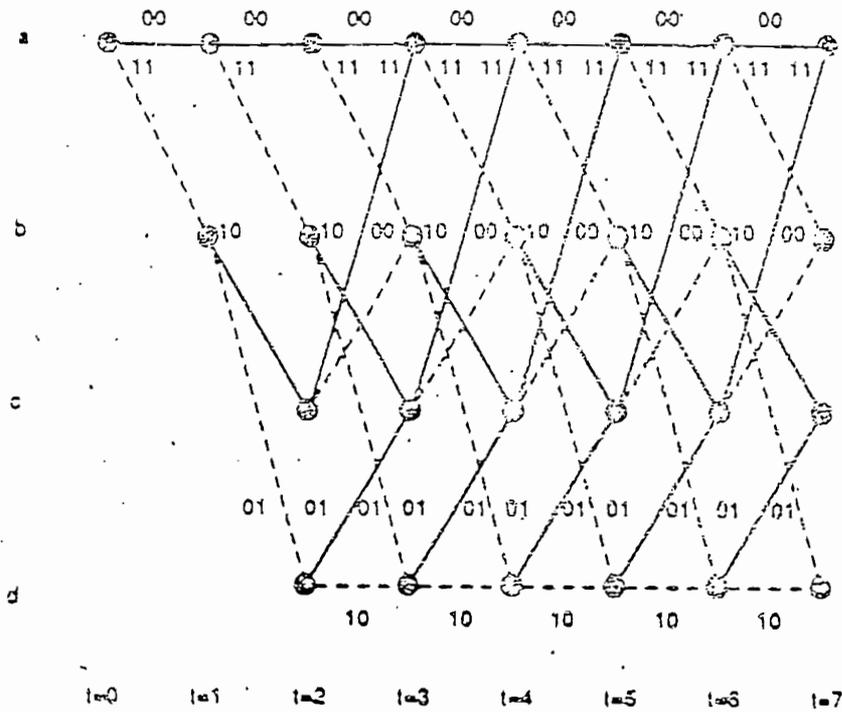


Figura 3.37 Diagrama en celosía

ANEXO 4

Funcionamiento del descodificador diferencial

El descodificador funciona de la siguiente manera:

Supongamos que la secuencia de los bits de entrada al codificador diferencial es 1001. Se supone que el bitio que el codificador ha transmitido previamente es un "1". Este bitio se compara con el primer bitio de entrada. Si son iguales, se transmite un "0"; si son diferentes, se transmite un "1". La norma de la codificación es: el bitio que se transmite a continuación es el XOR (O excluyente) del bitio transmitido previamente y el bitio de entrada.

En el receptor, los bitios de salida del desmodulador son descodificados diferencialmente comparando los bitios contiguos. Si son iguales, el bitio fuente era un "0"; si son diferentes, el bitio fuente era un "1".

La Figura 3.40 es un diagrama de bloques de un codificador diferencial y muestra la salida correspondiente a la secuencia de bits asociada.

Suponiendo que $S_{n-1} = 1$

Entrada (A) 1011

Salida (S) 10010

Sin ambigüedad, la salida del descodificador para la entrada del codificador mencionado será:

Salida del desmodulador 10010

Salida del descodificador 1011

Con una ambigüedad de fase de 180° , la salida del descodificador será:

Salida del desmodulador 01101

Salida del descodificador 1011

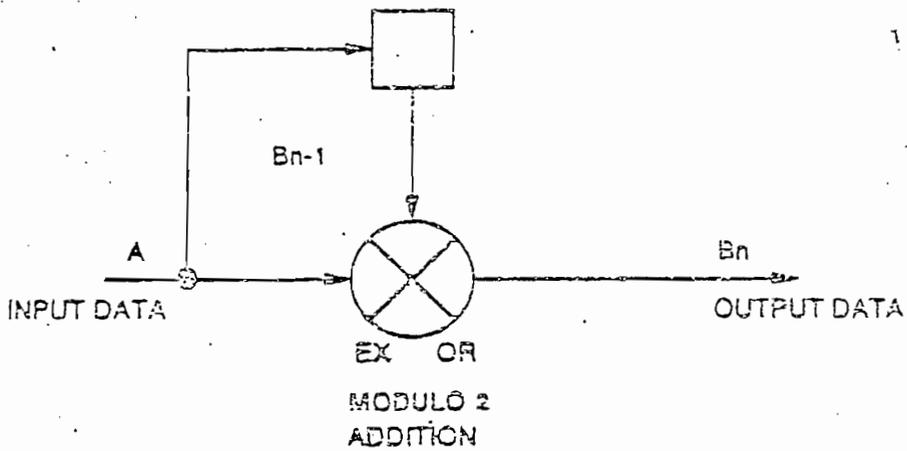
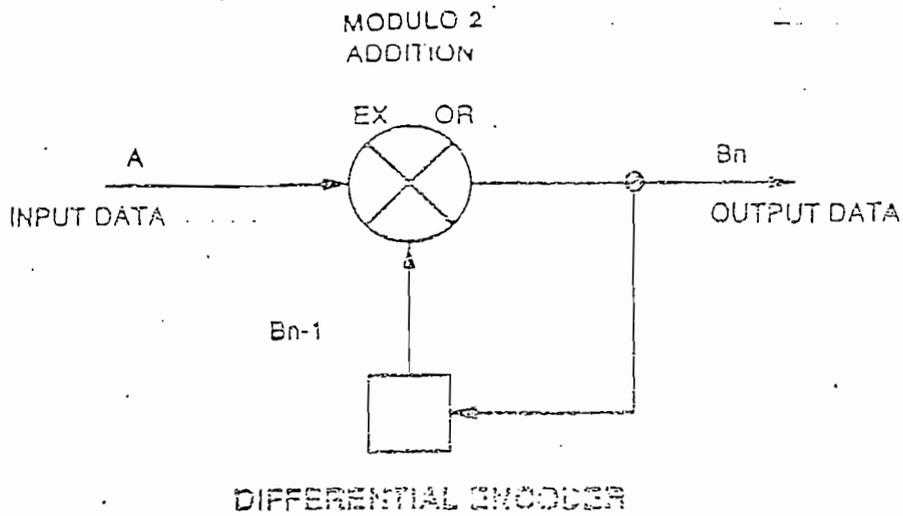


Figura 3.40 Codificador diferencial

Descodificación Viterbi Por definición, la descodificación de máxima probabilidad entraña una comparación de la secuencia recibida con todas las posibles secuencias transmitidas antes de tomar una decisión en cuanto a la secuencia correcta. Por lo tanto, para descodificar una secuencia binaria larga de n bits, el descodificador tendría que comparar todas las secuencias diferentes 2^n que pudiesen haberse transmitido. Debido a este aumento exponencial de la tarea de descodificación con la longitud de la secuencia, la descodificación de máxima probabilidad es difícil de poner en práctica y, en consecuencia, se usa muy poco.

La estructura en celosía

Considerando la posibilidad de usar la estructura en celosía para el código mostrado en la Figura 3.41, Viterbi propuso una forma más sencilla de descodificación que produce una métrica para cada trayecto posible. Al comparar las secuencias entrantes con los trayectos posibles en la celosía y dar un peso acumulativo a cada posible transición, se puede obtener el trayecto más aproximado a la secuencia transmitida. Los trayectos con el mayor peso en cada nodo se descartan después de cada transición, reduciendo así el número de posibles trayectos a un nivel manejable. Aunque esto no es "descodificación de máxima probabilidad" en el verdadero sentido de la frase, los resultados que se obtienen son idénticos.

Distancia Hamming

Del diagrama de celosía de la Figura 3.41 se deduce que salen dos trayectos de cada nodo. Cada uno de estos dos trayectos es ponderado mediante una comparación del par de bits recibidos con el par de bits producidos por cada trayecto, y se selecciona como trayecto sobreviviente el que tenga el menor peso acumulado en cada nodo del nivel siguiente. Por el momento examinaremos únicamente una técnica de descodificación binaria (de decisión rígida) en la cual el peso será la "distancia Hamming".

Para calcular la "distancia Hamming" se comparan los dos pares de bits, es decir, el par de datos entrante y uno de los pares de datos de transición. Por cada bitio diferente se asigna un valor de 1 (decimal), tal como se indica en la Figura 3.41:

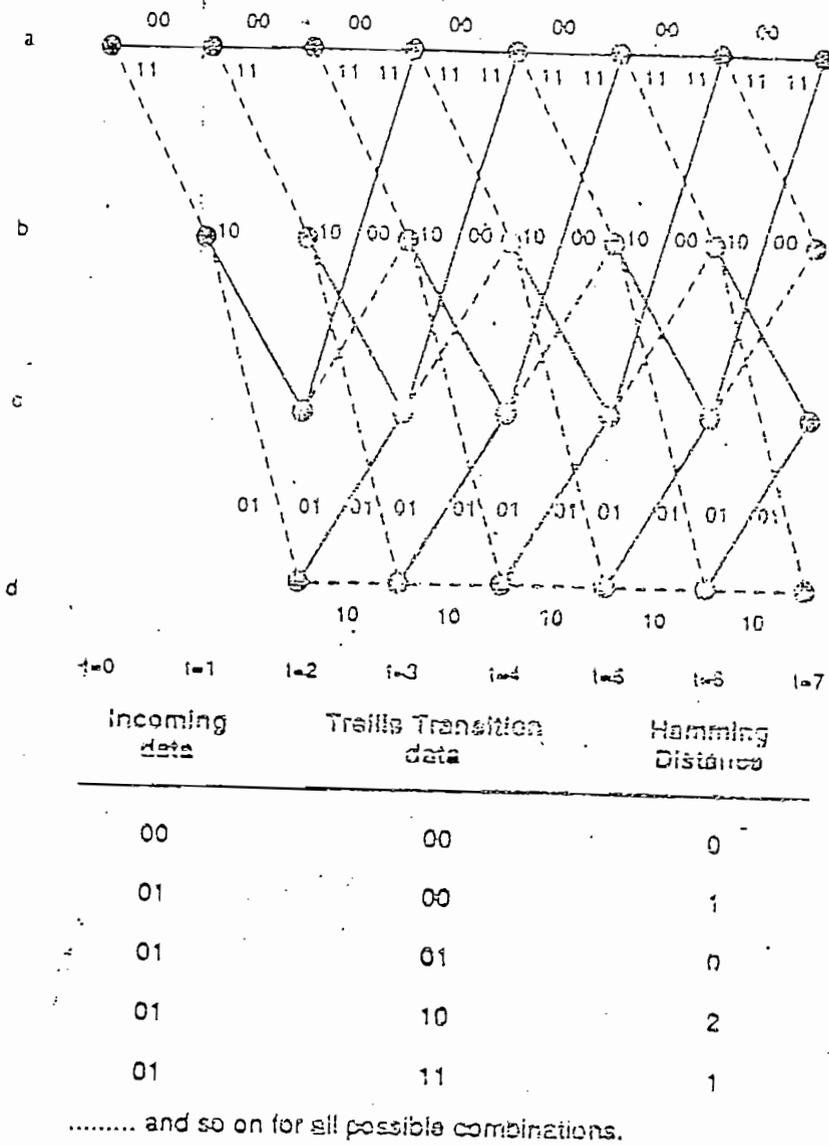


Figura. 3.41 Diagrama en celosía y distancias Hamming

Estos pesos se acumulan en relación con cada trayecto. En cada nodo se selecciona como trayecto sobreviviente el que tenga el valor más bajo (distancia Hamming), y se rechaza el otro. Si dos trayectos tienen el mismo peso, el sobreviviente se elige aleatoriamente. Conservar ambos trayectos no presenta ninguna ventaja.

Por lo tanto, en cada paso las extensiones aumentan el número de trayectos en un factor de 2, mientras que las comparaciones reducen ese número en un factor de 2, con lo cual se obtiene un número constante de trayectos sobrevivientes (véase la Figura 3.42).

Tras varios pasos por el diagrama en celosía se observará que todos los trayectos sobrevivientes tienen una raíz común. Esta raíz es la que más probabilidades presenta de ser la secuencia transmitida, tal como se indica en la Figura 3.43. Como tal, se descodifica y los datos recuperados pasan al punto de salida.

El descodificador Viterbi funciona siempre hacia adelante, sin retroceder. Un paso de descodificación comprende sólo la determinación del paso de la rama y del peso total acumulado, la comparación de cada par y la selección del trayecto apropiado. Estas operaciones son idénticas en todos los niveles, y como deben ejecutarse en todos los estados, la complejidad del descodificador es proporcional sólo al número de estados. Por consiguiente, la complejidad aumenta en forma exponencial con la longitud limitativa. En la práctica, ello limita la descodificación Viterbi a los códigos convolucionales de longitud limitativa corta ($k < 8$).

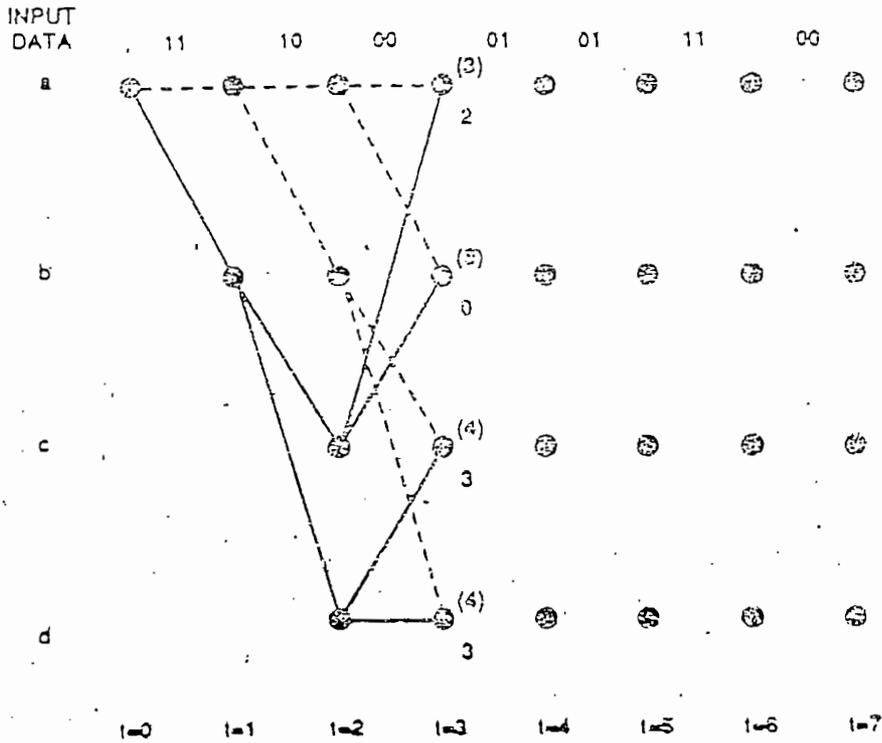


Figura 3.42 Secuencia de descodificación hasta $T = 3$

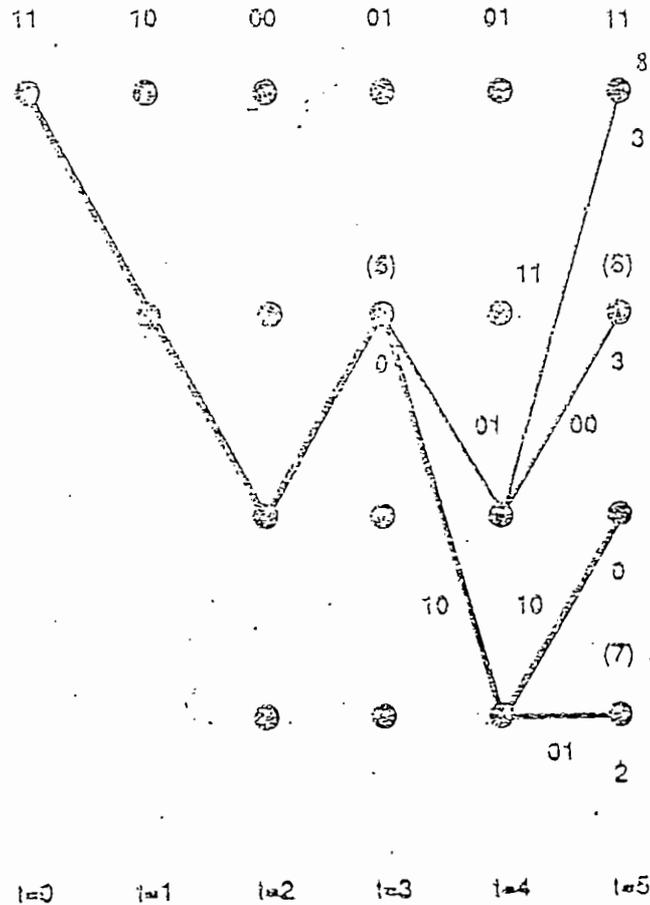


Figura 3.43 Proceso de descodificación paso a paso

Ejemplos de descodificación Viterbi

Consideremos, por ejemplo, la descodificación Viterbi para el código de relación 1/2 con $K = 3$ señalado anteriormente, con la secuencia de entrada 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0.

La secuencia de salida correspondiente será 11, 10, 00, 01, 01, 11, 00, representada por el trayecto de línea gruesa en el diagrama en celosía de la Figura 3.43.

La Figura 3.42 muestra la secuencia de descodificación hasta $t = 3$, suponiendo que el codificador estaba inicialmente en el estado de todos ceros. Los trayectos no sobrevivientes están representados por la línea de rayas. Se indica el peso acumulado de cada segmento. El peso de los trayectos no sobrevivientes se indica entre paréntesis.

La Figura 3.43 presenta el seguimiento de los estados hasta el intervalo de tiempo $t = 5$. Se indican los "pesos Hamming" correspondientes a cada trayecto. Se conserva el trayecto con la "distancia Hamming" mínima (línea gruesa), en tanto que los demás se omiten. Tal como puede verse, la "distancia Hamming" mínima correspondió al trazo del tren de datos recibidos 11 10 00 01 01.

Supongamos que durante la transmisión se introduce un error como el de la Figura 3.44, es decir:

Datos transmitidos 11 10 00 01 01
Datos recibidos 11 10 10 01 01

donde el tercer par de bits se transmite como 00 pero se recibe como 10. Como puede verse en la Figura 3.44, al descartar los trayectos no sobrevivientes y sus raíces, el trayecto correcto se descodifica hasta $t = 5$ a pesar del error introducido.

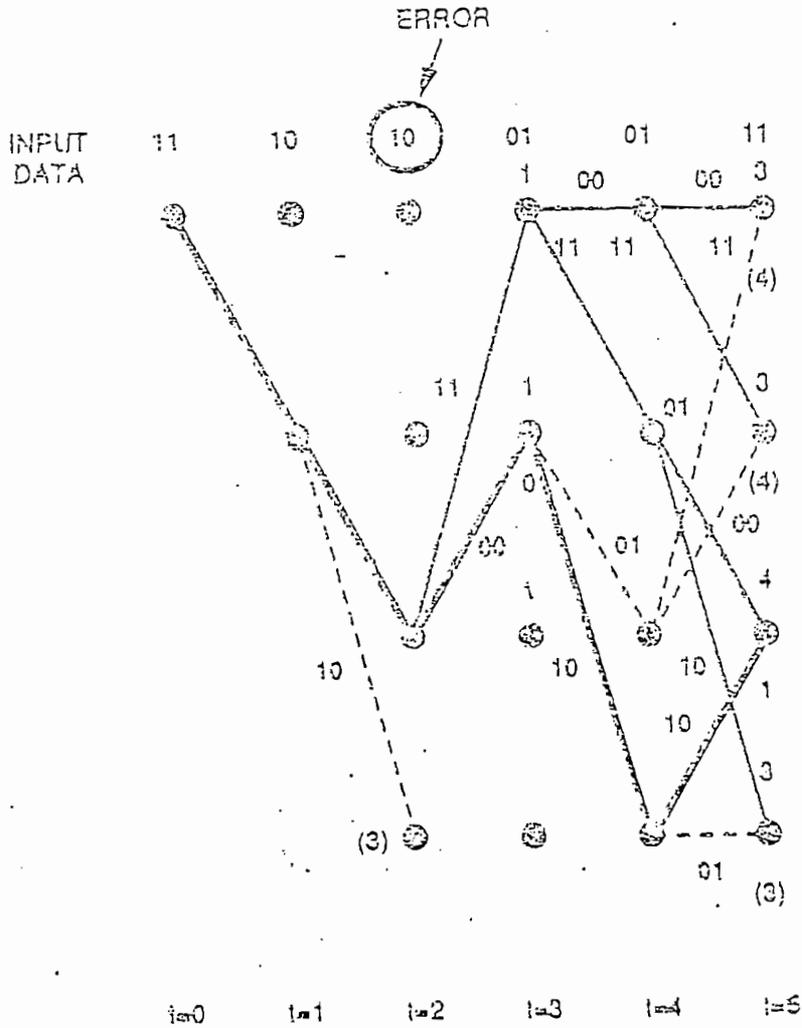


Figura 3.44 Secuencia de descodificación con la introducción de un error

El descodificador Viterbi en la práctica: Memoria del descodificador

Como ya se dijo, antes de trazar el trayecto correcto por el diagrama en celosía hay que ejecutar varios pasos de descodificación. Por lo tanto el descodificador debe ser capaz de almacenar los datos sobre los trayectos y los pesos acumulados correspondientes a cada trayecto del diagrama en celosía, para el número suficiente de niveles, a fin de que el único trayecto sobreviviente resulte evidente. Por medio de una simulación se ha determinado que en la mayoría de los casos basta con una memoria capaz de conservar estos datos para 4.000 ó 5.000 niveles del diagrama en celosía.

Si la memoria está llena y no se dispone de un único trayecto sobreviviente, se selecciona el trayecto sobreviviente con el menor peso acumulado.

La capacidad de la memoria en el descodificador determina la duración del lapso que transcurre desde que la secuencia codificada se alimenta al descodificador hasta que el bitio de información correspondiente aparece a la salida.

El descodificador Viterbi en la práctica: Descodificación de decisión flexible

En el proceso de descodificación precedente hemos usado la "distancia Hamming" para determinar el peso de cada trayecto en el diagrama en celosía. Eso es posible únicamente con la descodificación de decisión rígida (en la decisión rígida, un 1 es un 1 y un 0 es un 0, sin ninguna ambigüedad). Para todos los descodificadores que se usan con las DT se emplea la descodificación de decisión flexible (distintos niveles de 1 y 0).

Debido a la presencia de ruido blanco en la entrada al desmodulador, los bitios de salida no aparecen como "unos" o "ceros" claramente definidos, sino en un nivel arbitrario entre ambos. Normalmente se supone que si la señal de salida excede de un nivel preestablecido, se considera como un "1", y si se encuentra por debajo de dicho nivel, se considera como un "0". Por lo tanto, la señal ha sido cuantificada empleando un método de cuantificación de dos niveles, que se denomina de "decisión rígida".

A fin de aumentar la eficiencia del descodificador Viterbi cuando hay ruido blanco, se cuantifica la salida del desmodulador empleando ocho niveles y asignando un código de tres bitios por cada bitio de información. En consecuencia, los pares de bitios de información utilizados para calcular el peso de los trayectos en el diagrama en celosía se representan por medio de una palabra de código formada por seis bitios.

Por lo tanto, lo único que expresa la decisión en cuanto a si un bitio recibido era un "1" o un "0" es el trayecto sobreviviente del diagrama en celsía. Eso se llama "descodificación de decisión flexible".

La descodificación de decisión flexible mejora la ganancia de codificación del sistema en unos 2,5 dB en comparación con el método de decisión rígida.

ANEXO 5

3 PRINCIPIOS DEL MODEM

Modulación La modulación es el proceso mediante el cual se modifican las características de una forma de onda en conformidad con otra señal. Una sinusoides posee tres características que pueden utilizarse para distinguirla de otras: amplitud, frecuencia y fase. Para las transmisiones radiofónicas, la modulación consiste básicamente en variar la amplitud, la frecuencia o la fase de una portadora de radiofrecuencia (rf) en conformidad con la información que se habrá de transmitir. La Figura 3.1 contiene ejemplos de formatos de modulación digital para la modulación por desplazamiento de fase (PSK), la modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) y la modulación por desplazamiento de amplitud (ASK), así como para una combinación de PSK y ASK conocida también como modulación de amplitud en cuadratura (QAM). Como se observa en la Figura 3.1, en el caso de la llamada señalización PSK M-valente (MPSK), el procesador acepta k bits de la fuente de cada vez, y ordena al modulador que produzca uno de varios tipos de forma de onda $M = 2^k$ que están disponibles. En la práctica, M corresponde generalmente a una potencia de dos distinta de cero (2, 4, 8, 16, ...).

En un sistema de transmisión, cuando el receptor utiliza la referencia de fase de la onda portadora para detectar la información, ello se denomina detección coherente. De lo contrario, se considera que la detección no es coherente. En un sistema ideal de detección coherente, en el receptor se dispondría de prototipos de todas las señales entrantes posibles. Estas formas de onda prototipo darían una réplica exacta de la señal, copiando incluso su fase de RF, y luego el receptor se enclavaría en fase con el transmisor. Durante la detección, el receptor correlacionaría la señal entrante con cada una de las réplicas prototipo.

Muchos de los formatos de modulación no se prestan para las comunicaciones por satélite. Las no linealidades de los transpondedores y los efectos de rendimiento de potencia generalmente exigen que el formato de la modulación tenga una envolvente constante, excluyendo así el formato ASK. Los métodos más interesantes serían el PSK y una versión del FSK de fase continua denominada modulación por desplazamiento mínimo.

La modulación por desplazamiento de fase bivalente o BPSK es la forma más simple de PSK, en la que el desplazamiento de fase varía con cada nuevo bitio de datos. En este caso, un código fuente binario se correlaciona bitio por bitio con un par de estados de fase, cuya diferencia de fase es de 180 grados.

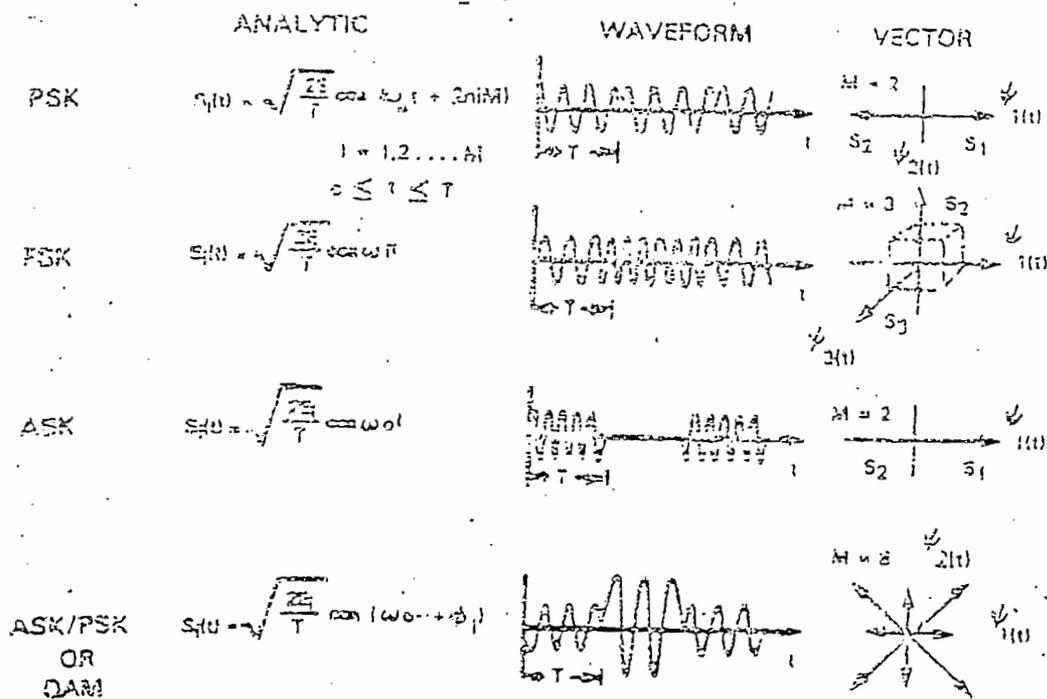


Figura 3.1 Formatos de la modulación digital

3.1 QPSK

La modulación cuadrifásica o QPSK codifica cada par de bits en una de cuatro fases, según se describe en la Sección 2.1.

En la Figura 3.2 se muestra un modulador PSK típico. Los trenes de datos entrantes (1) se transforman en dos señales analógicas de múltiples niveles (2) a la entrada del convertidor D/A, que también se encarga de procesar las señales. Las amplitudes de cada una de estas dos señales varían en función de $A_x \text{ Sen } \theta_k$ y $A_x \text{ Cos } \theta_k$, de manera que se correlacionan con el punto vectorial k . Luego se pasan las señales por un filtro de paso bajo para perfilarlas por corte progresivo coherencial en (3) y modular las portadoras, que se disponen en forma tal que su relación de fase sea en cuadratura. Estas dos portadoras moduladas se suman para obtener una portadora modulada (5). Mediante este proceso se transforma la señal digital de banda base en una señal LF modulada.

Un módem digital en el extremo receptor emplea la detección coherente con decisión por muestreo instantáneo. En la Figura 3.3 aparece un desmodulador típico. La banda de la señal recibida (1) se limita en el filtro de pasabanda (2) y se divide en dos señales (3), que son detectadas en forma coherente por el circuito de recuperación de la portadora local, que a su vez proporciona dos señales relacionadas en cuadratura. Las señales detectadas (4) se hacen pasar por un filtro de paso bajo a fin de restablecer las señales de datos (5). Cada una de las señales desmoduladas tiene una amplitud $A_x \text{ Sen } \theta_k$ y $A_x \text{ Cos } \theta_k$, que corresponde a la posición vectorial de la señal entrante. El convertidor A/D transforma estas señales en las señales de datos originales (6). El funcionamiento de este desmodulador exige disponer de un circuito de recuperación de la portadora y de un circuito de restablecimiento de la temporización de los símbolos.

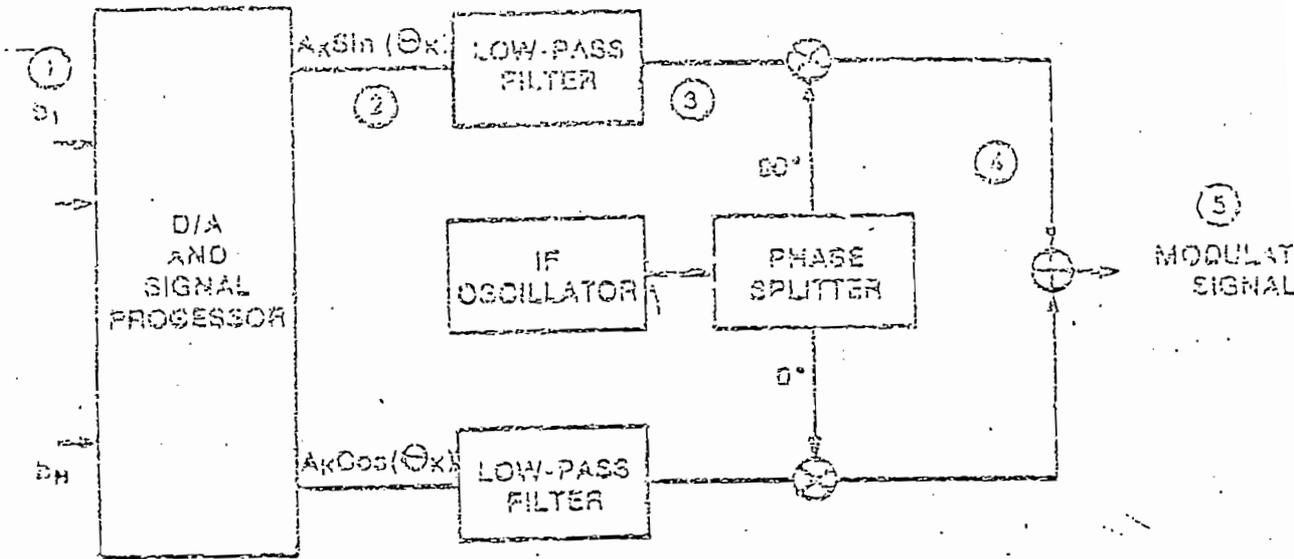


Figura 3.2 Diagrama de bloques de un modulador PSK

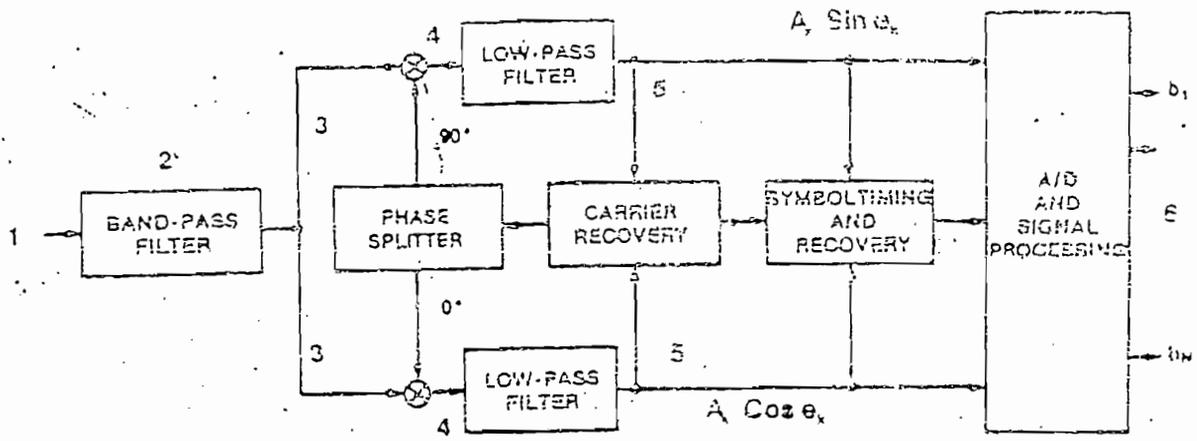
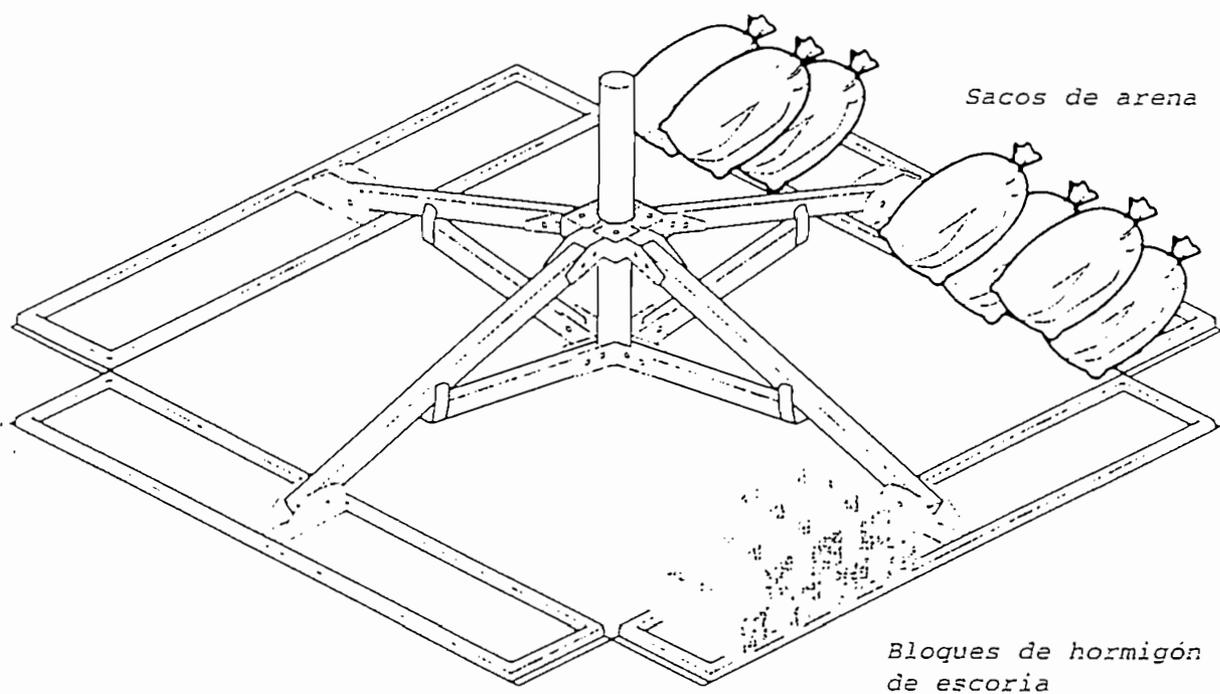


Figura 3.3 Diagrama de bloques de un desmodulador PSK

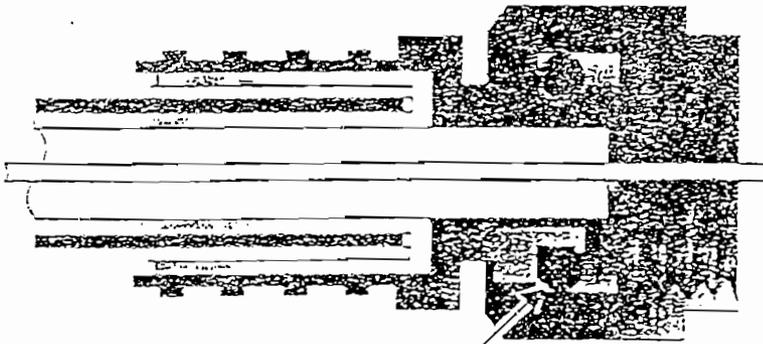
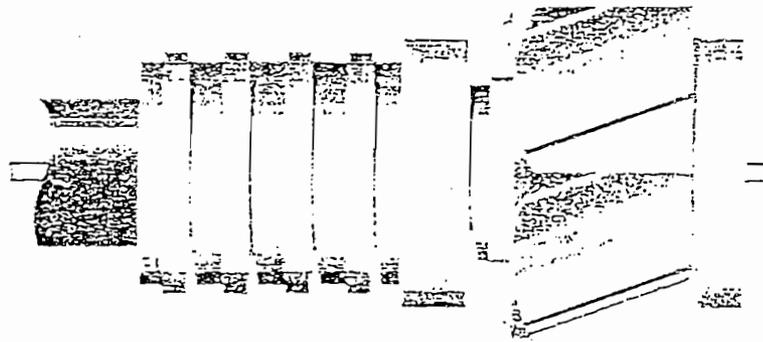
ANEXO 6



Sacos de arena

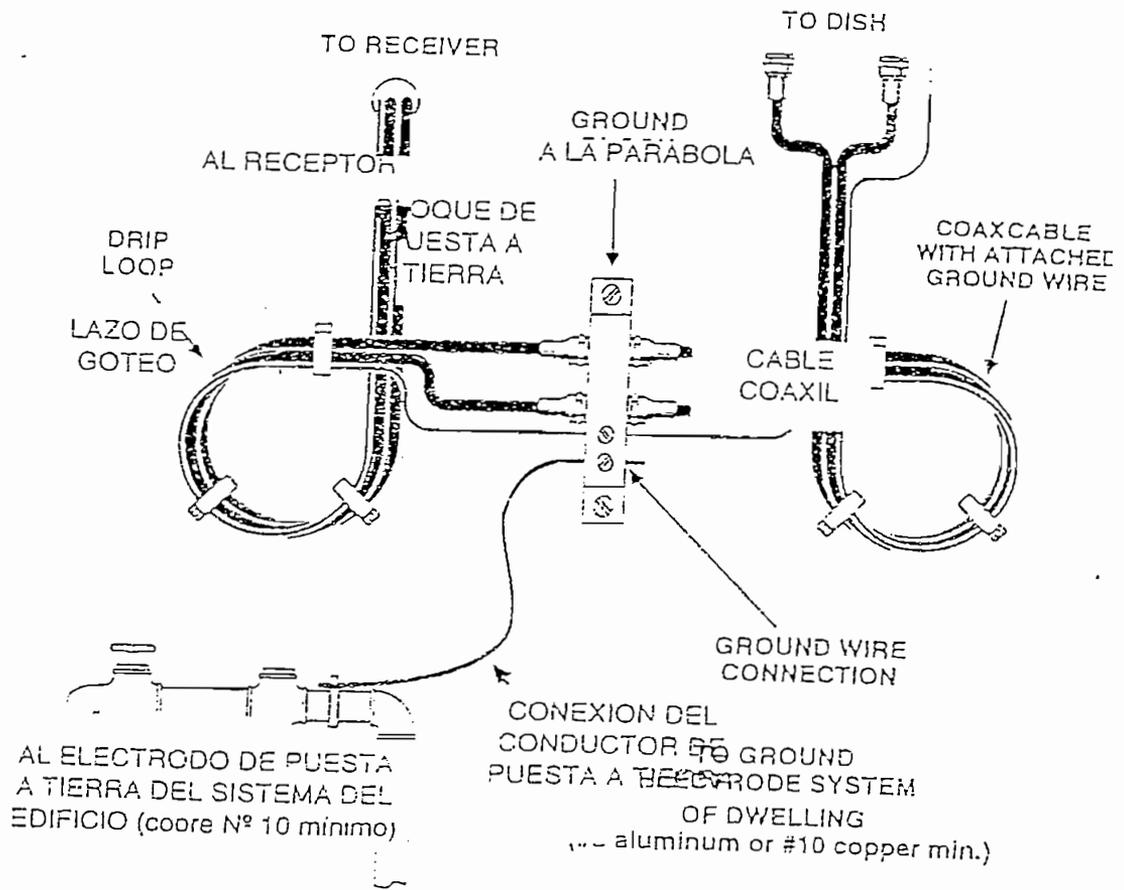
Bloques de hormigón de escoria

Gráfica 1.- Tipos de Equilibrador

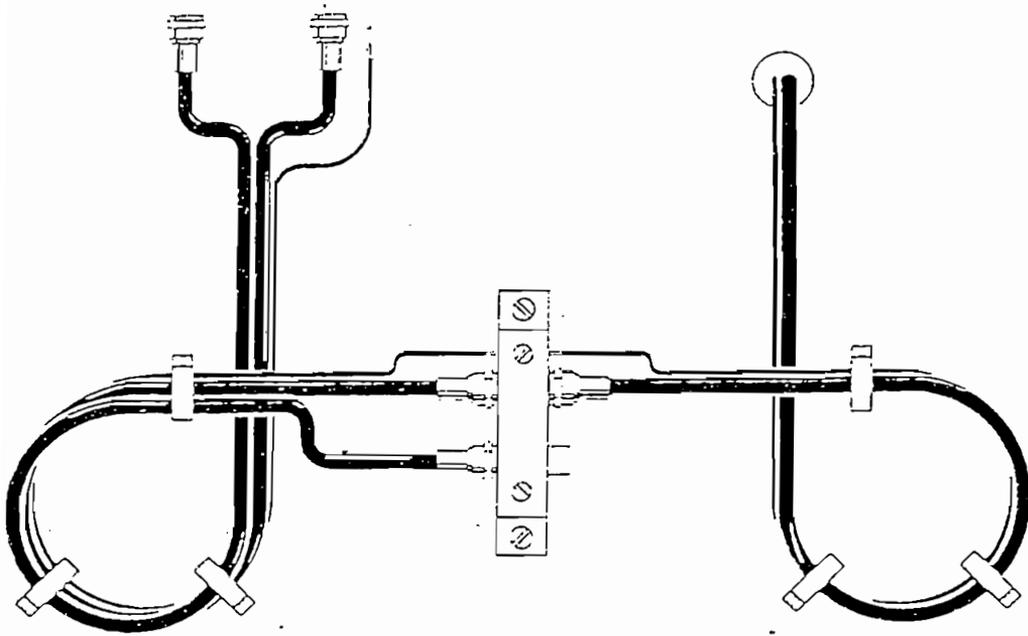


SELLO IMPERMEABLE

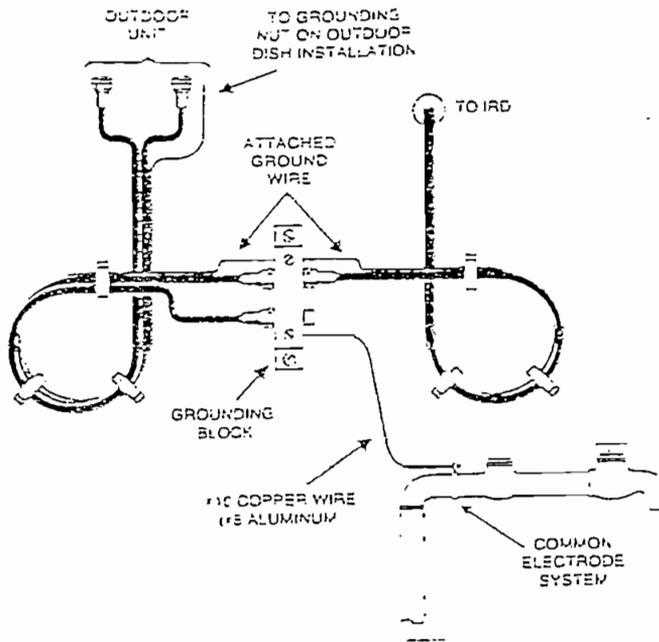
Gráfica 2.- Conector F a prueba de interperie



Gráfica 3.- Bloque de puesta a tierra y lazos de goteo del cable coaxial



Gráfica 4.1.- Bloque de tierra



Gráfica 4.2.- Conexion del bloque de tierra