



*UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO*

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES.

*Cálculo de potencia y área de servicio para un sistema
transmisor digital terrestre ATSC y su aplicación en TV
UNAM*

TESIS

*que para obtener el título de Ingeniero en Telecomunicaciones
presentan:*



María del Rocío Flores Marín



Selene Pérez García

Director de tesis: Ing. Vicente Sánchez Luna



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM, nuestra máxima casa de estudios por permitirnos ser parte de su programa de estudios a lo largo de nuestra formación media superior y superior, nos abrigó en sus instalaciones y nos brindó sus principios. Por poner en nuestro pecho el azul y oro, y el orgullo de ser universitarios.

Nuestro más amplio agradecimiento para nuestro director y subdirector de tesis Ing. Vicente Sánchez Luna e Ing. Arturo Landeros cuyo invaluable y generoso apoyo e interés hicieron posibles la realización de este trabajo de tesis. Gracias por su paciencia, comprensión y dedicación.

A los profesores de la facultad; por contribuir a nuestro aprendizaje y formación académica, por su dedicación a la enseñanza, sin recibir nada a cambio, por transmitirnos su experiencia y conocimientos.

A TV UNAM por permitirnos usar sus instalaciones, un especial agradecimiento al Ing. Gerardo Díaz, Ing. Daniel, Ing. Miguel y su equipo de trabajo por transmitirnos sus conocimientos, instarnos a terminar y apoyarnos durante el proceso de este trabajo, pero sobre todo por su amistad, comprensión y dedicación.

Así mismo deseamos expresar nuestro reconocimiento a nuestros sinodales Dra. Fatima Moumtadi, Dr. Víctor Garduño, Dr. Miguel Moctezuma y al Ing. Jesús Reyes García por las valiosas aportaciones que nos hicieron para mejorar la presente tesis.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A mi papá por ser un ejemplo a seguir en el transcurso de mi vida tanto profesional como personalmente, me diste todo tu apoyo, comprensión y cariño durante toda mi vida, gracias a eso pude terminar mi carrera y alcanzar mis metas y sueños, eres el mejor papá del mundo.

A mi mamá por todo tu amor, eres una gran madre y mujer, un ejemplo a seguir, espero poder alcanzar todo lo que tú has alcanzado, tener la sabiduría para mantener unida a nuestra familia, por amarnos tal cual somos y aconsejarnos en todo momento, gracias por todo.

A mis hermanos Vero, Ángel y Gerardo por su comprensión, cariño y apoyo, los quiero mucho.

A Or. por estar conmigo todos estos años en las buenas y en las malas, me apoyaste en todo momento y me brindaste tu amistad y tu amor, te amo mucho.

A Rocío porque hicimos el mejor equipo de trabajo durante toda la carrera y hasta el final, porque siempre sigamos siendo amigas.

Gracias, los quiero mucho

Selene Pérez García.

A mi padre:

Por sembrar en mi no sólo la semilla de la vida, también la del conocimiento y superación, pero sobre todo la del amor.

Gracias por todo lo que pudiste darme, porque aunque no lo sepas me enseñaste más de lo que tu crees...

A mi madre:

Por se la mujer más fuerte, tenaz y maravillosa del mundo. Por siempre estar ahí cuando te necesito sin pensarlo, por ser no sólo mi madre si no mi amiga.

Por que gracias a ti soy la mujer ves, y por ti somos la familia que somos, gracias por ser simplemente la mejor mamá...

A mi familia:

Mis hermanos (Jaime y Hugo), a mis tíos (Gerardo, Chava, Toña y Mireya), a mi prima casi hermana (Flaca), a mi abuelita, a mis primos y primas; gracias por todo el apoyo, por esos momentos de felicidad, por estar ahí cuando los necesité, pero sobre todo por pertenecer a la mejor familia la mía...

A mis amigos:

Chipule, Banano, Emmanuel, Alex, César, por ser parte de mi vida, de llenarla de alegría y comprensión, por su complicidad en las borracheras y en las malas rachas; por ser los mejores amigos gracias por todo...

A mis amigas:

Selene, Norma, Lola, Yessica, Vero, Naye, Mela y Carla, por defender los colores universitarios a capa y espada, por ser el mejor equipo, por llenar mi vida de alegría, por ser más que amigas, gracias se que cuento con ustedes...

A mis amigos de la fac:

Juanchito, Mauricio, Erick, David, José Luis, Alex, Getse, por ser parte de mi vida en un momento clave, gracias por todo su cariño y apoyo.

A las personas que tienen un lugar muy especial en mi corazón, gracias por ser parte de mi vida... 7, 42, Alex, Oso.

A la familia Cordero:

A Pepé por ser como un padre para mí, por toda sus enseñanzas en el fútbol y en la vida, por hacer de mí una profesionalista y la jugadora que soy.

A Rosy por ser siempre un apoyo en mi vida y en el fútbol, por regalarme siempre una linda sonrisa.

A Pech y Carla por ser dos hermanos más, gracias por su apoyo en los momentos más difíciles de mi vida, siempre juntos en las buenas y en las malas.

A Selene Pérez por su apoyo, comprensión y amistad a lo largo de la carrera, por ser mi mano derecha en la tesis, se que cuento contigo en todo, gracias por tu amistad.

Los quiero mucho

Rocío Flores Marín

INDICE.

Introducción	Pág. 1
1. Capítulo I. Transición de la TV analógica (NTSC) a la digital (ATSC) en México	Pág. 4
1.1. Reseña histórica de la TV digital.....	Pág. 4
1.2. Objetivos de la transición.....	Pág. 6
1.3. Ventajas de la transición.....	Pág. 6
1.4. Acuerdos que establece la SCT.....	Pág. 7
2. Capítulo II. Sistema de televisión digital terrestre / ATSC	Pág. 11
2.1. Estándar ATSC.....	Pág. 11
2.1.1. Diagrama de bloques del sistema.....	Pág. 12
2.2. Video Digital.....	Pág. 13
2.3. MPEG-2.....	Pág. 19
2.3.1. ISO/ IEC 13818-1 Sistema.....	Pág. 20
2.3.1.1. Generación de los flujos de la señal MPEG-2.....	Pág. 21
2.3.1.2. Definiciones básicas para el sistema MPEG-2.....	Pág. 22
2.3.1.3. Transport Stream (Ts) y Packet Elementary Stream.....	Pág. 27
2.3.1.4. Formación del Transport Stream.....	Pág. 28
2.3.1.5. Transport Packet.....	Pág. 29
2.3.1.6. Transport Stream Multiplex.....	Pág. 32
2.3.1.7. Tablas MPEG-2.....	Pág. 34
2.3.1.8. Medidas del Transport Stream MPEG-2.....	Pág. 40
2.3.2. ISO/ IEC 13818-2 Codificación de video.....	Pág. 43
2.3.2.1. Compresión de video.....	Pág. 43

2.3.2.2. Codificación de video.....	Pág. 45
2.3.2.3. Algoritmo de Huffman.....	Pág. 56
2.3.2.4. DCT Transformada del Coseno discreta.....	Pág. 56
2.3.2.5. Pasos para la compresión.....	Pág. 59
2.4. AC/3 Codificación de Audio.....	Pág. 60
2.4.1.1. Servicios de audio.....	Pág. 61
2.5. Smpte 310M.....	Pág. 63
2.5.1. Especificaciones técnicas.....	Pág. 64
2.6. Modulación 8 VSB.....	Pág. 65
2.6.1. Sincronización de datos.....	Pág. 66
2.6.2. Aleatorizador de datos.....	Pág. 66
2.6.3. Codificación Reed Solomon.....	Pág. 66
2.6.4. Interfoliador de datos.....	Pág. 68
2.6.5. Codificador Trellis.....	Pág. 68
2.6.6. Inserción de la piloto y los sincronismos.....	Pág. 69
2.6.7. Modulación de amplitud.....	Pág. 72
2.6.8. Filtro Nyquist.....	Pág. 73
2.6.9. Diagrama del ojo 8-VSB.....	Pág. 75
2.6.10. Constelación de la señal 8-VSB.....	Pág. 75
2.6.11. Conversión analógica y el resto de la cadena 8-VSB.....	Pág. 76

3. Capítulo III. Requisitos básicos para la instalación de un transmisor digital y pruebas de comportamiento.....	Pág. 77
3.1. Estaciones de difusión de televisión.....	Pág. 77
3.2. Transmisores.....	Pág. 78
3.2.1. Diagrama de bloques de un transmisor.....	Pág. 78
3.2.1.1. Amplificadores.....	Pág. 80
3.2.2. Tecnologías empleadas en transmisores.....	Pág. 82
3.2.2.1. Transmisores IOT.....	Pág. 84

3.2.2.2. Transmisores de estado sólido.....	Pág. 85
3.3. Instalación mecánica del transmisor.....	Pág. 86
3.3.1. Sistema eléctrico.....	Pág. 88
3.3.1.1. UPS.....	Pág. 88
3.3.1.2. Planta eléctrica.....	Pág. 90
3.3.1.3. Sistema de tierras.....	Pág. 94
3.3.1.3.1. Constitución de un sistema de tierras.....	Pág. 95
3.3.1.3.2. Configuración del sistema de tierras.....	Pág. 95
3.3.2. Sistema de radiación.....	Pág. 98
3.3.2.1. Conectores.....	Pág. 99
3.3.2.2. Guía de onda.....	Pág. 100
3.3.2.3. Línea de transmisión.....	Pág. 100
3.3.2.4. Filtros.....	Pág. 102
3.3.2.5. Acopladores.....	Pág. 102
3.3.2.6. Coaxial rígido.....	Pág. 103
3.3.2.7. Antenas.....	Pág. 104
3.3.2.7.1. Antenas de Panel.....	Pág. 105
3.3.2.8. Torres.....	Pág. 105
3.3.2.9. Estrobos.....	Pág. 107
3.4. Pruebas de comportamiento.....	Pág. 109
3.4.1. Eficiencia.....	Pág. 109
3.4.2. Magnitud Vectorial.....	Pág. 112
3.4.3. Cumplimiento con la máscara RF.....	Pág. 114
4. Capítulo IV. Métodos de predicción de áreas de servicio.....	Pág. 115
4.1. ¿Qué es un área de servicio?.....	Pág. 115
4.2. Métodos de Predicción.....	Pág. 115
4.2.1. Método Longley Rice.....	Pág. 116
4.2.1.1. Operación del modelo.....	Pág. 117
4.2.1.2. Desventajas del modelo.....	Pág. 118

4.2.2. Método de Durkin.....	Pág. 118
4.2.3. Método de Okumara.....	Pág. 122
4.2.4. Método de Hata.....	Pág. 123
4.2.5. Método Walfish y Bertori.....	Pág. 125
4.2.6. Método de curvas de predicción F(50,90).....	Pág. 126
5. Capítulo V. Cálculo de la estación transmisora y su área de servicio.....	Pág. 129
5.1. Formato para la presentación del cálculo ante la SCT.....	Pág. 129
5.1.1. Características generales de la estación.....	Pág. 129
5.1.2. Características técnicas de la estación y del sistema radiador...	Pág. 130
5.1.3. Sistema radiador y estructura de soporte.....	Pág. 130
5.1.4. Perfiles topográficos.	Pág. 131
5.1.5. Tabla de predicciones.....	Pág. 131
5.1.6. Contornos de intensidad de campo.....	Pág. 131
Anexo 1.....	Pág. 132
Anexo 2.....	Pág. 133
Anexo 3.....	Pág. 142
Anexo 4.....	Pág. 148
CONCLUSIONES.....	Pág. 150
APENDICE.....	Pág. 152
GLOSARIO.....	Pág. 154
BIBLIOGRAFÍA.....	Pág. 166

Introducción

La llegada de la televisión digital supone un cambio tan radical tal como el que supuso el paso de la televisión blanco y negro a la de color. El principal objetivo de este cambio es mejorar la calidad de las imágenes, y abrir las puertas a la futura introducción de servicios; como por ejemplo, la recepción móvil de televisión.

La Televisión Digital tiene su comienzo en la década de los 80'. Y es hasta el año 2004 que la Secretaria de Comunicaciones y Transportes hace público a través del Diario Oficial de la Federación que México adopta el estándar ATSC (Advanced Television Systems Committee), para la transmisión de Televisión Digital Terrestre.

Han sido elaborados muchos reportes técnicos que describen la transición de la TV analógica a la digital y en específico las etapas de codificación y modulación, sin embargo, los relacionados a la etapa de transmisión son escasos, es decir, el cálculo de áreas de servicio (que involucra el cálculo de potencia, amplificación, sistema radiador, etc.).

La presente Tesis tiene como objetivo un estudio descriptivo para lo cual hemos estructurado tres partes fundamentales: sistema ATSC (MPEG-2, 8 VSB), requisitos básicos para la instalación de un transmisor, y por último el cálculo del área de servicio.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende dejar un documento que sirva de apoyo a todos aquellos interesados en la transición de televisión digital. Esta tesis es un proyecto práctico basado en la instalación y puesta en marcha de la estación transmisora del canal de televisión digital en TV UNAM.

Para el planteamiento del problema fue necesario contemplar que la estación esta permitida, (no comercial) para uso exclusivo de investigación, por lo cual el transmisor con el que se cuenta es de baja potencia (100 Watts) y se pretende que radie solo ciudad universitaria, la ubicación actual del transmisor es en las instalaciones de TV UNAM cerca del metro CU por lo que fue necesario ubicar la antena de tal forma que el lóbulo principal radie en dirección a rectoría. La frecuencia otorgada por la SCT es 746MHz a 752MHz (canal 60).

Para comprender el tipo de pruebas, mediciones realizadas y para comprobar el cálculo del área de servicio, es importante explicar el tipo de modulación y comprensión que maneja ATSC, ya que muchos de los parámetros y curvas que tenemos que interpretar son basados en ellos.

Una vez que conocemos como funciona el estándar, podemos comenzar con la instalación del transmisor digital, para ello es necesario seguir ciertas normas que establece la SCT así como las pruebas de comportamiento que se deben realizar, y, es por esta razón que hemos incluido un capítulo que describa las etapas sobresalientes a considerar para la habilitación de transmisión digital.

Para realizar el cálculo del área de servicio es necesario utilizar un método de predicción de cobertura adecuado para la transmisión digital, dicho método toma en consideración las características topográficas del terreno que rodea el lugar de instalación de la antena transmisora, la potencia efectiva radiada y la ganancia de la antena, es por eso que en esta tesis estudiamos diversos métodos de predicción que se están utilizando actualmente.

Sin embargo, los conceptos aquí expuestos permitirán comprender el funcionamiento del estándar ATSC.

La investigación concluye con el cálculo del área de servicio y que es requisito técnico indispensable para la instalación de una planta transmisora de radiodifusión.

1. Transición de la Televisión analógica NTSC a la digital ATSC en México

1.1. Reseña histórica de la TV digital

La televisión digital tiene sus comienzos en el año de 1982, y es Estados Unidos y Europa quienes inician con este proyecto.

Por parte de Europa ha sido el proyecto DVB (Digital Video Broadcasting), en Japón el ISDB mientras que en Estados Unidos fue el ATSC.

Para este último país, la transmisión digital es una realidad desde finales de 1998, cuando 26 emisoras comenzaron las emisiones digitales. De acuerdo con la normativa establecida por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) todas las emisoras del país tienen que hacerlo a corto plazo. En Europa, el Reino Unido fue el primer país en comenzar las emisiones regulares de TDT, con el servicio denominado “Ondigital”, que se comercializa desde noviembre de 1998 y que llega ya hasta más de un millón de hogares.

Dicho proyecto ha desarrollado diferentes estándares de transmisión de señales digitales, ya sea por cable, vía satelital o terrestre, optando ambos estándares por el MPEG-2 (Moving Pictures Expert Group), como estándar para codificación de audio como de video.

Para nuestro país la transición digital ha sido muy lenta, y es en el año 2004, que la Secretaria de Comunicaciones y Transportes publica el Acuerdo Secretarial que establece el tipo de estándar ATSC (Advanced Televisión Systems Committee) como el que adoptará México, mismo que adoptaron nuestros socios comerciales de América del Norte, para la transmisión de la Televisión Digital Terrestre.

La introducción en cualquier país representa altas inversiones, sobre todo para cualquier estación transmisora y para los televidentes ya que los sistemas de transmisión y recepción son muy costosos y el cambio no puede ser inmediato.

Por dichas razones la transición debe ser un proceso paulatino y bien planeado. Para que el cambio no sea tan abrupto, se han fabricado receptores que permiten convertir la señal digital en analógica, permitiendo a los televidentes utilizar su televisor analógico actual, y dando un margen de tiempo considerable para que los costos se abatan y puedan comprar un televisor digital.

La televisión digital, llegará a ser un medio capaz de proporcionar información de mayor calidad, más rápida, flexible y a un menor costo, lo que implicará algunos cambios sustanciales en la relación espectador-medio.

Algunos de estos cambios como hechos reales y palpables han ido introduciéndose paulatinamente en los últimos años, de forma que espectadores de varios países han gozado de los beneficios de la nueva tecnología, a través del satélite o cable. Sin embargo, parece que será la televisión digital terrestre (TDT) el medio que hará posible llegar a un mayor número de personas, ya que estas emisiones serán recibidas en los hogares de una forma sencilla y económica.

Algunos expertos aseguran que, en tan sólo dos o tres años, cualquier ciudadano del primer mundo podrá recibir en su hogar alrededor de 500 canales.

En un primer momento, parece que los televisores digitales serán caros y muchos usuarios optarán por ver la televisión digital a través del PC. Sin embargo, el actual estatus del televisor dentro de los hogares parece sugerir que, a medio plazo, su posición dominante está garantizada.

1.2. Objetivos de la Transición

- **Inclusión Digital:** generar condiciones para que los receptores y decodificadores de televisión digital sean cada vez más accesibles al consumidor de nuestro país, con objeto de que la sociedad se beneficie de las ventajas que ofrece esta tecnología.
- **Calidad:** brindar a la sociedad una mejor alternativa del servicio de televisión con imágenes y sonido de mayor fidelidad y/o resolución que las que actualmente proporciona la televisión analógica.
- **Fortalecimiento de la actividad:** fomentar el sano desarrollo de los concesionarios y permisionarios de estaciones de televisión y el de las actividades relacionadas, mediante la incorporación de condiciones que propicien certidumbre técnica y jurídica para la transición a la TDT.
- **Nuevos servicios:** alentar la incorporación y el desarrollo de nuevos servicios digitales, tanto asociados como adicionales a la TDT, sin que ello afecte la calidad del servicio principal.
- **Optimizar el uso del espectro:** hacer un uso racional y planificado del espectro radioeléctrico para la convivencia de señales analógicas y digitales durante la transición a la TDT.

1.3. Ventajas de la Transición

La principal ventaja de la transición es la mejora en la calidad de imagen y sonido.

Los canales en la televisión digital ocupan el mismo ancho de banda (6MHz) que los canales utilizados por la televisión analógica y esto es posible, gracias a la aplicación de técnicas en compresión de las señales de imagen y sonido (MPEG).

Con la televisión digital terrestre se tiene el potencial de favorecer la optimización del espectro radioeléctrico, la calidad de las señales se ve mejorada hasta lograr niveles de Alta Definición con alta confiabilidad en la recepción de señales.

La red terrestre nos permitirá tener una recepción sencilla en el hogar, (siempre y cuando contemos, con un receptor o una televisión digital) y poco costosa.

Otra de las ventajas que nos ofrece la TDT es que la potencia que se utiliza para transmitir es menor, lo cual no implica que el área de cobertura también disminuya.

Compatibilidad con las redes ATM, telefonía y múltiples canales de audio con calidad de un CD.

1.4. Acuerdos que establece la SCT.

El 2 de julio del 2004, México adoptó el estándar A-53 de ATSC estableciendo un calendario para que las empresas televisoras se sumen al sistema. La televisión de alta definición (HDTV por sus siglas en inglés) brinda una imagen con mayor resolución que la televisión normal y una calidad de sonido similar al disco compacto y es considerado el próximo gran paso de la televisión.

Los concesionarios y permisionados de radio y televisión tienen obligaciones relacionadas con las tecnologías digitales para la radiodifusión, por el Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de octubre del 2000. Los títulos de Concesión y Permiso vigentes incluyen una condición en la que se establece que los mismos están obligados a implantar la o las tecnologías que así resuelva la Secretaría y, al efecto, deberán observar y llevar a cabo todas las acciones en los plazos, términos y condiciones que le señale la propia Secretaría, a fin de garantizar la eficiencia técnica de las transmisiones.

Con la publicación del acuerdo de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) comenzó la transición, y aplicación de nuestras tecnologías.

En el primer período de transición que se realizará desde el 2004 hasta finales de diciembre del 2006, se deberá tener la presencia de dos señales digitales comerciales en las siguientes ciudades: D.F., Monterrey, Guadalajara, Tijuana, Mexicali, Cd. Juárez, Nuevo Laredo, Matamoros, y Reynosa.

El segundo período que se realizará del 1° de enero de 2007 al 31 de diciembre de 2009. Contempla una réplica digital de las señales comerciales del primer periodo, con presencia de las señales digitales comerciales en zonas de cobertura de un millón y medio de habitantes en adelante.

El tercer período del 1° de enero de 2010 al 31 de diciembre de 2012. Tendrá una réplica Digital de las señales del segundo periodo con presencia de las señales digitales no comerciales en zonas de cobertura de un millón y medio de habitantes en adelante y presencia de las señales digitales comerciales en zonas de cobertura de un millón de habitantes en adelante. Al final del tercer periodo, para todas las estaciones que tengan réplica digital, será obligatorio contar con transmisiones de calidad HDTV (alta definición) o EDTV (calidad mejorada), en al menos el 20% del tiempo total del horario de funcionamiento de la estación. Con el propósito de brindar un mayor beneficio a la sociedad, lo anterior, debe darse preferentemente, en los horarios de mayor audiencia.

En el cuarto período que comprende del 1° de enero de 2013 al 31 de diciembre de 2015, se realizará una réplica digital de las señales digitales del tercer periodo, con presencia de las señales digitales no comerciales en zonas de cobertura de un millón de habitantes en adelante y con presencia de las señales digitales comerciales en zonas de cobertura de quinientos mil habitantes en adelante.

El quinto período que se realizará del 1° de enero de 2016 al 31 de diciembre de 2018, contempla réplica digital de las señales del cuarto periodo con presencia de las señales digitales no comerciales en zonas de cobertura de quinientos mil habitantes en adelante y con presencia de las señales digitales comerciales en zonas de cobertura de ciento cincuenta mil habitantes en adelante.

En el sexto período del 1° de enero de 2019 al 31 de diciembre de 2021 se realizará una réplica digital de todos los canales analógicos, en todas las zonas de cobertura servidas por la televisión analógica.

La Secretaría publicará en Internet la lista de las estaciones concesionarias y permisionarias de televisión conforme al Período en que les corresponda contar con señales digitales, considerando la información del Censo 2000 de INEGI.

Durante ese tiempo, los concesionarios mexicanos de televisión deberán ir mejorando la transmisión hasta llegar a la alta definición.

A nivel nacional, hay siete canales de televisión abierta, tres de Televisa, dos de TV Azteca, y dos canales del estado.

Durante el periodo de transición, por cada canal tradicional analógico se tendrá que establecer un nuevo canal digital, de acuerdo al gobierno.

Debido a las necesidades técnicas para su implementación, la SCT asignó temporalmente a los concesionarios y permisionarios actuales de televisión, un segundo canal para las transmisiones digitales en tanto dure la transición.

Este segundo canal contará con transmisiones simultáneas con el canal analógico, lo que garantizará que la población que aún no cuente con receptores capaces de recibir señales digitales, pueda recibir de manera gratuita los servicios analógicos en sus televisores.

2. SISTEMA DE TELEVISIÓN TERRESTRE ATSC

2.1 Estándar ATSC

El Comité de Sistemas de Televisión Avanzado Inc. (ATSC), es una organización internacional, no lucrativa desarrolladora voluntaria de normas para televisión digital. Las organizaciones miembros de ATSC representan la transmisión, equipo de transmisión, películas, electrónicas del consumidor, computadoras, cables, satélites, y las industrias de semiconductores.

Específicamente, ATSC está trabajando para coordinar las normas de la televisión entre diferentes medios de comunicación enfocándose en la televisión digital, sistemas interactivos, y banda ancha de comunicaciones multimedia. ATSC es también desarrolladora de estrategias de implementación de televisión digital y presenta seminarios educativos de las normas de ATSC.

ATSC se formó en 1982 por los miembros de las organizaciones del Comité Colectivo en la Coordinación de Inter. Sociedad (JCIC): la Asociación de las Industrias Electrónicas (EIA), el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), la Asociación Nacional de Programadoras (PRENDA), la Asociación de Televisión de Cable Nacional (NCTA), y la Sociedad de Ingenieros de Película y Televisión (SMPTE). Hay aproximadamente 130 miembros. ATSC se incorporó el 3 de enero de 2002.

Las normas de televisión digital de ATSC incluyen la televisión de alta definición digital (HDTV), la televisión de definición normal (SDTV), transmisión de datos, sonido multicanal circundante y transmisión satelital directo a casa.

El estándar de Televisión digital describe un sistema designado a transmitir alta calidad de video, audio y datos sobre un canal simple de 6 MHz. El sistema puede entregar aproximadamente 19 Mbps de rendimiento en un canal terrestre de broadcast de 6 MHz y alrededor de 38 Mbps de rendimiento en un canal de cable de televisión de 6 MHz. Esto significa que codificando una fuente de video cuya resolución puede ser tan alta como 5 veces más que la resolución de televisión convencional NTSC requiere con una tasa de bit reducida por un factor de 50 o más alto. Para lograr esta reducción en la tasa de bits, el sistema es diseñado para ser eficiente, utilizando la capacidad del canal disponible aprovechando la tecnología de compresión de video compuesto y audio.

El objetivo es maximizar el paso de información a través del canal de datos minimizando la cantidad de datos requerida para representar una secuencia de imágenes de video y su audio asociado. El objetivo es representar el video, audio y fuentes de datos con la menor tasa de bits posibles mientras se preserva el nivel de calidad requerido para la aplicación dada.

Aunque los subsistemas de transmisión de radiofrecuencias están descritos en este estándar son designados especialmente para aplicaciones terrestre y de cable, el objetivo es que el video, audio y los servicios de subsistemas de transporte múltiple son útiles en otras aplicaciones.

2.1.1 Diagrama de bloques del Sistema

Un diagrama de bloques básico es la representación del sistema mostrado en la figura 2.1. Esta representación está basada en uno de las adopciones de la ITU-R. De acuerdo con este modelo, el sistema de televisión digital puede estar formado de tres subsistemas.

- Fuente de codificación y compresión
- Servicio de multiplexaje y transporte
- Transmisión de radiofrecuencia.

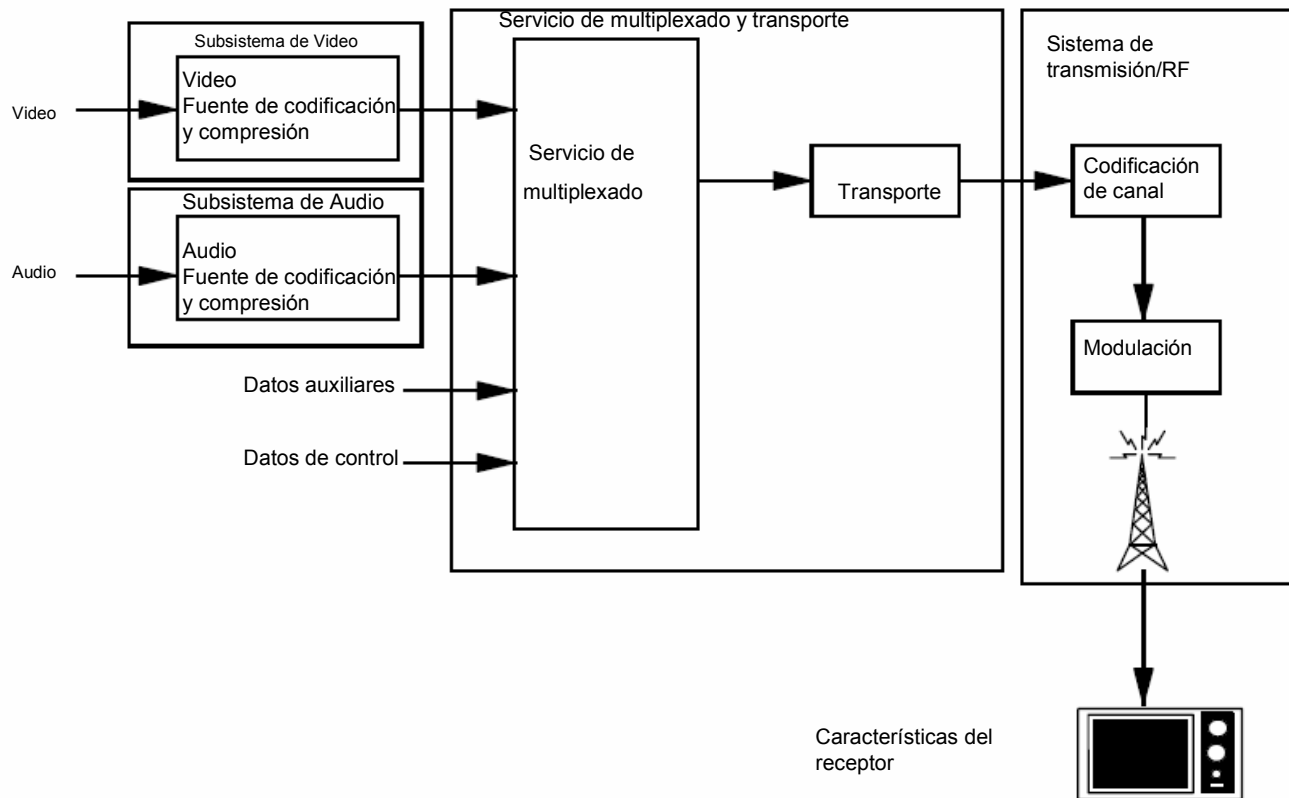


Figura 2.1 Diagrama de bloques básico para un sistema transmisor ATSC

Fuente de codificación y compresión se refiere a los métodos de reducción de tasa de bits, que son conocidos como compresión de datos, apropiados para aplicaciones de video, audio y cadenas de datos digitales. El termino “datos auxiliares” incluye datos de control, datos condicionales de control de acceso y datos asociados con la programación de servicios de audio y video. El propósito del codificador es minimizar el número de bits necesarios para representar información de audio y video. El sistema de televisión digital emplea la cadena de sintaxis de video MPEG-2 para codificar el video y el estándar de compresión digital de audio AC-3 para codificar el audio.

Servicio de multiplexado y transporte se refiere a los medios para dividir las cadenas de datos digitales en “paquetes” de información, los medios para identificar cada paquete o tipo de paquetes, y los métodos apropiados de multiplexado de cadenas de paquetes de datos de video, audio y datos auxiliares en una cadena simple de datos. Desarrollando el mecanismo de transporte para la interoperabilidad sobre medios digitales, como broadcasting terrestre, distribución vía cable, distribución satelital, medios grabados e interfaces computacionales, fueron las principales consideraciones. El sistema de televisión digital emplea el transport stream (cadena de transporte) de MPEG-2 para paquetizar y multiplexar el video, audio y señales de datos para sistemas digitales de broadcasting. La sintaxis del transport stream de MPEG-2 fue desarrollada para aplicaciones donde el ancho de banda del canal o la capacidad de grabado es limitado y los requerimientos para un mecanismo de transporte eficiente son máximos.

Transmisión RF se refiere a la modulación y codificación de canal. La codificación de canal toma cadenas de datos de bits y agrega información adicional que puede ser usada por el receptor para reconstruir los datos de la señal recibida la cual, debido a los deterioros durante la transmisión, pueden no representar la señal transmitida con precisión. La modulación (o capa física) usa la información de la cadena de datos digital para modular la señal transmitida. El sistema de modulación ofrece dos módulos: un modo para broadcast terrestre (8VSB) y un modo para tasa de bits altos (16VSB).

2.2. VIDEO DIGITAL

El video digital es una secuencia de tramas que representan valores de color (crominancia)¹ y de luminancia², de muestras tomadas de una imagen analógica dividida en píxeles.

El video digital, a diferencia del analógico esta constituido por una sucesión de imágenes en tiempo, en cambio en el analógico hay una secuencia de cuadros por seg.

El número de muestras líneas es la cantidad de píxeles /línea. El tiempo entre muestras define la frecuencia de muestreo. El número de líneas determina el tiempo de adquisición y el tamaño total de la imagen.

Una imagen es un conjunto de píxeles ordenados de forma matricial, donde c/u tiene un valor numérico que representa su intensidad luminosa y de color. Esta constituida por 525 líneas teniendo un ancho de banda de 6MHz para canales de TV. El tiempo correspondiente a un cuadro o imagen es de 1/30 seg. o 60 Hz.

La cantidad de elementos con los que se constituye una imagen determina la calidad de la imagen, entre mayor número de elementos la imagen tendrá una mejor calidad.

¹ La crominancia es la componente correspondiente a los colores de la imagen que forma parte de la señal compuesta de video, lleva toda la información necesaria del color: matiz y saturación; el matiz es la propiedad que distingue un color de otro dentro del espectro visible, la saturación es la propiedad que define la pureza de un color entendiendo como pureza la ausencia de mezcla con el blanco. La crominancia se puede medir con referencia a los colores que contiene las barras de prueba, los cuales son gris, amarillo, cyan, verde magenta, rojo y azul. Dichas barras tienen un nivel de -40 a 40 unidades IRE.

² La luminancia corresponde a la medición luminosa de la intensidad de la radiación, informa el contenido de blanco y negro de la imagen. La luminancia debe estar dentro de los 7.5 y 100 unidades de video. Siendo diferentes para cada color los productos de modulación tienen amplitud diferente y ángulo de fase particular en cada caso la fase de los colores es la siguiente: amarillo 167°, cyan 284°, verde 241°, magenta 61°, rojo 104° y azul 347°, para ajustar la fase coloqué como referencia el Burst en 0°.

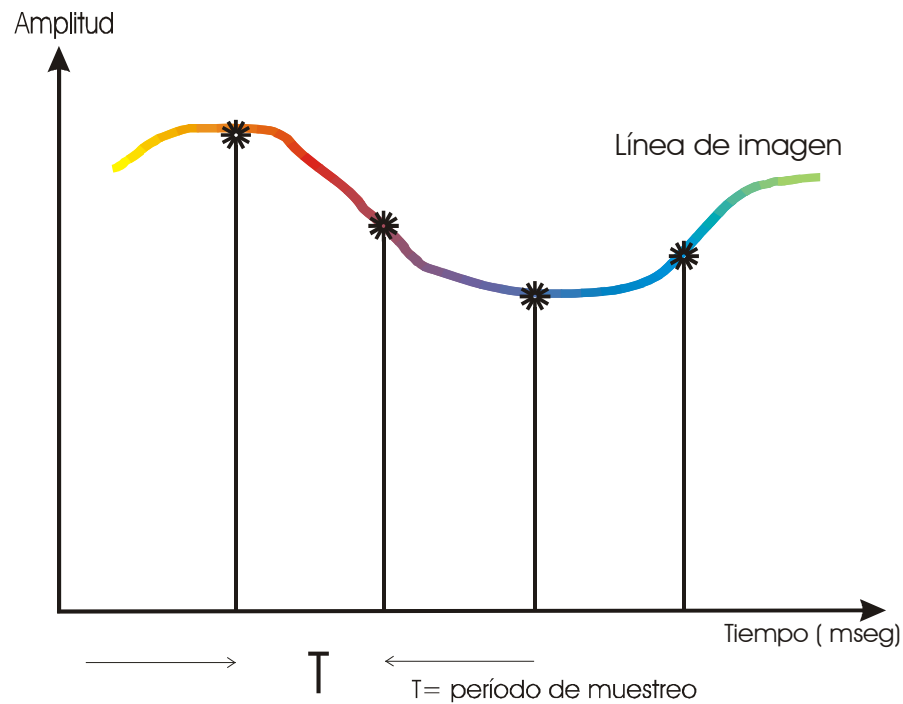


Figura 2.2 Muestreo de la imagen

Al variar el período de muestreo cambia la resolución de la imagen.

Para poder comprender la señal video partamos de tres componentes importantes que son los colores Rojo (R), Verde (G), Azul (B); estas tres señales tienen un ancho de banda de 5MHz cada una.

Estas tres componentes al pasar por la matriz son combinadas para obtener:

Y: Señal de luminancia, (limitada a 5.75 MHz).

Dos componentes de crominancia unan en azul y una en rojo.

Cr: Señal diferencia filtrada en paso bajos a 2.75MHz.

Cb: Señal diferencia filtrada en paso bajos a 2.75MHz.

Además de ser matrizadas, estas señales también son filtradas, a través de un filtro pasa banda de 5.75MHz y 2.75MHz respectivamente.

Después de pasar por un convertidor analógico digital, la señal luminancia es muestreada a una frecuencia de 13.5 MHz y de 6.75 MHz para las dos componentes de crominancia.

La resolución para estas tres señales ya muestreadas es de 8 bits, para transmisión ó 10 bits para trabajos de estudio.

Así con una resolución de 10 bits se obtiene a la salida del proceso, una señal de video digital, aún no comprimida con una tasa de 270 Mbit/seg. obteniendo una señal que cumple con los estándares ITU-VTR 601 CCIR601.

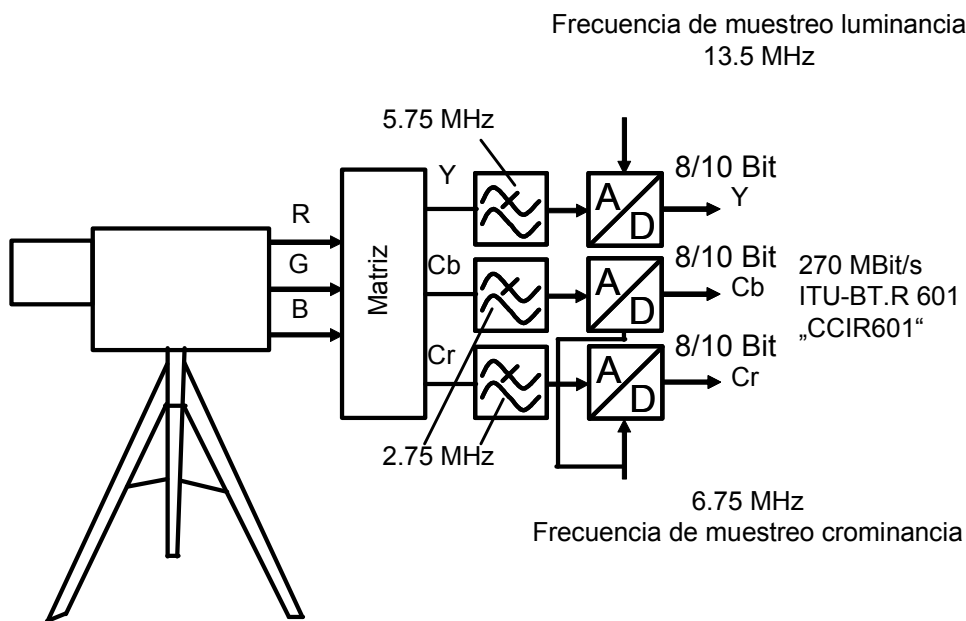


Figura 2.3 Señal de video

La señal de luminancia está conformada por variaciones de brillo de la información que contiene la imagen.

Si observamos la señal de luminancia en una pantalla, veríamos una señal blanco y negro. Dicha señal esta conformada de la siguiente manera:

$$Y = 30\% (R) + 59\% (G) + 11\% (B) \quad \text{ó}$$

$$Y = 0.2999R + 0.587 G + 0.11 B$$

La norma CCIR-601 define tres formatos para la digitalización, que son:

- Formato 4:4:4, el flujo de información es de 405 Mbps. Por cada 4 muestras de luminancia habrá 4 muestras de cada una de las componentes de crominancia Cr y Cb. Teniendo una frecuencia de muestreo de 13.5 MHz tanto para luminancia y crominancia.
- Formato 4:2:2 tiene un flujo de información de 270. Por cada 4 muestras de luminancia tendremos dos muestras de crominancia Cr y dos de crominancia Cb. La frecuencia de muestreo para este formato es 13.5 MHz para luminancia y 6.75 MHz para las componentes de crominancia. El croma se muestrea a la mitad de la velocidad de las componentes de luminancia. Es decir se tienen 720 muestras de video por línea para la luminancia, y 360 muestras por cada componente de crominancia.
- Formato 4:2:0 Su flujo de información es de 202.5 Mbps. Sus muestras están repartidas de la siguiente manera, por 4 muestras de luminancia hay 2 muestras de crominancia una Cr y una Cb. Para este caso las muestras de color son más espaciadas. Su frecuencia de muestreo es de 13.5 MHz para luminancia y de 6.75 MHz para las dos componentes de crominancia, se tienen 720 muestras de video por línea para la luminancia, y 360 líneas para la crominancia.

Líneas activas	Píxeles/líneas activas	Relación Aspecto	Frame Rate	Método de exploración	Aspecto de píxel
480	640	4:3	1,2,4,5,7,8 4,5	Progresivo Entrelazado	Cuadrada Cuadrada
	740	4:3 16:9	1,2,4,5,7,8 4,5	Progresivo Entrelazado	Rectangular Rectangular
720	1280	16:9	1,2,4,5,7,8	Progresivo	Cuadrada
1080	1920		1,2,4,5	Progresivo	Cuadrada
			4,5	Entrelazado	Cuadrada

1=23.96Hz 2=24Hz 4=29.97Hz 5=30Hz 7=59.99Hz 8=60Hz

2.3 MPEG – 2

MPEG-2 (Moving Pictures Experts Group), estándar de compresión de audio, video y datos establecido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Los creadores de MPEG son el italiano Leonardo Chairiglione y el japonés Hirashi Yasuda, en la actualidad el grupo esta formado por más de 300 expertos. MPEG-2 fue creado en el año de 1994.

Originalmente se había pensado en 4 tipos diferentes MPEG- 1, 2, 3, y 4, que se diferencian en la calidad y ancho de banda usado, en la actualidad sólo existen tres, MPEG-1, 2, y 4, ya que MPEG-3, fue absorbido por MPEG-2, pues éste fue creado para regular la televisión de alta definición (HDTV), que necesita un flujo de datos entre los 20 y los 40 Mbps. Los expertos se dieron cuenta que al hacer ligeras modificaciones al formato MPEG-2 cumple las normas para alta definición.

MPEG-2 ofrece tres ventajas: compatibilidad mundial, gran compresión y poca degradación de la imagen.

Se crea MPEG-2 con el fin de ofrecer un marco para el procesamiento en tiempo real tanto en la codificación, como en la decodificación.

MPEG-2 acepta una resolución estándar de 720 x 576 píxeles para el formato 4:2:0 (NTSC), pero puede soportar mucho más.

MPEG-2 provee alta resolución, escalabilidad y la habilidad de procesar video de líneas entrelazadas. También se caracteriza por el transporte de cadenas que permiten varios canales de video, audio y datos, que pueden ser multiplexados en una sola cadena binaria.

2.3.1 ISO/ IEC 13818-1 Sistema

El sistema de transporte está basado en la norma MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1). Emplea el método de empaquetado transport stream de longitud fija definida por MPEG-2, además define la organización del multiplexado MPEG-2 y prevé dos maneras diferentes de multiplexar los PES. Se forman dos tipos de trenes dependiendo de la aplicación a la cual este enfocada; el tren de programa (Program Stream) y tren de transporte (Transport Stream).

El Program Stream (tren de programa) se crea a partir de uno o varios PES que deben compartir el mismo reloj de referencia, se usa en dispositivos de almacenamiento o de transmisión, es susceptible de introducir muy pocos errores, por ejemplo, aplicaciones multimedia en CD-ROM o disco duro. Utiliza paquetes relativamente largos, por ejemplo 2048 bytes.

El Transport Stream (tren de transporte) se usa en el envío de programas de televisión, siendo estos medios de transmisión susceptibles de introducir índices de errores bastante elevados, por lo que, la longitud de los paquetes debe ser relativamente corta para permitir la introducción de dispositivos de corrección de errores.

La señal de entrada y salida especificada para todos los sistemas es la denominada “MPEG-2 Transport Stream” (TS) o “Flujo de transporte MPEG-2”.

2.3.1.1 GENERACIÓN DE LOS FLUJOS DE SEÑAL MPEG-2.-

En la figura 2.4 se muestra de manera esquemática la secuencia de operaciones que da lugar a los flujos de programa y de transporte MPEG-2.

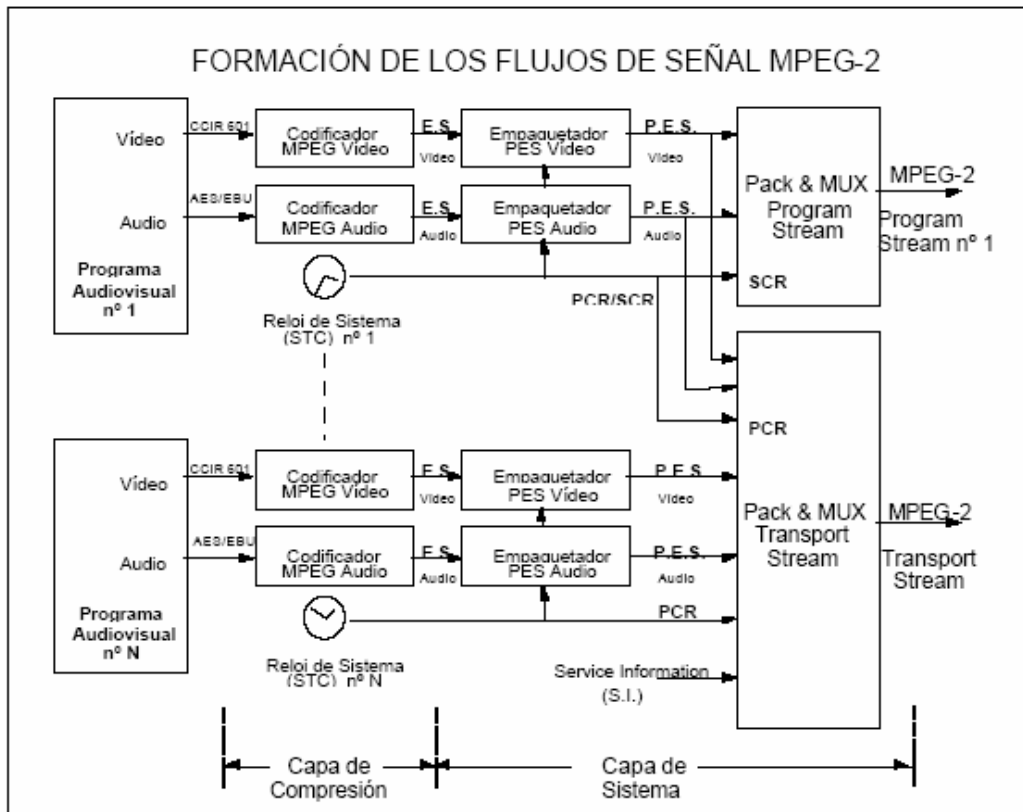


Figura 2.4 Flujos de Programa y de Transporte MPEG-2.

Dicha secuencia de operaciones puede dividirse en dos grandes bloques, denominados “*Capa de Compresión*” y “*Capa de Sistema*”.

En la “*Capa de Compresión*” se realizan las operaciones propiamente dichas de codificación MPEG, recurriendo a los procedimientos generales de compresión de datos, y aprovechando además, para las imágenes, su redundancia espacial (áreas uniformes) y temporal (imágenes sucesivas), la correlación entre puntos cercanos y la menor sensibilidad del ojo a los detalles finos de las imágenes fijas.

En la “*Capa de Sistema*” se realizan las operaciones que conducen a la obtención de los flujos de señal MPEG-2, consistentes en la organización en “paquetes”, de los datos comprimidos y el posterior multiplexado de todas las señales asociadas al programa (vídeo, audio, datos, etc).

Conviene resaltar dos características notables del multiplexor MPEG-2:

- No existen protecciones contra errores dentro del multiplexor. Las citadas protecciones y la subsiguiente modulación de los flujos MPEG son objeto de bloques de procesamiento posteriores, que son función del medio de transmisión elegido.
- No hay especificación física o eléctrica para los multiplexores MPEG. El diseñador puede elegir los niveles de señal y tipo de conector que mejor se adapte a su aplicación.

2.3.1.2 Definiciones básicas para el sistema MPEG-2

Program o Programa

Es un servicio o canal simple de radiodifusión.

Elementary Stream (ES)

Es el nombre dado a cada componente simple de un “*Programa*”, después de que se ha codificado digitalmente y comprimido según MPEG. Así, un programa ya comprimido de TV se compone de varios “*Elementary Streams*”. Es posible encontrar varios tipos de Elementary Streams, como puede ser de audio, video y datos.



Figura 2.5 Multiplexado de vides y Audio PES Packets

Packetised Elementary Stream (P.E.S.)

Cada “*Elementary Stream*” se estructura en paquetes, dando lugar a un flujo que se denomina “*Packetised Elementary Stream*” (P.E.S.). Como cada PES se obtiene directamente de cada ES, y éstos son independientes, existirá por tanto un PES por cada ES original. Estos paquetes son necesarios ya que algunas veces una imagen puede necesitar mayor o menor compresión dependiendo del contenido. También son necesarios para el caso de audio y datos.

Empaquetado P.E.S. (packets)

Ya en la “*Capa de Sistema*” nos encontramos con los *PES*, que constituyen el siguiente paso en la generación tanto del multiplexado de programa como del multiplexado de transporte MPEG-2.

Los “*PES - Packets*” pueden ser de longitud variable, limitados normalmente a 64kBytes.

Un *PES* está compuesto íntegramente por *PES-Packets*.

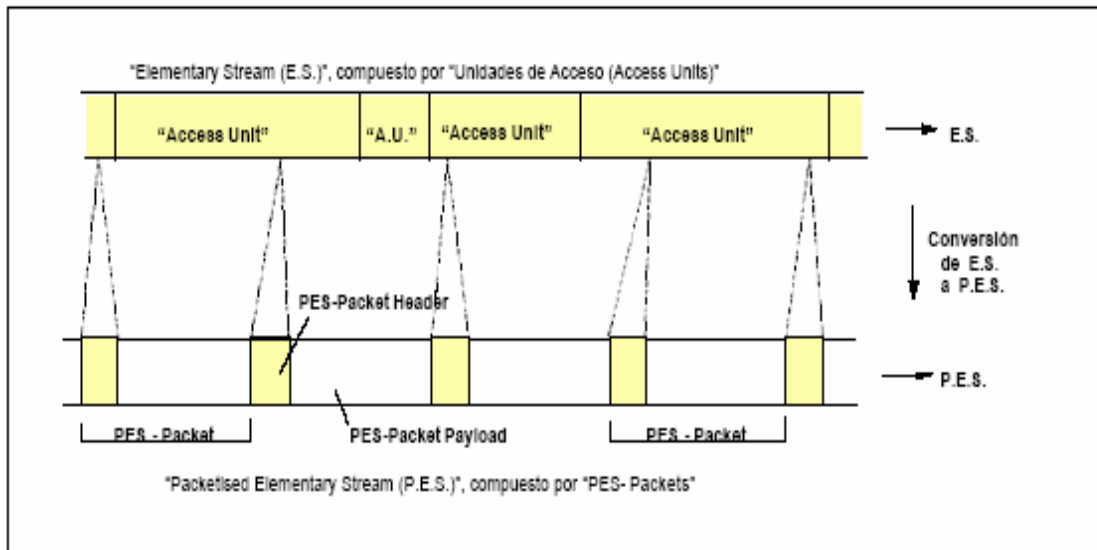


Figura 2.6 Conversión de un E.S. en un P.E.S.

Cada uno de estos PES packet comienza con un encabezado (Header). Este PES header es de un mínimo de 6 bytes de longitud, podemos decir que tenemos:

- Paquetes de video (PES) con header.
- Paquetes de audio (PES) con header.
- Paquetes de datos (PES) con header.

El PES packet consiste de un encabezado y una parte de contenido de información (pay load). El encabezado contiene información para decodificar el ES.

PES-Packet Header

La figura 2.7 muestra los campos que comprenden la “Cabecera” o “Header” de un “PES-Packet”. Dicha cabecera tiene longitud variable, e incorpora a su vez datos para auto informar de su longitud, contiene información para decodificar el Elementary Stream.

Los bytes del encabezado son:

1. Start code prefix: Esta representado por la combinación de byte, hexadecimal (0x00 byte 1), (0x00 byte 2), y (0x01 byte3).
2. Stream Type: Describe el contenido (video, audio, datos) del payload.
3. Length Indicator: Tiene 2 bytes de longitud, e indica la longitud del paquete hasta 64 Kbytes.

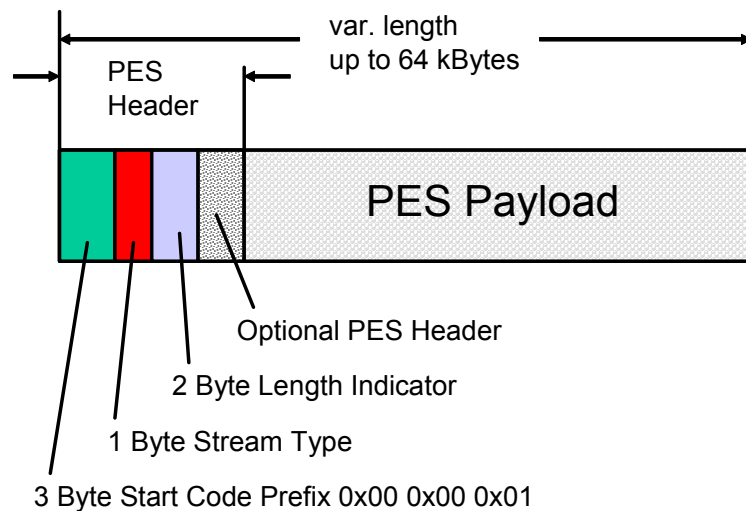


Figura 2.7 PES Header

Existe también un Optional PES Header o encabezado especial, el cual contiene información específica como:

- DTS (Decoding Time Stamp): Tiene un valor de 33 bits en el Pes Header y representa el tiempo de decodificación del PES packet correspondiente. Un “DTS” especifica el momento en que una “Unidad de Acceso” debe retirarse del buffer del decodificador y ser decodificada, pero no presentada al espectador. En lugar de esto último, la imagen decodificada se almacena temporalmente para ser presentada más tarde. Tal tratamiento es necesario únicamente para imágenes de tipo I y P de una secuencia de vídeo codificada MPEG; estas imágenes I y P son las que por interpolación permiten generar las imágenes de tipo B.
- PTS (Time Stamps) o “marcas de tiempo” son el mecanismo proporcionado por la “Capa de sistema” de MPEG-2 para asegurar una correcta sincronización en el decodificador entre los “Elementary Streams” que están relacionados. Dichos “*Time Stamps*” son valores binarios de 33 bits expresados en unidades de 90kHz. Representa el tiempo de salida del contenido de un PES Packet. Si el orden de la salida no corresponde a él orden de la decodificación, un DTS es transmitido de manera adicional.
- PCR (program clock reference) son valores de 42 bites y ayudan al decodificador a sincronizar su sistema de reloj (27MHz), por medio de un PLL. Cada programa de un Transport Stream está relacionado a un PCR el cual es transmitido en el adaptation Field por TS packets con un PID específico.

2.3.1.3 “TRANSPORT STREAM” (TS) y PACKET ELEMENTARY STREAM (PES)

Los Transport Stream (TS), están compuesto por “*paquetes de transporte*” o (PES), que tienen siempre una longitud fija de 188 bytes. Cada “*paquete de transporte*” incluye una “*Cabecera*” o “*Header*” (4 bytes) seguida a veces de un “*Campo de Adaptación*” o “*Adaptation Field*” (usado eventualmente para rellenar el exceso de espacio disponible) y en cualquier caso, de una “*Carga Útil*” o “*Payload*”.

Estos campos tienen una longitud constante ya que al tener paquetes de tamaño y longitud variable, producen problemas al ser transportadas a grandes distancias, como el ruido o la interferencia, lo que ocasiona mala sincronización y una pérdida total de PES packet.

Estos paquetes también están constituidos de un encabezado (header) y un payload. La cabecera o header está compuesto por tres campos principales:

- El Sync Byte, que se utiliza para sincronizar la estructura TS, siempre tiene el valor de 0x47, para una sincronización completa se utiliza este valor y la distancia constante de 188 bytes.
- El Transport Error Indicator, este bit se coloca en el receptor en la parte de detección de errores (FEC). Si este bit tiene el valor 1, el TS packet se marca como un paquete con error en su estructura. Por último tenemos el Packet identifier (PID).

Los paquetes de transporte se forman a partir de los “PES-Packets” correspondientes a cada “Flujo Elemental” de señal (vídeo, audio, datos, etc.), según se muestra en la figura 2.8.

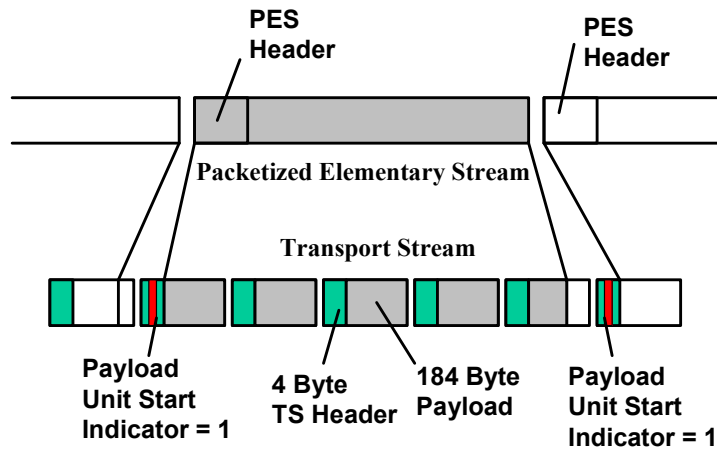


Figura 2.8 División de un “P. E. S.” en una serie de “Transport Packets”

El proceso de formación de los paquetes de transporte está sujeto al cumplimiento de las dos condiciones fundamentales siguientes:

- El primer byte de cada PES-Packet debe ser el primer byte del “payload” de un transport packet.
- Un transport packet solamente puede contener datos tomados de un PES-Packet.

2.3.1.4 Formación del “Transport Stream”

Los paquetes de transporte resultantes del proceso anterior, aplicado a cada uno de los flujos elementales de señal (vídeo, audio, datos, etc.) pertenecientes a su vez a varios programas audiovisuales, se disponen secuencialmente para configurar el “Flujo de Transporte MPEG-2” o “MPEG-2 Transport Stream” (TS).

No existen condiciones en cuanto al orden en que los paquetes de transporte deben aparecer en el TS; tan sólo debe respetarse el orden cronológico de los paquetes de transporte pertenecientes a un mismo flujo elemental.

Es importante destacar que en el TS, además de los paquetes de transporte asociados a los flujos elementales de señal, es necesario incorporar paquetes de transporte que contienen información sobre el servicio, así como paquetes de transporte “nulos” que se emplean para absorber eventuales reservas de capacidad del multiplexor.

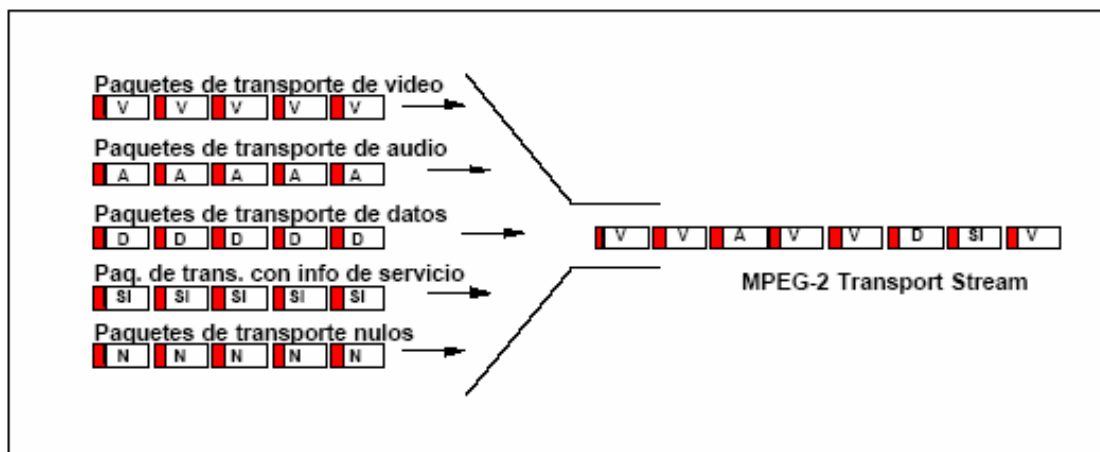


Figura 2.9 Conformación del múltiplex

2.3.1.5 “Transport Packet”

La figura 2.10 ilustra la estructura de un “*paquete de transporte*” o “*transport packet*”.

A diferencia de los “PES-Packet”, cuya cabecera tiene longitud variable, la cabecera o “header” de un paquete de transporte tiene siempre una longitud fija de 4 bytes.

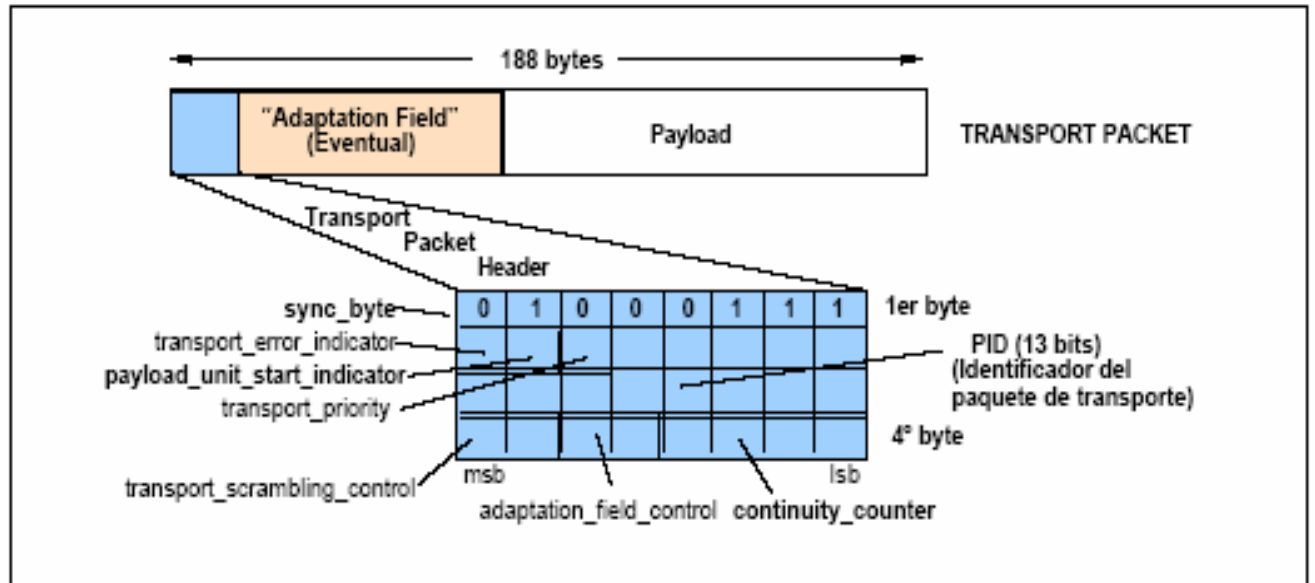


Figura 2.10 Estructura de un "transport packet"

De los varios campos que contiene la cabecera de un paquete de transporte, hay 4 que son particularmente importantes:

1. *Sync Byte*:

Es el primer byte de la cabecera y siempre tiene el valor 47 (hexadecimal). Dicho valor no es único dentro de un paquete de transporte y puede ser bastante frecuente que aparezca en otros campos. Sin embargo, el hecho de que un "sync byte" aparezca siempre cada 188 bytes dentro de un transport stream hace fácil el proceso de su localización por los decodificadores para identificar el comienzo de cada paquete de transporte.

2. *Packet Identifier (PID):*

Como se ha explicado, un TS puede contener muchos programas diferentes, cada uno de los cuales contiene a su vez muchos flujos elementales distribuidos en paquetes de transporte. El campo de 13 bits "*Packet Identifier (PID)*" se emplea para distinguir los paquetes de transporte asociados a un determinado flujo elemental, de entre todos los demás.

De los 213 valores posibles para el PID, 17 están reservados para usos especiales. Esto deja 8.175 posibles valores que pueden asignarse a los diferentes flujos elementales, por lo que esta cifra representa el máximo número de éstos que un TS puede contener. Es responsabilidad del multiplexor asegurar que cada flujo elemental tenga asignado un exclusivo valor de PID de entre todos los posibles.

3. *Payload Unit Start Indicator.*

Se pone en 1 la bandera, para indicar que el primer byte del "payload" del paquete de transporte es también el primer byte de un PES-packet.

4. *Continuity count field:*

Se incrementa entre sucesivos paquetes de transporte pertenecientes al mismo flujo elemental. Esto permite al decodificador detectar la pérdida o ganancia de un paquete y así poder ocultar los errores que de otra forma podrían presentarse.

2.3.1.6 Transport Stream Múltiplex

En Transport Stream podemos encontrar una gran cantidad de TS packets con diferentes contenidos y diferentes PID's . El decodificador MPEG-2 utilizando para cada programa, produce TS packets, los cuales contienen PES de audio, video y datos. El multiplexor MPEG-2 multiplexa todos los TS packets de los diferentes encoders. Así es como se forma un TS que contiene todos los TS packets, de los diferentes programas.

Utilizando los PID's podemos identificar cualquier Pay Load en cualquier TS packet. Por ejemplo podemos identificar si se trata de un TS packet de audio, video o datos y el orden con el que fueron mandados.

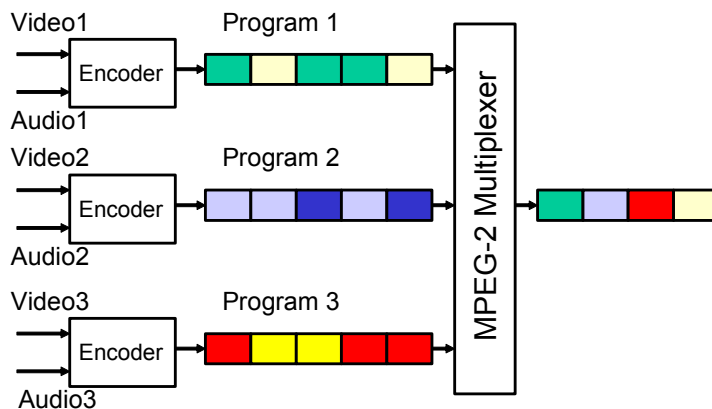


Figura 2.11 Multiplexado del Transport Stream

Packet identification – PID.

El PID se utiliza por el demultiplexador para distinguir paquetes que contienen diferentes tipos de información.

Todos los paquetes que pertenecen al mismo ES tienen el mismo PID.

Los datos de un programa se pueden seleccionar utilizando los correspondientes PID's de video, audio y teletexto.

Para conocer los PID's asociados a un programa se utiliza el Program Specific Information – PSI.

Información Específica de los Programas (PSI).

Según se ha visto, el Múltiplex *MPEG-2 Transport Stream* puede contener varios programas audiovisuales, cada uno de los cuales está compuesto por uno o varios flujos elementales PES distribuidos en paquetes de transporte. Estos paquetes a su vez están marcados con un PID que identifica a qué flujo elemental pertenecen.

Sin embargo, para que el decodificador pueda recuperar completamente un programa a través de los valores de los PID de los paquetes correspondientes, es necesario incluir información adicional dentro del flujo de transporte que relacione estos PID con los programas a que pertenecen. Tal información se denomina “*Información Específica de los Programas*” o “*Program Specific Information*” (PSI).

Esta (PSI), definida por MPEG-2 para la Capa de Sistema (ISO/IEC 13818-1), comprende la inclusión dentro del flujo de transporte, de 4 tipos de tablas:

- *Program Association Table (PAT).*
- *Conditional Access Table (CAT).*
- *Program Map Table (PMT).*
- *Private.*

2.3.1.7 Tablas MPEG-2

Program Association Table (PAT):

Esta tabla, de inclusión obligatoria, es transportada por los paquetes con PID=0x0000 y contiene una lista completa de todos los programas disponibles en el *Transport Stream*. Cada programa aparece junto con el valor del PID de los paquetes que a su vez contienen la tabla con los datos que identifican a dicho programa (*Program Map Table, PMT*). La *PAT* debe transmitirse sin cifrar aunque todos los demás programas lo estén.

Program Association Section (PAT)

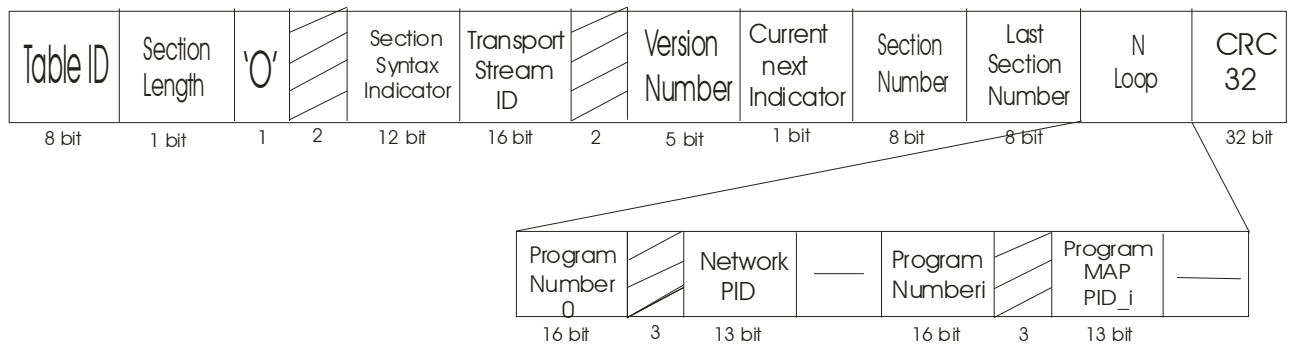


Figura 2.12 Tabla PAT

Cotents of Transport Stream:

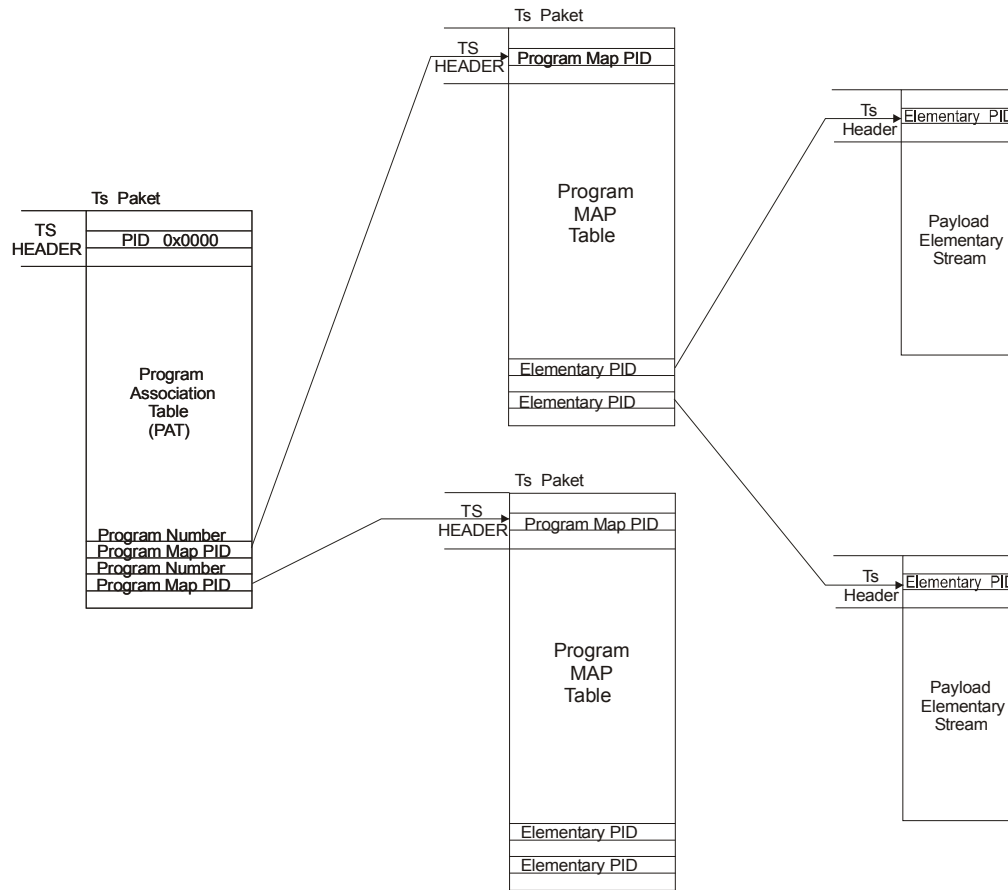


Figura 2.13 Representación de una tabla PAT

Conditional Access Table (CAT):

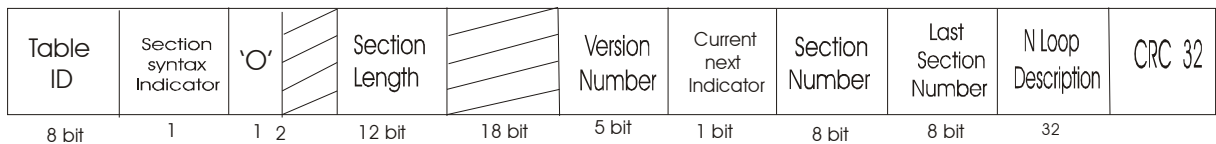
Esta tabla debe estar presente si al menos un programa del multiplexor es de acceso condicional.

Se transporta por los paquetes con PID=0x0001, y proporciona detalles de los sistemas de cifrado empleados, así como los valores de los PID de los paquetes de transporte que contienen la información del control de acceso condicional.

Los datos para el acceso condicional se envían en forma de “*Entitlement Management Messages (EMM)*”. En estos “*EMM*” se especifican los niveles de autorización o los servicios a que pueden acceder determinados decodificadores, y pueden ir dirigidos a decodificadores individuales o a grupos de ellos.

El formato de esta información no está especificado en MPEG-2, puesto que depende del tipo de sistema de cifrado empleado.

Conditional Access Section (CAT)



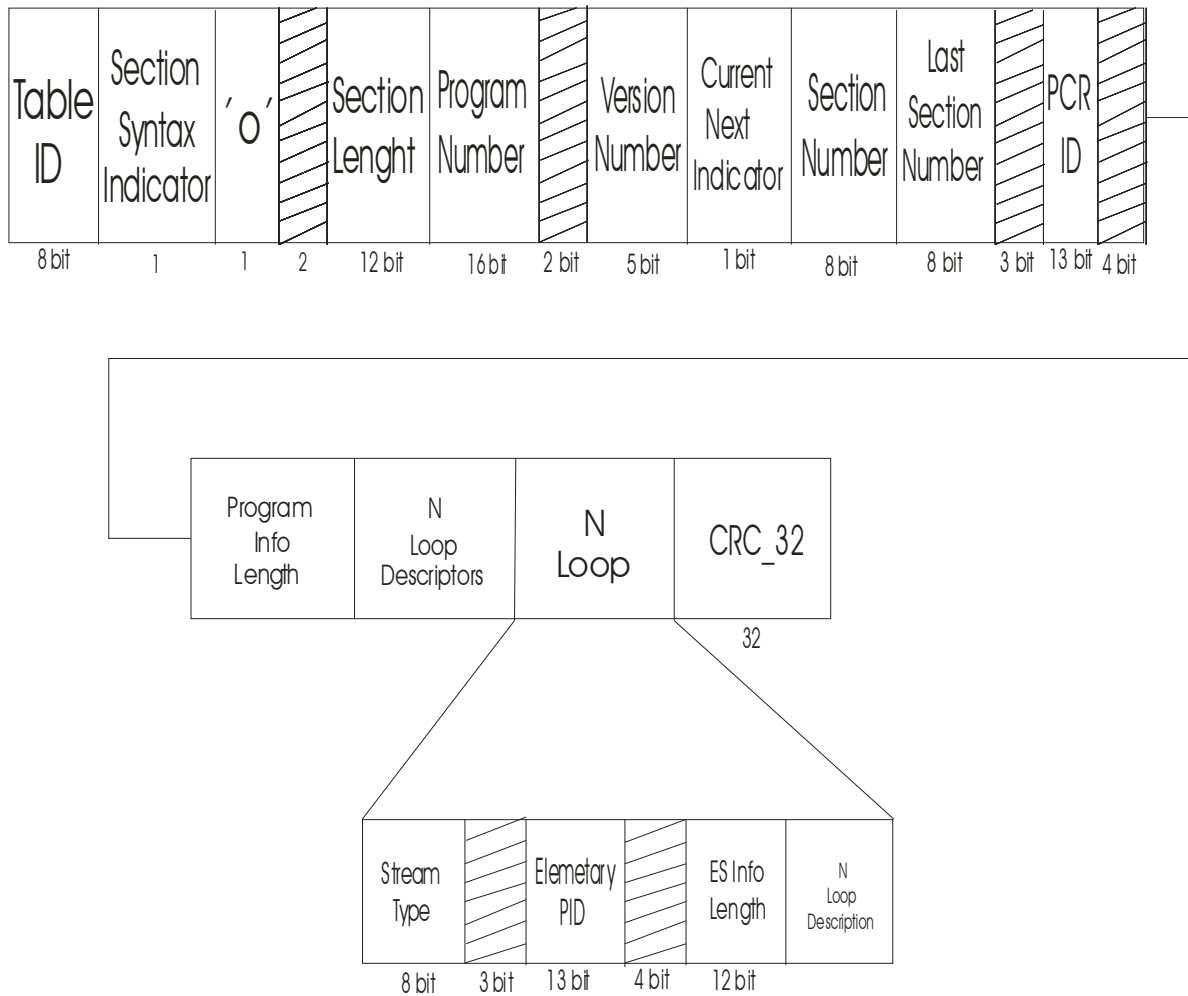
2.14 Tabla CAT

Program Map Table (PMT):

Cada programa audiovisual incluido en un *Transport Stream* tiene una tabla *PMT* asociada con él. Dicha tabla proporciona detalles acerca del programa y de los flujos elementales que comprende.

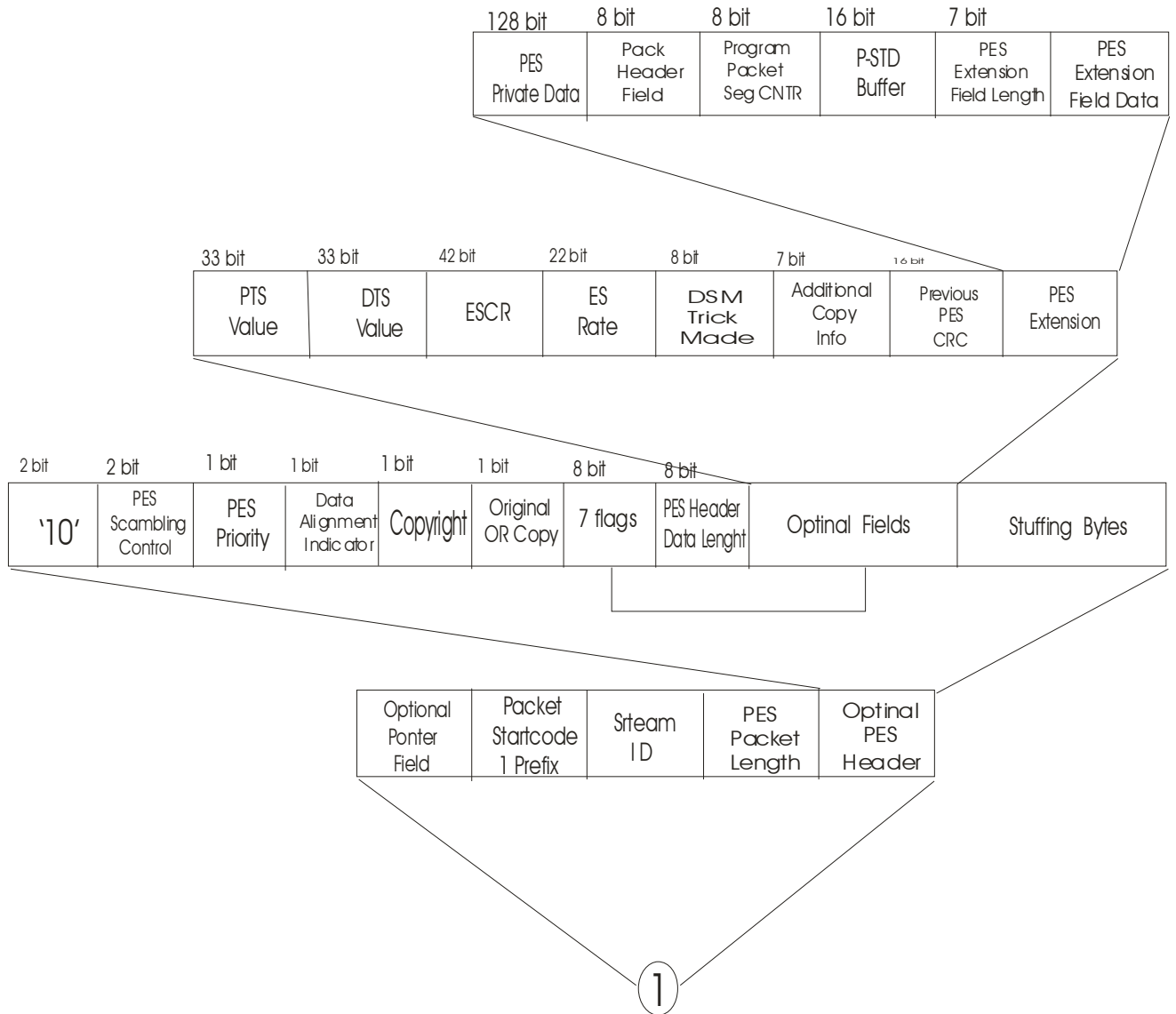
Según MPEG-2, las tablas *PMT* pueden ser transportadas por paquetes con valores de *PID* arbitrarios, exceptuando los valores 0x0000, reservado para *PAT*, y 0x0001 reservado para *CAT*.

Program Map Section (PMT)



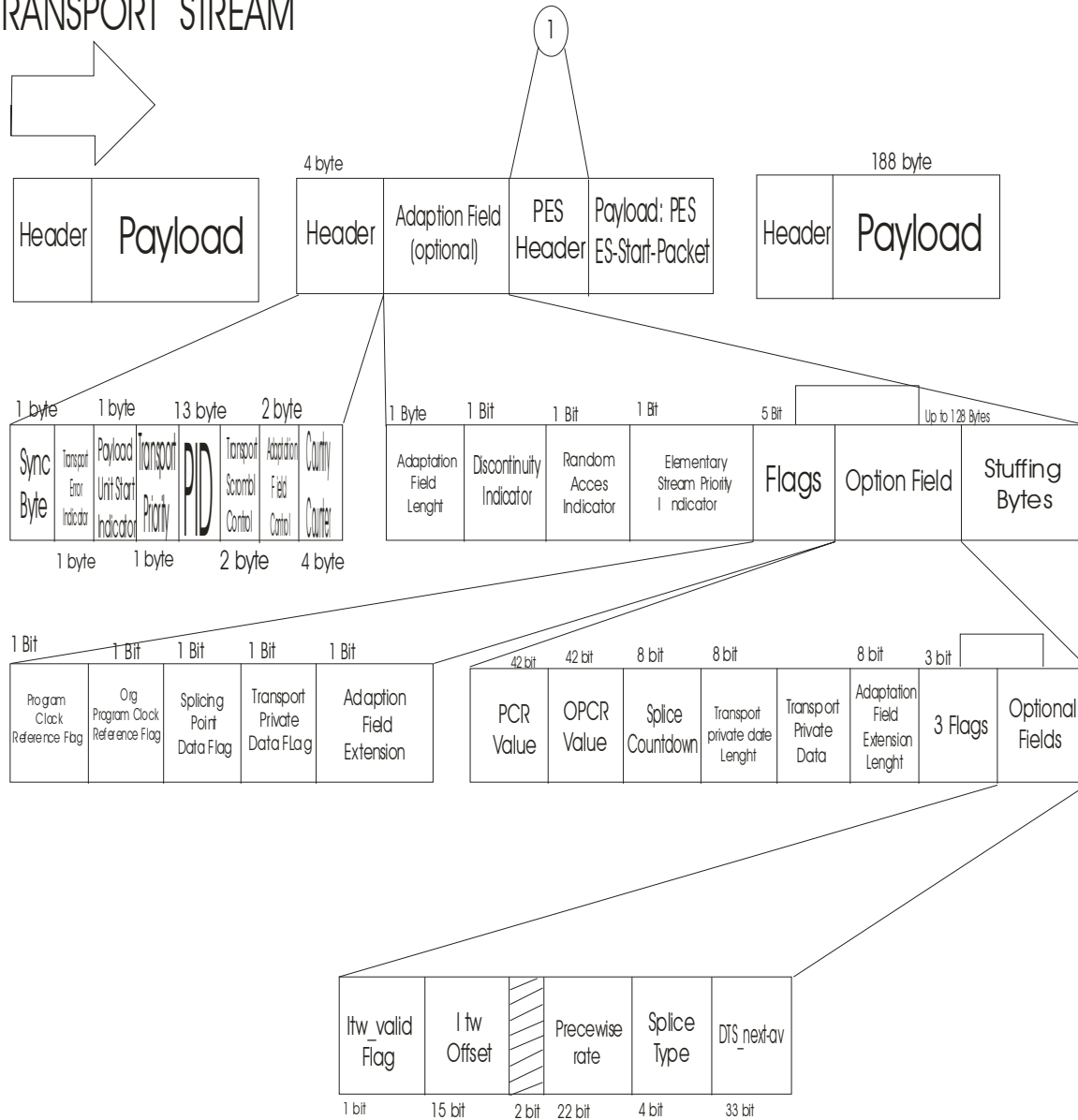
2.15 Ejemplo de una tabla PMT

PES Header



2.16 PES Header

TRANSPORT STREAM



2.17 Transport Stream

2.3.1.8 Medidas del transport stream MPEG-2

Al igual que en los sistemas de televisión analógica, las medidas de potencia y de interferencias son fundamentales para el mantenimiento de un sistema de televisión digital. De hecho los efectos de la degradación de una señal analógica son completamente diferentes a los efectos provocados por una degradación de la señal digital. Una misma interferencia aplicada sobre dos señales, una analógica y una digital, puede provocar en la señal analógica una degradación aceptable de la calidad de la imagen mientras que en la señal digital podemos llegar a perder completamente dicha imagen.

La medidas del transport stream contiene, en si misma, estructuras de control que deberían examinarse para comprobar la calidad de la señal. Las especificaciones de los sistemas MPEG-2 definen un sistema flexible de multiplexación que permite mezclar varios canales en la misma trama. La información se transmite en paquetes de longitud fija de 188 bytes. Estos paquetes están formados por una cabecera de 4 bytes (header) que contienen información de control seguida por 184 bytes (payload) donde se transmite la información de audio, video y datos de los diferentes programas y servicios. El header transmite información que se puede analizar para verificar la correcta transmisión de la señal.

Podemos dividir los parámetros a analizar en tres subconjuntos, ordenados por prioridades.

Prioridad 1: Se establecen una serie de condiciones necesarias para la correcta decodificación del transport stream. Si algunas de las condiciones no se dan, los usuarios no son capaces de recibir el servicio. El análisis de determinados bits nos indicará fallas de sincronización, el estado de las tablas PAT/PMT, la existencia de las tramas de identificación de paquetes (PID) y la pérdida de paquetes.

Los parámetros considerados básicos para asegurar la decodificación del transport stream son:

	Indicador	Motivo de error
1.1	TS_sync_loss	Pérdida de sincronismo
1.2	Sync_byte_error	Sync_byte distinto de 0x47
1.3	PAT_error	PID 0x0000 no se produce cada 0.5 segundos Un PID 0x0000 no contiene una table_id 0x00 Scrambling_control_field no es 00 para PID 0x0000
1.4	Continuity_count_error	Orden incorrecto de los paquetes Dos paquetes iguales perdidos
1.5	PMT_error	Secciones con table_id 0x02 no se producen cada 0.5 sobre el PID referido al PAT
1.6	PID_error	PID especificado no se produce durante un periodo especificado.

TS_sync_loss es el parámetro más importante ya que la sincronización del transport stream depende del número de bytes de sincronismos correctos necesarios para sintonizar el dispositivo de recepción. Si este parámetro no es correcto (se reciben bytes de sincronización erróneos) no es posible el análisis del resto de los parámetros.

Prioridad 2: Se recomienda un análisis continuo o periódico de determinados bits. El análisis de estos bits nos proporcionará información sobre errores que pueden ser importantes pero que solo afectan a parte de la información transmitida.

Dentro de esta categoría se verifican la exactitud de la base de tiempos PCR/PTS, la información contenida en las tablas PSI/EPG mediante CRC (cycle redundancy checksum) y la presencia de acceso condicional (llaves de decodificación).

Los indicadores o parámetros en la prioridad 2 deberán tener una supervisión continua o periódica y son los siguientes:

	Indicador	Motivo de error
2.1	Transport_error	Transport_error_indicator en la cabecera de Transport Stream está a "1"
2.2	CRC_error	CRC_error producido en alguna tabla PAT, PMT, NIT, EIT, BAT, SDT o TOT
2.3	PCR_error	Discontinuidad del PCR de más de 100ms. Sin indicación especificación Intervalo de tiempo entre dos PCR consecutivos de más de 40 ms.
2.4	PCR_accuracy_error	La tolerancia del PCR del programa seleccionado no está dentro del margen de ± 500 ns
2.5	PTS_error	Tiempo de repetición del PTS mayor de 700 ms
2.6	CAT_error	Paquetes con transport_scrambling_control no contienen el valor 00 cuando table_id = 0x01 está presente. table_id distinto de 0x01 encontrado en PID 0x0001

Prioridad 3: Depende de la monitorización que se realice. Se analizan condiciones que no son tan severas como en las dos prioridades anteriores y que solo puede afectar a determinados servicios. Dentro de esta categoría se incluye el análisis de los formatos de las tablas PSI, porcentajes de repetición de tablas y errores de overflow/underflow de buffers.

2.3.2 ISO/ IEC 13818-2 Codificación de video

2.3.2.1 COMPRESIÓN DE VIDEO

La compresión de video surge de la necesidad de transmitir datos, imágenes y audio a través de un canal de 6 MHz, con el menor número de bits posibles.

Existen diferentes tipos de compresión, y todos se basan en el mismo procedimiento, aprovechan la redundancia espacial de una imagen, la correlación entre puntos cercanos y la sensibilidad del ojo humano a detalles finos en la imagen, redundancia temporal entre imágenes sucesivas.

Existen dos tipos de algoritmos para la compresión:

- Sin pérdidas: Reduce el tamaño de la imagen con el fin de no perder sus características y calidad original.
- Con pérdidas: Este es el tipo de compresión que utiliza MPEG, el cual consiste en disminuir la tasa binaria para el almacenamiento o transmisión de la información, debido a que el ancho de banda por el cual es transmitido es limitado.

Para poder reducir el tamaño de la imagen, tanto vertical como horizontal, y por consiguiente el número de píxeles que se codificarán, es necesario realizar un submuestreo de interpolación.

Las técnicas de codificación MPEG son de naturaleza estadística. Las secuencias de vídeo contienen normalmente redundancia estadística en las dimensiones espacial y temporal. La propiedad estadística en la que se basa la compresión MPEG es la correlación entre píxeles. Se asume que la magnitud de un píxel determinado puede ser predicha mediante píxeles cercanos del mismo cuadro (correlación espacial), o los *píxeles* de cuadros cercanos (correlación temporal). Intuitivamente se puede apreciar que en los cambios abruptos de escena, la correlación entre cuadros adyacentes es pequeña o casi nula, en ese caso es mejor usar técnicas de compresión basadas en la correlación espacial en el mismo cuadro.

La técnica de compresión de MPEG-2 está basada en el uso de cuatro técnicas básicas conjuntas:

1. Procesamiento.
2. Predicción temporal.
3. Compensación de movimiento.
4. Codificación por cuantificación.

La predicción temporal es un proceso utilizado para eliminar redundancias, se basa en la estimación del movimiento entre dos tramas de video.

La compensación de movimiento es un proceso que aprovecha el hecho de que las secuencias de video se pueden correlacionar en tiempo, esto es que en cada trama de una secuencia dada esta es muy similar a la pasada y futura, por lo que es más fácil codificar y comprimir la diferencia entre cada trama, y no por separado consiguiendo reducir la cantidad de información.

El proceso que sigue la compensación es el siguiente, muchos de los cambios que hay entre una y otra trama se pueden aproximar, trasladando pequeñas regiones de la imagen previa. Para lograr esto un decodificador tiene que hacer un barrido de la imagen en pequeñas tramas, y así poder identificar cual de las tramas cambian de posición. El decodificador también se encarga de hacer una predicción de macrobloques de las tramas que van en movimiento previendo su dirección y velocidad de movimientos.

Las diferencias entre bloques son transmitidas subsecuentemente al receptor, a este proceso se le llama compensación residual.

La codificación por cuantificación convierte los resultados de coeficientes, en números enteros, que resultan más representativos y compactos. Esto se obtiene de redondear los valores de los coeficientes, así se puede asignar un valor a un rango determinado de números. En este proceso se eliminan las frecuencias para las cuales el ojo humano es menos sensible.

Antes de iniciar el proceso de compresión es necesario pasar la información a través de filtros, los cuales siguen un rango de percepción que tiene el ojo humano, siendo información visual sin importancia para la señal de video.

El concepto básico de submuestreo es reducir la dimensión (espacial) de la imagen y, por tanto, el número de *píxeles* que deben ser codificados. En algunos casos también se realiza un submuestreo en la dimensión temporal.

2.3.2.2 CODIFICACIÓN DE VIDEO

Codificamos para poder minimizar la cantidad de bits necesarios para eliminar la redundancia de código.

Se puede codificar asignando un valor dependiendo de la probabilidad de aparición de cada uno de los valores a la salida del cuantizador.

El cuantizador asigna valores de longitud largos o cortos dependiendo de los valores que aparezcan con mayor o menor frecuencia.

- **Codificación Espacial:** Las imágenes individuales son comprimidas sin referencia a las demás, el eje del tiempo no entra en el proceso de compresión. Toma en cuenta la redundancia entre imágenes sucesivas, involucra el eje del tiempo. Permite altos factores de compresión. Su desventaja es que las imágenes individuales están compuestas de la diferencia entre imágenes previas, así si alguna imagen previa es desechada, ésta puede sufrir de la falta de información.
- **Codificación Temporal:** Aprovecha la ventaja que existe cuando las imágenes sucesivas son similares. En lugar de enviar la información de cada imagen por separado, el codificador, envía la diferencia existente entre la imagen previa y la actual en forma de codificación diferencial. El codificador necesita de una imagen, que fue almacenada con anterioridad, y ser comparada entre imágenes sucesivas, también se requiere de una imagen previamente almacenada para que el decodificador pueda desarrollar las imágenes siguientes. Los datos que se generan al hacer la diferencia entre dos imágenes, se pueden considerar una nueva imagen, la cual es sometida al mismo tratamiento en la compresión espacial.
- **Codificación Bidireccional:** Es aquella que deja información para ser utilizada por imágenes anteriores y posteriores a la imagen observada. Si la imagen ya ha sido tomada, y una parte de ella será utilizada por una imagen posterior, la información es movida hacia atrás en el tiempo, creando parte de la nueva imagen con anticipación.

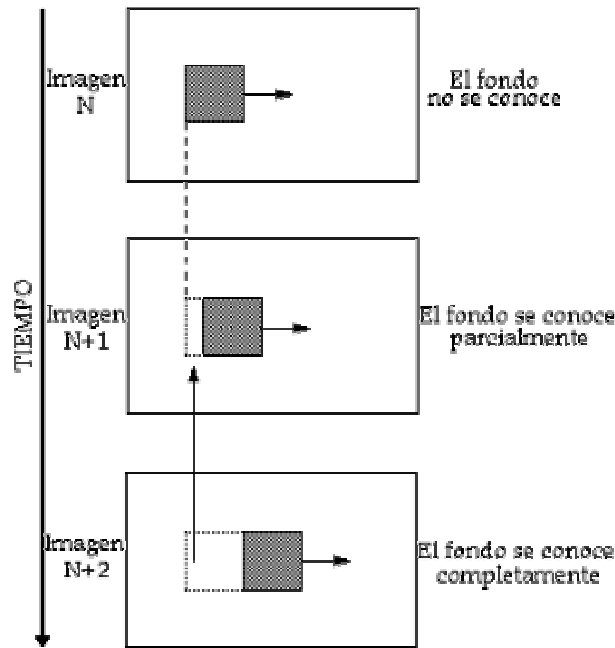


Figura 2.18 Concepto de codificación bidireccional

Gracias a la codificación bidireccional se forman las imágenes B.

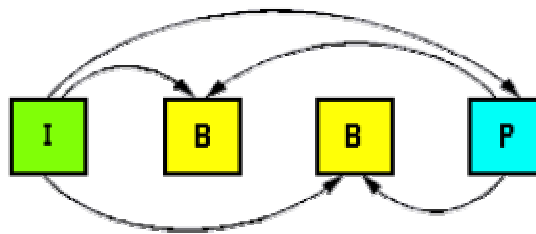


Figura 2.19 Codificación bidireccional

El estándar MPEG-2 emplea la predicción temporal para minimizar la duplicidad de datos dentro de un grupo de imágenes, por lo cual es necesario encontrar un vector que describa el movimiento del objeto y garantice la correlación entre zonas definidas de cuadros subsecuentes. Esto se logra tomando un macrobloque en la imagen actual y comparándola con los macrobloques del cuadro anterior, hasta encontrar aquel con el que la correlación indique que se tiene mayor parecido.

La diferencia de posiciones entre estos 2 macrobloques, crean el vector de movimiento, el cual puede ser aplicado a las señales de video (Y, Cr, Cb).

De esta manera en un grupo de imágenes con objetos en común se elimina la información redundante y sólo se transmite la información que difiere de un cuadro a otro junto con el vector de movimiento. A este grupo imágenes se les conoce como GOP (Group of pictures).

En este tipo de grupos de imágenes se emplea 3 tipos de tramas, I, P y B.

- Imágenes tipo I (Intra): Se codifican sin ninguna referencia a otras imágenes, es decir: contienen todos los elementos necesarios para su reconstrucción. Tamaño: 100 kbytes.
- Imágenes tipo P (Previstas): Se codifican con respecto a la imagen de tipo I o de otra P anterior, gracias a las técnicas de predicción con compensación de movimiento. Su tasa de compresión es claramente mayor que la de las imágenes I: Tamaño 33 kbytes. Son precedidas de la información que proporcionan las tramas I ó P más cercanas empleando la técnica de predicción de movimiento, la trama P contiene la información que ha cambiado de las tramas P ó I antecesoras.
- Imágenes tipo B (Bidireccionales): Se codifican por interpolación entre las dos imágenes de tipo I o P precedente y siguiente que las enmarcan. Ofrecen la tasa de compresión más alta: Tamaño 12 kbytes. El codificador se encarga de seleccionar el número de tramas B que ha de insertar entre un par de tramas de referencia I ó P a modo de seleccionar la secuencia más eficiente.

El uso de tramas B hace más eficiente el nivel de compresión pero requiere de memorias de almacenamiento lo cual suben el costo de decodificador.

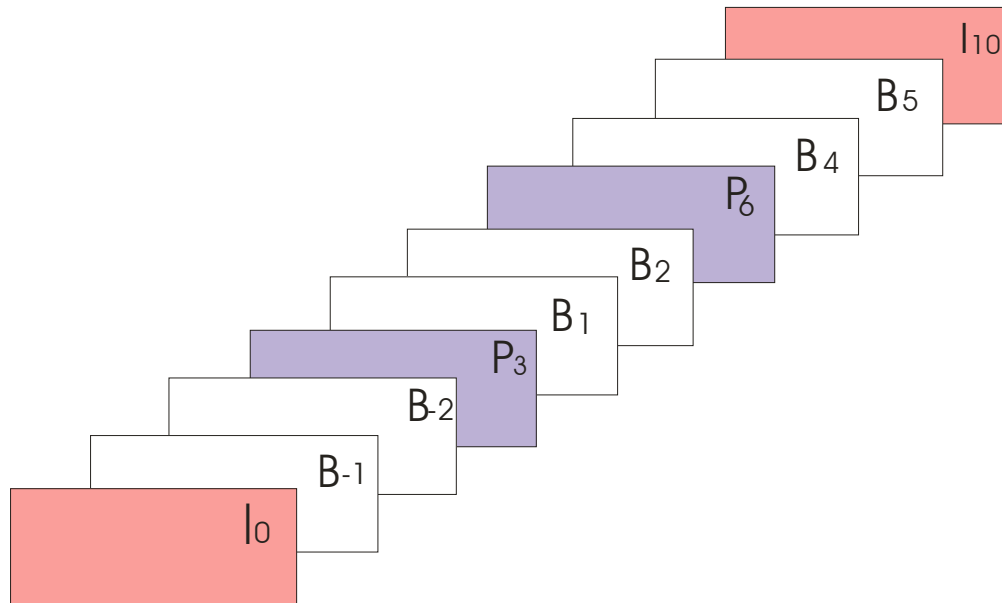


Figura 2.20 Tramas I, P, B

Estas tres tramas nos sirven para lograr la compresión de video, eliminando la redundancia en todos los ejes, dos espaciales (vertical, horizontal) y uno temporal (tiempo).

Las tramas P y B aseguran la compresión temporal, mientras que "I" sirve de referencia para hacer predicciones en tramas subsecuentes.

El tamaño real depende del objetivo de velocidad binaria buscado y de la complejidad de la imagen. Los valores citados corresponden a un flujo comprimido de 5 Mbps.

El resultado de la codificación MPEG de una secuencia de vídeo, es una sucesión de tramas. Dichas tramas constituyen el denominado “*Vídeo Elementary Stream (Vídeo E.S.)*”.

Hay dos tipos de parámetros M y N que definen la manera en que las imágenes I, P y B se encadenan.

- M es la distancia entre dos imágenes P (previstas) sucesivas.

- N es la distancia entre dos imágenes I (intra) sucesivas.

Cuando $M=3$ y $N=12$ se alcanza un flujo de video de 1.15 Mbits/seg con una calidad satisfactoria y una resolución de acceso aleatorio < 0.5 seg.

Podemos decir que la secuencia esta compuesta de $1/12$ o 8.33% de imágenes I, $1/4$ ó 25% de imágenes P, y $2/3$ ó 66.66% de imágenes B, el factor de compresión total es más grande ya que la mayoría de las imágenes son del tipo B, las cuales tienen un factor de compresión alto.

Una secuencia de video MPEG sigue la siguiente estructura:

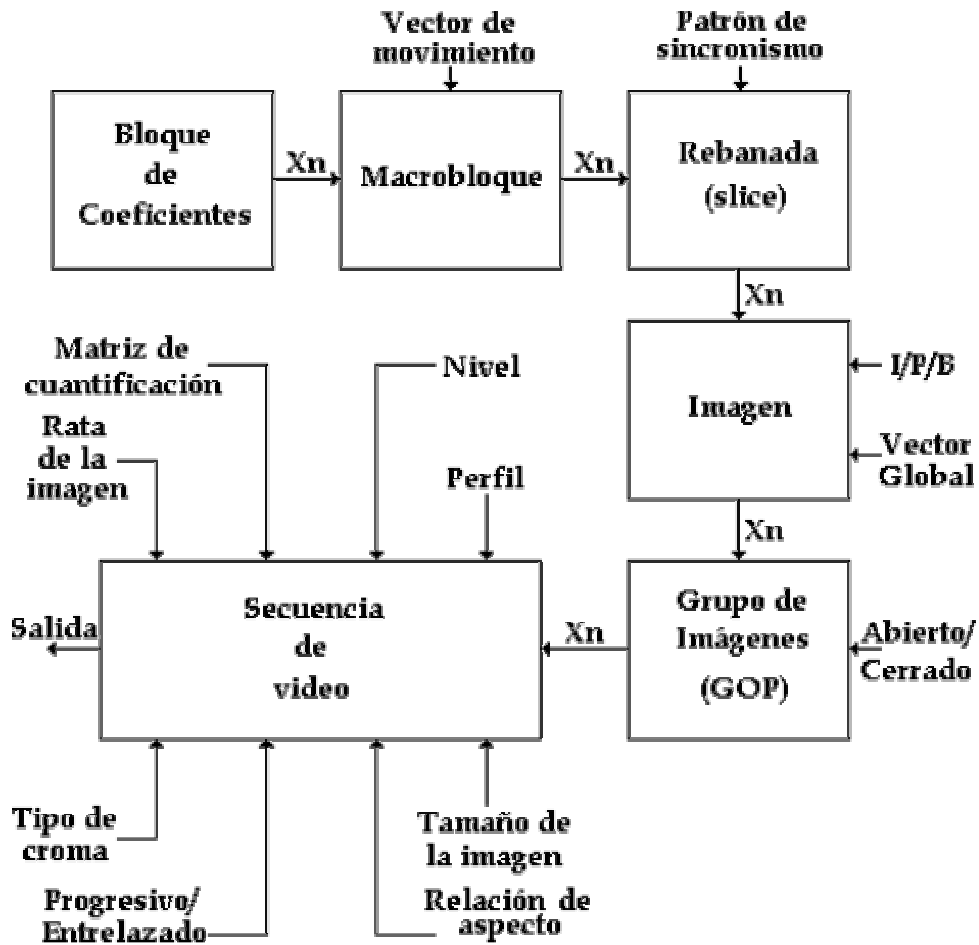


Figura 2.21 Estructura de una secuencia de video MPEG

Bloque (Block): Es la unidad fundamental de la información de la imagen y está representada por un bloque de coeficientes DCT, ya que tienen un tamaño 8X8 píxeles, los cuales representan datos Y, Cr, Cb.

Macrobloque (Macroblock): Es la unidad fundamental de la imagen que además está compensada en movimiento. Cada macrobloque es vector de desplazamiento en dos dimensiones situado en la parte superior de la secuencia. La compensación de movimiento puede ser en modo de cuadro o campo, el cual es indicado. La escala utilizada para la recuantificación de los coeficientes también es indicada. Usando los vectores, el decodificador obtiene información acerca de las imágenes anteriores y las posteriores, produciendo así una predicción de imágenes.

Slice: Los macrobloques son reunidos en slices, colocadas de forma horizontal ordenada de izquierda a derecha. Los slices son la unidad fundamental de sincronización para la codificación de la longitud variable y diferencial, los vectores iniciales en un slice son enviados completamente, mientras que los demás vectores son transmitidos diferencialmente.

Imágenes I,P,B: Cuando un número de slices se combinan, construyen una imagen, la cual es la parte activa de un campo o un cuadro.

Grupo de imágenes (group of pictures, GOP): Las imágenes pueden ser combinadas para producir un GOP (grupo de imágenes) el cual comienza con una imagen I. El GOP es la unidad fundamental de codificación temporal. Un GOP puede ser abierto o cerrado, si el grupo es cerrado, las últimas imágenes B requieren de una imagen I para el siguiente GOP por decodificar y la secuencia de bits puede ser cortada al final del GOP.

Secuencia: Cuando algunas GOP son combinadas se produce una secuencia de video con un código de inicio, seguido por un encabezado, y termina con un código final. La secuencia de soporte especifica el tamaño horizontal y vertical de la imagen, norma de barrido, la tasa de transmisión de imágenes, si se usa un barrido progresivo o entrelazado, el perfil, nivel, velocidad de transferencia de los bits, y cuales matrices de cuantización se usan para codificar imágenes espaciales y temporales.

Para llevar acabo la compresión es necesario hacer muchos tipos de codificación, en diferentes partes del proceso, algunas de esas codificaciones son:

- Codificación de fuente: Consiste en eliminar el número de bits de redundancia que halla, para reducir la tasa en tiempo y el ancho de banda en el cual es transmitido.

Dentro de esta codificación está la codificación VLC (codificación de longitud variable y LRC (Codificación de larga longitud).

- Codificación de longitud variable: dependiendo de la frecuencia de aparición de los coeficientes, el decodificador asigna un código más simple a los coeficientes que tienen mayor número de apariciones, y uno más corto para los que no son muy frecuentes.

Esto implica:

1. Un análisis previo de la serie de elementos que hay que transmitir, incompatible con el tiempo real.
2. El conocimiento a priori de la probabilidad de aparición de todos los elementos posibles obtenido estadísticamente.

El caso de las imágenes de vídeo transformadas por DCT se presta para este tipo de codificación debido a la concentración de la información sobre pocos coeficientes, a la inversa que la forma temporal de la señal de video, donde los valores de los muestreos tienen las mismas probabilidades.

- Codificación de larga longitud: Se ocupa cuando una fuente de información emite elementos de mensajes que pueden llevar series relativamente largas de elementos idénticos, como el caso de la DCT (Transformada discreta del coseno) tras la discriminación por umbral y la cuantificación, no se codifica individualmente cada elemento sino juntos valor/número de repeticiones, lo que da un factor de reducción de flujo importante mientras mas larga sea la serie. Aquí no se pierde ninguna información, por tanto, es reversible. Se puede combinar con una codificación de longitud variable (VLC) para aumentar su eficiencia.

- Codificación de canal: Es el proceso en el cual, a los bits del mensaje se le agregan bits adicionales para detectar, y en algunos casos corregir errores dentro del proceso de detección.

Para ello se requieren de poderosos algoritmos de corrección de errores que resguarden la información, lo que implica el uso de técnicas de modulación altamente eficientes que reduzcan al máximo la probabilidad de errores.

- Codificación por cuantificación: Convierte los resultados de coeficientes ya obtenidos en números definidos los cuales son más representativos y compactos. Estos se obtienen de redondear los valores de los coeficientes de esta forma podemos asignar un mismo valor a un rango determinado.

Este proceso de cuantificación elimina en cada bloque las frecuencias para las cuales el ojo humano es menos sensible.

Los coeficientes de frecuencias obtenidas son posicionados según un barrido que hace en forma de zig-zag, partiendo de la esquina superior izquierda hacia la esquina superior derecha.

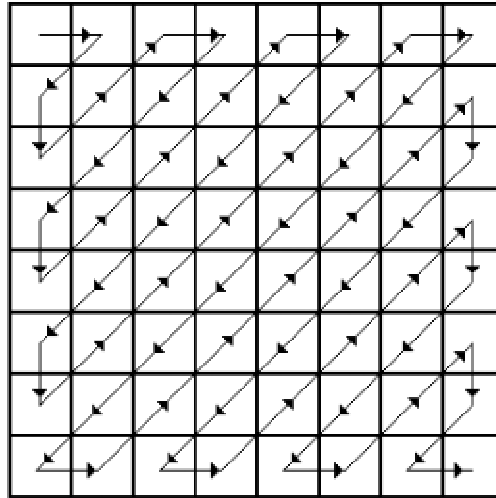


Figura 2.22 Exploración clásica o en zig-zag, normalmente para cuadros (frames)

Por lo tanto las frecuencias menos importantes son representadas por ceros, y haciendo uso de la compresión espacial es posible codificar el número de cadenas de ceros que existen en un renglón y no hacerlo una por una. Por lo que no es necesario enviar todas las cadenas, sino sólo un indicador para el comienzo de ella, reduciendo de manera considerable la información.

Existe la posibilidad de transmitir errores si se ocupa una secuencia ilimitada de imágenes previstas, por lo que es mejor trabajar con un número limitado de imágenes.

MPEG-2 envía ocasionalmente una imagen, que no ha sido tratada por ningún método de compresión, y que es igual a la imagen original, lo que permite renovar la información de la imagen en la transmisión.

2.3.2.3 Algoritmo de Huffman

Supone el conocimiento previo de la probabilidad de cada elemento y permite aproximarse al flujo entrópico.

1. Clasifica cada uno de los elementos por orden de probabilidad decreciente para construir una tabla de ocurrencias.
2. Se toman los 2 elementos de menor probabilidad y se reagrupan en un solo elemento de probabilidad igual a la suma de las dos probabilidades. Se asigna el bit 0 al de menor probabilidad y el bit 1 al otro.
3. Así se va construyendo el árbol de codificación de Huffman donde se le atribuye a cada elemento el código obtenido poniendo uno detrás del otro los bits encontrados en el camino seguido para alcanzarlo.

2.3.2.4 DCT (Transformada en Coseno Discreta)

Bajo ciertas condiciones, la DCT descompone la señal en una serie de funciones únicamente cosenos armónicos en fase con la señal original lo que reduce a la mitad el número de coeficientes necesarios, en comparación con una transformada de Fourier.

En el caso de la imagen, trabajaremos a partir de una señal muestreada bidimensional y una DCT en dos dimensiones (horizontal y vertical), lo que transformara los valores de luminancia ó crominancia en los bloques de NxN píxeles en otro bloque de NxN coeficientes que corresponderán a la amplitud de cada una de las funciones de cosenos armónicas.

En el bloque transformado, los coeficientes de las frecuencias horizontales van de izquierda a derecha de forma creciente y los de las frecuencias verticales de arriba abajo.

A fin de reducir, tanto la complejidad, como el tiempo de tratamiento de los circuitos integrados, se ha tomado la imagen en bloques de 8x8 píxeles que la DCT transforma en una matriz de 8x8 coeficientes, donde la primera indica la componente de la DC que representa la intensidad media del bloque, y el último de la componente de frecuencia espacial más elevada para los 2 ejes.

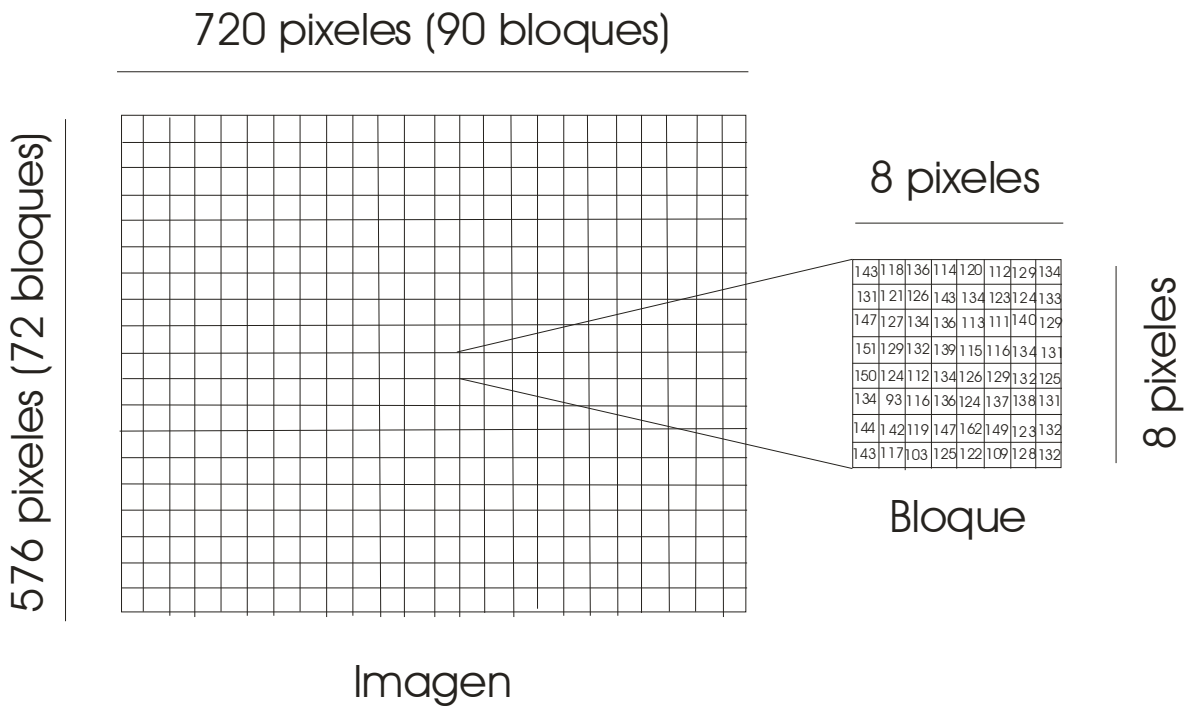


Figura 2.23 División en bloques de 8x8 pixels (los valores representan la intensidad luminosa de un píxel)

DCT tiene la propiedad de concentrar la energía del bloque sobre unos pocos coeficientes situados en el ángulo superior izquierdo. Los coeficientes son independientes unos de otros.

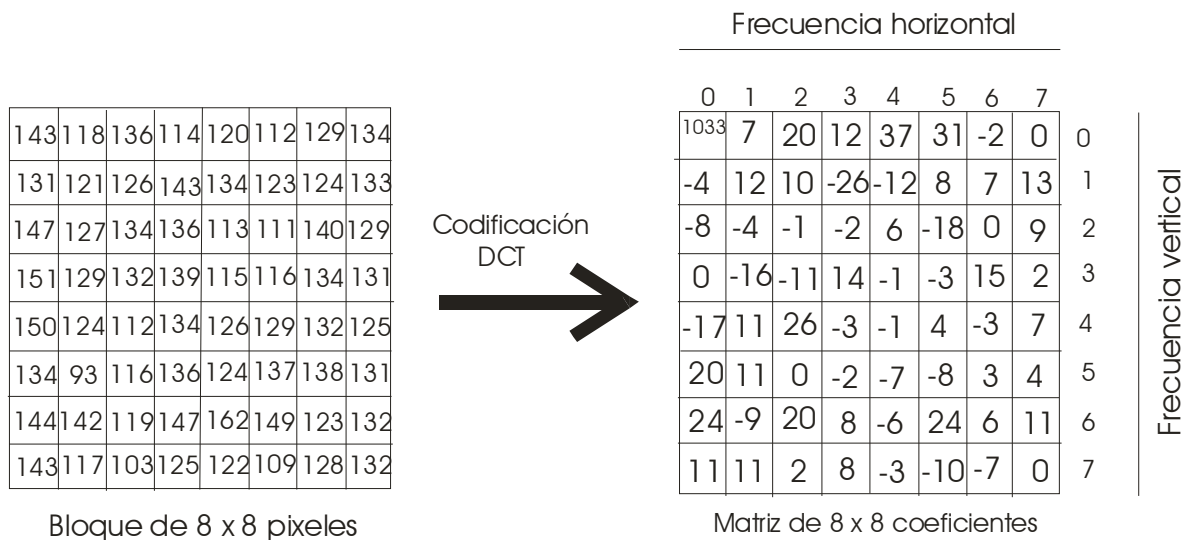


Figura 2.24 Transformación de un bloque 8x8 pixels en una matriz de 8x8 coeficientes

Hasta este punto la DCT es reversible (no se pierde información). Sin embargo teniendo en cuenta las particularidades psicofisiológicas de la vista humana (menor sensibilidad del ojo a las frecuencias espaciales elevadas), se puede hacer una discriminación por umbral en función de la frecuencia, los valores por debajo de este umbral, considerados como poco, o nada visible se consideran cero. Por lo tanto existe una pérdida de información (irreversible), con poca importancia sobre la calidad de la imagen.

Por último los coeficientes se cuantifican con una precisión cada vez menor cuando la frecuencia aumenta, permitiendo una reducción suplementaria de la cantidad de información necesaria para codificar un bloque, aquí también hay pérdidas de información.

Los parámetros de la cuantificación pueden ser utilizados para regular el flujo durante la transmisión de imágenes animadas.

La serie de coeficientes obtenidos del proceso de discriminación por umbral/cuantificación se lee barriendo la matriz en zig-zag.

Este método obtiene de la forma más rápida series relativamente largas de coeficientes nulos, provocando que aumente la eficacia de los tratamientos posteriores (codificación RLC y VLC).

2.3.2.5 Pasos para la Compresión.

Son seis pasos:

1. Descomposición en bloques.

La imagen original en forma Y, Cb,Cr se divide en bloques de 8x8 píxeles, descompuestos en 6,480 bloques de luminancia (Y) 3,240 bloques para cada una de las componentes Cb y Cr.

2. Transformada DCT.

Se aplica a cada uno de los bloques (Y,Cr,Cb) y genera para cada uno de ellos una nueva matriz de 8x8 compuesta por los coeficientes de los componentes de frecuencia espaciales cada vez más elevados.

El valor de estos coeficientes disminuye cuando nos alejamos del origen de la matriz, terminando generalmente en una serie de 0, así sólo habrá que transmitir un único coeficientes en lugar de 64.

3. Discriminación por umbral y cuantificación.

Esta etapa tiene en cuenta las particularidades de la visión humana (el ojo no distingue los detalles finos por debajo de cierto nivel de luminancia) consiste en poner a 0 los coeficientes inferiores a un valor predeterminado y en codificar los coeficientes restantes con una precisión decreciente a medida que la frecuencia aumenta.

El principio de la codificación de longitud variable (el más famoso es el de Huffman) es el de acercarse lo más posible al flujo entrópico (número de bits por elemento tan próximo como sea posible a la entropía de la fuente).

4. Lectura en zig-zag.

Con excepción del coeficiente DC que se trata por separado, los 63 coeficientes AC se leen en zig-zag para transformar la matriz en una corriente de datos en serie adaptada a las próximas etapas del proceso de codificación RLC y VLC.

5. Codificación entrópica de Huffman (VLC)

6. Esta última etapa consiste en codificar los coeficientes con una longitud más corta entre más frecuente sean estadísticamente.

El coeficiente de frecuencia nula (DC) se codifica en DPCM (Codificación diferencial con respecto a la del bloque anterior), lo que permite aumentar la precisión de cuantificación para un número de bits dado, por lo que se puede minimizar la visibilidad de los bloques sobre la imagen reconstruida ya que el ojo es muy sensible a pequeñas diferencias de luminancia sobre áreas uniformes.

2.4 AC/3 CODIFICACIÓN DE AUDIO.

MPEG define 3 capas de codificación de audio, cada una añade complejidad a la anterior. La codificación se realiza dividiendo las secuencias de audio en tramas (de 384 muestras), que se filtra para obtener las bandas críticas:

- La capa 1 sólo considera en enmascaramiento frecuencial.
- La capa 2 considera además el enmascaramiento temporal estudiando 3 tramas a la vez.
- La capa 3 utiliza filtros no lineales, elimina redundancias provocadas por el muestreo y utiliza codificación de Huffman.

Este esquema de codificación es prácticamente idéntico para MPEG-2 y para DOLBY AC-3, aunque cada una de ellas sugiere que es mejor que la otra. DOLBY AC-3 se basa en ser la primera que desarrolló un sistema multicanal de audio, mientras que MPEG en su poder de integración de estándares. El resultado es la incompatibilidad explícita entre ambos formatos, aunque el mercado multimedia se ha adaptado rápidamente soportando ambos formatos (como por ejemplo, DVD). La gran diferencia entre estos sistemas es la ecualización de cada canal para crear diferentes perfiles de "envolvencia".

El Standard ATSC utiliza la tecnología " Dolby Digital AC-3".

La misma está basada en el método que actualmente se utiliza en las salas de cine, el Dolby Surround Sound. Este procedimiento brinda 5.1 canales de audio digital.

- Canal Izquierdo.
- Canal Derecho.
- Canal Central (Middle Channel).
- Canal Surround Izquierdo.
- Canal Surround Derecho.
- 0.1 Canal para señal de Subwoofer.

2.4.1 Servicios de Audio

El estándar ATSC permite dos servicios principales y seis tipos de adición de servicios de audio para cada canal de programa individual.

El canal principal de servicios de audio posee los diálogos, la música y los efectos.

El canal " Music & Effects " provee sólo la música y los efectos, sin los diálogos.

Main audio service: complete main (CM).

Main audio service: music and effects (ME).

La extensiones del servicio de audio son las siguientes:

Associated service: visually impaired (VI) - Provee una descripción narrativa del contenido visual del programa.

Associated service: hearing impaired (HI) - Sólo diálogos para enfatizar la calidad cuando se mezcla con el canal principal.

Associated service: dialogue (D) - Diálogo Original.

Associated service: commentary (C) - Comentarios adicionales.

Associated service: emergency (E) - Servicio de Emergencias (Llamado a la solidaridad, Meteorología, etc.).

Associated service: voice-over (VO) - Permite la posibilidad de adicionar voz al programa original.

Más Datos.

Sampling Frequency: El audio es muestreado a una frecuencia de 48 Khz., enganchado en fase, bajo un sistema de reloj principal de 27 Mhz.

Bit Rate : Un canal principal de audio conteniendo todo el servicio completo , es codificado a una velocidad menor o igual a 384kbps.

Un canal simple conteniendo un único servicio de programa es codificado a una velocidad menor o igual a 128kbps.

Dos canales de audio de servicios asociados conteniendo diálogos se codifica a una velocidad menor o igual a 192kbps.

La asociación entre un canal principal y todos los servicios adicionales se codifican simultáneamente a una velocidad menor o igual a 512kbps.

2.5 SMPTE 310M

SMPTE 310M es capaz de ofrecer un transporte robusto con una velocidad de datos reducida el flujo de transporte se aplica entre la salida del emisor de multiplexado y la entrada del transmisor.

SMPTE 310M define un método de transmisión digital para el Transport Stream de MPEG-2 ya sea para 19.38 ó 38.8 Mbps y es designado para ser transmitido vía modulación 8-VSB al receptor de casa. Esta diseñado para una cadena de alta definición de 12 Mbps y una cadena de definición estándar de 6 Mbps. Este es el estándar normalmente usado para alimentar la mayoría de los moduladores que actualmente crean las señales de RF.

SMPTE utiliza un cable coaxial de 75 Ohms con conectores BNC.

2.5.1 Especificaciones Técnicas

General

Formato de paquete: 188, 204 o 208 bytes.

Tasa de datos (entrada): 16 - 40 Mb/s.

Tasa de datos (salida): 16 - 40 Mb/s.

Frecuencia de error: ± 2.5 ppm (max. Sobre 5 años).

Packet timestamp: Frecuencia de reloj: 10 MHz \pm 2.5 ppm.

Resolución de reloj: 100 ns.

Precisión: ± 1 timestamp clock period.

Impedancia de la fuente: 75 Ω .

Tipos de conectores: BNC entrada y salida.

Eléctrica

Entrada de voltaje: 800 mV pp (nominal).

Física

Dimensiones de la tarjeta: 4.2 x 7.0 pulgadas.

Estándares

SMPTE 310M Synchronous Serial Interface for MPEG-2.

Digital Transport Streams (1998).

2.6 Modulación 8VSB

8VSB es el formato de modulación utilizado por el estándar DTV (ATSC) de televisión digital para transmitir bits digitales, utilizando como medio de transmisión el aire para ser enviados como ondas al televidente.

Debido a diversos defectos en la transmisión de la señal de televisión como son fantasmas, ruido, desvanecimiento e interferencias es importante el procesamiento de la señal para su radiodifusión de acuerdo a las normas establecidas, las principales etapas que hay que considerar son MPEG-II y 8VSB, por lo que hay que tener especial cuidado con el codificador de MPEG-II y el excitador de 8VSB. MPEG-II entrega un flujo de datos de 19.39 Mbit/seg, al excitador de 8VSB por medio de la interfaz SMPTE-310.

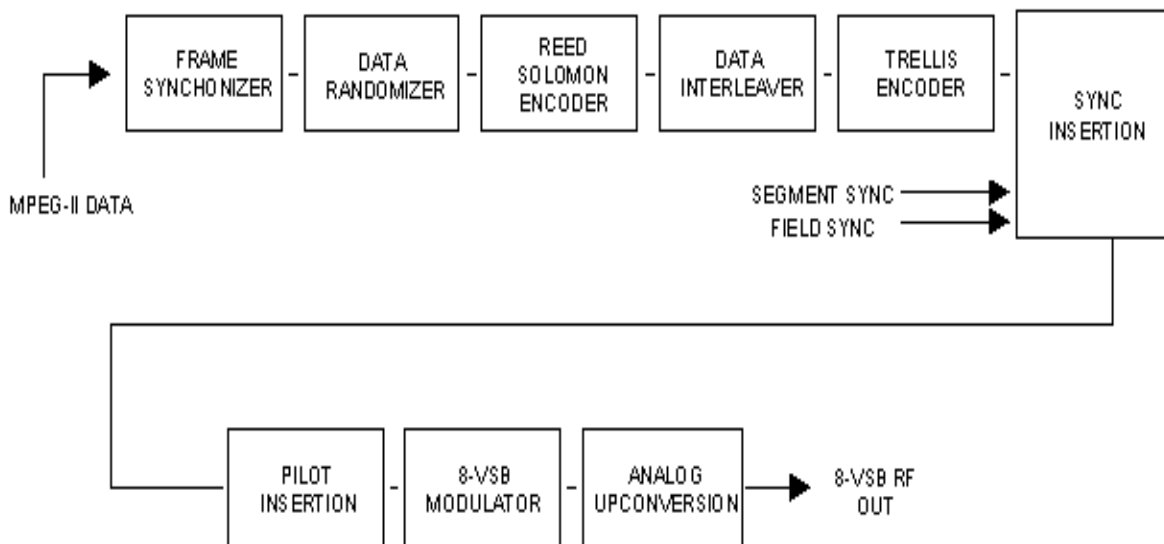


Figura 2.25 Diagrama de bloques, excitador 8VSB

2.6.1 Sincronización de Datos

La primera cosa que hace el excitador 8VSB al recibir los paquetes de datos MPEG-II es sincronizar sus propios circuitos internos a la señal de entrada. El excitador necesita identificar correctamente los puntos de comienzo y de fin del paquete de datos MPEG-II. Esto se hace por medio de los bytes de sincronismo MPEG-II.

2.6.2 Aleatorizador de Datos

Con la excepción de las sincronías de segmento y de campo, es imperativo que el flujo de bits 8VSB tenga una característica completamente aleatoria y parecida al ruido. Esto es porque la respuesta de frecuencia de la señal transmitida necesita tener un espectro plano (como ruido) para utilizar el canal RF limitado con la máxima eficiencia. Si el flujo de datos tuviera patrones repetitivos, el ritmo recurrente de dichos patrones causaría una aglomeración de la energía de RF, dejando así espacios subutilizados a otras frecuencias.

En el aleatorizador de datos, cada byte es modificado según un patrón conocido de generación de números pseudo aleatorios.

2.6.3 Codificación Reed Solom

La función principal de las técnicas de control de errores es introducir redundancia controlada permitiendo que los mensajes transmitidos que hayan sido corrompidos sean corregidos antes de ser procesados, el código Reed Solomon se basa en estas técnicas de compresión.

RS tiene la capacidad de corregir un cierto número de errores consecutivos, lo cual implica que ante la aparición de una gran cantidad de errores, el código no es efectivo.

RS es un código estándar de corrección de errores que protege la información contra el borrado de datos transmitidos sobre un canal de comunicaciones. Este tipo de código pertenece a la categoría FEC (Forward Error Correction) es decir, corrige los datos alterados en el receptor y para ello utiliza unos bits adicionales que permiten esta recuperación a posteriori.

El codificador Reed-Solomon toma los 187 bytes del paquete MPEG-II entrante (se le ha quitado el byte de sincronía al paquete) y los manipula matemáticamente como un bloque para crear una especie de “etiqueta de identificación digital” del contenido del bloque. Esta “etiqueta” ocupa unos 20 bytes adicionales, que el codificador anexa a la cola del paquete original de 187 bytes. Estos 20 bytes son conocidos como los bytes Reed-Solomon de paridad.

Si se detectan errores, el receptor determina que la “etiqueta” no corresponde al paquete y busca uno parecido (con unos pocos bits cambiados) que mejor corresponda a la etiqueta recibida.

El esquema de codificación Reed-Solomon utilizado en la DTV puede corregir hasta diez bytes erróneos por paquete. Si hay demasiados errores de byte en un cierto paquete dado, el receptor no puede encontrar una pareja para la etiqueta de paridad con un nivel suficiente de certeza.

2.6.4 Interfoliador de Datos

El interfoliador de datos cambia el orden secuencial del flujo de datos aleatoriamente y dispersa el paquete de datos MPEG en tiempo para minimizar la sensibilidad de la señal transmitida a las interferencias de disparo. El interfoliador de datos luego construye paquetes nuevos, incorporando los fragmentos pequeños de muchos paquetes MPEG-II diferentes. Estos paquetes reconstituidos tienen la misma duración que los paquetes MPEG-II originales: 207 bytes (después de la codificación Reed-Solomon).

Esto es como la estrategia de no poner todos los huevos en la misma canasta. Si un disparo de ruido hace un agujero a la señal y se pierde “una canasta” (esto es, unos milisegundos) muchos paquetes MPEG-II pierden un huevo en lugar de que un solo paquete MPEG-II pierda todos. Esto es conocido como diversidad de tiempo. Si la pérdida se limita a unos pocos bytes por paquete, el decodificador Reed-Solomon puede corregir los errores y recuperar los datos perdidos, tal como fue descrito en la sección anterior.

2.6.5 Codificador Trellis

La codificación trellis (o de celosía) es otra forma más de la corrección progresiva de errores. A diferencia de la codificación Reed-Solomon, que procesa simultáneamente el paquete completo MPEG-II como un bloque, la codificación trellis es un código evolutivo que rastrea el flujo de bits a medida que transcurre el tiempo. Consecuentemente, la codificación Reed-Solomon es conocida como un código bloque, mientras que la codificación trellis es una forma de código convolucional.

En el codificador trellis, cada palabra de 2 bits a la entrada es comparada con la historia de las palabras de 2 bits anteriores. Se genera matemáticamente un código binario de tres bits para describir la transición de la última palabra de 2 bits actual. Estos códigos de 3 bits reemplazan las palabras de 2 bits originales y son transmitidos al aire como los símbolos de ocho niveles del 8VSB. (3 bits = $2^3=8$ combinaciones o niveles). Por cada dos bits que entran al codificador trellis, salen tres. Por esta razón, se dice que el codificador trellis del sistema 8VSB es un codificador de relación 2/3.

El decodificador trellis del receptor utiliza los códigos de transición de 3 bits para reconstruir la evolución del flujo de datos de una palabra de 2 bits a la siguiente. De esta manera, el decodificador trellis sigue la “pista”.

El decodificador trellis del receptor utiliza los códigos de transición de 3 bits para reconstruir la evolución del flujo de datos de una palabra de 2 bits a la siguiente. De esta manera, el decodificador trellis sigue la “pista” (o trayectoria) del flujo de datos mientras pasa de palabra a palabra. El poder de la codificación trellis reside en su capacidad de rastrear la historia de la señal y descartar una información potencialmente falsa (errónea) a base del comportamiento pasado y futuro de la misma.

2.6.6 Inserción de la piloto y los sincronismos

El próximo paso en la cadena de procesamiento de la señal es la inserción de las varias señales “auxiliadoras” que ayudan al receptor DTV a localizar y remodular correctamente la señal de RF transmitida. Estas son la piloto ATSC, las sincronías de segmento y de campo. Se insertan la piloto y las sincronías después de las etapas de aleatorización y codificación FEC para no destruir las relaciones fijas en amplitud y tiempo que estas señales necesitan para que sean eficaces.

Los datos tienen que ser muestreados por el reloj del receptor para ser recuperados correctamente. El reloj del receptor, por sí mismo, tiene que ser generado desde los datos recuperados.

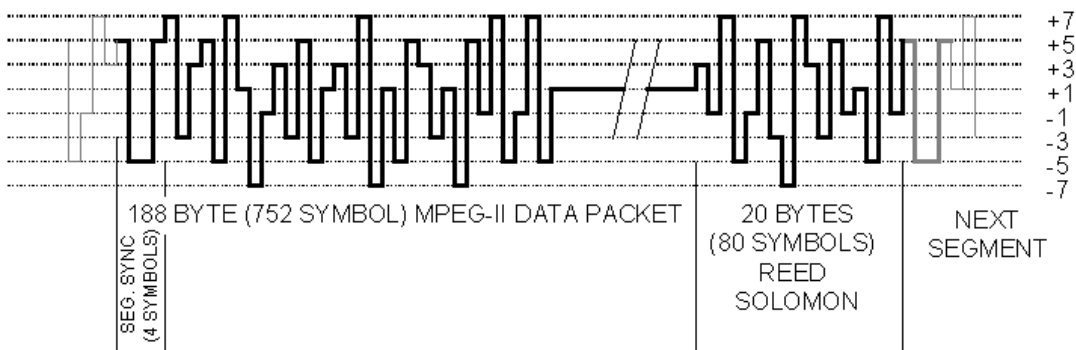
Cuando el NTSC fue inventado, se previó la necesidad de tener un pulso de sincronía fuerte que estuviera por encima del resto de la envolvente de modulación. De esta manera, los circuitos de sincronización del receptor podrían enganchar los pulsos de sincronía y mantener el tramaje correcto, aun cuando el contenido de imagen estuviera un poco nevoso.

El sistema NTSC también beneficiaba de una gran portadora residual de vídeo que ayudaba a los receptores a engancharse en la frecuencia central de la portadora transmitida.

El 8VSB utiliza una estrategia parecida de pulsos de sincronía y de portadora residual que ayuda al receptor DTV a engancharse a la señal entrante y comenzar la decodificación, aun con la presencia de fantasmas fuertes o altos niveles de ruido.

La primera señal “ayudante” es la piloto ATSC. Justo antes de la modulación se le agrega a la señal de ocho niveles de banda base un pequeño offset de CD. Aunque similar en naturaleza, la piloto ATSC es mucho más pequeña que la portadora de vídeo en el NTSC, consumiendo sólo 0.3 dB o el siete por ciento de la potencia transmitida.

Las otras señales “ayudantes” son las sincronías de segmento y de campo ATSC. El segmento de datos ATSC contiene los 207 bytes del paquete de datos interfoliado. Después de la codificación trellis, el segmento de 207 bytes se ha alargado a un flujo de 828 símbolos de ocho niveles.



NOTE: 4 SYMBOLS PER BYTE

Figura 2.26 Segmento de datos de banda base ATSC

Cada sincronía de segmento ATSC dura $0.37 \mu\text{seg.}$; la sincronía NTSC dura $4.7 \mu\text{seg.}$ Un segmento de datos ATSC dura $77.3 \mu\text{seg.}$; una línea NTSC dura $63.6 \mu\text{seg.}$ La sincronía de segmento ATSC es algo más “estrecho” que su equivalente NTSC. Esto se hizo para maximizar la carga de datos activos y minimiza el tiempo dedicado a la “carga auxiliar” de sincronía.

Trescientos trece segmentos de datos consecutivos forman un campo de datos. La sincronía de campo ATSC es un segmento entero que se repite una vez por campo (24.2 mseg.) y que corresponde más o menos al intervalo vertical en el NTSC.

La robustez de las sincronías de segmento y de campo hace posible la recuperación del reloj y la cancelación de fantasmas en el receptor 8VSB, aun cuando la carga de datos activos es completamente corrompida por condiciones pobres de recepción.

2.6.7 Modulación de Amplitud.

La señal DTV de banda base con ocho niveles, con las sincronías y el offset de CD de la piloto ya agregados, es luego modulada sobre una portadora de frecuencia intermedia (FI). Esto produce un amplio espectro de FI de doble banda lateral alrededor de la frecuencia portadora, como se muestra en la figura 2.27. El ancho de banda de esta señal FI es demasiado grande para que se pueda transmitir dentro del canal de RF asignado de seis megahertz. Afortunadamente, hay trucos que se pueden emplear para eliminar por filtraje una gran parte de este espectro, sin que se destruya nada de la información vital digital.

Los diversos lóbulos laterales son simplemente unas copias a escala del espectro central, y la banda lateral inferior es una copia invertida de la banda lateral superior. Esto hecho hace posible la casi completa eliminación de la banda lateral inferior y todos los lóbulos laterales de la banda lateral superior, sin que se pierda información. La parte restante de la señal (la mitad superior del espectro central) puede ser dividida en dos, gracias al teorema de Nyquist, que dice que para transmitir una señal digital con una cierta tasa en bits/segundo, es preciso tener solo la mitad de ese valor en ancho de banda en Hertz.

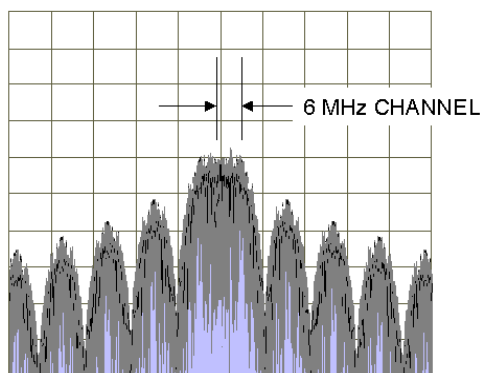


Figura 2.27 Espectro de doble banda lateral creado por modulación AM

2.6.8 Filtro NYQUIST.

Como resultado de la adición de los datos auxiliares de la codificación FEC y las sincronías, la tasa total de datos sube desde 19.39 Mbit/seg. a la entrada del excitador a 32.28 Mbit/seg. a la salida del codificador trellis. Ya que tres bits son transmitidos en cada símbolo de ocho niveles, la tasa de símbolos resultante es de $32.28 \text{ Mb}/3 = 10.76$ Millones de símbolos/seg. Gracias al teorema de Nyquist, se pueden transmitir 10.76 Millón símbolos/seg. en una señal de banda lateral única (VSB)⁶ con un ancho de banda de 6 MHz, es posible reducir la brusquedad de la pendiente del filtro VSB y todavía caer dentro del canal de 6 MHz. Esto es, 5.38 MHz (ancho de banda mínimo por Nyquist) + 620 kHz (11.5% exceso de ancho de banda) = 6.00 MHz (ancho de banda usado por el canal). Mientras mayor sea el factor de alpha utilizado, más fácil será la realización de los equipos, tanto desde el punto de vista del diseño del filtro como de la precisión necesaria del reloj para el muestreo.

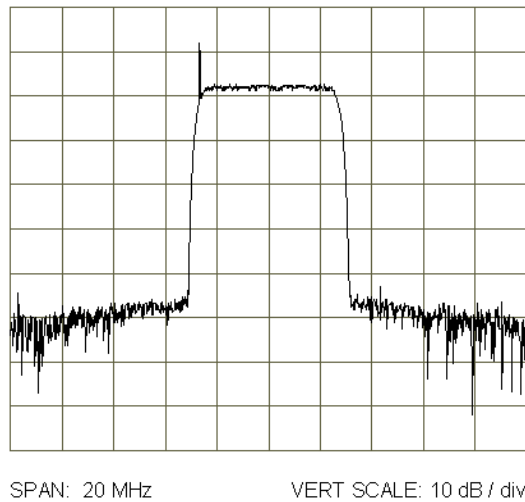


Figura 2.28 Espectro de frecuencia RF del 8VSB

La eliminación casi total de la banda lateral inferior, combinada con el filtraje a banda estrecha de la banda lateral superior, provoca cambios significativos en la forma de onda de RF transmitida. La envolvente de FI 8 VSB experimenta una transformación y pierde la apariencia nítida de “escalera de ocho niveles” que tenía antes del filtro. El tren de pulsos de símbolo cuadrados que formaba la señal de FI de doble banda lateral es modificado por la respuesta de impulso del filtro Nyquist de banda estrecha. Esto se muestra en la figura 2.29.

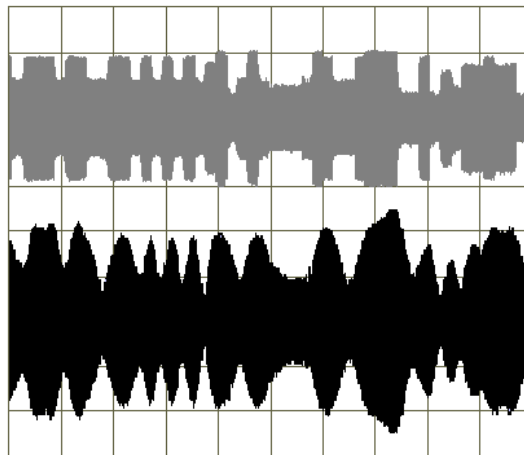


Figura 2.29 Efecto del filtro Nyquist sobre la envolvente de FI 8VSB

A cualquier instante dado de muestreo (línea vertical), únicamente un solo pulso de símbolo contribuye la amplitud total de la señal. Todos los demás pulsos experimentan un cruce cero. La envolvente resultante de RF corresponde a los ocho niveles digitales sólo en los instantes exactos de muestreo. Nótese: Los pulsos de símbolos están reflejados (tienen dos lados) porque estamos hablando de una envolvente de RF modulada.

2.6.9 Diagrama del ojo 8VSB

A cada instante de muestreo, la amplitud de la RF remodulada tiene uno de los ocho niveles posibles. La gráfica resultante se parece a siete “ojos” verticales. Si la señal 8VSB se corrompe durante la transmisión, estos ojos se cierran y desaparecen, ya que la señal no tiene la amplitud correcta en el instante preciso.

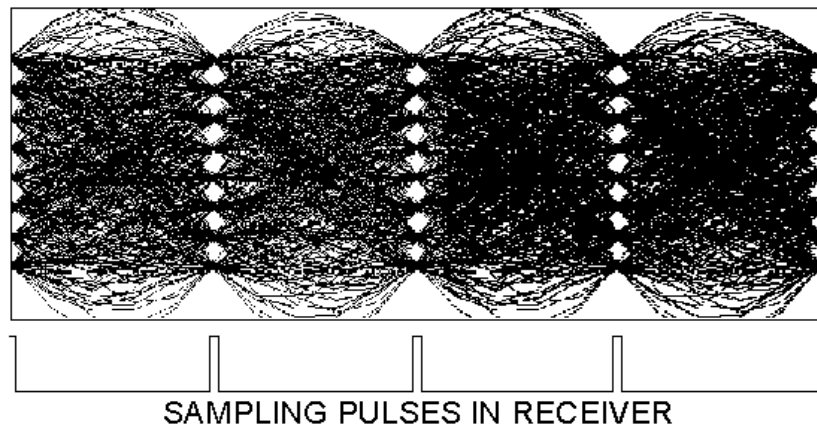


Figura 2.30 Diagrama de ojo del 8VSB

2.6.10 Constelación de señal 8VSB

Otra representación popular de la señal 8VSB que es común a muchos de los equipos de prueba es la constelación de la señal 8VSB. Esta es una representación gráfica bidimensional de la amplitud y fase de la portadora RF del 8VSB a cada instante de muestreo.

En el 8VSB, la información digital se transmite exclusivamente en la amplitud de la envolvente de RF y no la fase.

La constelación de la señal 8VSB es una serie de ocho líneas verticales sobre el eje I (en fase). No se usa el eje Q (cuadratura) para transportar información útil.

Cuando la señal 8VSB es corrompida, se borran las ocho líneas verticales y se reciben errores. Los trazos de color gris claro agregados a la constelación 8VSB muestran que la amplitud y fase instantáneas de la portadora RF están en un estado de cambio constante; el muestreo en el receptor es como una lámpara estroboscópica que capta la señal al instante de pasar uno de los ocho niveles de amplitud.

2.6.11 Conversión analógica y el resto de la cadena 8VSB.

Después del filtro Nyquist, la señal 8VSB en frecuencia intermedia (FI) se convierte mediante circuitos tradicionales de oscilador-mezclador-filtro a la frecuencia del canal asignado en la banda UHF o VHF. La señal a la salida del transmisor es filtrada por un sistema RF de alta potencia para suprimir cualquier señal espuria fuera de la banda causada por las no-linealidades del transmisor. El último eslabón en la cadena de transmisión es la antena que transmite la señal RF 8VSB de alta potencia.

En el receptor, se remodula la señal transmitida, aplicándose el orden inverso de los conceptos ya explicados. La señal RF es recibida, se convierte a banda base, se filtra y detecta.

3. Requisitos básicos para la instalación de un transmisor digital y pruebas de comportamiento.

3.1. Estaciones de difusión de televisión

Una estación de televisión es una estación de servicio de radiodifusión televisiva constituida por un transmisor y sus instalaciones accesorias requeridas, para la emisión de señales de audio y video.

La principal función de la estación transmisora es la adecuación de las señales de televisión para ser transmitida. El procesamiento y monitoreo de las señales digitales de televisión que serán transmitidas es una de las funciones de una estación de radiodifusión digital.

Dependiendo de la estación, esta puede encargarse de transmitir y/o recibir información.

La ubicación de la estación es el lugar autorizado para la instalación del sistema transmisor.

Las consideraciones técnicas mas importantes que se deben cumplir para la instalación de una estación de radiodifusión son las siguientes:

- Se deberá determinar si la población en la que se pretende establecer la estación se encuentre dentro del área de servicio registrada a la estación.
- Por su ubicación geográfica queda comprendida en zona de sombra (nula recepción).

- Se debe de hacer un estudio de predicción de área de servicio, un plano de ubicación y croquis de operación múltiple.
- Características técnicas de la estación.
- Pruebas de comportamiento de la estación.
- Estudio de no interferencia.
- Pruebas de comportamiento.

3.2. Transmisores

3.2.1. Diagrama de bloques de un transmisor.

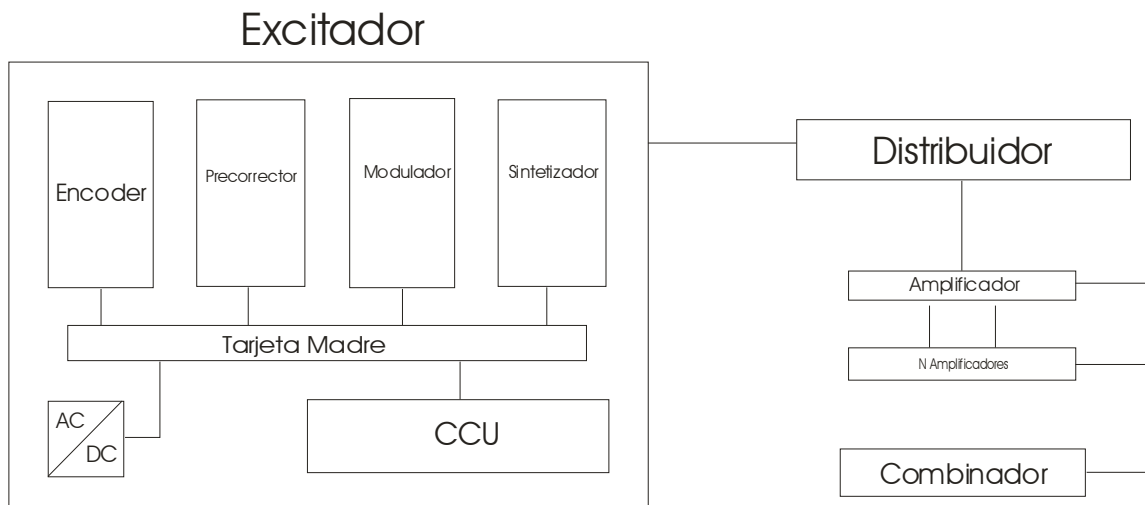


Figura 3.1 Diagrama a bloques de un Transmisor

El excitador procesa señales digitales en tiempo real ajustando la señal al módulo de transmisión y entrega la señal compatible a la entrada del sistema RF del transmisor.

El excitador esta constituido con dos subsistemas básicos: el sintetizador digital RF y el sistema de conversión el cual comprende al encoder y el precorrector de la señal.

- Codificador.

El codificador se utiliza esencialmente para procesar la señal. Los codificadores MPEG-2 están alimentados con señales de vídeo y audio analógicas o digitales y crean un tren de transporte de programa único que alimenta al multiplexador MPEG-2.

- Precorrector digital.

Es una corrección progresiva de errores (FEC) aplicada al flujo de datos entrante. El transmisor puede provocar errores en los bits que se reciben y es precorrector el que las corrige.

- Modulador

El modulador adecua la señal al medio de transmisión, transportando la información sobre una onda portadora, permitiendo un aprovechamiento del canal de transmisión. El tipo de modulación que se lleva acabo es 8-VSB.

- Sintetizador

El sintetizador de frecuencia es un dispositivo electrónico cuya función es generar cualquier frecuencia dentro de un rango dado, utilizando un oscilador.

- Controlador

Los controladores son pequeños programas que permiten a los sistemas, los controladores pueden también reforzar las operaciones de un periférico o un elemento de hardware como una tarjeta de vídeo o de sonido.

- Tarjeta madre

Es una tarjeta de circuitos integrados que contiene varios microchips, como lo son normalmente: el microprocesador, circuitos electrónicos de soporte, ranuras para conectar parte o toda la RAM del sistema, la ROM y ranuras especiales (slots) que permiten la conexión de tarjetas adaptadoras adicionales (como por ejemplo, tarjetas de video y de sonido).

3.2.1.1 Amplificadores.

Los amplificadores se pueden clasificar por la frecuencia en la que trabajan, los amplificadores de audiofrecuencia o baja frecuencia están comprendidos dentro de la banda audible, los amplificadores de alta frecuencia trabajan en el rango de radiofrecuencia (amplificadores de RF).

Además se clasifican en:

a) Amplificadores de tensión: son los que su principal misión es suministrar una tensión mayor en su salida que en su entrada.

b) Amplificadores de potencia: aquellos que, aparte de suministrar una mayor tensión, suministran también un mayor corriente (amplificación de tensión y amplificación de corriente y, por ende, amplificación de potencia).

Clases de amplificadores de potencia:

Los amplificadores de potencia de RF tienen la particularidad de que en su salida tenemos ganancia de tensión y de corriente con respecto a la señal de entrada. Este tipo de amplificadores pueden entregarnos en su salida toda la señal de entrada o una parte de la misma; atendiendo a esta característica, los amplificadores de potencia, podemos clasificarlos de la siguiente forma:

Amplificadores de clase A: un amplificador de potencia funciona en clase A cuando la tensión de polarización y la amplitud máxima de la señal de entrada poseen valores tales que hacen que la corriente de salida circule durante todo el período de la señal de entrada.

Amplificadores de clase B: un amplificador de potencia funciona en clase B cuando la tensión de polarización y la amplitud máxima de la señal de entrada poseen valores tales que hacen que la corriente de salida circule durante un semiperíodo de la señal de entrada.

Amplificadores de clase AB: son, por así decirlo, una mezcla de los dos anteriores, un amplificador de potencia funciona en clase AB cuando la tensión de polarización y la amplitud máxima de la señal de entrada poseen valores tales que hacen que la corriente de salida circule durante menos de un período y más de un semiperíodo de la señal de entrada.

Amplificadores de clase C: un amplificador de potencia funciona en clase C cuando la tensión de polarización y la amplitud máxima de la señal de entrada poseen valores tales que hacen que la corriente de salida circule durante menos de un semiperíodo de la señal de entrada.

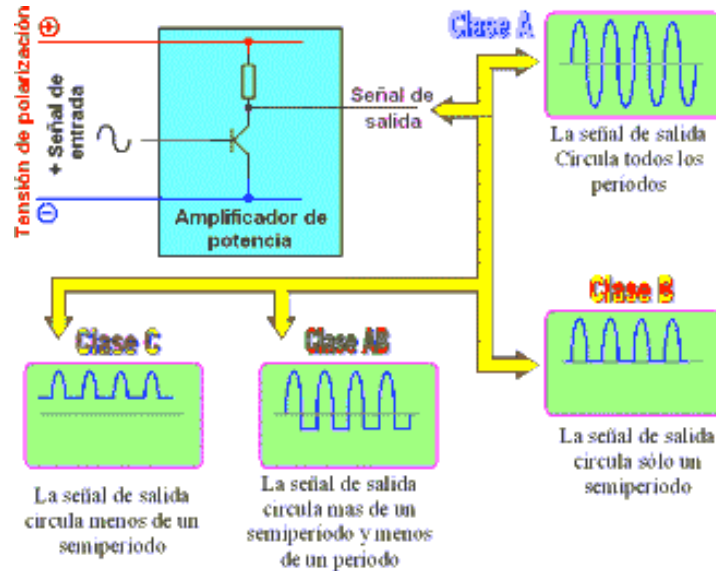


Figura 3.2 Amplificadores

3.2.2. Tecnologías empleadas en transmisores

Las tecnologías empleadas para la alimentación de transmisores son las que a continuación se mencionan.

- La que utiliza amplificadores de tubo de vacío.
- La que emplea amplificadores de estado sólido.

En los canales de VHF, debido a los niveles relativamente bajos de potencia radiada (PAR) requeridos (menos de 100Kw) la mayoría de los transmisores son de estado sólido. Estos transmisores generalmente usan módulos de amplificadores MOSFET.

Para los canales de UHF, los rangos de PAR de 50Kw y 1000KW crean la necesidad de 2 tipos de transmisores DTV.

-De tubo de vacío, utilizan un tubo de salida inductiva (IOT).

-De estado sólido, generalmente utilizan MOSFET de difusión lateral o LDMOS FET.

Parámetro	Tubo IOT	Estado sólido (LDMOS)
Potencia por gabinete de amplificación de potencia	21 KW promedio	7.25 KW promedio
Configuración	Un IOT por gabinete	16 módulos de 500W por gabinete
Redundancia	Requiere gabinetes adicionales	Excelente
Eficiencia RMS	20 a 25%	18 a 20%
Equipo Periférico	Sist. RF intercambiador de color modelo de bomba, transformador HV reg. de voltaje	Sistema RF aire
Comportamiento EVM (magnitud de Error Vectorial)	3 a 5%	2 a 4%
Enfriamiento	Agua/glycol	Aire forzado
Fuente de energía principal (por gabinete)	1x36 KV a 3A	8x32V a 125 A
Tiempo de instalación	2 semanas/ gabinete de amplificación de potencia	1 semana/gabinete
Mantenimiento requerido	200hrs x año	20 horas por año
PAR de la emisora	200 a 1000KW PAR	0 a 500 KW PAR

Debido a que los costos en la etapa de amplificación en un transmisor de estado sólido para potencias superiores a los 25 KW (promedio) es muy alto, son recomendables para estaciones con una PAR de 500KW o menos.

Dentro de la clasificación de los transmisores podemos agregar las siguientes:

3.2.2.1. Transmisores IOT

Utilizan como habíamos mencionado tubos de vacío, las características físicas y técnicas del transmisor dependerán del fabricante, cada uno de los fabricantes estipulan según el modelo la potencia y la banda en que se trabaje.

Para poder instalar un transmisor hay que considerar ciertos detalles, por ejemplo: la energía eléctrica de corriente alterna ya que algunos sistemas especifican el rango de voltaje y el número de fases a utilizar, planeación tanto de la construcción como del espacio que necesitará el transmisor, es un punto importante en el desarrollo del proyecto ya que al menos existen 3 tipos de espacios a considerar: piso disponible para el transmisor, espacio para el sistema de radiofrecuencia, espacio disponible en el exterior para el sistema de enfriamiento y fuentes de alto voltaje.

El sistema de RF del IOT esta conformado de varios ensambles principales, circuitos híbridos, filtros armónicos pasa-bajas, cargas de RF y un filtro pasa-banda al canal.

Existen equipos periféricos que deben ser instalados en gabinetes separados de los del transmisor como son: las fuentes de alto voltaje, bombas intercambiadores de calor, gabinetes de control de línea AC (regulador de voltaje y supresor de transitorios). La cantidad de estos dispositivos variará de acuerdo al nivel de potencia y modelo del transistor.

Uno de los factores a tomar en cuenta para el futuro de la estación es; si con el paso de tiempo será necesario aumentar la potencia del transmisor, lo que requerirá la implementación de gabinetes adicionales.

Una solución a este problema es dejar el espacio para los gabinetes de amplificación, ya listos para ser instalados en un futuro. Con un previo aviso al fabricante se puede lograr esto.

En el caso del enfriamiento para la sala de transmisión y el transmisor, no debe representar un problema ya que el transmisor cuenta con un enfriamiento diseñado de fábrica ya sea líquido o por aire. La ventilación externa y el aire acondicionado ayudarán a la ventilación de la sala.

3.2.2.2. Transmisores de estado sólido

Los transmisores de estado sólido son más fáciles de instalar debido a que no requieren una gran cantidad de equipo periférico. Los rangos de trabajo para la corriente alterna son amplios.

La mayor dificultad planteada por un transmisor de estado sólido está generalmente relacionada con el sistema de enfriamiento. Hay 2 tipos principales de sistema de aire: lazo abierto y lazo cerrado. El sistema de aire de lazo abierto tiene la ventaja de ser menos costoso y mecánicamente más simple.

Una de las desventajas que tiene este tipo de transmisor es que los filtros de aire son remplazados con mayor frecuencia.

Los transmisores de estado sólido requieren una cantidad mayor de flujo de aire que los transmisores de tubo tradicionales enfriados por aire.

Como una regla general, un transmisor de estado sólido requiere de 7 a 10 toneladas de aire acondicionado por gabinete de amplificación de potencia cuando se utiliza la configuración de lazo cerrado.

3.3 Instalación mecánica del transmisor

Aunque los transmisores que venden los proveedores ya están diseñados, estos son susceptibles a ciertos cambios que requiera la estación transmisora. Sobre todo en el aspecto de potencia y futuro crecimiento, así como la banda de trabajo requerida. (TV UNAM trabaja en la banda de 746 a 752 MHz).

Una vez fabricado el transmisor los representantes ofrecen generalmente una variedad de opciones de instalación, desde la supervisión en sitio (una sola persona) hasta la instalación completa “llave en mano”.

Una secuencia de pasos que podemos seguir para la instalación de un transmisor es la siguiente:

1. Contacto con el proveedor.
2. Inspección del sitio.
 - Determinación del transmisor requerido.
 - Determinación del diseño aproximado del sistema.

3. Reconocimiento del sitio.
 - Junta de coordinación con electricistas, arquitectos y contratistas.
 - Discusión de las características de trabajo.
4. Preparación del sitio de trabajo para la instalación (patio, concreto, nuevos servicios de CA.).
5. Llegada del transmisor.
6. Descarga y ensamble de los gabinetes del transmisor.
7. Posición y nivelación de los gabinetes del transmisor.
8. Instalación de los módulos que tenga el transmisor.
9. Colocación de las fuentes de voltaje.
10. Colocación de los gabinetes de control de línea AC.
11. Instalación de los ductos eléctricos para el cableado.
12. Instalación del alambrado.
13. Instalación del sistema RF.
14. Determinación del diseño aproximado del sistema de enfriamiento.
15. Conexión del sistema de enfriamiento.
16. Calibración de las medidas de potencia.
17. Ajuste del excitador y transmisor para cumplir especificaciones.
18. Realización de pruebas de comportamiento.

Generalmente el cliente proporciona los servicios de un ingeniero electricista para realizar la instalación. Esto permite que la instalación eléctrica cumpla con los aspectos normativos requeridos por las autoridades locales, ya que el conoce los códigos eléctricos, de incendio etc. del área del transmisor.

3.3.1 Sistema eléctrico

3.3.1.1 UPS

Es un sistema de energía ininterrumpible el cual sirve para tener energía de respaldo por medio de un banco de baterías en caso de que falle el suministro de la fuente principal.

Un UPS regula (pasa la energía de CA a CD) y puede compensar las variaciones de voltaje.

También sirve como protección a diversos problemas de energía como: picos, caídas de voltaje, ruido eléctrico y distorsión armónica.

La energía que proviene de la línea de alimentación (CFE) pasa por un filtro supresor, luego al banco de baterías recargándolo y por último pasa a un inversor.

En caso de que se detecten cambios de voltaje en la alimentación el inversor trabaja a intervalos para compensar estos cambios de voltaje apoyados en el transformador. El inversor convierte nuevamente la corriente directa en alterna alimentando la carga.

Cuando falla el suministro en la línea principal, la energía de respaldo proviene del banco de baterías, el inversor se enciende e invierte la corriente directa de las baterías, pasándola a alterna y alimentando la carga.

El interruptor estático a la entrada del equipo se abre en caso de que ocurra una falla en el suministro de energía, esto para evitar el retorno de voltaje a las cargas conectadas antes del UPS y así evitar cortos circuitos.

Toda la operación de los sistemas interactivos son controlados y monitoreados por medio de un microprocesador integrado al equipo.

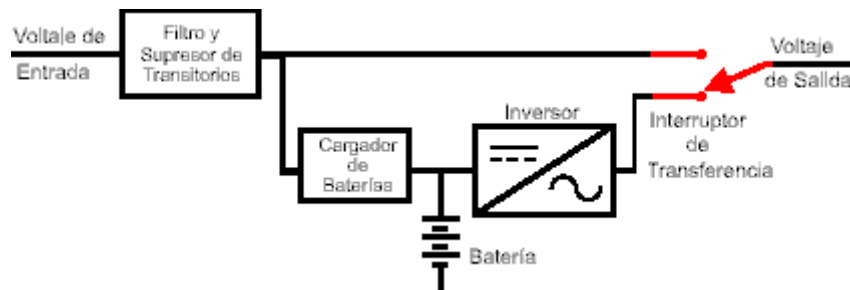


Figura 3.3 Diagrama de bloques UPS

El switch de transferencia es el encargado de sensar la energía en línea primaria y de hacer la transferencia a la energía del inversor en caso de falla.

La energía de la línea de alimentación nunca toca la carga ya que primero alimenta el cargador para invertir la corriente alterna en corriente directa y cargar el banco de baterías.

Una vez restablecida la energía comercial el switch la deja pasar e interrumpe la energía de las baterías.

En caso de mantenimiento se hace manualmente la transferencia al bypass sacando de operación todo el sistema sin dejar de alimentar las cargas.

El respaldo del UPS dependerá de la marca y el mantenimiento preventivo de éste.

3.3.1.2 Planta eléctrica

La función principal de una planta eléctrica es suministrar energía eléctrica a una carga, en la cual la interrupción por parte de la línea comercial puede ser crítica o provocar pérdidas cuantiosas en una empresa por detener el proceso de producción, pérdidas de información en los equipos de computo, respaldos por sistema NO BREAK en los cuales el respaldo se limita a unos cuantos minutos o a la pérdida de las comunicaciones como es el caso de las estaciones transmisoras, etc.

Las plantas eléctricas se clasifican en:

- Tipo de servicio.
 - Servicio continuo: se aplican en aquellos lugares en donde no hay energía eléctrica por parte de la compañía suministradora, y en donde es indispensable una continuidad estricta del servicio.
 - Servicio de emergencia: Se utilizan en los sistemas de distribución modernos que usan frecuentemente dos o mas fuentes de alimentación, debido a razones de seguridad, y/o economía de las instalaciones en donde es esencial mantener el servicio eléctrico sin interrupción.

- Por su operación.
 - Automática: Son aquellas que arrancan, y se protegen en forma totalmente automática, supervisando la corriente eléctrica de la red comercial. Dichas plantas son utilizadas solo en servicios de emergencia.
 - Manual: Son aquellas que requieren para su operación que se opere manualmente un interruptor para arrancar o parar dicha planta. Normalmente estas plantas se utilizan en lugares donde no se cuenta con energía eléctrica comercial.

La planta eléctrica está formada principalmente por un motor de combustión interna el cual puede ser de 2 o 4 tiempos y ser alimentado por gasolina, diésel o gas natural. El motor diésel se acopla en forma directa a un generador de corriente alterna el cual puede ser monofásico o trifásico de tipo de inducción sin escobillas, la función del mismo es transformar la energía mecánica del motor de combustión interna en energía eléctrica disponible en los bornes del generador.

Cuenta con un switch de operación el cual posee 3 posiciones.

- Paro.
- Operación automática.
- Operación manual.

En la posición de paro la planta no arrancará bajo ninguna circunstancia y es ideal para que se efectúen los servicios de mantenimiento tanto preventivos como correctivos, por lo tanto es recomendable que se retire la llave mientras duran estos servicios.

En la posición de automático el equipo trabajará según lo descrito en párrafos anteriores durante un evento de falla de la red normal.

En la posición manual el equipo trabajará cuando el personal de mantenimiento lo requiera y esta operación no interfiere con la condición de operación automática ya que cuando se trabaje el equipo en forma manual no ocasionará trastornos en la carga por interrupciones imprevistas a menos que el equipo se programe de esta manera, así mismo esta situación de operación mejora las condiciones de mantenimiento de la misma.

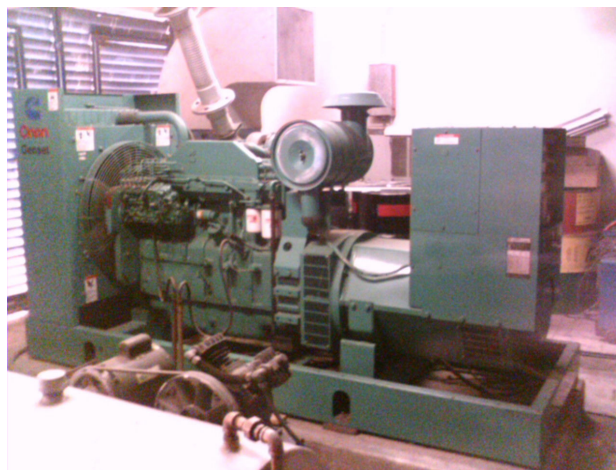


Figura 3.4 Planta Eléctrica

Sistema de escape: Su función es la de transportar y desalojar los gases producto de la combustión, como resultado del trabajo de motor.

Aislamiento: Una forma para la protección del personal operador es la disminución de la radiación de calor y ruido dentro del cuarto de máquinas provocado por el sistema de escape, consiste en forrar de material aislante y resistente a las altas temperaturas toda la tubería de escape.

Silenciador: La función principal del silenciador es atenuar el ruido emitido por el sistema de escape, el valor típico en dB(A) del ruido producido por un motor diésel en la salida del escape medido a un metro de distancia, varía con la relación a la capacidad de la máquina y la marca del motor, pero podemos considerar un valor aproximado entre 120 y 130 dB(A).

Tubos flexibles: Es un componente del sistema de los gases de escape, el cual tiene la función de absorber la vibración generada por el grupo en operación. El tubo flexible deberá ser instalado directamente a la salida de los gases de escape del motor ya que de esta manera se aísla el movimiento relativo entre el equipo y la rigidez de los soportes del sistema de escape, también para absorber la dilatación o expansión de tubos del escape originada por las altas temperaturas de operación del mismo.

Descarga de aire caliente: La instalación se deberá diseñar para tener un correcto desalojo del aire caliente producto del enfriamiento de la máquina, el aire caliente deberá ser desalojado del cuarto de máquinas, aprovechando el trabajo que efectúa el motor al pasar el aire a través del radiador a ser expulsado fuera del cuarto de máquinas, ya que una falla en la descarga del aire caliente puede provocar una recirculación dentro del mismo, ocasionando un incremento paulatino en la temperatura ambiente con lo cual se originaría un sobrecalentamiento y posible daño a la máquina.

Admisión de aire frío: Se deberá proveer una entrada de aire frío lo suficientemente grande para suministrar el aire que se requiere para el enfriamiento de la máquina, del generador y de la correcta combustión del motor.

El aire fresco para en enfriamiento no deberá ser tomado cerca de la salida de aire caliente de enfriamiento para evitar la recirculación así como tampoco deberá estar cerca de la salida de los gases de escape del motor.

Cuarto de máquinas: Una vez que el sitio donde se instalará la planta sea seleccionado se deberá tomar en cuenta un área considerable alrededor de los equipos para efectuar los servicios de mantenimiento que requieran.

3.3.1.3 Sistema de tierras

La correcta conexión a tierra de todo sistema eléctrico, es un factor de suma importancia para la seguridad del personal y del equipo eléctrico en si.

El propósito que se persigue con la existencia de los sistemas de tierra es:

1. Protección para el personal operativo, autorizado o no autorizado.
2. Protección a los equipos e instalaciones contra voltajes peligrosos.
3. Evitar que durante la circulación de falla a tierra, se produzcan diferencias de potencial entre distintos puntos de la instalación, proporcionando para esto, un circuito de muy baja impedancia para la circulación de estas corrientes.
4. Apego a normas y reglamentos públicos en vigor.

3.3.1.3.1 Constitución de un sistema de tierras.

Una instalación de puestas a tierra se compone esencialmente de electrodos, que son los elementos que están en íntimo contacto con el suelo (enterrados) y de conductores, utilizados para enlazar a los electrodos entre sí y a estos, con los gabinetes de los equipos y de más instalaciones expuestas a corrientes nocivas, manteniendo al mismo tiempo, una superficie equipotencial a su alrededor.

Sobre este tema la NOM-001-SEDE-1999 señala en su capítulo para subestaciones, que el área de la sección transversal mínima de los conductores para una malla de tierra es de 107.2 mm^2 .

La resistencia eléctrica total del sistema de tierra debe conservarse en un valor (incluyendo todos los elementos que forman al sistema) menor a 25 ohms, para subestaciones de hasta 34.5 kV.

3.3.1.3.2 Configuración del sistema de tierras

Para la correcta operación del sistema eléctrico y dado que se involucran equipos eléctricos, se constituirán cuatro tipos de sistema de tierra:

Sistema de tierras para electrónica.

Es utilizado para la puesta a tierra de los equipos electrónicos y de control, consta de una serie de electrodos instalados y enlazados entre sí por medio de un cable de cobre desnudo.

La resistencia a tierra máxima en ese sistema debe ser de 2 ohms, en el caso de no alcanzar la resistencia deseada, se instalara algún elemento químico para reducir la resistividad del terreno y alcanzar así, la resistencia a tierra requerida.

Sistema de tierras para fuerza.

Es utilizado para conectar a tierra todos los elementos de la instalación que en condiciones normales de operación no están sujetos a tensiones, pero que pueden tener diferencia de potencial con respecto a tierra a causa de fallas accidentales en los circuitos eléctricos, así como los puntos de la instalación eléctrica en los que es necesario establecer una conexión a tierra para dar mayor seguridad, mejor funcionamiento y regularidad en la operación y en fin, todos los elementos sujetos a corrientes eléctricas importantes de corto circuito y sobretensiones en condiciones de falla.

Sistema de tierras para pararrayos.

Como su nombre lo indica, se destina para drenar a tierra las corrientes producidas por descargas atmosféricas y se conforma con electrodos tipos coperweld y cable tipo pararrayos de cobre clase 1,27 hilos.

Sistema de tierras para señales electromagnéticas y cargas estáticas.

El principio utilizado para este sistema es el de una jaula de Faraday que es en pocas palabras un cuarto blindado contra interferencia de radiofrecuencias. Esta jaula aísla al receptor de las fuentes radiación y permite observar con precisión su funcionamiento con señales débiles calibradas que se generan cuidadosamente en el interior de la jaula, teniendo así un medio libre de interferencia en el cual es posible efectuar medidas a bajo nivel.

Para el blindaje de campos magnéticos, el material debe tener propiedades ferromagnéticas.

El hecho de que exista una conexión de la jaula a una tierra directa no tiene el menor efecto sobre las propiedades de un blindaje.

Las características principales que deben cuidarse para la construcción de una jaula de Faraday son: la atenuación en su valor mínimo garantizado, la gama de frecuencia protegida, el tipo de interferencias que debe blindarse, tipo de entrada y alambrado.

Para evitar los efectos de inducción de campo magnético por la penetración del blindaje por partes metálicas, ya sea del interior al exterior o viceversa, se utilizan filtros en las entradas de todo alambre que penetre, incluyendo tierras, y preferiblemente se localizan cerca del punto de conexión entre blindaje interior y exterior.

Se acostumbra emplear un transformador de aislamiento antes del filtro para tener la alimentación desconectada de la tierra y evitar accidentes a personas en el interior de la jaula.

3.3.2 Sistema de radiación

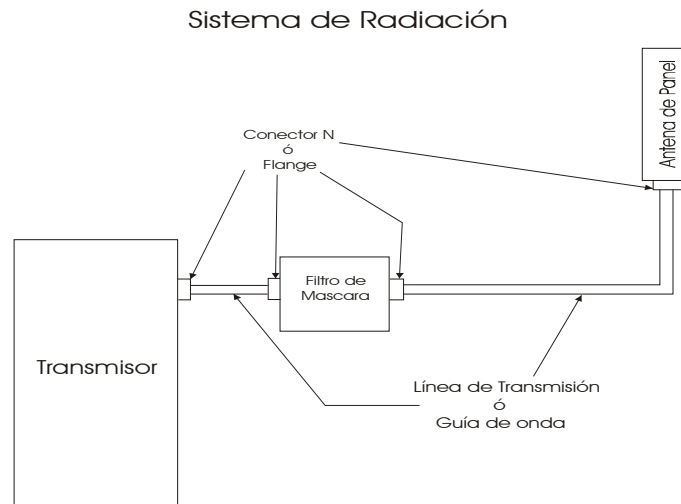


Figura 3.5 Sistema de radiación

La ubicación del sistema radiador será el sitio en el cual vaya a instalarse la estación televisiva y el sistema radiador de la misma será elegido haciendo las siguientes consideraciones:

Elección del sitio: Se hará de acuerdo con el propósito de la estación, es decir, según se quiera proporcionar servicio a una ciudad pequeña, un área metropolitana o una gran región. Para la ubicación y elección de cualquier sistema radiador, así como su estructura de soporte, que ha de utilizarse por una nueva estación o para el cambio de ubicación de una existente, será necesario, obtener la autorización de la SCT y la dirección general de aeronáutica civil, quien dictamina sobre la máxima altura permitida y la ubicación de la antena y estructura de soporte, para evitar que represente una obstrucción a la navegación aérea.

Ubicación cercana a otras estaciones: Cuando el sistema radiador vaya a ubicarse a una distancia muy próxima de otras estaciones de televisión se analizará que no haya interferencia debida a productos de intermodulación y otros efectos perjudiciales. El mismo procedimiento se realizará para todos los casos en que existan instalaciones de otros servicios de radiocomunicación en áreas cercanas.

Ubicación ideal: Es deseable que el sitio donde vaya a instalarse el sistema radiador quede localizado tan cerca como sea posible del centro geométrico del área por servir, consiste con la posibilidad de encontrar el sitio con la suficiente elevación, así como conseguir con esto el agrupamiento de las estaciones de televisión para que se facilite la recepción de todas ellas.

Orientación del diagrama de radiación de la antena de los sistemas direccionales de antena: Cualquier sistema direccional de antena debe instalarse en forma tal que su diagrama quede orientado en el espacio, de manera que la máxima potencia se radie hacia el área principal para servir.

3.3.2.1. Conectores

Los conectores suelen elegirse acordes con la dimensión del cable coaxial, de manera que soportan los niveles de potencia previstos para el mismo.

Conector N

Es uno de los más usados en las antenas mide alrededor de 15 mm de diámetro. Los conectores N han demostrado una mayor eficiencia y una menor perdida de señal frente a otros modelos de conectores como el BNC.

(conectores N y flange (altas potencias)).

3.3.2.2. Guía de onda:

La guía de onda es otro medio de comunicación también muy usado, el cual opera en el rango de las frecuencias comúnmente llamadas como microondas (en el orden de GHz). Su construcción es de material metálico por lo que no se puede decir que sea un cable. El ancho de banda es extremadamente grande que es usada principalmente cuando se requiere bajas pérdidas en la señal bajo condiciones de muy alta potencia como el caso desde una antena de microondas a el receptor, transmisor de radio frecuencia.

3.3.2.3. Línea de transmisión

Las líneas de transmisión se utilizan para guiar la propagación de energía de un punto a otro. Se puede definir como un dispositivo para transmitir o guiar energía de un punto a otro.

Las líneas de transmisión pueden ser de muchas formas y tamaños. Es conveniente clasificarlas en base a las configuraciones de sus campos E y H, es decir, en base a los modos en que pueden transmitir. De esta manera, las líneas de transmisión se pueden dividir en dos grupos principales:

1. Las que transmiten en modo transversal (TEM).
2. Las que son capaces de transmitir en modos más altos.

Las líneas de transmisión podrán ser de cualquier tipo siempre que su capacidad nominal media no sea menor que la potencia de cresta del transmisor.

Las pérdidas máximas tolerables en la línea de transmisión no deberá exceder del 20% de la potencia del equipo para los canales del 2 al 13 y de 50% para los canales 15 al 83.

En los sistemas de antenas las líneas de transmisión se utilizan en la alimentación principal del sistema y en la alimentación de las antenas.

Generalmente están constituidos por un cable coaxial con conectores en sus dos extremos; en algunos casos se utiliza línea coaxial rígida.

Las características a considerar al elegir un cable coaxial son:

- Potencia máxima.
- Atenuación (pérdidas).

Estas características dependen de la frecuencia de operación.

En el mercado existen, principalmente, dos clases de cables y cada una con distintos tipos de dimensionado disponibles.

CABLES CON DIELECTRICO AIRE

- Presentan menor atenuación, pérdidas algo inferiores.
- Presurizables: Mayor estabilidad en sus características radioeléctricas.

CABLES CON DIELECTRICO ESPUMA O “FOAM”

- Pérdidas mayores.
- Características radioeléctricas generales algo inferiores.
- No precisan presurización y son más robustos.

3.3.2.4. Filtros

Filtro paso banda: Son aquellos que permiten el paso de componentes frecuenciales contenidos en un determinado rango de frecuencias, comprendido entre una frecuencia de corte superior y otra inferior.

3.3.2.5. Acopladores.

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

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

Carga resistiva para prueba.

La carga artificial que se utiliza para pruebas de comportamiento del equipo, y para ajustes, debe contar con una instalación del tipo permanente y el intercambio de líneas a carga artificial debe realizarse mediante interruptores, desconectores o relevadores que no causen pérdidas o desajustes en el equipo.

3.3.2.6. Coaxial rígido

La línea coaxial rígida se utiliza, en algunos casos, como línea de alimentación y principalmente en interconexiones en interior de edificios. En interiores, las limitaciones de curvatura de los cables coaxiales dificultan su instalación y su conexión a los equipos (cuadros de conmutación, combinadores, transmisores). Cuando se utiliza en exteriores, como línea principal de alimentación, hay que emplear elementos que absorban las vibraciones y las diferencias de movimiento entre línea y torre o estructura soporte: secciones flexibles, fijaciones con elementos “elásticos”.

La utilización de línea rígida coaxial como línea de alimentación tiene limitaciones por su comportamiento eléctrico. Tiene peor ancho de banda que el cable.

Además se producen picos de ROE periódicos (empalmes, centradores,...).

3.3.2.7. Antenas

Una antena es un dispositivo formado por un conjunto de conductores que, unido a un generador, permite la emisión de ondas de radio frecuencia por el espacio libre, o que, conectado a una impedancia (resistencia), sirve para captar las ondas emitidas por una fuente lejana. Convierte la onda guiada por la línea de transmisión (el cable o guía de onda) en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre.

El Patrón de Radiación es la representación gráfica de las intensidades de campo o las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con una antena.

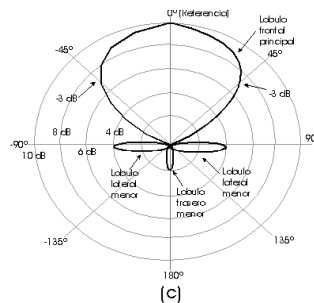


Figura 3.6 Patrón de radiación

Ancho de banda de la antena se define como el rango de frecuencias sobre las cuales la antena radia la información. Esto, por lo general, se toma entre los puntos de media potencia (-3dB).

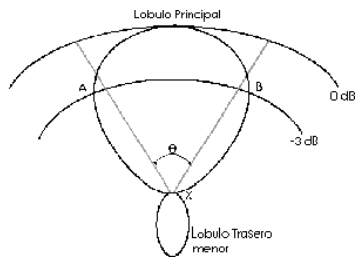


Figura 3.7 Ancho de banda

3.3.2.7.1. Antena de panel

Se utiliza para conexiones punto a punto enfocadas. Son pequeñas cajas planas y tienen una ganancia hasta de 22 dBi. Se caracteriza por tener alta ganancia en reducidas dimensiones.

3.3.2.8. Torres

Las torres son una estructura elevada donde va fijada la antena que permite liberar de obstáculos que pueden interferir o atenuar los efectos de las ondas electromagnéticas recibidas o emitidas.

La instalación de una torre consiste en la construcción, de acuerdo al cálculo estructural; el montaje de la estructura metálica, la pintura con fondo époxico, la pintura de acabado poliuretano en rojo y blanco de acuerdo a las normas internacionales de aeronáutica civil; la instalación del balizaje, el sistema de protección contra descargas atmosféricas y el sistema de aterrizaje.

Existen varios tipos de torres:

Torres autoportadas: Este tipo de torres se instala fundamentalmente cuando las limitaciones de terreno son importantes y/o cuando la cantidad y dimensiones de las antenas así lo obligan, pueden ser de base triangular o cuadrada.

Torres Venteadas: Son más económicas que las autoportadas de la misma altura y se instalan cuando no hay limitaciones en el terreno; en general necesitan un área que permita inscribir una circunferencia de radio aproximadamente igual a la mitad de la altura de la torre.

Torre cilíndrica: Puede variar de 6 a 42 metros para uso de antenas en banda VHF y UHF, principalmente aplicaciones telefonía celular.

Torre triangular: Es un tipo de torre autoportada que va de los 6 a los 54 metros y se usa para estaciones de radiobase.

Torre triangular cuadrada: Es una torre autoportada que llega a medir hasta 100 metros y se ocupa para estaciones de radiobase y microondas principalmente.

Torres ancladas: Llegan a medir hasta 180 metros y sirven como enlace punto a punto y para estaciones de radiobase.

La altura máxima de aprovechamiento de dichas estructuras diferirá dependiendo de las características técnicas de las estaciones de telecomunicaciones, tales como tecnologías de interfaz de aire, frecuencias de uso, niveles de potencia, de recepción y transmisión, umbrales de ruido electromagnético permitido y direccionalidad de las antenas.

Torre Cilíndrica



6-42 metros

Antenas VHF,
UHF, Celulares

Torre Triangular
Autosoportante



6-54 metros

Estaciones
Radio base

Torre
Triangular/Cuadrada
Autosoportante



Hasta 100 metros

Estaciones Radio base,
Microondas, etc

Torre Ancladas



Hasta 180 metros

Enlaces punto a
punto, estaciones
radiobase

Figura 3.8 Tipos de torres

3.3.2.9. Estrobos

Cualquier construcción, torre, chimenea, contenedor de gas, banda transportadora u otra estructura, temporal o permanente, la cual sea peligrosa en la navegación aérea, debe ser marcada e iluminada para advertir a los pilotos su presencia. El marcado e iluminado de torres de antenas es cubierto por la "Federal Communication Commission" (FCC) la cual es idéntica a las normas de la FAA.

Los Faros, Luces de Obstrucción, Destelladores, controladores y otros componentes reúnen todas las aplicaciones de alumbrado de Obstrucción.

Las especificaciones FAA/FCC para alumbrado de áreas peligrosas requieren el uso de luces rojas o luces claras en lugares específicos de la obstrucción. En el caso de torres de antena y similares estructuras, el sistema de alumbrado consiste de Faros de Destello Rojos y luces rojas de obstrucción de encendido continuo a diferentes niveles de la torre con el número y espaciamiento de éstas luces determinado por la altura de la torre.

Tipos de Estrobos

- **Faro de Destellos Rojos** es usado para indicar obstrucciones en la noche de grandes estructuras y formaciones geológicas que pueden presentar peligro en la navegación aérea.
- **Estrobo Blanco de media Intensidad** provee un estrobo blanco para operar de día y noche para iluminar estructuras de hasta 150m de altura.
- **Estrobo doble de Media Intensidad** provee un estrobo blanco de operación de día y un estrobo rojo para la noche para estructuras de iluminación arriba de los 150m de altura.
- **Luz de Obstrucción Roja** es utilizada para indicar obstrucciones de altas estructuras durante la noche que pueden representar un peligro para la aeronavegación. Esta luz se mantiene normalmente encendida.

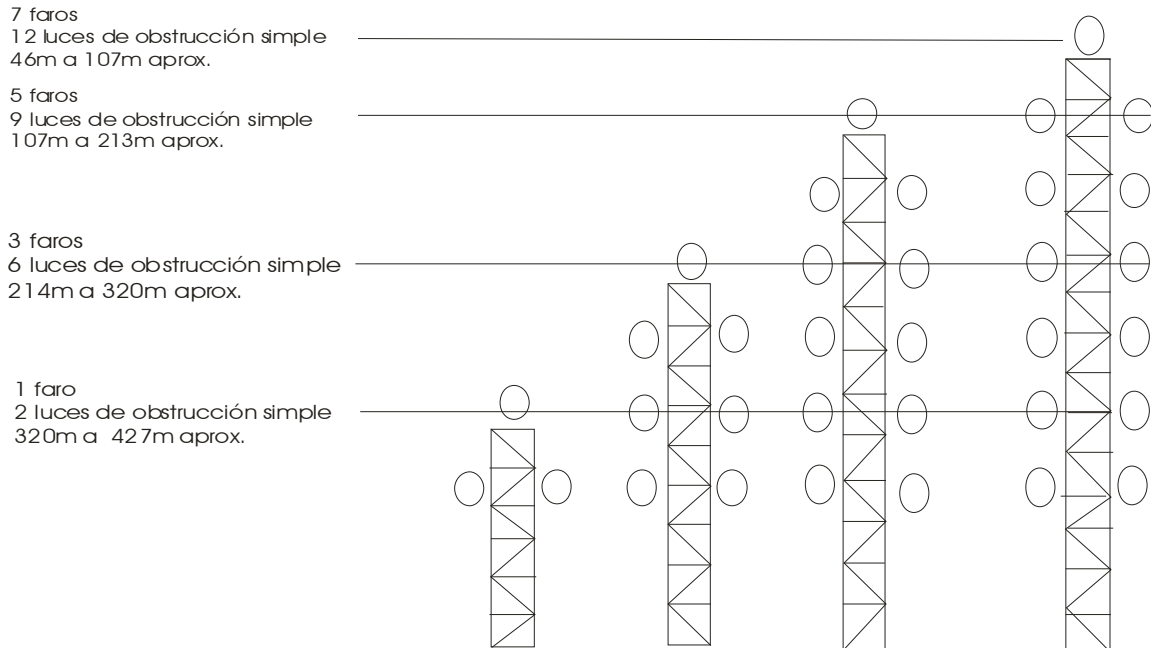


Figura 3.9 Distribución de Estrobos

3.4 Pruebas de comportamiento

Existen 3 parámetros de comportamiento que nos permite evaluar la operación del transmisor.

3.4.1 Eficiencia

Los transmisores IOT y estado sólido utilizan amplificadores clase AB, su eficiencia teórica máxima DC a RF es de 79%, esta eficiencia se presenta solo en los picos más altos de potencia RF. Debido a que la señal DTV consume en la mayor parte de su tiempo bajos niveles de potencia, la eficiencia de operación es mas baja, los amplificadores clase AB presentan menor eficiencia.

La eficiencia en la etapa de amplificación de potencia depende de la señal y está dada por la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{\text{Potencia_promedio_RF}}{\text{Consumo_total_AC}} = \frac{\int_0^{\infty} P(p) p dp}{\int_0^{\infty} P(p) \frac{p}{\eta(p)} dp}$$

η = Eficiencia total de la etapa de amplificación.

$P(p)$ = Probabilidad de la señal para tener un cierto nivel “p” de potencia RF.

$\eta(p)$ = Eficiencia DC-RF del amplificador a ese nivel “p” de potencia RF.

$\int dp$ = Suma de todos los niveles de potencia RF posibles en el intervalo cero a infinito.

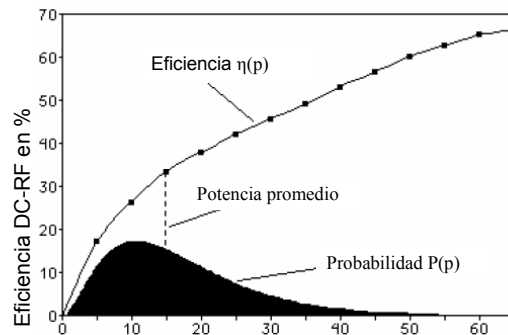


Figura 3.10 Eficiencia y Probabilidad de señal DTV vs. Nivel de potencia de salida para un IOT que opera a 15 kW de potencia promedio.

La eficiencia del transmisor se mejora aumentando el nivel de potencia para ocupar los puntos más altos de la curva de eficiencia.

Un factor a considerar para el cálculo del consumo total de energía AC es la eficiencia de la planta transmisora la cual está en función de la potencia indirecta consumida en las fuentes de alimentación, sistema de enfriamiento y dispositivos periféricos. Los transmisores IOT tienen una eficiencia de planta de 20 a 25% promedio (RMS) y uno de estado sólido tiene en promedio de 15% a 20% RMS, ambos a su máxima potencia.

Aunque ambas tecnologías presentan eficiencias similares en sus etapas de amplificación de potencia, los transmisores de estado sólido sufren mayores pérdidas debido a sus múltiples etapas de combinación de RF.

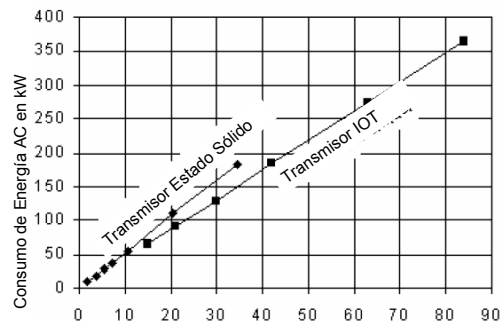


Figura 3.11 Consumo de energía AC vs. Potencia de salida RF para transmisores IOT y de estado sólido.

3.4.2 Magnitud de error vectorial (EVM)

Los amplificadores inducen en la señal una variedad de ligeras distorsiones, principalmente lineales y no lineales.

Distorsiones lineales. Se subdividen a su vez en distorsiones de respuesta baja amplitud vs. frecuencia (respuesta de frecuencia) y respuesta baja de fase vs. frecuencia (retardo de grupo).

La prevención de interferencia intersímbolo en 8VSB depende de la respuesta sintetizada de impulsos de símbolo ortogonal con un contenido específico de frecuencia y fase. La interferencia intersímbolo ocurre cuando en la etapa de amplificación la ortogonalidad de los pulsos se pierde debido a una respuesta imperfecta en la respuesta y/o retardo de grupo. Debido a estas distorsiones la forma de onda RF demodulada se desvía de los 8 niveles de amplitud teóricos de 8VSB. La diferencia entre el nivel real recuperado y el nivel teórico supuesto de la forma de onda demodulada (en cada punto de muestreo) se considera ruido y se registra como un vector de error. El promedio de la magnitud de estos vectores de error es la Magnitud de Error Vectorial (EVM).

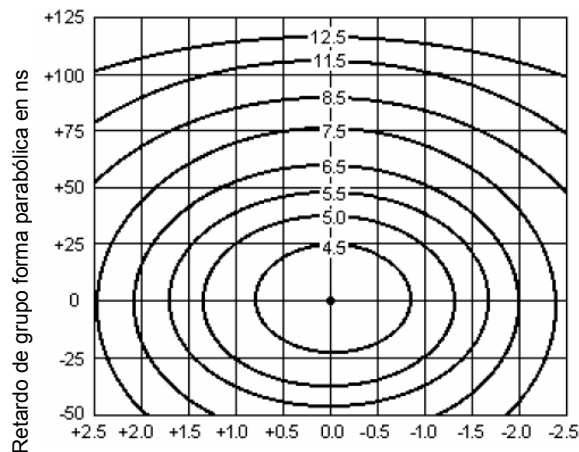


Figura 3.12 EVM medida (%) vs retardo de grupo y respuesta de frecuencia

Algunos problemas en la respuesta de frecuencia del transmisor son causados por delineamiento del excitador DTV y daños en el filtro paso bajas a la salida del transmisor.

Las distorsiones de retardo de grupo se deben a la respuesta del filtro pasa-banda externo que controla las emisiones fuera de banda.

Las distorsiones no lineales se deben al efecto de la curva de transferencia en la etapa de amplificación, existen dos tipos de ellas, amplitud de entrada vs amplitud de salida y de amplitud de entrada vs fase de salida. Estas distorsiones pueden ocurrir en cualquier punto de la curva de transferencia del amplificador. En los niveles mas altos de potencia pico, se observa un severo incremento en la compresión de la señal como resultado de la saturación del dispositivo. En la envolvente de RF de DTV se presentan frecuentes cruces de cero y la señal contiene información importante en sus niveles bajos, justo al nivel de portadora cero. En los niveles más bajos de potencia, la característica exponencial del amplificador puede crear compresión en la señal.

Estas distorsiones no-lineales también afectarán el comportamiento EVM del transmisor aunque generalmente a un menor grado que las distorsiones lineales de respuesta de frecuencia y retardo de grupo.

3.4.3 Cumplimiento con la máscara RF.

Las distorsiones no lineales se manifiestan como intermodulación de la señal y la creación de armónicas. Es en la etapa intermedia y final de amplificación de potencia donde se producen las armónicas que caen fuera de los 6 MHz asignados al canal, por lo cual deberán ser filtradas para evitar interferencia en los demás canales. La FCC ha establecido una máscara espectral de RF que limita las emisiones fuera de banda, utilizando un filtro paso-banda externo el cual limitará las armónicas mayores de 0.5 MHz fuera del ancho de banda del canal.

Para aumentar la eficiencia y la potencia de salida del transmisor se procura transmitir la potencia promedio más alta posible limitando la potencia pico por saturación en la etapa de amplificación abajo de los -36.6 dB requeridos por la FCC.

Una vez cumplida la especificación FCC en las bandas laterales la distorsión no lineal contribuye poco al nivel final de EVM, ya que son enmascaradas por las distorsiones lineales (respuesta de frecuencia y retardo de grupo).

4. Métodos de preedición de áreas de servicio

4.1. ¿Qué es un área de servicio?

El área de servicio se establece a través de cálculos teóricos a fin de determinar las posibilidades de operación de una estación antes de ser instalada.

Es el área del terreno que cubre una estación con una intensidad de campo suficiente para proporcionar el servicio de radiodifusión. El área de servicio se establece a través de cálculos teóricos a fin de determinar las posibilidades de operación de una estación antes de ser instalada. Todos los métodos de predicción de área de servicios establecidos en diversas literaturas, toman en consideración las características topográficas del terreno que rodea el lugar de instalación de la antena transmisora.

4.2. Métodos de predicción

Los modelos de predicción sirven en la estimación de las pérdidas por propagación. Estos consideran parámetros como el perfil del terreno, que puede variar en diferentes características (por ejemplo montañoso o llano) y obstáculos como árboles y edificios. Los métodos varían ampliamente en su complejidad y aproximación, ya que la mayoría son basados en una interpretación sistemática de mediciones de datos obtenidos del área de servicio.

La primera tarea a resolver en el diseño de enlaces consiste en la selección de los lugares geográficos para la disposición de las estaciones de televisión; sitios que supuestamente ofrecerán las condiciones necesarias para que el radiación tenga un desempeño confiable, pero para determinar lo anterior, se debe hacer un estudio de propagación riguroso, teniendo en cuenta la diversidad de terrenos que se pueden encontrar.

El cubrimiento real puede variar grandemente para las estaciones, debido a que el terreno en cualquier trayectoria especifica será diferente del terreno promedio sobre el cual se basan las cartas de predicción, por lo que hay que tomar providencias para considerar los obstáculos mas allá de 16 Km. indicados, como lo son las características de obstáculos y del patrón de radiación vertical de la antena.

A la hora de calcular los niveles de la señal a una cierta distancia de la antena emisora, se han de tener en cuenta los factores de atenuación de dicha señal.

El nivel de radiación en una vivienda o interior de un edificio está principalmente condicionado por los materiales que forman el edificio así como por el diseño de éste y la altura del piso considerado.

La señal sufre una serie de pérdidas de difracción en su trayectoria, a consecuencia de los bordes de los edificios cercanos. En las plantas más bajas, se encontrarán zonas más oscuras de cobertura ya que los ángulos de difracción serán mayores. En las plantas superiores este ángulo es menor y, además, se dispone de la ganancia de altura, con lo que el nivel de señal tiende a aumentar en aquellas plantas que se encuentran a una altura cercana a la línea de tiro de la antena situada en la estación.

4.2.1. Modelo Longley-Rice

Este método se aplica a frecuencias de entre 20 MHz y 20 GHz, puede aplicarse a una gran variedad de problemas de ingeniería. Se basa en la teoría electromagnética y en el análisis estadístico de las características del terreno; y predice la atenuación media de la señal como una función de la distancia y la variabilidad de esta en el tiempo y el espacio.

Este método requiere, para realizar la predicción, los siguientes parámetros: potencia radiada aparente y altura del centro eléctrico de radiación de la antena con relación al nivel medio del terreno. Adicionalmente a estos parámetros, deben especificarse, el porcentaje de tiempo y de lugares en donde los campos predichos operarán o se excederán, así como también un porcentaje que especifique el grado de confianza deseado en los resultados. Para determinar si un servicio se encuentra presente, en un 50% del área y en un 90% del tiempo. Además de las características topográficas del terreno se deben considerar, la conductividad del terreno, el tipo de clima, la permeabilidad relativa y la refractividad de la superficie. De acuerdo a la cantidad de variables que utiliza el método Longley-Rice y a la complejidad matemática de los cálculos que efectúa, éste se considera como un algoritmo de cómputo que entrega resultados más exactos que otros métodos.

Para determinar la altura promedio del terreno deben considerarse las elevaciones entre las distancias establecidas, desde el lugar de ubicación de la antena, de por lo menos 72 radiales.

La medición de esta altura se debe realizar sobre cada radial, tomando muestras equidistantes cada 500 m. como máximo.

4.2.1.1 Operación del modelo

Cuando se tiene un perfil detallado del terreno, se pueden deducir parámetros específicos de la ruta de propagación y el modelo puede hacer una predicción con mayor exactitud (predicción en modo punto a punto).

En caso contrario, el modelo provee de técnicas para estimar los parámetros específicos de la ruta (predicción en modo de área).

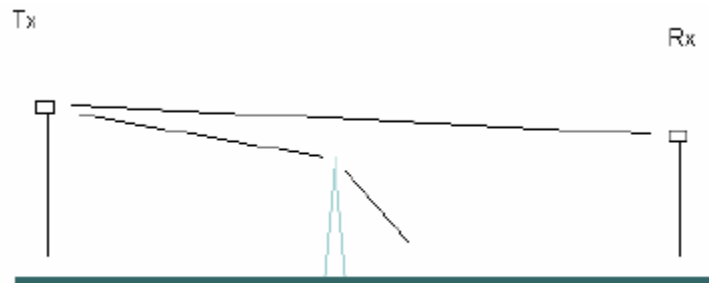


Figura 4.1. Pérdidas por difracción

Se utiliza teoría avanzada de dispersión para analizar los fenómenos de dispersión en la troposfera y poder hacer predicciones sobre distancias largas.

A éste modelo se le han hecho varias modificaciones y correcciones desde su publicación (1968), siendo una de las más importantes la relacionada con la propagación en zonas urbanas (corrección usando factor urbano “UF”).

4.2.1.2 Desventajas del modelo

No provee una forma de determinar correcciones debido a factores ambientales en las proximidades del receptor, como tampoco considera el efecto de edificios y árboles.

No considera el efecto de la multitrayectoria de las ondas electromagnéticas.

4.2.2. Modelo de Durkin

El simulador del cual se deriva este modelo consiste en un algoritmo formado por dos partes principales. En la primera parte se accesa a una base de datos topográfica de un servicio de área propuesto y se reconstruye la información del perfil del terreno a lo largo de un radio circundante que incluye al transmisor y al receptor. Debe suponerse que dentro de esta área la señal no sufrirá de reflexiones ni dispersión debido a obstáculos, es decir, libre de multipropagación.

La segunda parte del algoritmo calcula la perdidas esperadas de la señal dentro del área ya definida, y después de haberlo realizado, el receptor del simulador puede ser cambiado de posición en un área de servicio realizando un proceso iterativo para poder obtener el contorno de la fuerza de la señal.

Se consideran dos casos importantes dentro del método, uno cuando existe línea de vista (LOS) y otro cuando no lo hay. Para el caso en donde no tenemos línea de vista, el problema es dividido en cuatro categorías para ser evaluado:

- a) Esquina de refracción simple.
- b) Dos esquinas de refracción.
- c) Tres esquinas de refracción.
- d) Más de tres esquinas de refracción.

Así, si la condición de Esquina de refracción simple no se satisface, el simulador checa para la siguiente condición.

Este modelo muy importante ya que involucra información del terreno, que en la actualidad es ya muy utilizada por cualquier sistema de comunicación ya que suele ser un parámetro determinante en la propagación de RF.

Al igual que el método anterior, éste sólo modela fenómenos de gran escala de distancias (atenuaciones debido a la ruta seguida).

Se asume que la antena receptora recibe toda la energía en forma de un haz radial, es decir, asume un enlace en línea de vista (LOS), con fenómenos de difracción asociados. No se consideran por lo tanto fenómenos de multitraectoria (reflexiones, dispersión, etc). El modelo es pesimista en sectores “encerrados” como valles angostos.

La ejecución de la simulación consta de 2 partes:

a) El acceso a una base de datos topográfica del área de servicio propuesta y reconstruir el perfil del terreno entre el transmisor (Tx) y el receptor (Rx) utilizando métodos de interpolación para obtener alturas aproximadas.

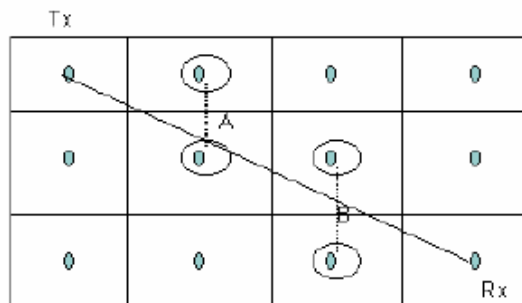


Figura 4.2. Aproximación de las alturas por interpolación

Esta base de datos está dispuesta en forma de un arreglo bi-dimensional, donde cada elemento del arreglo contiene la altura sobre el nivel del mar de ese punto.

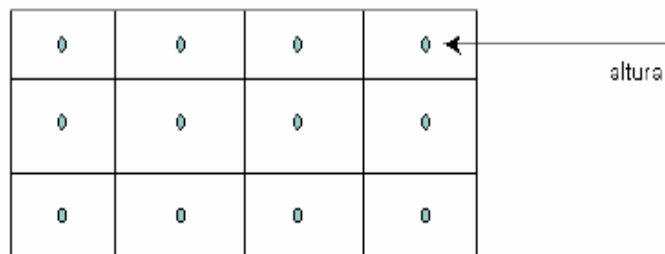


Figura 4.3. Arreglo bidimensional de los datos

b) Luego, en este punto, el problema se reduce al cálculo de un enlace unidimensional punto a punto, utilizando métodos de difracción ya vistos.

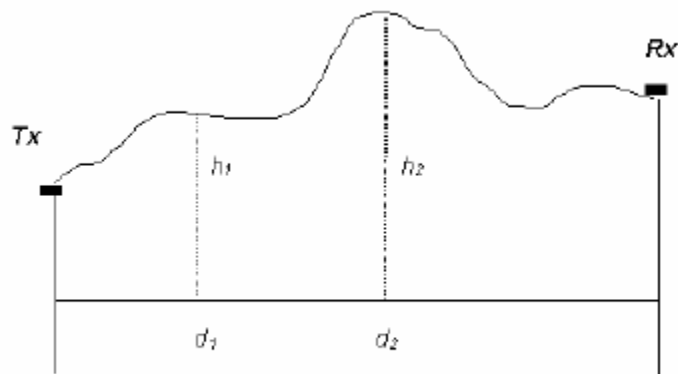


Figura 4.4. Cálculo de enlaces unidimensionales

Cálculo de las pérdidas en el receptor debido a la ruta de propagación:

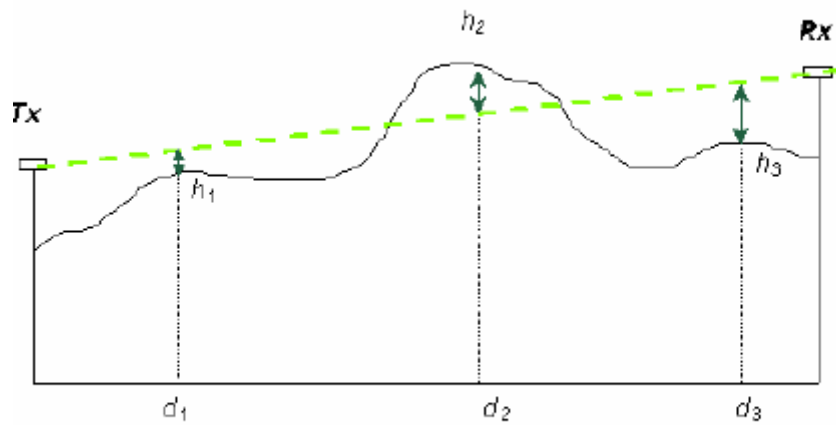


Figura 4.5. Pérdidas debidas a la trayectoria de propagación

Asumiendo que: Existe línea de vista (LOS) el algoritmo verifica la 1º zona de Fresnel.

a) Si esta está despejada, entonces el cálculo de las pérdidas se pueden hacer con técnicas de espacio libre.

b) Si existe una obstrucción que apenas toca la trayectoria de línea de vista (LOS), entonces la potencia en el receptor es 6 [dB] menor que el cálculo en espacio libre.

4.2.3. Modelo de Okumura

El modelo de Okumura es uno de los más ampliamente utilizados para predicción de señales en áreas urbanas. Este modelo es aplicable para frecuencias en el rango de 150 MHz a los 1920 Mhz (sin embargo generalmente es extrapolado para frecuencias arriba de 3000 MHz) y distancias de 1 Km a 100 Km. Puede ser usado para alturas de la antena de la estación base en el rango de 30 m a 1000 m.

Okumura desarrolló un grupo de curvas que brindan el valor de la atenuación media relativa al espacio libre, además de basarse en parámetros pre-definidos. Los valores obtenidos de cada curva fueron obtenidos por exhaustivas mediciones usando antenas verticales y omnidireccionales tanto en la base como en el móvil y graficadas en función de la frecuencia en el rango de los 100 MHz a los 1920 MHz y como una función de la distancia. El modelo puede ser expresado como:

$$L_{50}(dB) = LF + Amu(f,d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - GAREA \quad (1)$$

De donde:

L_{50} =Son las pérdidas por propagación en espacio libre (el subíndice 50 hace referencia al valor medio).

$G(h_{te})$ =Es el factor de la ganancia de la altura de la antena de la Estación Base.

$G(h_{re})$ =Es el factor de la ganancia de la altura de la antena del móvil.

$GAREA$ =Es la ganancia debido al tipo de ambiente.

Okumura encontró que $G(h_{te})$ varía a un índice de 20 dB/década y $G(h_{re})$ varía a un índice de 10 dB/década para alturas menores que 3 m.

$$G(h_{te}) = 20 \log(h_{te}/200) \quad 1000 \text{ m} > h_{te} > 30 \text{ m} \quad (2)$$

$$G(h_{re}) = 10 \log(h_{re}/3) \quad h_{re} < 3 \text{ m} \quad (3)$$

$$G(h_{re}) = 20 \log(h_{re}/3) \quad 10 \text{ m} > h_{re} > 3 \text{ m} \quad (4)$$

El modelo de Okumura está totalmente basado en mediciones de datos y no provee de una explicación analítica. La más grande desventaja de este, es su lenta respuesta a los cambios rápidos en el terreno.

4.2.4. Modelo Hata

Este modelo es una formulación empírica de los datos de las pérdidas de propagación provistos por Okumura, y es válido de los 150 MHz a los 1500 MHz. Hata presentó las pérdidas dentro de un área urbana como una fórmula estándar:

$$L_{50}(\text{urbano})(dB) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d \quad (5)$$

donde:

f_c =frecuencia de corte.

d =distancia del móvil.

h_{te} =altura de la antena de la estación base.

h_{re} =altura de la antena del móvil.

Tomando en cuenta que:

$$150 \text{ MHz} < f_c < 1500 \text{ MHz}$$

$$30 \text{ m} < h_{te} < 200 \text{ m}$$

$$1 \text{ m} < h_{re} < 10 \text{ m}$$

Involucra una nueva variable que es el factor de corrección de la antena del móvil y se define según el tamaño de la ciudad:

Para ciudades pequeñas y medianas:

$$a(h_{re}) = (1.1 \log f_c - 0.7)h_{re} - (1.56 \log f_c - 0.8) \text{ dB} \quad (6)$$

Para ciudades grandes:

$$a(h_{re}) = 8.29(\log 1.54h_{re})^2 - 1.1 \text{ dB para } f_c < 300 \text{ MHz} \quad (7)$$

y

$$a(h_{re}) = 3.2(\log 11.75h_{re})^2 - 4.97 \text{ dB para } f_c > 300 \text{ MHz} \quad (8)$$

Para utilizar la misma fórmula en un ambiente suburbano se utiliza como:

$$L50(\text{dB}) = L50(\text{urbano}) - 2[\log (f_c/28)]^2 - 5.4 \quad (9)$$

Para áreas rurales:

$$L50(\text{dB}) = L50(\text{urbano}) - 4.78(\log f_c)^2 + 18.33 \log f_c - 40.94$$

4.2.5. Modelo Walfish y Bertoni

Este modelo considera el impacto de las azoteas y alturas de los edificios considerando la refracción para predecir la fuerza de la señal al nivel de las calles. El modelo considera tres parámetros para medir las pérdidas de propagación(S):

$$S=P_0Q_2P_1 \quad (11)$$

Donde:

$$P_0= (l/4R)^2 \quad (12)$$

Q_2 = se refiere a la reducción en la señal a nivel de la azotea debida a las columnas de los edificios.

P_1 = termino que especifica las pérdidas por difracción de la señal que viaja desde las azoteas de los edificios hasta las calles

En dB, las pérdidas totales se expresan como:

$$S(dB)= L_0 + L_{rts} + L_{ms}$$

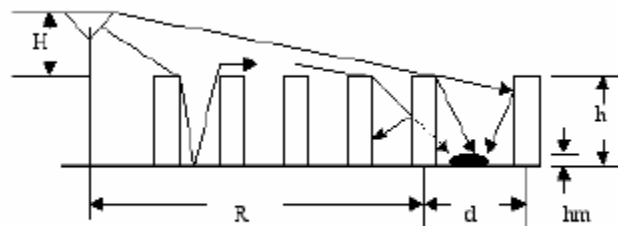


Figura 4.6. Pérdidas por interferencia de edificios

4.2.6. Método de Curvas de predicción F(50,90)

Mediante el empleo de curvas empíricas que se han publicado mundialmente se puede llevar a cabo la predicción de cubrimiento de áreas de servicio. Todos los métodos de predicción, consideran las características topográficas del terreno que rodea el lugar donde se encuentra instalada la antena transmisora, por lo regular se consideran 8 radiales o más trazados desde la antena hasta aproximadamente 15 Km. y se obtiene un promedio para cada uno de ellos (entre 3 y 16 Km.), esto se lleva a cabo con el fin de encontrar la altura del centro de radiación de la antena con relación al nivel del terreno promedio en dirección del radial. Estas curvas relacionan para cada banda de transmisión, la intensidad de campo con la distancia del transmisor para una potencia radiada aparente fija y para un alcance dado de alturas de antenas transmisoras. Estas curvas arrojan un valor aceptable cuando el terreno más allá de 16 Km. se considera llano o en su defecto indica la extensión aproximada de cubrimiento sobre un terreno regular exento de interferencias de otras estaciones de televisión. El cubrimiento real puede variar considerablemente las estimaciones realizadas ya que el terreno sobre cualquier trayectoria específica será diferente del terreno promedio en el que se basan las cartas de predicción.

El método de predicción se recomienda por práctico, reconociéndose que pueden existir otros métodos que arrojen resultados mejores.

La figura número 7 muestra las curvas empíricas o nomogramas que nos darán la intensidad de campo estimada F(50,90) es decir, que hay señal el 50% del tiempo en un 90% de los puntos de recepción. Estos nomogramas están basados en una potencia radiada aparente de 1 KW y una antena receptora colocada a 10 metros sobre el suelo.

Para determinar la altura promedio del terreno es necesario considerar las elevaciones entre 3 y 16 Km. desde el sitio donde se ubica la antena. Se trazan perfiles de por lo menos 8 radiales, dando inicio desde el lugar de la ubicación de la antena hasta 5 Km. Los radiales pueden ser dibujados para cada 45° de Azimut, cada gráfica del perfil deberá indicar la topografía lo más preciso posible para cada uno de los radiales, así como también se debe trazar la distancia de Km. como abcisas y la altura en metros sobre el nivel del mar como ordenadas. La elevación promedio se determina de la gráfica del perfil para cada uno de los radiales.

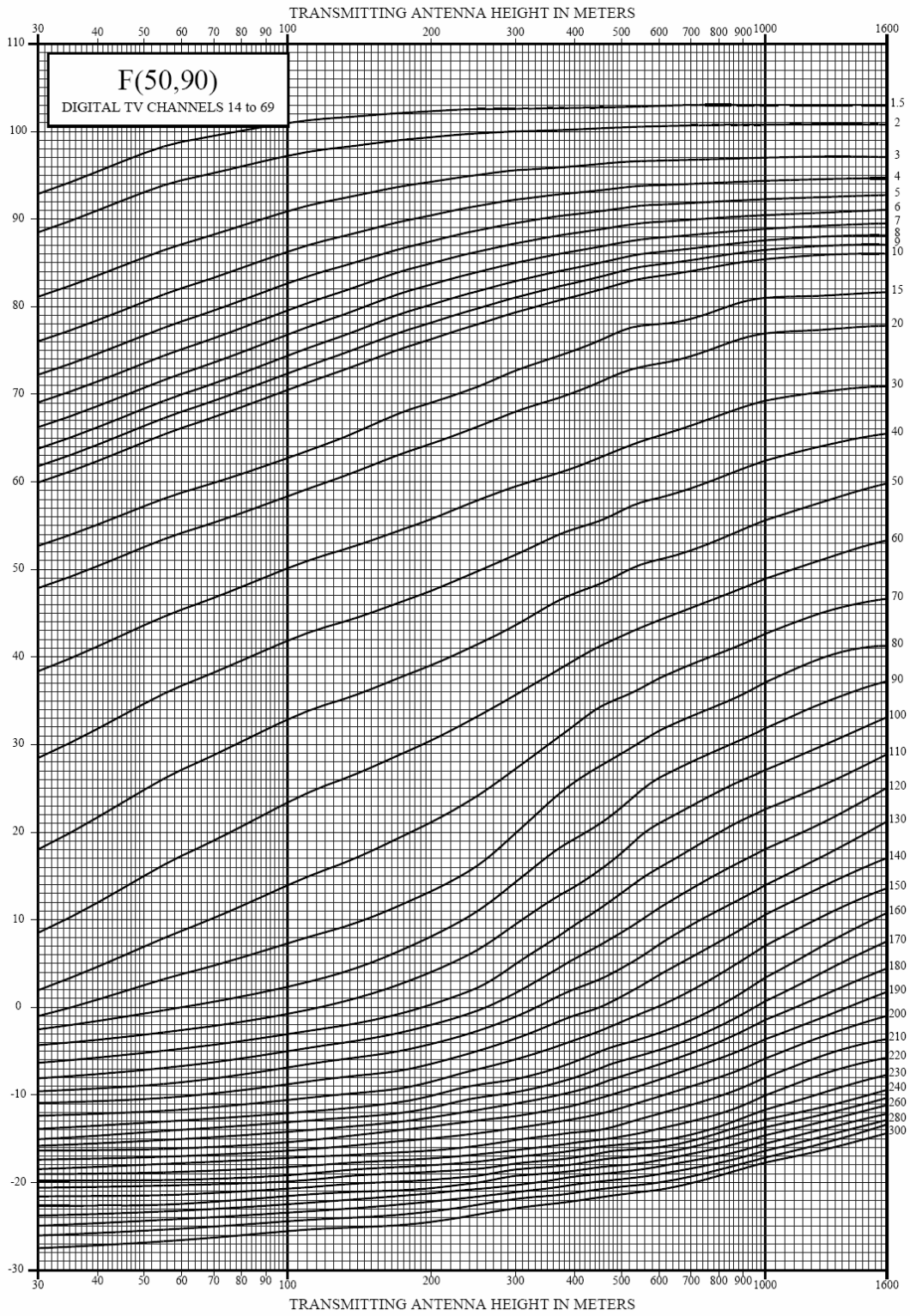


Figura 4.7. Curvas de predicción F(50,90)

5. Cálculo de la estación transmisora y su área de servicio.

El método para calcular el área de servicio del sistema de Televisión Digital Terrestre ATSC en TV UNAM fue por medio de curvas de predicción F (50,90) y el método Longley Rice.

Se hace notar que ambos métodos de predicción los utilizamos por prácticos y porque los recomienda la SCT, reconociéndose que pueden existir otros que arrojen mejores resultados.

5.1. FORMATO PARA PRESENTACIÓN DEL CÁLCULO ANTE LA SCT.

<u>XH UNAM-TV</u>	<u>MEXICO</u>	<u>D.F.</u>
DISTINTIVO	POBLACIÓN	ESTADO

5.1.1. Características generales de la estación.

- Nombre o razón social del solicitante: Coordinación de Difusión Cultural, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Población principal a servir: Campus, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Canal: 60 (746-752 MHz).
- Ubicación del lugar de instalación del sistema radiador: Circuito Maestro Mario de la Cueva s/n, Frente a la Facultad de Ciencias Políticas, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, D.F., LN 19° 19' 01", LW 99° 10' 30".

5.1.2. Características técnicas de la estación y del sistema radiador.

- Potencia de operación del equipo transmisor: 100 W.
- Línea de transmisión.
 - Clase, tipo y marca: HELIAX LDF-6 50 A Andrew.
 - Longitud en metros: 30 metros.
 - Sección Transversal: 1 ¼”.
 - Atenuación en dB: 0.819 dB.
 - Eficiencia en porcentaje: Eficiencia = $10^{\frac{-0.819}{10}} \times 100 = 82.81\%$.

5.1.3. Sistema radiador y estructura de soporte.

- Direccionalidad en el plano horizontal: A.D. 292.5°.
- Ganancia: 14 dB=25.7 veces.
- Polarización: Horizontal.
- Diagrama de radiación en el plano horizontal: Ver Anexo 1.
- Altura sobre el nivel del mar del lugar de instalación: 2290m.

- Altura del centro de radiación de la antena sobre el lugar de instalación: 24 metros.
- Altura del centro de radiación de la antena con relación al terreno promedio entre 3 y 16 km de los radiales considerados: -144.66 metros.
- Potencia radiada aparente de la estación (PAR): 1 kW.

5.1.4. Perfiles topográficos: Ver Anexo 2. Los perfiles topográficos nos muestran la topografía del terreno en cada radial.

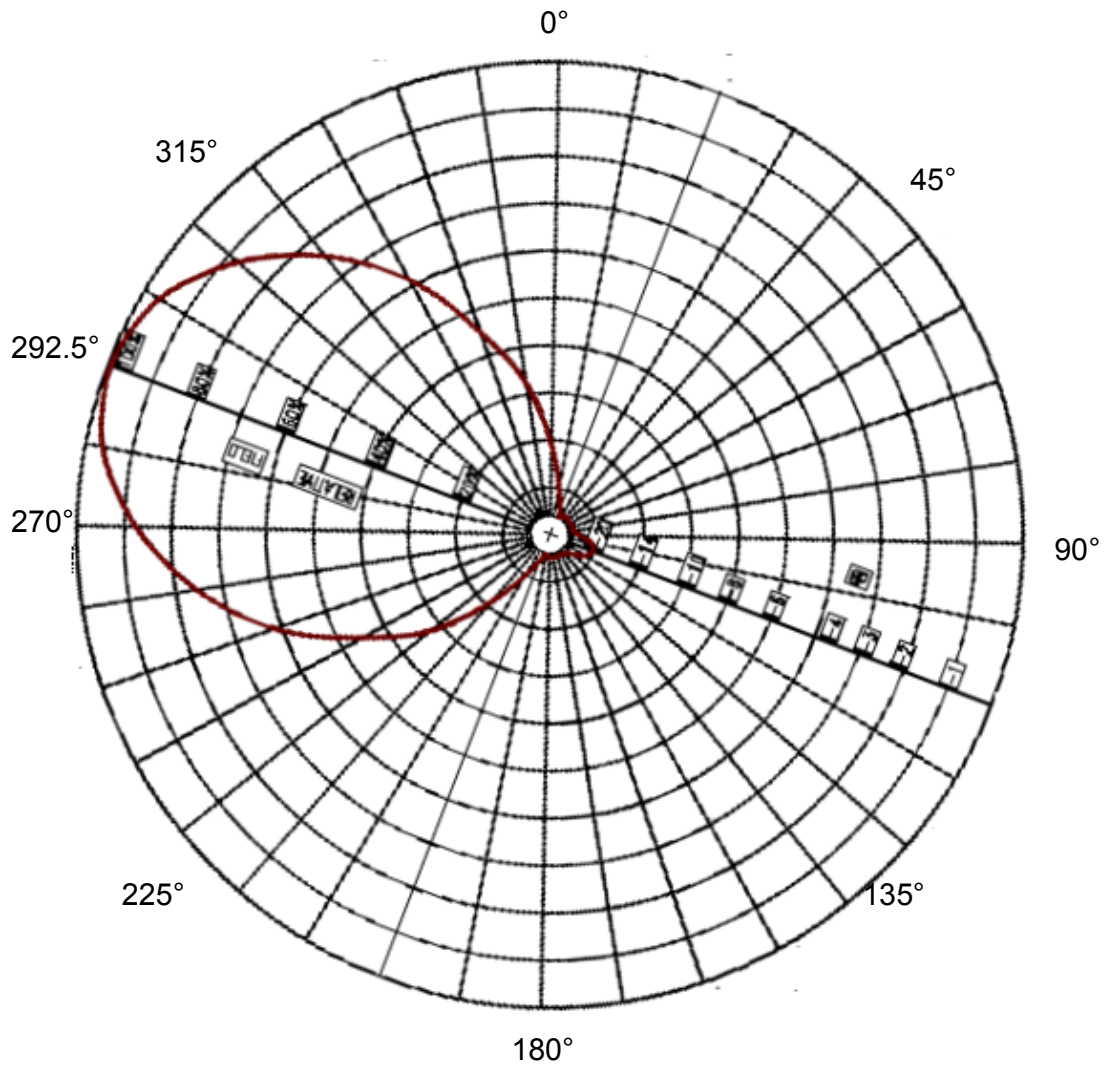
5.1.5. Tabla de predicciones: Ver Anexo 3. La tabla de predicciones nos muestra la distancia hasta la que radiamos en cada radial.

5.1.6. Contornos de intensidad de campo: Ver Anexo 4. Los contornos de intensidad de campo muestran el área de servicio trazada en un mapa.

Anexo 1

Patrón de radiación de la Antena JUHD

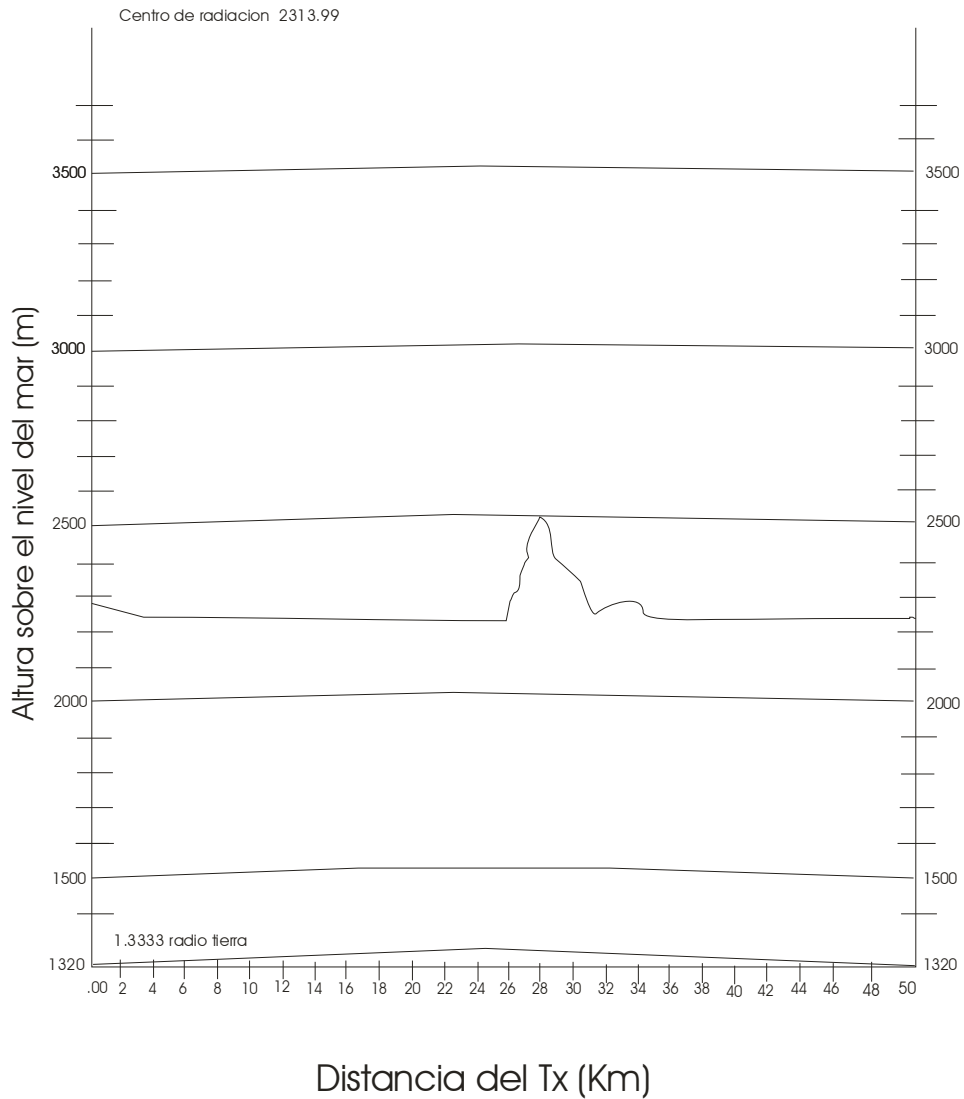
Este patrón fue obtenido de la página del fabricante JAMPRO y fue rotado en dirección en la que radia la antena de TV UNAM hacia Rectoría, es decir la antena apunta a 292.5° .



Anexo 2 PERFILES TOPOGRÁFICOS

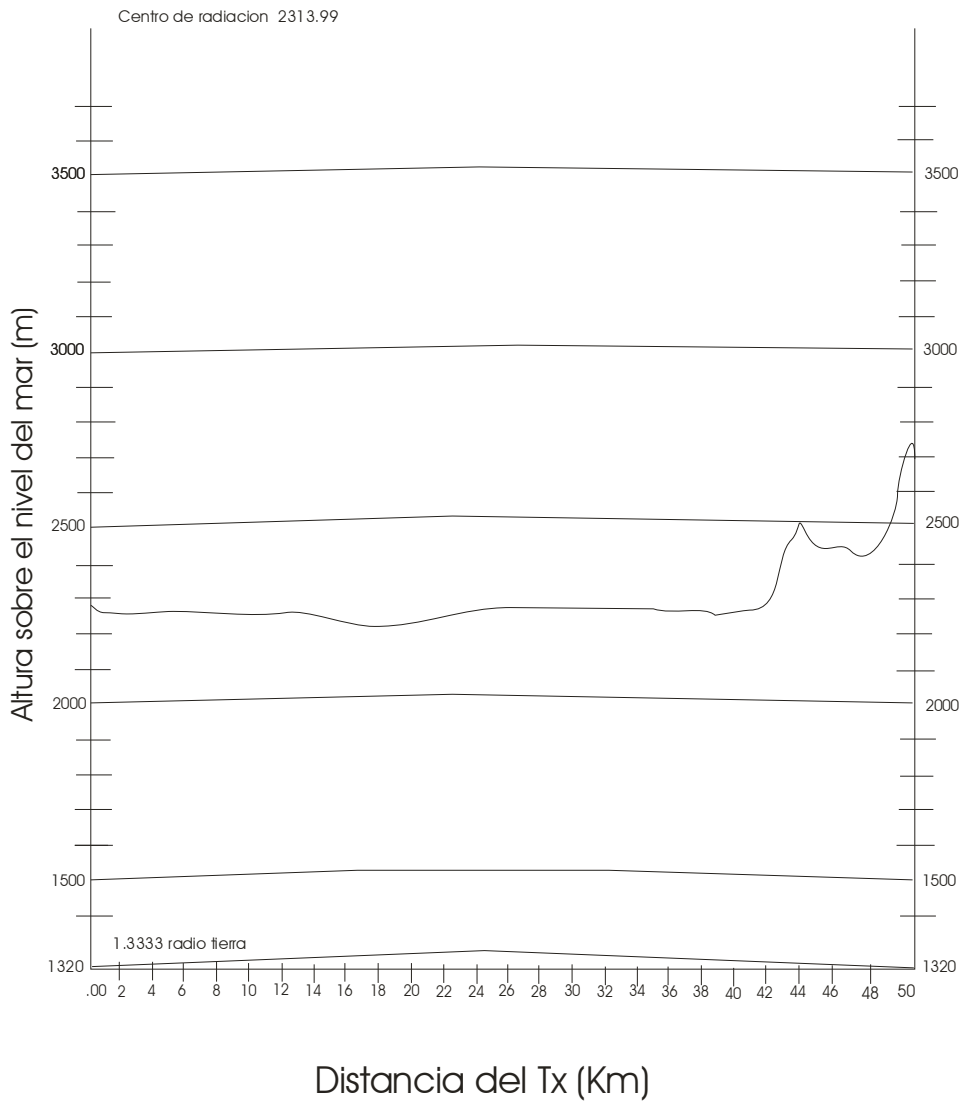
El perfil topográfico es la representación del terreno de Ciudad Universitaria y sus alrededores, específicamente nos muestra el terreno a 0°, es decir el norte geográfico. Se observa una obstrucción de terreno en el km. 28, lo cual no afectó el alcance de radiación de la antena.

Gráfica de Perfil Azimut (0 grados)



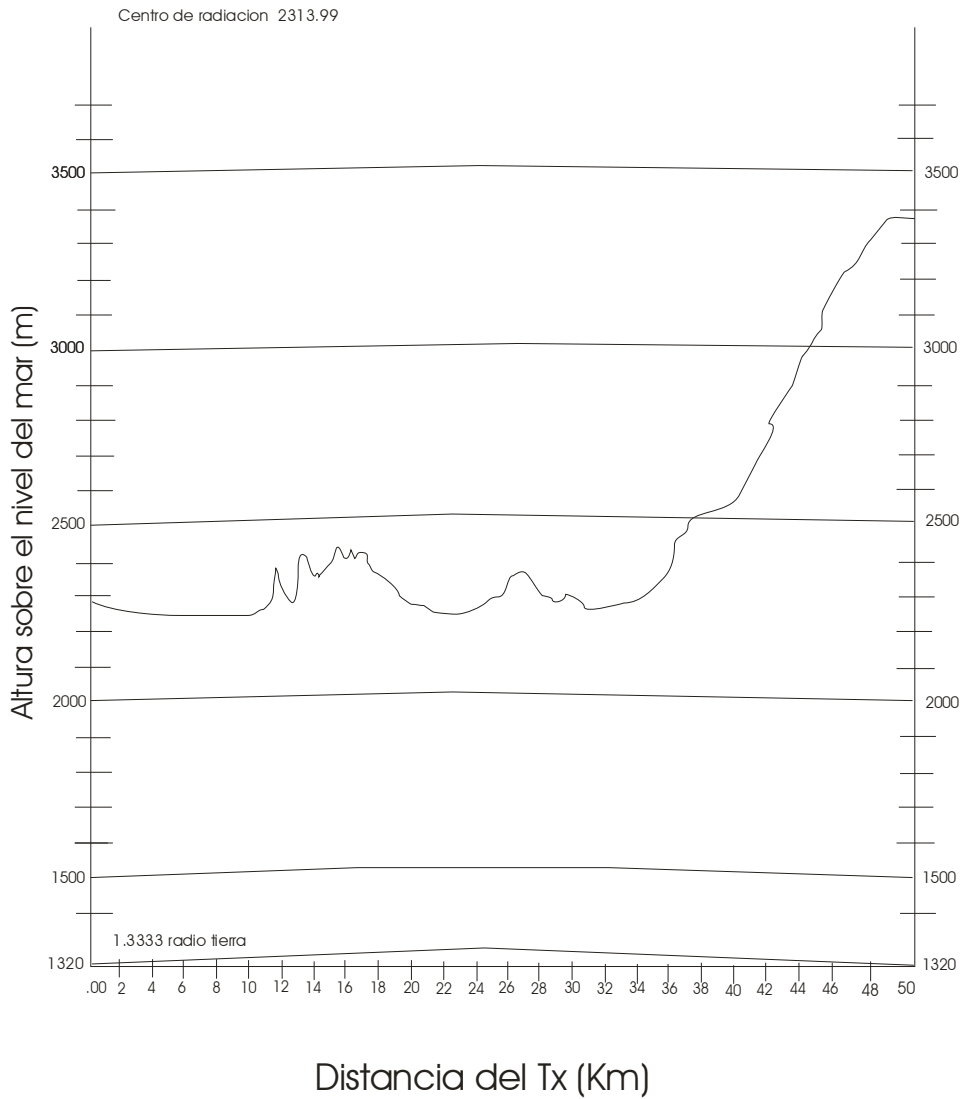
Este perfil topográfico nos muestra el terreno a 45° NE. Se observa una obstrucción de terreno en el km. 43, lo cual no afectó el alcance de radiación de la antena, ya que el patrón de radiación de la antena nos muestra que no estamos radiando esa zona.

Gráfica de Perfil Azimut (45 grados)



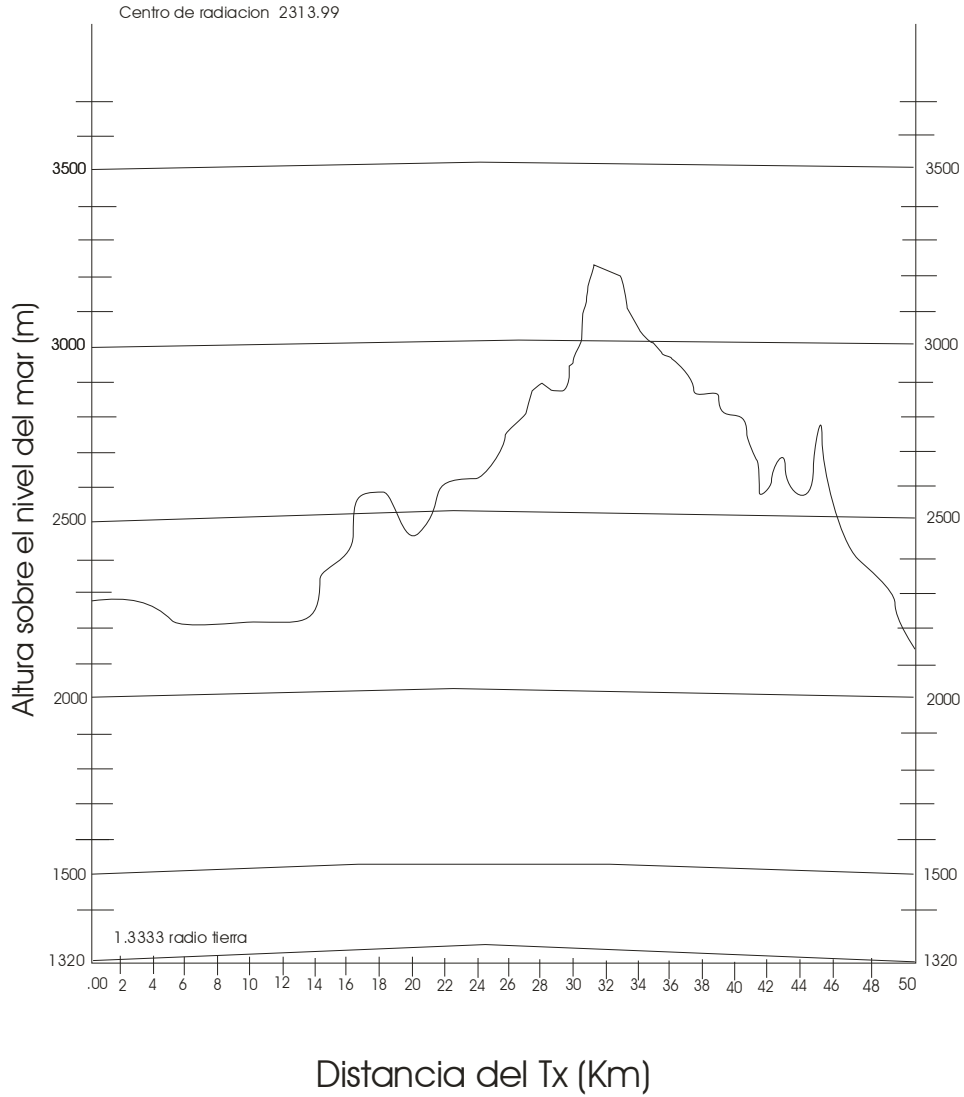
El perfil topográfico nos muestra el terreno a 90°, es decir el este geográfico. Se observan varias obstrucciones en el terreno que no afectan el área de servicio debido a que no estamos radiando esa zona.

Gráfica de Perfil Azimut (90 grados)



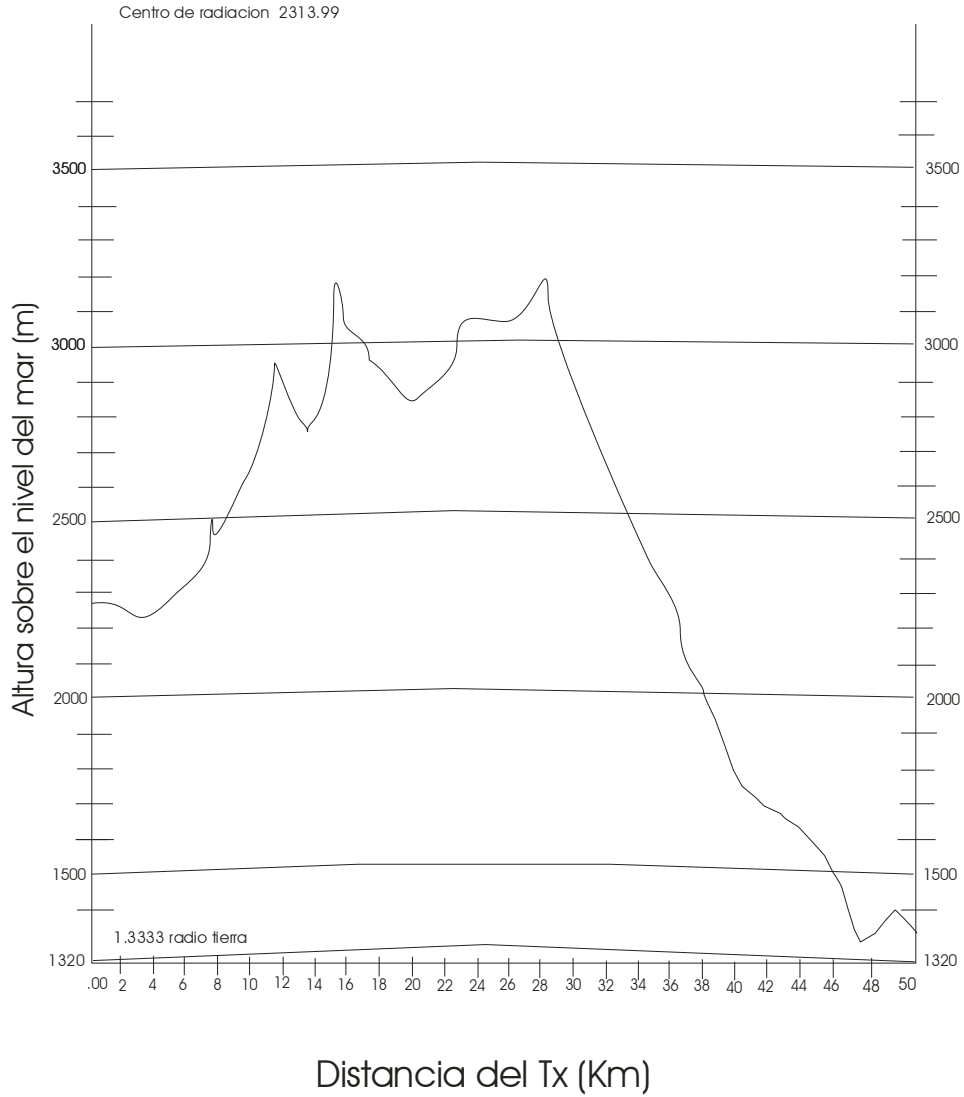
El perfil topográfico nos muestra el terreno a 135° SE. Se observan varias obstrucciones en el terreno que no afectan el área de servicio debido a que no estamos radiando esa zona.

Gráfica de Perfil Azimut (135 grados)



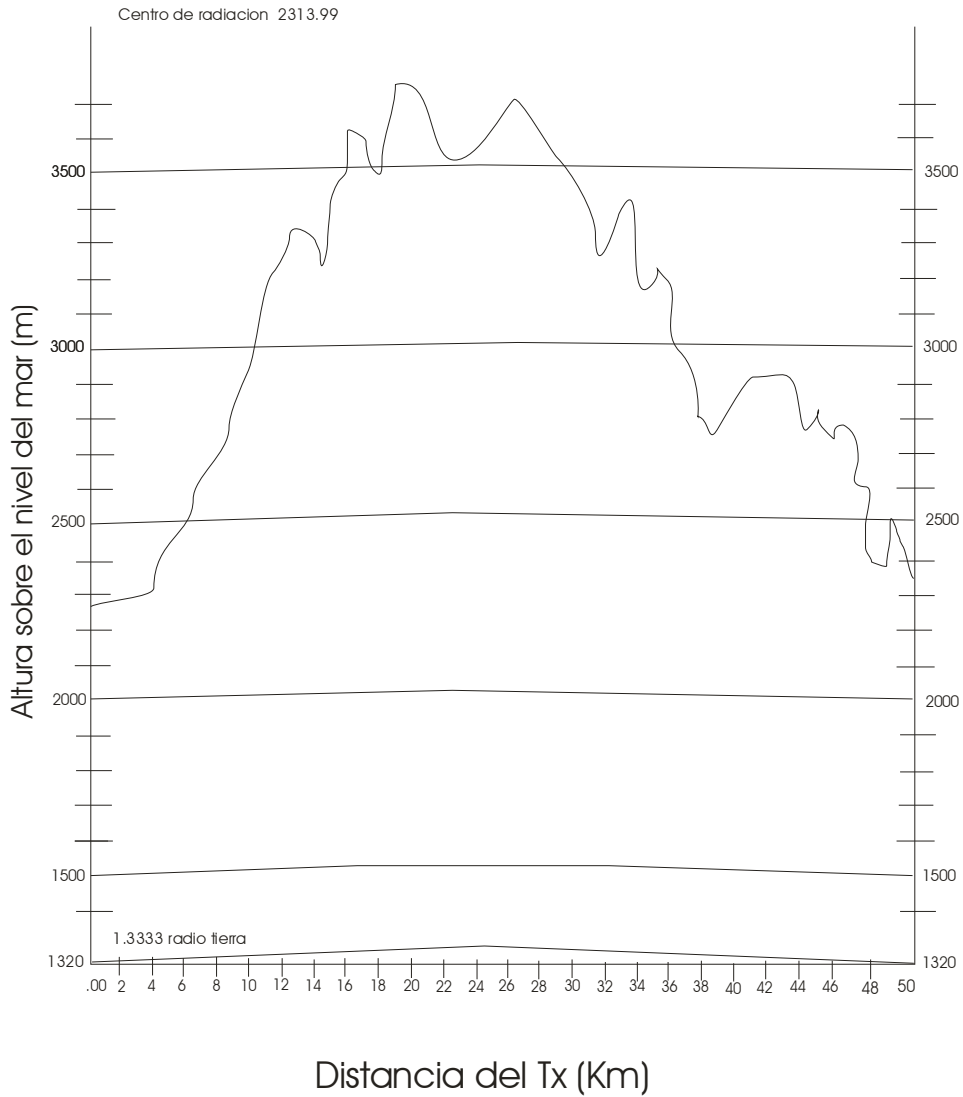
El perfil topográfico nos muestra el terreno a 180°, es decir el sur geográfico. Se observan varias obstrucciones en el terreno que no afectan el área de servicio debido a que no estamos radiando esa zona.

Gráfica de Perfil Azimut (180 grados)



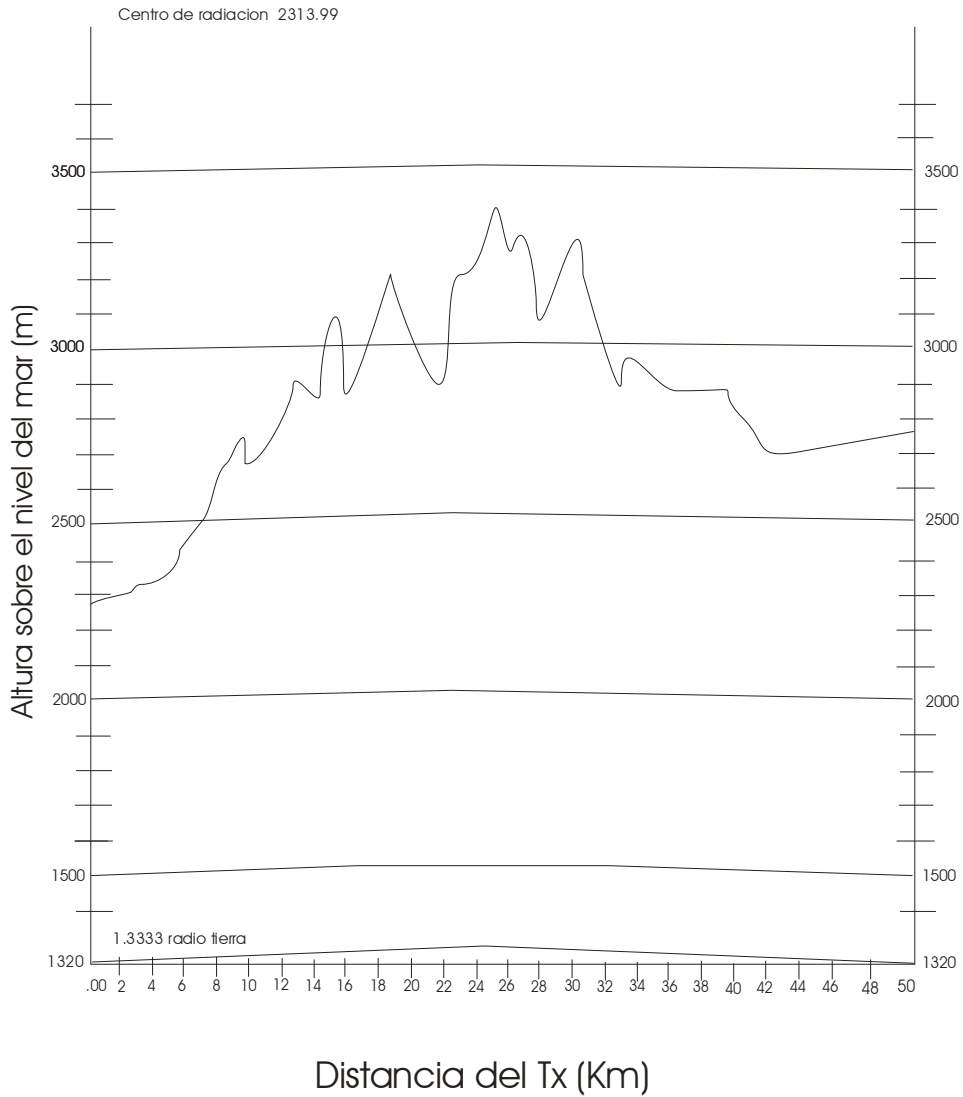
El perfil topográfico nos muestra el terreno a 225° SW. Se observan varias obstrucciones en el terreno desde el km. 3.6 que no permiten que alcancemos la distancia calculada.

Gráfica de Perfil Azimut (225 grados)



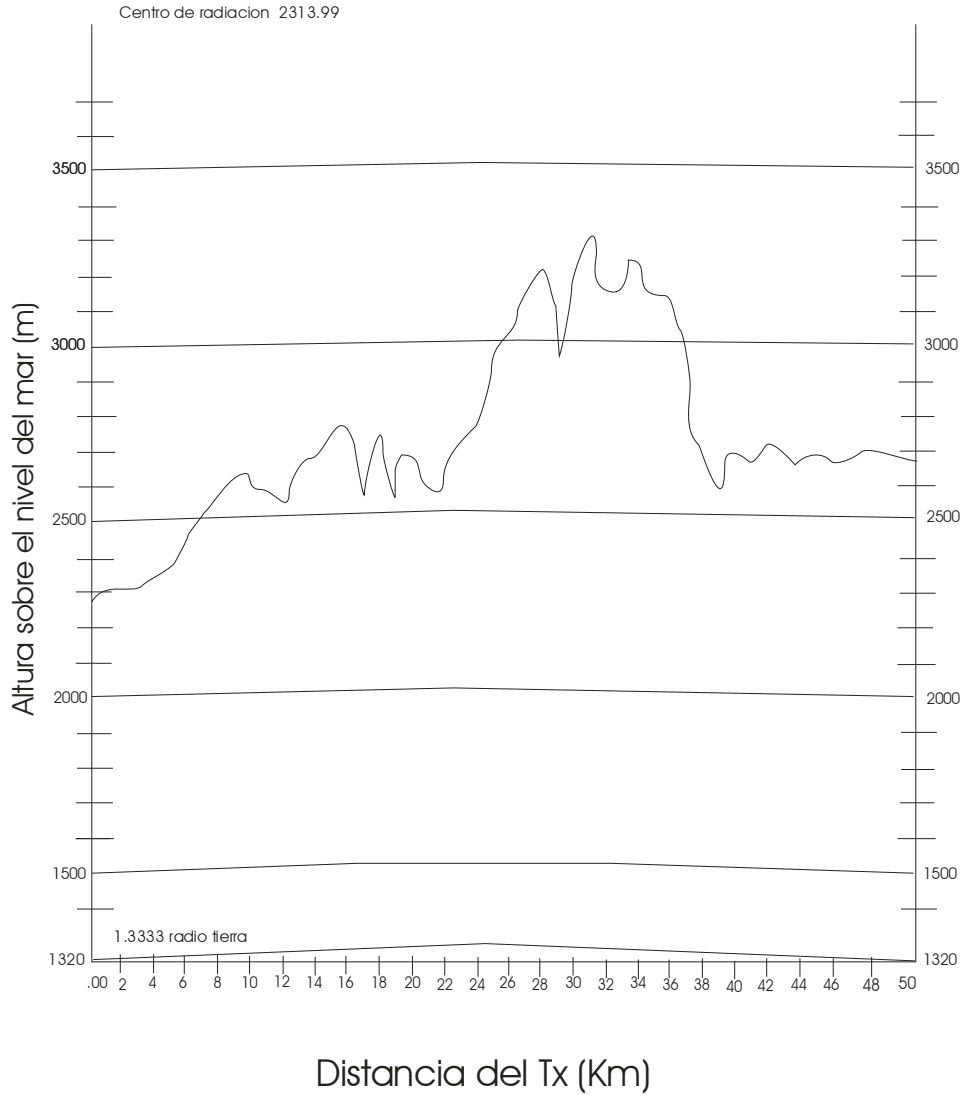
El perfil topográfico nos muestra el terreno a 270° (oeste geográfico). Se observan varias obstrucciones en el terreno desde el km. 5 que no permiten que alcancemos la distancia calculada.

Gráfica de Perfil Azimut (270 grados)



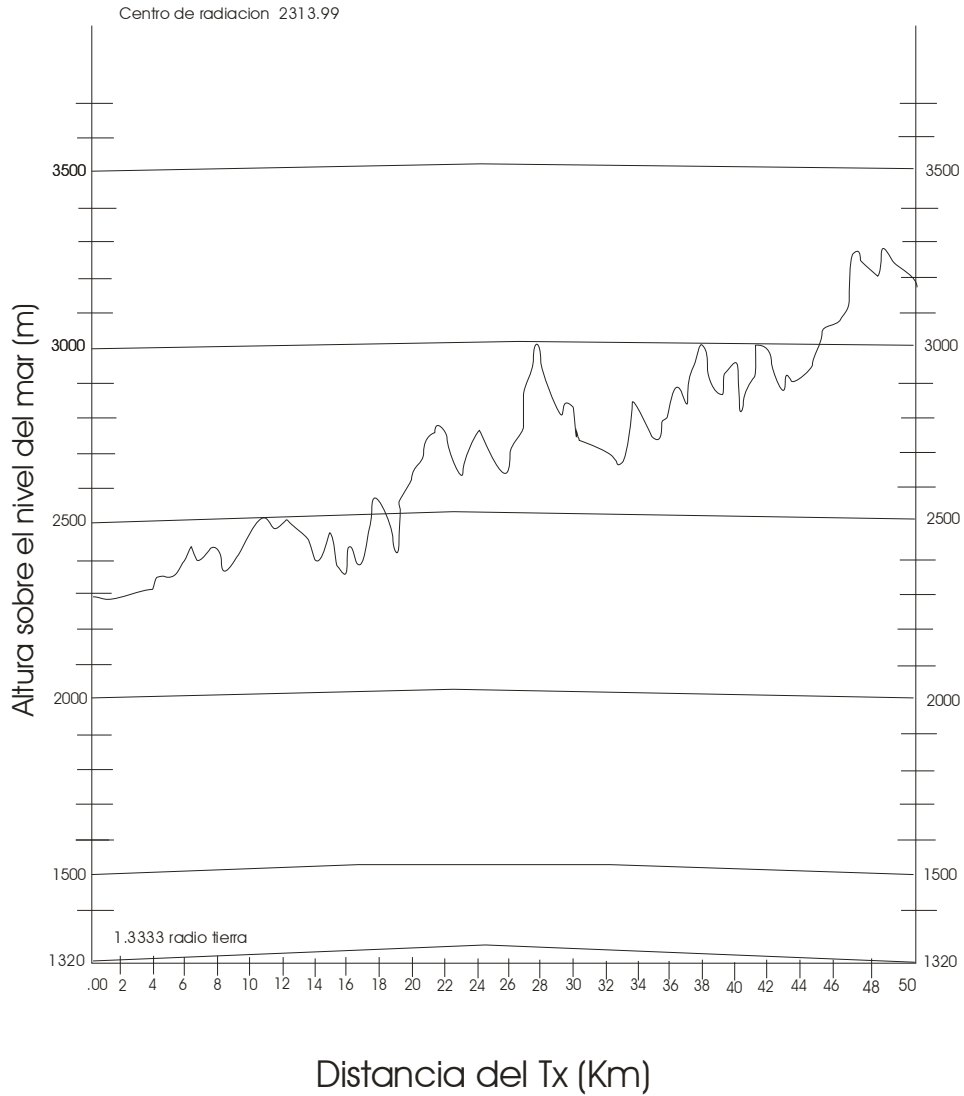
El perfil topográfico nos muestra el terreno a 292° (Rectoría). Se observan varias obstrucciones en el terreno desde el km. 5 que obstruyen la señal.

Gráfica de Perfil Azimut (292 grados)



El perfil topográfico nos muestra el terreno a 315° NW. Se observan varias obstrucciones en el terreno desde el km. 5 que obstruyen la señal.

Gráfica de Perfil Azimut (315 grados)



Anexo 3

Tablas de predicciones

Esta tabla nos muestra los resultados después de haber realizado el cálculo utilizando las tablas F(50,90) para dos intensidades diferentes 41 y 48 dBu.

Tabla de Resultados con las tablas F(50,90)

Azimuth	Altura promedio en metros ¹	Altura promedio del centro de radiación de la antena ²	Potencia radiada en kW ³	Alcance en km al contorno para 41 dBμ ⁴	Alcance en km al contorno para 48 dBμ
0°	2242.58	71.41	0.05	14	9.5
45°	2217.02	96.97	0.000	0.0	0.0
90°	2250.74	63.25	0.000	0.0	0.0
135°	2299.10	14.89	0.000	0.0	0.0
180°	2672.47	-308.48	0.000	0.0	0.0
225°	2874.30	-560.31	0.066	15*	10*
270°	2698.34	-384.35	0.931	27*	20*
315°	2414.67	-100.67	0.931	27*	20*

La tabla nos muestra los resultados después de haber realizado el cálculo utilizando el método Longley Rice (método realizado con un programa de la FCC) para dos intensidades diferentes 41 y 48 dBu.

¹ Se obtuvo del promedio del contorno en el radial seleccionado

² Se obtuvo de la diferencia del centro de radiación y la altura promedio para cada radial

³ Se obtuvo del diagrama de radiación de la antena

⁴ Se obtuvo con ayuda de los contornos de predicción F(50,90)

Tabla de resultados utilizando el método Longley Rice.

Azimuth	Altura promedio en metros ⁵	Altura promedio del centro de radiación de la antena ⁶	Potencia radiada en kW ⁷	Alcance en km al contorno para 41 dBμ ⁸	Alcance en km al contorno para 48 dBμ
0°	2242.58	71.41	0.05	13.928	9.401
45°	2217.02	96.97	0.000	0.0	0.0
90°	2250.74	63.25	0.000	0.0	0.0
135°	2299.10	14.89	0.000	0.0	0.0
180°	2672.47	-308.48	0.000	0.0	0.0
225°	2874.30	-560.31	0.066	14.903*	10.059*
270°	2698.34	-384.35	0.931	26.918*	19.505*
315°	2414.67	-100.67	0.931	26.918	19.505*

* Obstrucciones debido al terreno. Ver Anexo 4

⁵ Se obtuvo del promedio del contorno en el radial seleccionado

⁶ Se obtuvo de la diferencia del centro de radiación y la altura promedio para cada radial

⁷ Se obtuvo del diagrama de radiación de la antena

⁸ Se obtuvo con ayuda de los contornos de predicción F(50,90)

La siguiente tabla muestra los resultados después de hacer la interpretación de los perfiles topográficos.

Azimuth	Alcance en km al contorno para 41 dB μ ⁹ F(50,90)	Alcance en km al contorno para 48 dB μ F(50,90)	Alcance en km al contorno para 41 dB μ ¹⁰ Longley Rice	Alcance en km al contorno para 48 dB μ . Longley Rice.
0°	14	9.5	13.928	9.401
45°	0.0	0.0	0.0	0.0
90°	0.0	0.0	0.0	0.0
135°	0.0	0.0	0.0	0.0
180°	0.0	0.0	0.0	0.0
225°	3	3.6	3.6	3.6
270°	5	5	5	5
315°	5	5	5	5

⁹ Se obtuvo con ayuda de los contornos de predicción F(50,90)

¹⁰ Se obtuvo con ayuda de los contornos de predicción F(50,90)

Cálculo para el contorno

Log potencia (kW) x 10= dBu

Memoria de Cálculo

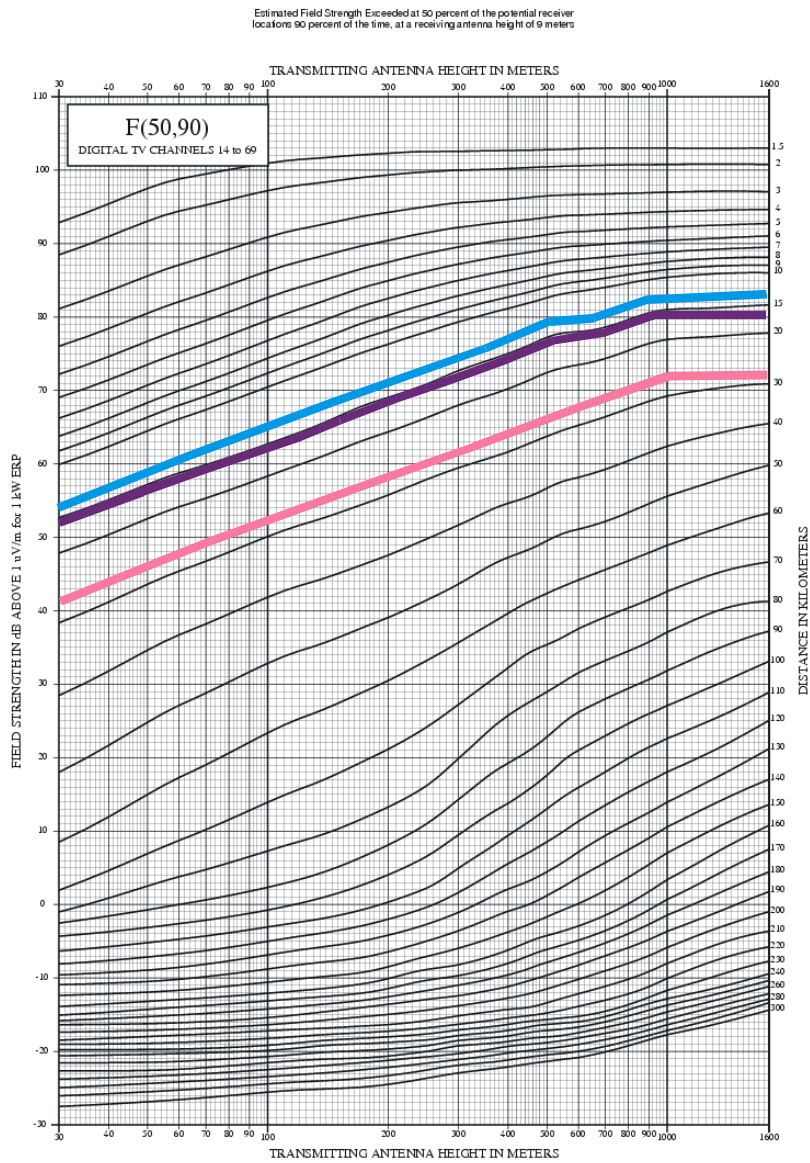
Potencia Radiada

Azimuth	Campo ¹¹	Potencia Radiada= PAR*(CAMPO ²)	Potencia en dB
0°	0.1979	=1.311*(0.1979) ² =0.05	=10log(0.05)=-13.01
45°	0.00	=1.311*(0.00) ² =0	0
90°	0.00	=1.311*(0.00) ² =0	0
135°	0.00	=1.311*(0.00) ² =0	0
180°	0.00	=1.311*(0.00) ² =0	0
225°	0.2258	=1.311*(0.2258) ² =0.066	=10log(0.066)=-11.84
270°	0.843	=1.311*(0.843) ² =0.931	=10log(0.0931)=-0.31
315°	0.843	=1.311*(0.843) ² =0.931	=10log(0.0931)=-0.31

¹¹ Se obtuvo del patrón de radiación

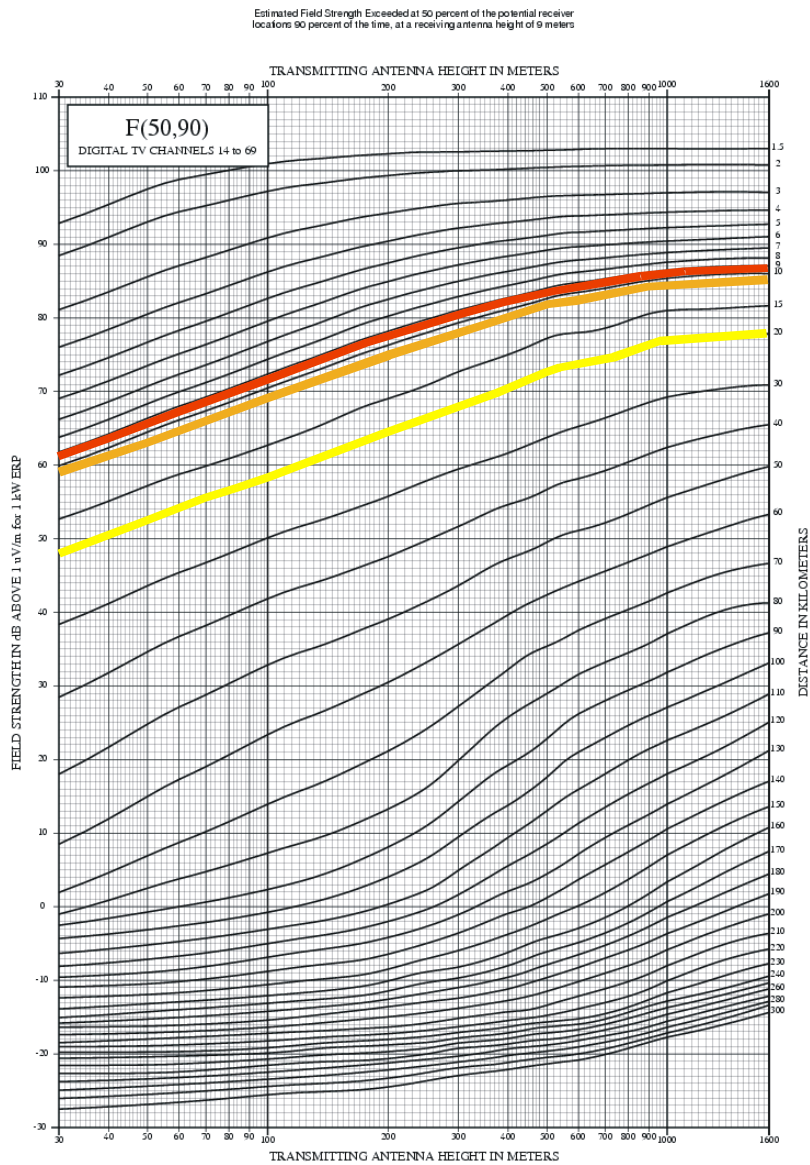
CURVAS F(50,90) PARA EL CONTORNO 41 dBu

Gráficas de las curvas F(50,90) en el cual se pueden ver trazados los alcances para los azimuth 0°, 225°, 270° y 315° respectivamente.



CURVAS F(50,90) PARA EL CONTORNO 48 dBu

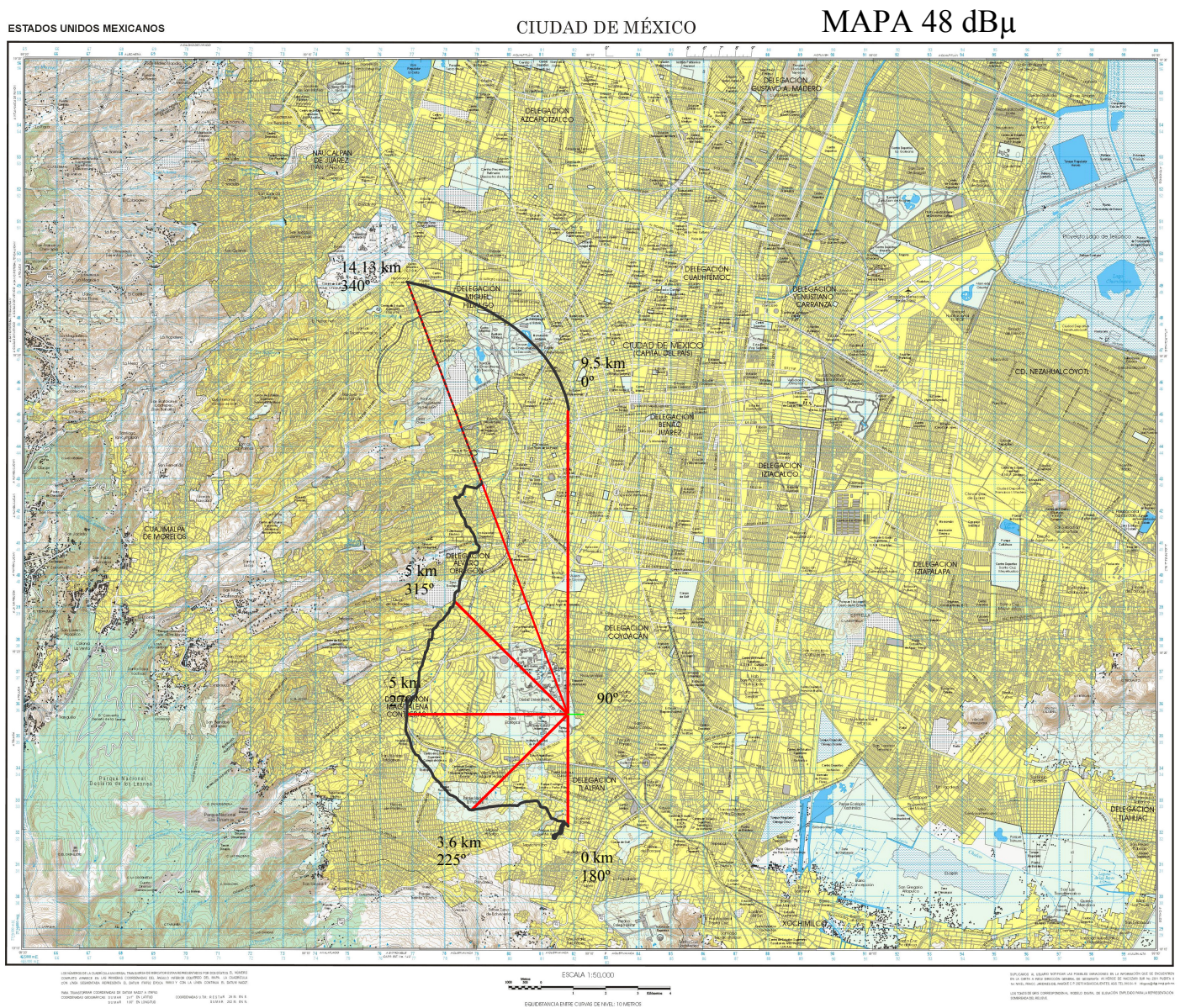
Gráficas de las curvas F(50,90) en el cual se pueden ver trazados los alcances para los azimuth 0°, 225°, 270° y 315° respectivamente.



Anexo 4

Contornos de intensidad de campo

En este mapa está trazada el área de servicio de acuerdo al cálculo realizado y a los perfiles topográficos para una intensidad de 48 dBu.



Conclusiones

Es un hecho que en todo el mundo y sobre todo en México se está haciendo la transición de televisión analógica a televisión digital, la SCT optó por el sistema ATSC al igual que USA, el cual utiliza MPEG-2 para codificación y compresión de video y AC-3 para audio.

La transición se está llevando a cabo en 6 periodos teniendo un impacto económico lento para así evitar cambios abruptos en las televisoras con la compra e instalación de un nuevo transmisor digital así como el sistema radiador, aunque en realidad la transición para los televidentes es muy lenta debido a que no ha tenido difusión, aún no saben que la transición se está llevando a cabo y en que consiste, los únicos que están informados son los medios de televisión y radio. Por otra parte no ha habido una comercialización de los equipos receptores y antenas, por lo que no pueden recibir los canales que se están transmitiendo en TDT. En estos momentos de la transición no es rentable comprar un receptor digital debido a que aún el costo no es conveniente para ver la cantidad de canales que se están transmitiendo actualmente.

Tenemos muchas ventajas con la transición a TDT y con el cambio de sistema de NTSC a ATSC entre ellas el aprovechamiento del espectro de frecuencias debido a que ATSC nos permite aumentar el paso de la información a través de nuestro canal de 6MHz, en la cual podemos enviar un canal en HDTV (como se piensa hacer) o enviar varios canales con menor resolución en el mismo ancho de banda, al igual se puede aprovechar la frecuencia para enviar datos.

Otra de las ventajas de ATSC es el uso de MPEG-2 el cual tiene compatibilidad mundial, gran compresión y poca degradación de la imagen, lo cual es la base para tener el aprovechamiento del ancho de banda antes mencionado.

El método de predicción que utilizamos fueron las tablas F(50,90) que aseguran que por lo menos en el 50% de los lugares de recepción hay señal el 90% del tiempo, cabe mencionar que los datos obtenidos por este método son semejantes a los datos obtenidos por el método Longley Rice.

Una vez que terminamos de realizar el cálculo de área de servicio nos percatamos de que podemos radiar la misma área con menor potencia lo que repercute en un menor consumo de energía de la estación lo cual conlleva a un ahorro económico para las televisoras.

Finalmente se propone a TV UNAM un estudio comparativo del cálculo del área de servicio, comprobando que los resultados arrojados y los realizados por un perito de la SCT son muy similares.

Actualmente se está llevando a cabo una reasignación de frecuencias de los canales que están transmitiendo TDT a la banda UHF para poder negociar con la banda VHF, dicha reasignación implica un reajuste del transmisor por medio de software.

Procedimiento para el cálculo de área de servicio mediante el uso de curvas empíricas F(50,90)

Todos los cálculos referentes al cálculo de las distancias de predicción de los contornos de intensidad de campo se deberán registrar en una tabla de predicciones que tiene como fin presentar los valores de predicción de las distancias a los contornos considerados.

Esta tabla está formada por seis columnas que contendrán lo siguiente:

- Columna número 1; Azimut del radial: Deberá indicarse el azimut del radial considerado, comenzando con el de 0° , que deberá coincidir con el norte geográfico.
- Columna número 2; Altura promedio en metros del radial, sobre el nivel del mar entre 3 y 16 Km., en esta columna se indicará el promedio de cada perfil que se obtiene promediando un buen número de datos de altura tomados del perfil en estudio, igualmente espaciados para distancias que como máximo serán de 500m. Esta altura la obtuvimos con la ayuda de un programa computacional.
- Columna número 3; Altura en metros del centro de radiación de la antena con relación al promedio que figura en la columna número 2: Deberá indicarse la diferencia de la altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel del mar y el promedio de cada uno de los perfiles.

-
-
- Columna número 4; Potencia radiada aparente en KW: Se indicará la potencia radiada aparente en la dirección del radial, dicha potencia se obtiene directamente del patrón de radiación de la antena.
 - Columnas 5 y 6; Distancia en Km. prevista en los contornos de intensidad de campo de 41 dB μ y 48 dB μ : La distancia a los contornos de intensidad de campo fueron calculados con ayuda de la curva empírica F(50,90) y se describe a continuación.

Se calcula la potencia promedio en dBu, se suman el contorno (41 dB μ y 48 dB μ según sea el caso), en la tabla de predicción nos colocamos en el eje de las abcisas en la altura de la antena con la cual estamos transmitiendo, subimos en el eje de las ordenadas los niveles en dBu que calculamos previamente y seguimos la curva más próxima hacia la derecha que tenemos en la tabla, en el lado derecho podemos ver la distancia en Km. que alcanzamos radiar.

Glosario de Términos

- Aliasing:** Un tipo de distorsión que se produce al intentar recuperar una señal muestreada con una frecuencia menor que el doble de la máxima frecuencia de la señal (frecuencia de Nyquist), que consiste en la aparición de líneas espectrales (frecuencias) inexistentes en la señal original.
- Amplitud:** Máximo nivel de una señal periódica, es decir el valor que alcanza en los picos. Está relacionada con la potencia de la señal. En el caso de señales sonoras, se asocia con la sensación de intensidad.
- Ancho de banda:** Rango de frecuencias que utiliza una señal para ser transmitida.
- Área de servicio:** Aquella región geográfica calculada con un método de predicción de área, como mínimo; el carácter de direccionalidad del sistema radiador y la intensidad de campo definida por el contorno protegido respectivo según la banda del canal a operar. Considerando, además, los obstáculos geográficos que impidan de manera parcial o total la propagación de la señal en determinadas direcciones.
- Área metropolitana:** Un área metropolitana es una región urbana que engloba una ciudad central que da nombre al área.
- Atenuación:** Disminución de la intensidad de la señal.

Azimut:	Es el ángulo medido sobre el horizonte que forman el punto cardinal sur y la proyección vertical del astro sobre el horizonte. Se mide en sentido horario desde el Sur.
Banda base:	El mínimo ancho de banda requerido para una señal en particular, como por ejemplo para televisión es 6 MHz.
Bit error rate (BER):	Número promedio de los bits que se pierden al transmitir una señal.
Bitstream:	Cadena o tren binario de información digital.
Bloque:	en MPEG designa una parte de imagen de 8 x 8 píxeles que sirven para efectuar la DCT.
Campo:	Grupo de líneas pares o impares, la velocidad de repetición de los campos es de 60 por segundo, ya que durante un período de un cuadro de 1/30 seg. son explorados dos campos.
Cobertura:	La cobertura es el territorio cubierto por la prestación de servicios del operador.
Codificación:	Conversión de una señal análoga a una digital.
Combustión:	La combustión es una reacción química en la que un elemento combustible se combina con otro comburente; la combustión es una reacción exotérmica debido a que su descomposición en los elementos libera calor y luz.

Compresión digital:	Cualquier técnica que reduce el número de bits transmitidos, en el caso de la señal de video por ejemplo no se transmite la información que no cambio desde el último cuadro.
Conductor:	Material capaz de transmitir a distancia el efecto de algún fenómeno físico, como la electricidad o el calor.
Cronología:	Ordenación de sucesos en el tiempo.
Cuantificación:	Definición de una magnitud por medio de un número limitado de valores, por ejemplo, durante una conversión analógica-digital a un proceso de compresión.
Difracción:	La difracción es un fenómeno característico de las ondas que consiste en la dispersión y curvado aparente de las ondas cuando encuentran un obstáculo. La difracción ocurre en todo tipo de ondas, desde ondas sonoras, ondas en la superficie de un fluido y ondas electromagnéticas como la luz y las ondas de radio.
Dispersión:	Fenómeno de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material.
Distorsión armónica:	La distorsión armónica se produce cuando la señal de salida de un sistema no equivale a la señal que entró en él. Esta falta de linealidad afecta a la forma de la onda, porque el equipo ha introducido armónicos que no estaban en la señal de entrada.

Distorsión:	Deformación de una señal durante alguna o algunas etapas de su procesamiento.
Ecuilización:	Cualquier intento de modificar la señal original en respuesta de frecuencia baja, media o alta, va a alterar el contenido original, como por ejemplo puede ser el exceso de sonido de la letra "S".
Electrodo:	Componente de un circuito eléctrico que conecta el cableado convencional del circuito.
Emisora:	Estación que difunde comunicaciones radiotelefónicas y televisión.
Enmascaramiento:	Ocultación de la percepción de un sonido por otro más potente y de frecuencia adyacente.
Envolvente:	Es la variación temporal de la amplitud de una señal, generalmente como consecuencia de un proceso de modulación. Podemos definir entonces la envolvente de modulación como una fracción "m" de la amplitud de la portadora sin modular o bien como un porcentaje de la portadora.

Espectro:	Diagrama en el cual se indica el contenido de potencia de una señal para cada frecuencia. En el caso de tonos puros (senoides), contiene una sola frecuencia. En el caso de sonidos periódicos (por ejemplo una onda cuadrada), contiene frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental. En los demás casos, tiene una distribución continua. Para el ruido blanco es constante con la frecuencia.
Espuria:	Señal " <i>contaminante</i> " no deseada.
Estación:	Local y conjunto de instalaciones en que están ubicadas las dependencias de las estaciones de transporte.
Fantasma:	Es una segunda imagen indeseada desplazada de la señal original.
Fase:	Variación de la posición de onda.
Ferromagnético:	El ferromagnetismo es un fenómeno físico en el que se produce ordenamiento magnético de todos los momentos magnéticos de una muestra, en la misma dirección y sentido.

Filtro:	Dispositivo (generalmente eléctrico) que permite separar las componentes espectrales que constituyen una señal. Los filtros pasa bajos permiten pasar las frecuencias menores que la frecuencia superior de corte y bloquean las mayores. Los pasa altos dejan pasar las frecuencias mayores que la frecuencia inferior de corte, bloqueando el paso de las menores. Los filtros pasa banda permiten el paso de las frecuencias comprendidas en una banda limitada de frecuencias, rechazando las muy bajas y las muy altas. Los filtros notch (muesca) rechazan una frecuencia, dejando pasar las demás.
Frecuencia de banda base:	Es el mínimo rango de frecuencias requeridas por la señal original.
Frecuencia de muestreo:	Cantidad de muestras de una señal que se toman por segundo durante una operación de muestreo.
Frecuencia de nyquist:	Máxima frecuencia de muestreo admisible para poder recuperar posteriormente la señal muestreada. Es igual al doble de la máxima frecuencia efectivamente presente en el espectro de la señal, ya sea ésta útil o espuria.
Frecuencia intermedia:	Es una frecuencia que está entre la banda base y la portadora, que se usa por conveniencia.
Frecuencia portadora:	Es la frecuencia de la onda de radio usada para transportar la señal en la banda base.

Frecuencia:	La cantidad de ciclos por segundo de una señal periódica.
Ganancia:	Factor por el cual un amplificador multiplica la tensión que se aplica a sus terminales de entrada.
Geológicas:	Estudio geológico de una región.
Hardware:	Se denomina hardware o soporte físico al conjunto de elementos materiales que componen un ordenador. En dicho conjunto se incluyen los dispositivos electrónicos y electromecánicos, circuitos, cables, tarjetas, armarios o cajas, periféricos de todo tipo y otros elementos físicos.
Interferencia:	Efecto de la superposición de una señal espuria a una señal útil.
Intermodulación:	El ruido de intermodulación se produce al operar en modo no lineal. Lo que ocurre es que la potencia de salida del transpondedor se reparte no sólo entre las portadoras, sino también entre los productos de intermodulación.
Lazo abierto:	Un sistema de lazo abierto es aquél donde la salida no tiene efecto sobre la acción de control.
Lazo cerrado:	Un sistema de control de lazo cerrado es aquél donde la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control.
Macrobloque:	Conjunto de 16 x 16 píxeles.

Magnético:	El campo magnético es una región del espacio en la que una carga eléctrica puntual que, desplazándose a una velocidad , sufre una fuerza perpendicular y proporcional a la velocidad y a una propiedad del campo, llamada inducción magnética.
Matriz:	Tabla formada por número reales o complejos ordenados en m líneas y n columnas, se utiliza para la resolución de problemas complejos.
Microonda:	Onda electromagnética cuya longitud está comprendida entre los mil y los tres mil megahercios.
Microprocesador:	El microprocesador es un circuito integrado que contiene la Unidad Central de Proceso (UCP), también llamada procesador, de un computador. La UCP está formada por la Unidad de Control, que interpreta las instrucciones, y el Camino de Datos, que las ejecuta.
Modulación:	Es el cambio de propiedades de una señal eléctrica o radiofrecuencia para que transporte información.
Muestreo:	Operación que consiste en tomar muestras de una señal cada cierto periodo de tiempo. La frecuencia con que se toman las muestras se denomina frecuencia de muestreo y debe ser mayor que el doble de la máxima frecuencia contenida en la señal (ya sea ésta útil o espuria). De lo contrario, al intentar recuperar la señal se produce un tipo de distorsión denominado aliasing.

Multiplexar:	Combinar orígenes individuales (señales banda base), dentro de una señal para ahorrar espacio.
Nomogramas:	Un nomograma, ábaco o nomografo es un instrumento gráfico de cálculo, un diagrama bidimensional que permite el cómputo gráfico y aproximado de una función de cualquier número de variables. En su concepción más general, el nomograma representa simultáneamente el conjunto de las ecuaciones que definen determinado problema y el rango total de sus soluciones.
Normas:	Regla a la que se deben ajustar las diferentes instituciones.
Periódico:	Que se reproduce a intervalos regulares.
Píxel:	Abreviatura de Picture Element (elemento de imagen). Designa al elemento más pequeño de una imagen de un dispositivo de captación de imagen o de visualización. En TV digital, corresponde a la representación visual de un muestreo de la señal de vídeo.
Polarización:	La polarización describe la dirección del campo eléctrico transversal de las ondas transversales.
Portadora:	Es una onda de radio que debe ser modulada para llevar información.
Potencia radiada aparente:	Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a un dipolo de media onda en una dirección dada.

Presurizables:	Es aquello en donde se puede mantener la presión atmosférica a niveles normales para los humanos independientemente de la presión exterior.
Propagación:	Se llama propagación al conjunto de fenómenos físicos que conducen a las ondas de radio del transmisor al receptor.
Radiobase:	Es el lugar donde se ubica la antena que está radiando.
Radiodifusión:	Difusión de señales radioeléctricas de audio y/o video a través de ondas o cable destinadas al público en general o bien a un sector del mismo.
Radiofrecuencia:	Es una inducción o interferencia de la señal de muy alta frecuencia en el video.
Receptor:	Instrumento que sirve para recibir las señales eléctricas telegráficas o telefónicas.
Reflexión:	Una onda se refleja (rebota al medio del cual proviene) cuando topa con un obstáculo que no puede traspasar ni rodear.
Ruido:	Cualquier señal indeseada que se superpone a la señal útil para un determinado fin. Ejemplo: la interferencia en una transmisión de radio.
Secuencia:	En MPEG, designa una serie ininterrumpida de grupos de imágenes (y sonidos) definidos con los mismos parámetros básicos.

Señal analógica:	Señal que varía continuamente y puede tomar cualquier valor desde cero hasta un máximo.
Señal digital:	La señal consta de una serie de símbolos que solamente pueden tener valores fijos (ceros, unos) llamados bits, la velocidad de transmisión de estos se llama bit rate (bit por segundo).
Sobremodulación:	Es la desviación de la frecuencia de la portadora debido a niveles muy altos o muy bajos de la señal original.
Subestación:	Una Subestación Eléctrica es una instalación empleada para la transformación del voltaje de la energía eléctrica.
Subportadora:	Es una portadora pequeña al lado de la portadora principal.
Symbol rate:	Número de símbolos transmitidos por segundo.
Topográficas:	Los mapas topográficos muestran la elevación del terreno sobre el nivel del mar utilizando líneas que conectan los puntos con la misma cota, denominadas curvas de nivel, en cuyo caso se dice que el mapa es hipsográfico.
Transitorios:	Se llama régimen transitorio, o solamente "transitorio", a aquella respuesta de un circuito eléctrico que se extingue en el tiempo, en contraposición al régimen permanente, que es la respuesta que permanece constante hasta que se varía bien el circuito o bien la excitación del mismo.

Troposfera:	La troposfera es la capa inferior de la atmósfera terrestre, está comprendida desde la superficie terrestre hasta una altitud de 6 a 18 kilómetros.
Video digital:	Secuencias de tramas que representan valores de color y de luminancia.
Zona de cobertura:	Aquella región geográfica delimitada por el círculo o sector circular cuyo origen son las coordenadas del centro de la zona de cobertura y un radio de “n” kilómetros definido por la dirección de máximo alcance, calculado con base en el método de predicción, el carácter de direccionalidad del sistema radiador y la intensidad de campo definida por el contorno protegido respectivo según la banda del canal a operar.
Zona de sombra:	Es aquella parte de la zona de cobertura en la que debido a obstáculos orográficos del terreno, la estación no puede proporcionar un servicio adecuado.

Bibliografía

- ☞ Hervé Benoit. Televisión Digital. Editorial Thomson 1998

- ☞ Rhode&Schwarz “ATSC (Advanced Televisión System Commitee)”
Octubre 2002

- ☞ Ing. David Sparano. Principal Engineer. Ing Mario Herrera Cervantes
Traductor. Harris, Instalación de Transmisores de Televisión Digital y
Pruebas de Comportamiento.

- ☞ Diario Oficial de la Federación. Viernes 2 julio 2004, Art 4 y 5. “Acuerdo
por el que se Adopta el Estándar Tecnológico de Televisión Digital Terrestre
y se Establece la Política para la Transición a la Televisión Digital Terrestre
en México.”

- ☞ ATSC Standard: Digital Television Standard (A/53), Revision C
Including Amendment No. 1

- ☞ ANDREW LDF6-50 Standard coaxial cable, 1-1/4", 50 ohm foam HELIAX
(Wideband 0.5-3300 MHz)

- ☞ FCC OET BULLETIN No. 69 Longley-Rice Methodology for Evaluating TV
Coverage and Interference July 2, 1997

- ☞ ¿Qué es exactamente el 8VSB? David Sparano

-
-
- 📄 DTV Express. Training on Terrestrial DTV Broadcasting Harris Corporation, Broadcast Systems.

 - 📄 A Technical Review of Transmission Line Designs and Specifications for Transmitting Television Signals. Kerry W Cozad. Andreww Corporation. Orland Park Illinois 28 april 1998. Professional Paper.

 - 📄 JUHD Broad Band UHF Panel Antenna Jampro Antenass.

 - 📄 BROADCASTING. INGENIERÍA EN RADIODIFUSIÓN.
<http://www.broadcasting-mex.com/antenatv.htm>

 - 📄 ANTENAS Y MICROONDAS.
<http://www.monografias.com/trabajos6/ante/antes.htm>

 - 📄 RADIODIFUSIÓN DIGITAL.
<http://digitalprdedure.com/articles/viewarticle.jsp>

 - 📄 ANDREW COMPANY. <http://www.andrew.com>

 - 📄 FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION. <http://www.fcc.gov>


 - 📄 COMISION FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES.
<http://www.cft.gob.mx/cofetel/html/agitec/normas/NOM-004-sctl-1993.pdf>

 - 📄 Advanced Televisión Systems Committee. http://atsc.org/document_map

 - 📄 REED SOLOMON. <http://es.wikipedia.org/wiki/ReedSolomon>

 - 📄 Sociedad de Ingenieros de Película y Televisión. <http://www.smpte.org>

- ☞ Dielectric RF. <http://www.dielectric.com/broadcast>
- ☞ SUBESTACIONES ELÉCTRICAS. Jonathan Alejandro López Reyes.
http://usuarios.lycos.es/mugresoft/subestaciones_electricas.htm
- ☞ <http://www.normatividadantenas.gov>
- ☞ <http://www.dft.gob.mx>
- ☞ http://www.unicrom.com/tut_topologíasUPS4.asp
- ☞ <http://www.pq.com.mx>
- ☞ <http://www.princivi.com/torres.html>
- ☞ <http://ieee.udistrial.edu.com>
- ☞ <http://www.lared.org.mx>
- ☞ http://aniak_uni.edu.pe
- ☞ <http://www.zenith.com>
- ☞ <http://www.tvtechnology.com>
- ☞ <http://electrosys.it>
- ☞ <http://www.paintlighting.com>
- ☞ <http://www.avmgt.com/AMA>

 <http://flondatowers.com>

 <http://wireless.fcc.gob>

 <http://mailweb.udlap.mx>

 <http://galeon.com>