



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“TRANSICIÓN A TV UNAM
DIGITAL”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES
P R E S E N T A N :
CÁRDENAS BÁRCENAS EDGAR ENRIQUE
MÉNDEZ MARTÍNEZ ARMANDO

DIRECTOR DE TESIS: *DR. VÍCTOR GARCÍA GARDUÑO*



MÉXICO, D.F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

Agradezco a lo más grande y valioso que tengo en la vida: mis padres por todo su apoyo y motivación, y por todos los sacrificios que hicieron para que pudiera cumplir mi meta, les estaré eternamente agradecido.

También mi agradecimiento a todos los profesores de la facultad con quienes tuve la oportunidad de tomar clase por compartir sus conocimientos conmigo, a todos mis familiares por su motivación y a todos mis amigos, en especial a mi compañero de tesis, por su amistad, espero sea para siempre.

Gracias también a la Facultad de Ingeniería y a la Universidad Nacional Autónoma de México por la formación que recibí en ellas y de las cuales me siento orgulloso.

Edgar Enrique Cárdenas Bárcenas.

Todo mi agradecimiento para mis padres y hermanos quienes me han apoyado la vida entera y han sido ejemplo. Gracias a ellos he obtenido los valores que me han permitido llegar hasta este momento y a los cuales deberé todos mis éxitos futuros.

Gracias también a todas las personas que han estado a mí alrededor durante mi vida, algunas se han marchado, algunas siguen hasta hoy, pero todas me han ayudado a ser quien soy.

Armando Méndez Martínez.

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a nuestro director de tesis el Dr. Víctor García Garduño por su ayuda en la preparación de este escrito. Además, agradecemos especialmente a Ricardo Jesús Balcázar Garcilazo cuya cooperación en la última fase de la elaboración de este documento fue crucial para la obtención de la información necesaria. Gracias también a los sinodales de esta tesis por su interés y apoyo en la misma.

TRANSICIÓN A TV UNAM DIGITAL

Presentan:

Cárdenas Bárcenas Edgar Enrique.

Méndez Martínez Armando.

Director de Tesis:

Dr. Víctor García Garduño

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Departamento de Telecomunicaciones



OBJETIVOS:

- Analizar las principales características del estándar A/53 del ATSC adoptado por nuestro país como el estándar de DTV.
- Analizar la implantación de dicho estándar y el acuerdo de transición a la televisión digital en México.
- Realizar una propuesta de transmisión de televisión digital para TV UNAM.

ÍNDICE

Lista de ilustraciones	iv
Agradecimientos	v
Introducción	1
Capítulo 1: Antecedentes	4
1.1. El ATSC	4
1.2. ACATS y la Gran Alianza en HDTV	5
1.3. Organización de la documentación del estándar ATSC	8
1.4. Adopción en México del estándar ATSC A/53	8
1.5. La UNAM	10
Capítulo 2: Estándar del ATSC	12
2.1. Representación del sistema	13
2.2. Sistema de video	18
2.2.1. Compresión y descompresión de video	18
2.2.2. Preprocesamiento de video	19
2.2.3. Directrices de actualización	21
2.3. Sistema de audio	22
2.3.1. Compresión de audio digital AC-3	23
2.3.2. Sintaxis del flujo de bits	24
2.4. Transporte de DTV	25
2.4.1. MPEG-2	25
2.4.2. Paquete de Tren de Transporte de MPEG-2	25
2.4.3. Estructuras de datos de la trama de transporte MPEG-2	25
2.4.4. Modelos de sincronización y Buffer de MPEG-2	28
2.5. Transmisión de RF	29
2.5.1. Tasa de bits enviada al decodificador de transporte por el subsistema de transporte	30
2.5.2. Características de desempeño del modo de radiodifusión terrestre	32
2.5.3. Procesamiento de la señal del transmisor	32
2.5.4. Desplazamientos de frecuencia portadora de RF y convertidor de subida	33
2.6. Sistemas receptores	38
2.6.1. Temas generales concernientes a la recepción de DTV.	38
2.6.2. Diseño del receptor de la Gran Alianza.	39
Capítulo 3: Análisis de interferencia entre transmisores de TV co-situados.	45
3.1. Relaciones de interferencia de DTV en NTSC – Sin splatter	48
3.2. Pulsación de color e interferencia de audio del canal adyacente superior de DTV en NTSC – Sin splatter	51
3.3. Técnicas de desplazamiento en frecuencia del canal adyacente superior de DTV	56
3.4. Interferencia de canal adyacente de DTV en NTSC – Con splatter	57
3.5. Interferencia de canal adyacente de NTSC en DTV y de DTV en DTV – Sin splatter	61
3.6. Interferencia del primer canal adyacente de DTV en DTV – Con splatter ...	63

3.7. Interferencia de audio BTSC.....	66
3.8. Interferencias múltiples	67
3.9. Prueba suplemental propuesta	68
3.10. Transmisores/retransmisores analógicos y digitales co-situados	69
3.11. Resumen y conclusión.....	71
Capítulo 4: Descripción del modelo Longley-Rice.....	73
4.1. Modelos de Propagación.....	73
4.1.1. Problemas con los modelos.....	74
4.2. El Método de Longley-Rice.....	74
4.3. La metodología Longley-Rice para evaluación, la cobertura e interferencia en la radiodifusión de TV	76
4.4. PARTE I: Evaluación del servicio.....	76
4.5. PARTE II: Evaluación de la interferencia.....	81
4.6. PARTE III: El programa de computadora de Longley-Rice de la FCC.....	83
4.6.1. Representación de datos cartográficos	86
4.6.2. Representación de la interfase de usuario.....	86
Capítulo 5: Implantación en México.....	92
5.1. 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	94
5.2. Acuerdo	95
5.2.1. Objetivos	96
5.2.2. Modelo de la TDT.....	96
5.2.3. Canales adicionales para la transición a la TDT	97
5.2.4. Periodos trianuales del proceso de transición.....	98
5.2.5. Seguimiento, revisión y ajustes al proceso	99
5.2.6. Adecuaciones necesarias a las Concesiones y Permisos	100
5.2.7. Incumplimientos a la Política	102
5.3. Estado actual durante el primer periodo de transición a TDT	103
Capítulo 6: Planeación de la nueva estación de DTV	105
6.1. Determinación de áreas de servicio.....	106
6.2. Ciudad de México.....	108
6.3. Condiciones particulares de la Ciudad de México.....	109
6.4. Propuestas.....	111
6.4.1. TV UNAM, Ciudad Universitaria	112
6.4.2. Radio UNAM, volcán Ajusco	117
6.4.3. Edificio de la SRE, Tlatelolco	119
6.4.4. Cerro del Chiquihuite.....	121
Capítulo 7: Conclusión: Tareas por realizar para la correcta transición a DTV.	125
7.1. Mejoras en los sistemas de recepción de TV digital.....	125
7.2. Aplicaciones de la televisión interactiva	126
7.3. Implementaciones por realizar en México.....	127
7.4. Tareas para el personal de Ingeniería.....	135
Apéndice 1.	136
Apéndice 2.	139
Ilustraciones.	143

Glosario.....	149
Bibliografia.....	153

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Número</i>	<i>Página</i>
1. Orografía de la Ciudad de México y zona conurbada asociada a la base de <i>Elipse</i> .	109 y 143
2. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo (Ciudad Universitaria, antena actual).	115 y 144
3. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo (Ciudad Universitaria, 2ª antena propuesta).	117 y 145
4. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo (Radio UNAM).	119 y 146
5. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo (Tlateblco).	121 y 147
6. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo (Cerro del Chiquihuite).	123 y 148

INTRODUCCIÓN

La comunicación a través de la radio y la televisión es una actividad de interés público que tiene la función social de contribuir al fortalecimiento de la integración nacional y al mejoramiento de las formas de convivencia humana, por lo tanto, es necesario que estos servicios se presten en las mejores condiciones tecnológicas en beneficio de la población.

La llegada de la televisión digital supone un cambio tan radical como el que supuso el paso de la televisión en blanco y negro a la televisión de color. Se trata de conseguir imágenes mejores, pero no se queda ahí, sino que también se van a abrir las puertas a la futura introducción de servicios hasta ahora inimaginables, como la recepción móvil de televisión, la interactividad o los servicios multimedia tan de moda hoy en día con la explosión de Internet.

El principal problema de la televisión analógica es que no saca partido al hecho de que en la mayoría de los casos, las señales de vídeo varían muy poco al pasar de un elemento de imagen (píxel) a los contiguos, o por lo menos existe una dependencia entre ellos. En pocas palabras, se derrocha espectro electromagnético.

El estado, respecto a las concesiones o permisos para el uso de los bienes cuyo dominio directo le corresponde a la nación, entre los que se encuentran las frecuencias con las que se prestan servicios de radio y televisión, en términos de lo que dispone el artículo 27 de la propia constitución, cuenta con las facultades para señalar las condiciones a las que deben sujetarse los particulares, en beneficio de la sociedad, considerando que se trata de actividades que están dirigidas a resolver necesidades que tiene la población en las diversas regiones del país.

El Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 2001-2006, fija como objetivos el impulsar la modernización de la infraestructura de la radio y la televisión para mejorar la calidad e incrementar la diversidad de servicios y, promover la introducción de las tecnologías digitales de radiodifusión y la incorporación de nuevos servicios, así como favorecer la convergencia con las telecomunicaciones.

Conforme a los trabajos realizados por el comité, se identificó la necesidad de contar con un estándar que facilite el mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, permita elevar la calidad de las transmisiones que recibe la población y favorezca el desarrollo de nuevos servicios que resulten de la convergencia con las telecomunicaciones.

Del resultado de los análisis realizados a los informes que han presentado los representantes del comité, de su participación en foros y reuniones nacionales, regionales e internacionales, en los que se han abordado diversos temas relacionados con los estándares tecnológicos, así como de las experiencias internacionales relacionadas con los procesos que se llevan a cabo en otros países, se observa que la adopción del estándar de televisión digital tendrá un impacto en el desarrollo técnico, económico y social de México.

Con la televisión digital terrestre se tiene el potencial de favorecer la optimización del espectro radioeléctrico, que la calidad de las señales se vea mejorada hasta lograr niveles de Alta Definición con alta confiabilidad en la recepción de señales y que se fortalezca el desarrollo de la convergencia en beneficio de la sociedad.

El estándar A/53 del ATSC reúne las siguientes características:

- La capacidad para lograr transmisiones confiables de Alta Definición en canales de 6 MHz, que es el mismo ancho de banda con el que actualmente se llevan a cabo las transmisiones analógicas de televisión;
- La eficiencia en la transmisión de las señales, que permita maximizar la cobertura de la población con la menor potencia posible, a fin de replicar con tecnología digital la actual cobertura analógica al menor costo;
- El aprovechamiento de potenciales economías a escala en la producción global de aparatos de recepción, a fin de tomar ventaja de la reducción de costos en beneficio de la sociedad;
- La disponibilidad de aparatos de recepción en condiciones favorables de calidad, diversidad y precio;
- El potencial de desarrollo de nuevos servicios y de aplicaciones móviles y portátiles; y
- Las mejores condiciones para la recepción de las señales originadas en el territorio nacional y que por su ubicación pudieran ser captadas en el extranjero.

Dada la función social de la TV al contribuir al fortalecimiento de la integración nacional y mejoramiento de las formas de convivencia humana, la UNAM tiene como objetivo mejorar las condiciones tecnológicas y promover la introducción de tecnologías digitales en beneficio de la población. El objetivo de TV UNAM es tener un canal propio de TV abierta que brinde servicio a todo el Valle de México y zona conurbada.

La siguiente tesis, en apoyo a estos objetivos, presenta las principales características del estándar A/53 del ATSC adoptado por nuestro país como el estándar de DTV para la TDT. Analiza la implantación en México de dicho estándar y el acuerdo de transición de la televisión digital en México, el estado actual durante el primer periodo de transición y la situación de TV UNAM,

infraestructura y objetivos. Se hacen propuestas y estudios de factibilidad de operación de la estación de DTV XH-UNAM-TDT en cuatro diferentes sitios con el objetivo de dar servicio al Valle de México. Se finaliza con recomendaciones para una correcta transición a DTV tanto para los operadores de la estación de DTV de TV UNAM como para los futuros radiodifusores de Televisión Digital.

ANTECEDENTES

1.1 El ATSC

El Comité de Sistemas de Televisión Avanzada (***Advanced Television Systems Committee, ATSC***) es una organización internacional, no lucrativa que diseña estándares voluntarios para la televisión digital. Las organizaciones miembros del ATSC representan a las industrias de radiodifusión, equipo de difusión, cine, electrónicos de uso doméstico, computadoras, cable, satélites y de semiconductores.

Específicamente, el ATSC está trabajando para coordinar los estándares de televisión entre diferentes medios de comunicación enfocándose en la televisión digital, sistemas interactivos y comunicaciones multimedia de banda ancha. El ATSC está también desarrollando estrategias de implementaciones de televisión digital y presentando seminarios educacionales sobre las normas ATSC.

El ATSC fue formado en 1982 con organizaciones miembros del Comité Conjunto sobre Coordinación Inter-Sociedad (***Joint Committee on InterSociety Coordination, JCIC***), la Asociación de Industrias Electrónicas (***Electronic Industries Association, EIA***), el Instituto de Ingenieros Eléctricos y de Electrónica (***Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE***), la Asociación Nacional de Radiodifusores (***National Association of Broadcasters, NAB***), la Asociación Nacional de Televisión por Cable (***National Cable Association, NCTA***) y la Sociedad de Ingenieros de Cine y Televisión (***Society of Motion Picture and Television Engineers, SMPTE***). Actualmente hay aproximadamente 130 miembros.

Los estándares de la TV Digital del ATSC incluyen televisión digital de alta definición (***High Definition Television, HDTV***), televisión de definición estándar (***Standard Definition Television, SDTV***), radiodifusión de datos, audio multicanal sonido surround y radiodifusión satelital directa a casa.

El 24 de diciembre de 1996 la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos (***Federal Communications Commission, FCC***) adoptó los elementos principales del estándar de Televisión Digital (***Digital Television, DTV***) del ATSC (A/53). El estándar de DTV del ATSC ha sido adoptado por los gobiernos de Canadá (8 de Noviembre de 1997), Corea del Sur (21 de noviembre de 1997), Argentina (22 de Octubre de 1998) y México (2 de Julio de 2004).

1.2 ACATS y la Gran Alianza en HDTV

Diseño del Estándar de Televisión Digital del ATSC. En 1987, la FCC de Estados Unidos inscribió el Comité Consultivo en Servicios de Televisión Avanzada (*Advisory Committee on Advanced Television Service, ACATS*) para aconsejar a la FCC en cuestiones técnicas y públicas de política en cuanto a la televisión avanzada. El Comité Consultivo consistió de 25 líderes de la industria de la televisión, con Richard E. Wiley, un antiguo presidente de la FCC, escogido como presidente con cientos de voluntarios de la industria sirviendo en numerosos subcomités del Comité Consultivo.

Inicialmente 23 diferentes sistemas fueron propuestos al Comité Consultivo. Estos sistemas desplazaron a los sistemas “mejorados” que trabajaban dentro de los parámetros del sistema NTSC para mejorar la calidad del video, “ampliar” sistemas con información adicional a la señal, proveer una imagen mejorada de pantalla ancha y finalmente a sistemas HDTV, los cuales fueron sistemas completamente nuevos con una resolución sustancialmente más alta, una más amplia relación de aspecto de imágenes y sonido mejorado.

En medio de este proceso competitivo, un avance tecnológico fundamental ocurrió cuando en mayo de 1990, General Instrument propuso el primer sistema de televisión de alta definición completamente digital. En los próximos siete meses, tres sistemas HDTV completamente digitales habían sido propuestos.

Para 1991 el número de sistemas competidores propuestos había sido reducido a seis, incluyendo los cuatro sistemas HDTV completamente digitales. El Comité Consultivo diseñó extensos procedimientos de pruebas para evaluar el desempeño de los sistemas propuestos y requirió a los defensores de los diferentes sistemas proveer hardware totalmente implementado de operaciones en tiempo real para la fase de prueba del proceso. De julio de 1991 a octubre de 1992 los seis sistemas fueron probados por tres laboratorios independientes y neutrales trabajando juntos, siguiendo los procedimientos de pruebas detallados prescritos por el Comité Consultivo.

El Centro de Pruebas de Televisión Avanzada, fundado por las industrias de radiodifusión y electrónicos de uso doméstico, condujo las pruebas de funcionamiento de transmisión y las pruebas subjetivas usando espectadores expertos. Los Laboratorios de Televisión por Cable, un consorcio de investigación y diseño de los operadores de sistemas de televisión por cable, condujeron una serie extensa de pruebas de transmisión de cable también. El Laboratorio de Evaluación de Televisión Avanzada junto con el Centro de Investigaciones de Comunicaciones Canadiense condujeron pruebas de evaluación sustanciales usando espectadores inexpertos.

En febrero de 1993 un Panel Especial del Comité Consultivo convino revisar los resultados del proceso de pruebas y, si fuera posible, escoger un nuevo estándar de transmisión para televisión de radiodifusión terrestre para ser recomendado por el Comité Consultivo a la FCC. Después de una semana de deliberaciones, el Panel Especial determinó que no habría ninguna remota consideración de tecnología analógica y que, basado en el análisis del funcionamiento del sistema de transmisión, una conclusión completamente digital era tanto factible como deseable.

Aunque todos los sistemas completamente digitales funcionaron bien, cada uno de ellos tenía una o más deficiencias que requerían mejoras remotas.

El Panel Especial recomendó que los defensores de los cuatro sistemas completamente digitales fueran autorizados para implementar ciertas modificaciones que ellos habían propuesto y que pruebas suplementales de esas mejoras serían conducidas. El Comité Consultivo adoptó estas recomendaciones del Panel Especial, pero también expresó su buena voluntad de considerar una oferta por los defensores restantes para un solo sistema que incorpore los mejores elementos de los cuatro sistemas completamente digitales.

La Gran Alianza. En respuesta a esta invitación, en mayo de 1993, como una alternativa a una segunda confrontación de pruebas de intensa competencia, los defensores de los cuatro sistemas completamente digitales formaron la Gran Alianza de HDTV Digital. Los miembros de la Gran Alianza fueron AT&T (ahora Lucent Technologies), General Instrument, North American Philips, Massachusetts Institute of Technology, Thomson Consumer Electronics, el Centro de Investigación David Sarnoff (ahora Sarnoff Corporation) y Zenith Electronics Corporation. Después de una revisión cuidadosa de la propuesta de la Gran Alianza, el Comité Consultivo ordenó un número importante de cambios y las compañías de la Gran Alianza procedieron a construir un sistema prototipo final basado en las especificaciones provistas por el Comité Consultivo.

El sistema prototipo de la Gran Alianza fue construido a una manera modular en varios lugares. El codificador de video fue construido por AT&T y General Instruments, el decodificador de video por Philips, el subsistema de audio multicanal por los Laboratorios Dolby, el sistema de transporte por Thomson y Sarnoff y el subsistema de transmisión por Zenith. El sistema completo fue integrado en Sarnoff. Las pruebas del sistema completo de la Gran Alianza comenzaron en Abril de 1995 y se completaron en Agosto de ese año.

La prueba del Comité Consultivo del sistema de la Gran Alianza fue similar a la conducida individualmente para los cuatro sistemas completamente digitales, sin embargo, fueron conducidas pruebas adicionales para evaluar más completamente la propuesta del sistema. Esas nuevas pruebas incluían

conversiones de formato entre los modos progresivo y entrelazado (ambas direcciones) y cumplimiento con la sintaxis de compresión de video MPEG-2.

También fueron llevadas a cabo pruebas de audio subjetivas y mucho tiempo de inspección de forma de programación de audio y video. Un segundo conjunto de pruebas de campo fueron conducidas en Charlotte y North Carolina, utilizando el sistema completo de la Gran Alianza. (El subsistema de transmisión VSB había sido probado en campo sólo en Charlotte en 1994.)

Otra organización virtualmente importante en este proceso histórico fue el ATSC. Trabajando cercanamente con el Comité Consultivo a lo largo del proceso de DTV de EE.UU., el ATSC fue responsable del diseño y la documentación de las especificaciones detalladas para el estándar ATV basado en el sistema de la Gran Alianza. Además el ATSC desarrolló el acuerdo general de la industria alrededor de varios formatos de televisión de definición estándar (SDTV) que fueron añadidos al sistema de HDTV de la Gran Alianza para formar un estándar de televisión digital completo. Entre otras cosas, esos formatos de video de SDTV prevén interoperabilidad con los estándares de televisión existentes y soportan la convergencia de los dispositivos de televisión y computación.

Siguiendo la terminación de su trabajo para documentar el estándar ATV de EE.UU., los miembros del ATSC lo aprobaron como el Estándar de Televisión Digital ATSC (A/53) el 16 de septiembre 1995. El 28 de noviembre de 1995 el Comité Consultivo de la FCC emitió su Reporte Final, previendo las siguientes conclusiones:

- El sistema de la Gran Alianza presenta los objetivos de funcionamiento del Comité y es mejor que cualquiera de los cuatro sistemas ATV digitales originales.
- El sistema de la Gran Alianza es superior que cualquier otro sistema alternativo conocido.
- El Estándar de Televisión Digital del ATSC completa todos los requerimientos para el estándar de radiodifusión ATV de EE.UU.

En consecuencia, el Comité Consultivo de la FCC recomendó que el Estándar de DTV del ATSC fuera adoptado como el estándar para la radiodifusión de televisión digital terrestre en los EE.UU.

Después de recibir la recomendación #146 del Comité Consultivo, la FCC liberó un Aviso de Fabricación de Norma Propuesta anunciando su intención de adoptar el estándar ATSC. El anuncio indicó:

“Creemos que el Estándar de DTV del ATSC incorpora la mejor tecnología de televisión digital del mundo y promete permitir mejoras asombrosas a los sonidos e imágenes de televisión actuales, permitir la provisión de servicios adicionales y programas, permitir la integración de futuras mejoras

sustanciales mientras mantenemos la compatibilidad con los receptores iniciales.”

El Estándar de DTV es adoptado por la FCC. El 24 de diciembre de 1996, la FCC de EE.UU. adoptó los elementos principales del Estándar de Televisión Digital (DTV) del ATSC, confiriendo por mandato su uso para radiodifusión de televisión digital terrestre en los EE.UU. (La FCC no ordena el uso específico de los formatos de video SDTV y HDTV contenidos en el Estándar de la ATSC, pero han sido uniformemente adoptados voluntariamente por los difusores y manufacturadores de receptores.)

1.3 Organización de la documentación del estándar ATSC

El 20 de enero de 2004 en Washington, D.C. el ATSC publica una actualización comprensible de “La Guía al Estándar de Televisión Digital.” La revisión, conocida como Práctica Recomendada A/54A, provee una revisión y un tutorial al sistema de televisión digital como esta definido en los Estándares A/52A y A/53B.

La actualización fue resultado de un amplio número de expertos y el trabajo fue disperso en cuatro grupos de especialistas del ATSC: Codificación Audio/Vídeo, Transporte, Transmisión RF y Receptores los cuales dirigieron cada uno de los principales componentes del sistema, incluyendo:

- Video – es dada una revisión del sistema de codificación, con una explicación del nuevo rasgo de Descripción de Formato Activo.
- Audio – son discutidos los principios fundamentales del sistema de codificación AC-3, y dan las directrices para el empleo típico.
- Transporte –un resumen de la estructura de transporte es provisto, incluyendo una discusión informativa de las tablas de sintaxis MPEG-2.
- RF – son dadas las características esenciales del sistema de RF de DTV para distribución terrestre y por cable.
- Características del Receptor – son dados los parámetros generales que afectan la recepción de las señales de DTV, con una revisión del diseño básico del receptor de la Gran Alianza.

1.4 Adopción en México del estándar ATSC A/53

El Gobierno de México anunció que había adoptado la Norma del ATSC de Televisión Digital (DTV) para la transmisión de televisión digital terrestre el 2 de julio de 2004, publicando en el Diario Oficial de la Federación el 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 nuestro país. En este acuerdo, se adopta el estándar A/53 del ATSC para la transmisión digital terrestre de radiodifusión de televisión (Televisión Digital Terrestre), que utilizarán los concesionarios y permisionarios de estaciones de

televisión, para iniciar la transición a la televisión digital terrestre. El proceso de experimentación para la adopción de un estándar, comenzó en 1996. El 5 de diciembre de 1997, la SCT otorgó permisos para la transmisión de televisión digital, gracias a los cuales el 16 de diciembre del mismo año se llevó a cabo la primera transmisión experimental de televisión digital en alta definición. También a nivel experimental, en la Ciudad de México se realizó la primera transmisión digital en alta definición de un partido de fútbol en vivo en enero de 1998. El 16 de diciembre de 1997, la cadena de televisión TV Azteca transmitió, por primera vez en América Latina, una señal televisiva con tecnología de alta definición (HDTV). La transmisión de TV Azteca en alta definición fue posible gracias a la Harris Corp. y al canal WRAL-HD (afiliado a la CBS) de Carolina del Norte. La empresa Harris facilitó el transmisor y la antena para el proyecto, mientras que WRAL-HD envió a México un decodificador, un demodulador, máquinas de cinta digital, cintas y dispositivos de representación. El 25 de enero de 1998, Televisa realiza la primera transmisión en la Ciudad de México de un partido de fútbol por el canal 48, con recepción en centros comerciales, seminarios y universidades. Actualmente existen tres canales particulares autorizados por la SCT, que sirvieron como plataforma para pruebas y experimentación, mediante los cuales se transmiten programas producidos o realizados en formato digital o de alta definición: el canal 48 de Televisa, el 53 de TV Azteca y el 23 de Tijuana que reenvía la señal del canal 6 de esa entidad.

“La adopción de México proveerá un tremendo beneficio para los televidentes y consumidores de DTV de Norte América, así como a toda la industria de DTV”, dijo Phil Livingston, Ejecutivo del ATSC.

Leonardo Ramos, el Director de Proyectos de Alta Tecnología de Televisa, comentó: “Ahora que en México tenemos varias estaciones experimentales de televisión digital que transmiten exitosamente con la norma ATSC, nos complace haber dado el primer paso oficial hacia la era de la televisión digital. Trabajaremos junto con nuestras estaciones de transmisión asociadas mientras toda América del Norte transita hacia la era digital. Para el 31 de Diciembre del 2006, los servicios de DTV comerciales estarán en México en las tres ciudades más grandes: Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, así como en ciertas ciudades a lo largo de la frontera México-Estados Unidos.”

Emulando dicha opinión, Michael McEwen, Secretario General de la North America Broadcasters Association, declaró: “La industria ya está lista para dar un salto histórico hacia el futuro. Con un mercado de más de 400 millones de consumidores en América del Norte, los equipos de televisión digital podrán aprovechar las economías de escala que brinda un mercado masivo de enormes dimensiones. Así como los radiodifusores y fabricantes se beneficiarán de economías similares. Los televidentes a lo largo de América del Norte se beneficiarán teniendo grandes programas, magnífico sonido y el futuro de la TV interactiva.”

“Los radiodifusores mexicanos han estado involucrados en el proceso de diseño de nuestras normas por quince años. México, junto con Canadá, participaron en el proceso de diseño de las normas de DTV de EE.UU. de toda una década que seleccionó la Norma del ATSC. Estamos extremadamente complacidos con este anuncio y miramos adelante para su participación continua en el trabajo de las normas del ATSC”, dijo Mark Richer, Presidente del ATSC.

“La adopción de la Norma ATSC por parte de México aumenta significativamente las probabilidades de establecer una norma de televisión digital común para toda América”, declaró Robert Graves, Presidente del Foro del ATSC. “Una norma común en todo el hemisferio se traducirá en más equipos de más proveedores y a precios más bajos, lo que acelerará la transición hacia la televisión digital en toda la región”. En octubre del año pasado, la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) de la Organización de Estados Americanos (OEA) adoptó una resolución en la cual insta a los estados miembros de la OEA a implementar la difusión de la televisión digital tan rápido como lo permitan las condiciones locales y que se utilice una norma común en todo el hemisferio. Se espera que la decisión de México de aceptar la Norma del ATSC y comenzar a implementar los servicios de televisión digital sirva de ejemplo para que los demás países de Latinoamérica hagan lo mismo. Argentina aprobó la Norma del ATSC en 1998, las emisoras chilenas la han recomendado a su gobierno y otros diversos países de la región están analizando su posible adopción para avanzar hacia la transmisión digital.

1.5 La UNAM

A partir de la segunda mitad de la década pasada, a la Dirección General de TV UNAM se le presentaron dos retos muy importantes: El primero, la posibilidad de tener un canal propio de televisión abierta para transmitir sus programas, el cuál se vio como un anhelo durante muchos años, pero a finales de los noventas se convirtió en un objetivo alcanzable, tanto que en la actualidad ya está autorizado y operando, aunque en etapa de pruebas y con una cobertura solo para Ciudad Universitaria. Aún con estas limitantes tiene las mismas necesidades de equipamiento y control de calidad que cualquier canal de televisión abierta que opera en la actualidad.

El segundo reto es la ineludible migración hacia la digitalización, que incluye todo el proceso, desde la toma de imagen, grabación, postproducción, almacenamiento y transmisión de la señal de televisión. Hoy, la tecnología digital proporciona a los productores de programas herramientas y técnicas creativas casi ilimitadas. Permite que la calidad de audio y video sea controlada en cada parte del proceso creativo, asegurando que el producto final alcance los requerimientos de su productor. Sin embargo, una vez que este material ha sido entregado a los canales de distribución, es convertido a su equivalente analógico y el control de calidad es regulado únicamente por el sistema de

distribución utilizado. Las transmisiones terrestres no tienen las mejores propiedades de recepción de señal.

ESTÁNDAR DEL ATSC

El estándar de DTV ha sido introducido en una nueva era de radiodifusión de televisión. El impacto de la DTV es más significativo que simplemente mover de un sistema analógico a un sistema digital. Más bien, la DTV permite un nivel de flexibilidad completamente inalcanzable con la radiodifusión analógica. Un elemento importante de esta flexibilidad es la habilidad para expandir las funciones del sistema por estar construido sobre los fundamentos técnicos especificados en las normas del ATSC tales como el Estándar de Televisión Digital del ATSC (A/53) y el Estándar (A/52) de Compresión de Audio Digital (AC-3).

Con NTSC y sus contrapartes PAL y SECAM, el video, audio y algunos datos limitados de información son transportados por modulación de una portadora de RF de tal forma que un receptor de relativamente simple diseño puede decodificar y reensamblar varios elementos de la señal para producir un programa consistente de video y audio y quizás datos relacionados (ej., subtítulo codificado, closed captioning). Como tal, un programa completo es transmitido por los radiodifusores esencialmente en la forma terminada. En el sistema de DTV, sin embargo, niveles adicionales de procesamiento son requeridos después que el receptor demodula la señal de RF. El receptor procesa la trama de bits extraída de la señal recibida para entregar un conjunto de elementos de un programa (video, audio y/o datos) que sincronizan el(los) servicio(s) que el consumidor seleccionó. Esta selección esta hecha usando información del sistema y del servicio que es también transmitido. El audio y el video son enviados en forma compresada digitalmente y debe ser decodificada para su presentación. El audio puede ser monofónico, estéreo o multicanal. Los datos pueden complementar el programa principal de video/audio (ej., closed captioning, texto descriptivo o comentarios) o puede ser un servicio independiente (ej., un teleimpresor de noticias).

La naturaleza del sistema de DTV es tal que es posible proveer nuevas adiciones montadas sobre la infraestructura entre la planta de difusión y el receptor. Uno de los mayores diseños permitidos de la televisión digital, de hecho, es la integración del significativo poder de procesamiento en el equipo receptor mismo. Históricamente, en el diseño de cualquier sistema de radiodifusión - sea radio o televisión - las metas han siempre sido concentrar la sofisticación técnica (cuando se requirió) en la transmisión final y así facilitar receptores más simples. A causa de que hay más receptores que transmisores, esta conclusión tiene ventajas mercantiles obvias. Mientras ésta tendencia continúe siendo cierta, la complejidad de la trama de bits y la compresión de los componentes de audio y video requieren una cantidad significativa de poder de procesamiento en el receptor, lo cual es práctico por

los enormes avances hechos en la tecnología de la computación. Una vez que un receptor encuentra un cierto nivel de sofisticación (y éxitos de mercado) el poder de procesamiento es esencialmente “gratis.”

El Estándar de Televisión Digital describe un sistema diseñado para transmitir video y audio de alta calidad y datos auxiliares sobre un solo canal de 6 MHz. El sistema puede enviar cerca de 19 Mbps en un canal de radiodifusión terrestre de 6 MHz y aproximadamente 38 Mbps en un canal de televisión de cable. Esto quiere decir que codificando la esencia de video de HD en 1.106 Gbps¹ (la tasa mas alta de entrada progresiva) o 1.244 Gbps² (la tasa mas alta de entrada de imágenes entrelazadas) requiere una reducción de la tasa de bits de aproximadamente de un factor de 50. Para alcanzar esta reducción en la tasa de datos, el sistema esta diseñado para hacer eficiente, en utilización, la capacidad de un canal disponible por la explotación de tecnología compleja de compresión de audio y video.

El esquema de compresión optimiza el throughput del canal de transmisión para representar las fuentes de video, audio y datos con los menos bits que sean posibles mientras preservan el nivel de calidad requerido para la aplicación dada.

Los subsistemas de transmisión de RF descritos en el Estándar de Televisión Digital son diseñados específicamente para aplicaciones terrestres y de cable. La estructura es tal que el video, audio y los subsistemas del servicio de multiplexación/transporte son útiles en otras aplicaciones.

2.1 Representación del sistema

La representación del sistema ATSC A/53 se basa en una que adoptó el Grupo de Trabajo 11/3 (Digital Terrestrial Television Broadcasting) del sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (*Internacional Telecommunication Union – R*), y que se ilustra en la figura 2.1. Conforme a lo anterior, se puede considerar que el sistema de televisión digital consiste de los siguientes subsistemas:

- Codificación de fuente y compresión
- Multiplexión y empaquetamiento de transporte
- Transmisión de RF
- Receptor

¹ $720 \times 1280 \times 60 \times 2 \times 10 = 1.105920$ Gbps (el 2 representa el factor necesario para el submuestreo de color 4:2:2 y el 10 es para los sistemas de 10 bits)

² $1080 \times 1920 \times 30 \times 2 \times 10 = 1.244160$ Gbps (el 2 representa el factor necesario para el submuestreo de color 4:2:2 y el 10 es para los sistemas de 10 bits)

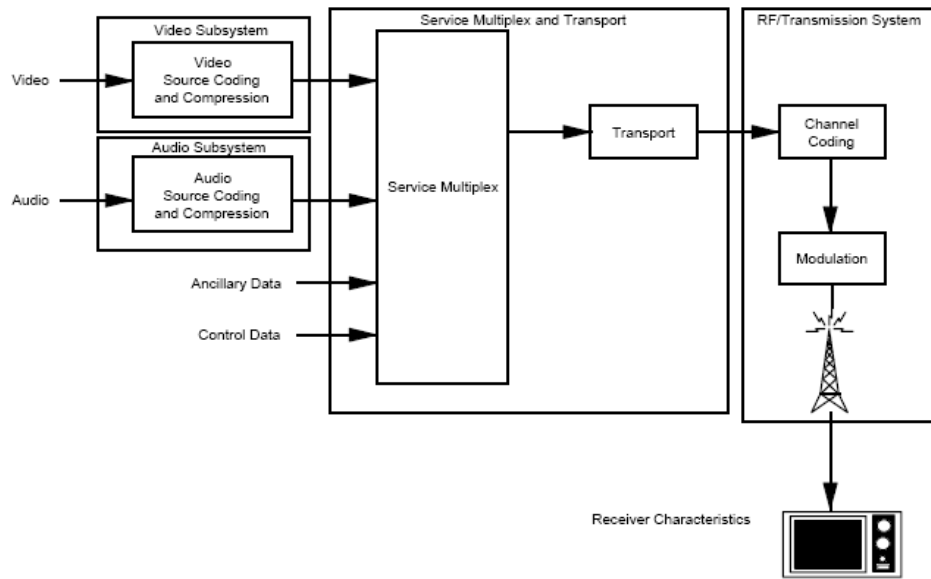


Figura 2.1. Modelo de radiodifusión de televisión digital terrestre de la ITU-R.

Diagrama de Bloques del Sistema. Una representación del diagrama de bloques básico del sistema es mostrado en la figura 2.2. De acuerdo a este modelo, el sistema de televisión digital consiste de cuatro elementos principales, tres dentro de la planta de radiodifusión más el receptor.

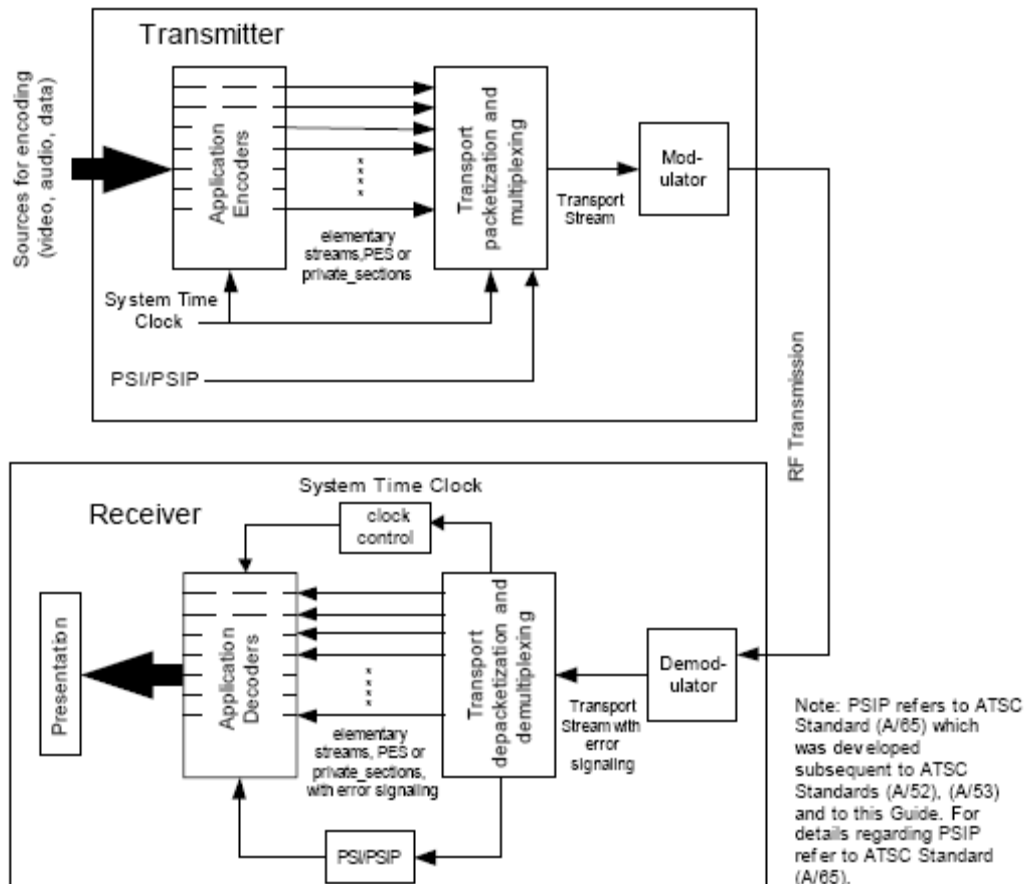


Figura 2.2 Diagrama de bloques de la operación en un par transmisor/receptor.

Codificación de fuente y compresión. Los “codificadores/decodificadores de aplicación,” como son usados en la figura 2.2, se refieren al método de reducción de la tasa de bits, también conocido como compresión de datos, apropiado para la aplicación al video, audio y tramas de datos digitales auxiliares. El propósito de la compresión es reducir el número de bits necesarios para representar la información de audio y video. El sistema de DTV emplea sintaxis de tramas de video MPEG-2 para la codificación de video y el Estándar de “Compresión de Audio Digital (AC-3)” del ATSC para la codificación de audio.

El termino “datos auxiliares” data del bosquejo original del A/53 y es un término amplio que incluye datos de control y datos asociados con el programa de audio y servicios de video. Incluir información del sistema como datos auxiliares no es estrictamente propio, ya que muchos de tales datos son necesarios para reensamblar los servicios de audio, video y datos. Los datos enviados como carga útil pueden proveer servicios independientes así como elementos de los datos relacionados al servicio base de audio o video. En

consecuencia, el termino datos auxiliares no es usado en lo sucesivo en este documento, para evitar confusión.

Multiplexión y empaquetamiento de transporte. Se refiere a los mecanismos de dividir cada trama de bits en “paquetes” de información, los mecanismos de únicamente identificar cada paquete o tipo de paquete y los métodos apropiados para intercalar o multiplexar los paquetes de tramas de bits de video, tramas de bits de audio y tramas de bits de datos en un solo mecanismo de transporte. La estructura y relación de esa trama de bits esencial es transportada dentro del servicio de tramas de bits de información, también multiplexadas en el mecanismo de transporte. En el desarrollo del mecanismo de transporte, la interoperabilidad entre los medios digitales - tales como radiodifusión terrestre, distribución por cable, distribución satelital, medios de grabación e interfases de computadoras - fue una consideración principal. El sistema de DTV emplea la sintaxis de las Tramas de Transporte MPEG-2 para el empaquetamiento y la multiplexación de señales de video, audio y datos para los sistemas de radiodifusión digital. La sintaxis de la Trama de Transporte MPEG-2 fue diseñada para aplicaciones donde el ancho de banda del canal o la capacidad del medio de almacenamiento es limitado y los requerimientos para un mecanismo de transporte eficiente es supremo.

Transmisión de RF. Se refiere a la codificación del canal y modulación. El codificador del canal toma la trama de bits digital y añade información adicional que puede ser usada por el receptor para reconstruir los datos de la señal recibida la cual, debido a los daños de la transmisión, puede sin exactitud representar la señal transmitida. La modulación (o capa física) usa la información de la trama de bits digital para modular una portadora para la señal transmitida. El subsistema de modulación ofrece dos modelos: el modo 8-VSB y el modo 16-VSB.

La figura 2.3 muestra un diagrama general de un equipo de codificación, que trata de ilustrar la relación de varias frecuencias de reloj dentro del codificador. Dentro del codificador hay dos dominios en los que se relacionan dos conjuntos de frecuencias, el dominio de la codificación de fuente y el dominio de la codificación de canal.

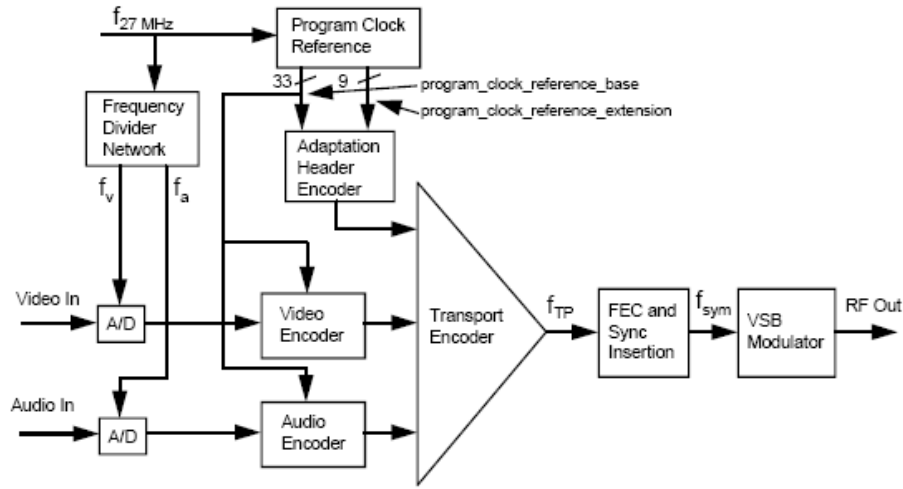


Figura 2.3. Vista de alto nivel del equipo de codificación

El dominio de la codificación de fuente, representado esquemáticamente por los codificadores de audio, video y transporte, usa una familia de frecuencias basadas en un reloj 27 MHz (f_{27MHz}). Este reloj se usa para generar una muestra de 42 bits que se particiona en dos partes definidas por la especificación de MPEG-2. Estas son las señales `program_clock_reference_base` de 33bits y `program_clock_reference_extension` de 9 bits. La primera es equivalente a una muestra de un reloj de 90 KHz, que se sincroniza en frecuencia al de 27 MHz, y que usan los codificadores de fuente de audio y video cuando codifican el PTS y el DTS. Los relojes de muestreo de audio y video, f_s y f_p , respectivamente, deben estar sincronizados en frecuencia al de 27 MHz. Esto es, deben existir dos parejas de enteros (n_a, m_a) y (n_v, m_v) , tales que

$$f_a = \frac{n_a}{m_a} \times 27MHz$$

$$f_v = \frac{n_v}{m_v} \times 27MHz$$

El dominio de la codificación de canal se representa por el subsistema de Inserción de FEC/Sync y el modulador VSB (f_{sym}) y la frecuencia de la corriente de transporte (f_{TP}), que es la frecuencia de transmisión de la corriente de transporte codificada. Estas dos frecuencias deben estar sincronizadas y cumplir la siguiente relación

$$f_{TP} = 2 \times \frac{188\ 312}{208\ 313} f_{sym}$$

No se requiere que las señales de cada dominio estén sincronizadas entre sí, y en muchas implementaciones operan asincrónamente. En estos sistemas, la

variación de frecuencia puede hacer necesaria la inserción o eliminación ocasional de paquetes nulos que vienen dentro de la corriente de transporte, con lo cual se reacomodan las fluctuaciones de frecuencia.

Receptor. El receptor del ATSC recupera los bits que representan el video original, audio y otros datos de la señal modulada. En particular, el receptor desempeña las siguientes funciones:

- Sintoniza el canal de 6 MHz seleccionado.
- Rechaza los canales adyacentes y otras fuentes de interferencia.
- Demodula (ecualiza si es necesario) la señal recibida, aplicando correcciones de errores para producir una trama de bits de transporte.
- Identifica los elementos de la trama de bits usando un procesador de capa de transporte.
- Selecciona cada elemento deseado y lo envía a su procesador apropiado.
- Decodifica y sincroniza cada elemento.
- Presenta la programación.

La mayor parte de la atención es puesta a la recuperación y a la demodulación de la radiodifusión terrestre de la señal de RF, porque es el más difícil de los procesos del receptor. El ruido, la interferencia y la multitrayectoria son los elementos en el camino de la transmisión terrestre, y los circuitos del receptor están esperando tratar con estos daños. Las innovaciones en la ecualización, el control de ganancia automática, la cancelación de interferencia y la portadora y la recuperación de la sincronía crean la diferenciación de funcionamiento del producto y mejoran la cobertura de la señal.

2.2 Sistema de video

2.2.1 Compresión y descompresión de video

El Estándar de Televisión Digital especifica la compresión de video usando una combinación de técnicas de compresión. Por razones de compatibilidad esos algoritmos de compresión han sido seleccionados para concordar con las especificaciones de MPEG-2, el cual es un conjunto de algoritmos de compresión flexible aceptado internacionalmente.

Compresión de video. El sistema de compresión de video toma una señal fuente de video analógica o digital no comprimida y entrega una señal digital comprimida que contiene información que puede ser decodificada para producir una versión aproximada de la secuencia original de imágenes. La meta para la aproximación reconstruida es ser imperceptiblemente diferente de la original para la mayoría de los espectadores, para la mayoría de las imágenes, la mayor parte del tiempo. Para alcanzar tal fidelidad, los algoritmos son flexibles, teniendo en cuenta frecuentes cambios en el algoritmo dependiendo del contenido de la escena, historia del procesamiento,

estimaciones de la complejidad temporal y espacial de la imagen y perceptibilidad de distorsiones introducidas por la compresión.

La figura 2.4 muestra el flujo general de las señales en el sistema de DTV del ATSC. Las señales de video presentadas al sistema son primero digitalizadas (si aún no esta en forma de señal digital) y se envían al codificador para compresión; los datos comprimidos son entonces transmitidos sobre un canal de comunicación. En la recepción, la señal comprimida posiblemente corrompida por errores es sometida a descompresión en el decodificador, y reconstruida para su despliegue.

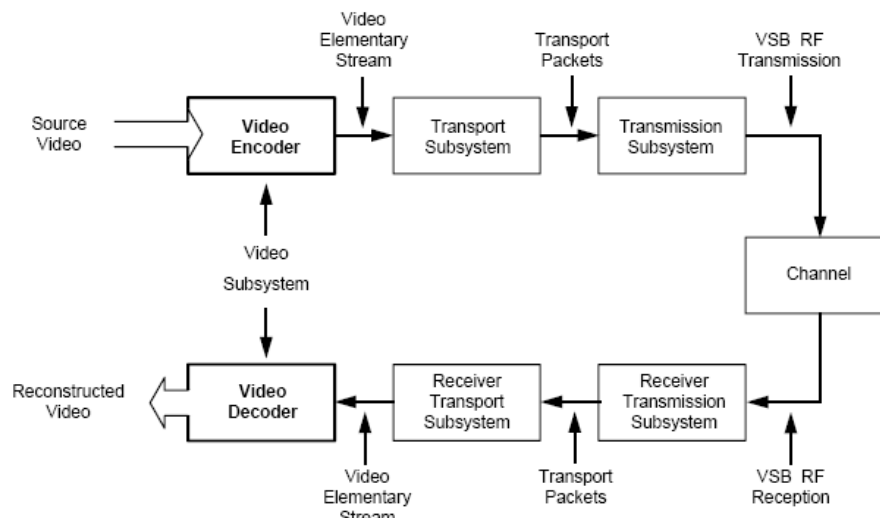


Fig. 2.4. Codificación del video en relación al sistema de DTV

2.2.2 Preprocesamiento de video

El preprocesamiento de video convierte las señales de entrada a muestras digitales en la forma necesaria para su compresión subsiguiente. Las señales de entrada analógicas son típicamente compuestas por las señales de definición estándar o componentes que consisten de luminancia (Y) y crominancia (Pb y Pr) para señales de alta definición, son primero decodificadas (para señales compuestas) entonces digitalizadas como señales componentes de luminancia (Y) y crominancia (Cb y Cr). Las señales de entrada digital, definición estándar y alta definición, son señales típicamente seriales digitales que llevan componentes Y, Cb, Cr. Las señales de entrada pueden sufrir preprocesamiento para reducción de ruido y/u otros algoritmos de procesamiento que mejoran la eficiencia de la codificación de compresión.

Formatos de Compresión de video. La tabla 2.1 lista los formatos de compresión de video permitidos en el Estándar de Televisión Digital.

Tabla 2.1. Formatos de video del Estándar de Televisión Digital.

Líneas Verticales	Píxeles	Relación de Aspecto	Tasa de Imágenes
1080	1920	16:9	60I, 30P, 24P
720	1280	16:9	60P, 30P, 24P
480	704	16:9 y 4:3	60P, 60I, 30P, 24P
480	640	4:3	60P, 60I, 30P, 24P

En la tabla 2.1, “líneas verticales” se refiere al número de líneas activas en el cuadro. “Píxeles” se refiere al número de píxeles durante la línea activa. “Relación de Aspecto” se refiere a la relación de aspecto del cuadro. “Tasa de la imagen” se refiere al número de cuadros o campos por segundo. En los valores para tasa de imágenes, “P” se refiere al escaneo progresivo, “I” se refiere al escaneo entrelazado.

Precisión de las muestras. Las muestras son típicamente obtenidas usando circuitos convertidores analógico-digital con 10 bits de precisión. Después del procesamiento de estudio, las varias muestras de luminancia y crominancia serán típicamente representadas usando 8 o 10 bits por muestra para luminancia y 8 bits por muestra para cada componente de crominancia. El límite de precisión del Perfil Principal de MPEG-2 es 8 bits por muestra para cada componente de luminancia y crominancia.

Procesamiento de fuente adaptativa. Las secuencias de imagen que constituyen la señal fuente pueden variar en resolución espacial (480 líneas, 720 líneas o 1080 líneas), en resolución temporal (60 fps, 30 fps o 24 fps) y en formato de escaneo (2:1 escaneo entrelazado o progresivo). El sistema de compresión de video ajusta las diferencias en el material fuente para maximizar la eficiencia de compresión.

Procesamiento y separación de los componentes de color. La fuente de video de entrada al sistema de compresión de video de DTV del ATSC es en la forma de componentes matriciales RGB en componentes de luminancia (Y) y crominancia (Cb y Cr). La componente de luminancia representa la intensidad, o imagen blanco y negro, mientras las componentes de crominancia contienen la información de color. Mientras los componentes RGB originales están altamente correlacionados entre ellos; las señales Y, Cb y Cr resultantes tienen menos correlación y son así más fáciles de codificar eficientemente. Los componentes de luminancia y crominancia corresponden al funcionamiento del sistema de visión biológico; esto es, el sistema visual humano responde diferentemente a las componentes de luminancia y crominancia.

El proceso de codificación puede tomar ventaja también de las diferencias en las formas que los humanos perciben la luminancia y la crominancia. En el espacio del color Y, Cb, Cr, la mayoría de las altas frecuencias están concentradas en la componente Y; el sistema visual humano es menos

sensitivo a las altas frecuencias en las componentes de crominancia que a las altas frecuencias en la componente de luminancia. Para explotar esas características las componentes de crominancia son filtradas por un filtro paso bajas en el sistema de compresión de video de DTV del ATSC y sub-muestreadas por un factor de dos a lo largo de las dimensiones horizontal y vertical, produciendo componentes de crominancia que son un cuarto la resolución espacial de la componente de luminancia.

Debe notarse que la componente de luminancia Y no es verdadera luminancia como este termino es usado en la ciencia del color; esto es porque la operación de matrizado RGB-YC es realizada después de que la característica de transferencia opto electrónica (gama) es aplicada. Por esta razón, algunos expertos se refieren a la componente Y como luma en lugar de luminancia. Mientras la preponderancia de la información de luminancia es presentada en la luma, algo de ella termina en la croma y puede ser perdida cuando las componentes de croma son sub-muestreadas.

Filtrado antialiasing. Las componentes Y, Cb y Cr son aplicadas a los filtros paso bajas apropiados que forman o determinan la respuesta en frecuencia de cada una de las tres componentes. Antes del submuestreo horizontal y vertical de cada componente de crominancia, pueden ser procesadas por filtros de media banda para prevenir el aliasing.

2.2.3 Directrices de actualización

Mientras el Estándar de Televisión Digital no requiere actualizaciones a menos que el intra-macro bloque actualice la tasa como esta definida en el IEC/ISO 13818-2, lo siguiente es recomendado:

- La secuencia de la información de capa es muy útil y es importante que sea enviada antes de cada imagen I, independientemente del intervalo entre imágenes I.
- La frecuencia de ocurrencia de las imágenes I puede determinar el desempeño del tiempo de cambio de canal del receptor. Es recomendable que las imágenes I sean enviadas al menos una vez cada 0.5 segundos para que sea aceptable el desempeño del cambio de canal en tales receptores.
- Para localizar espacialmente los errores durante la transmisión, las rebanadas (**slices**) intra-codificadas deberían contener menos bloques que el máximo numero permitido por el estándar. Es recomendable que haya de cuatro a ocho slices en un vector horizontal de macro bloques intra-codificados para las slices intra-codificadas en el caso de las imágenes I de refresco así como para las regiones de intratramas codificadas en el caso de refresco progresivo. El tamaño de las slices no intracodificadas puede ser mayor que el de las slices intracodificadas.

2.3 Sistema de audio

Como ilustra la figura 2.5, el subsistema de audio consta de las funciones de codificador/decodificador de audio y reside entre las entradas/salidas de audio y el subsistema de transporte. El(los) codificador(es) de audio es(son) responsable(s) de generar las tramas elementales de audio que son representaciones codificadas de las señales de entrada de audio en banda base. La flexibilidad del sistema de transporte permite a múltiples tramas de audio elementales ser enviadas al receptor. En el receptor, el subsistema de transporte es responsable de decodificar la(s) trama(s) elemental(es) de audio de regreso a banda base.

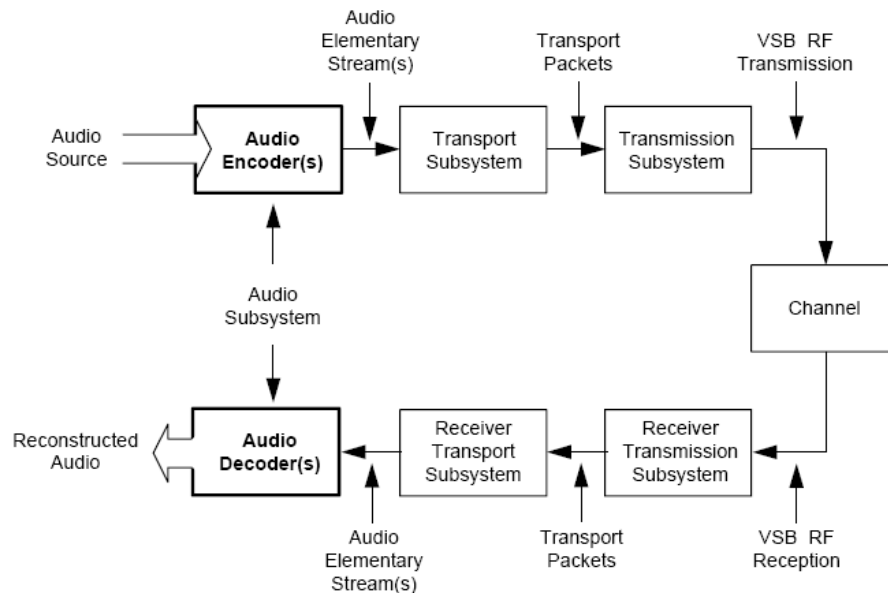


Figura 2.5. Subsistema de audio en el sistema de televisión digital.

Una fuente de un programa de audio es codificada por un codificador de audio de televisión digital. La salida del codificador de audio es una serie de bits que representan la fuente de audio y es referida como una trama de audio elemental. El subsistema de transporte empaqueta los datos de audio en paquetes PES, los cuales son empaquetados en una señal RF modulada para ser transmitida al receptor. En el receptor, la señal recibida es demodulada por el subsistema de transmisión del receptor. El subsistema de transporte del receptor convierte los paquetes de audio recibidos a una trama elemental de audio que es decodificada por el decodificador de audio de televisión digital. La partición mostrada es conceptual y las implementaciones prácticas pueden diferir. Por ejemplo, el proceso de transporte puede ser roto en dos bloques; uno que desempeña el empaquetamiento PES y el segundo que realiza el empaquetamiento del transporte, o, algunas de las funcionalidades del

transporte pueden ser incluidas en cualquiera, el codificador de audio o el subsistema de transmisión.

2.3.1 Compresión de Audio Digital AC-3

El sistema de compresión de audio corresponde al Estándar de Compresión de Audio Digital (AC-3) especificado por el Documento A/52 del ATSC.

El objetivo principal de la compresión de audio es representar una fuente de audio con los menos bits como sea posible, mientras se preserve el nivel de calidad requerida para la aplicación dada. La compresión de audio tiene dos aplicaciones principales. Una es la utilización eficiente del ancho de banda del canal para los sistemas de transmisión de video. El otro es la reducción de requerimientos de almacenamiento. Ambas aplicaciones se aplican al sistema de televisión digital.

El sistema de compresión de audio consiste de tres operaciones básicas, como se muestra en la figura 2.6 en la primera etapa, la representación de la señal de audio es cambiada del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia que es un dominio más eficiente en el cual desempeñar la compresión de audio basada en la psicoacústica. Los coeficientes en el dominio de la frecuencia resultantes son lo que entonces es codificado. Los coeficientes del dominio de la frecuencia pueden ser cuantizados normalmente porque el ruido de cuantización resultante será a la misma frecuencia que la señal de audio y las señales relativamente bajas para las proporciones de ruido son aceptables de acuerdo al fenómeno de enmascaramiento psicoacústico. La operación de asignación de bits determina, basado en un modelo psicoacústico del oído humano, que SNR actual es aceptable para cada coeficiente de frecuencia individual. Finalmente, los coeficientes de frecuencia son cuantizados normalmente a la precisión necesaria, y formateados en la trama de audio elemental. La unidad básica de audio codificada es la trama sync AC-3 que representa 1536 muestras de audio. Cada trama sync de audio es una entidad codificada completamente independiente. La trama de bits elemental contiene la información necesaria para permitir al decodificador de audio realizar la asignación de bits idéntica (al codificador). Esto permite al decodificador desempacar y descuantizar los coeficientes de frecuencia de la trama de bits elemental, resultando en los coeficientes de frecuencia reconstruidos. El banco de filtros de síntesis es el inverso del banco de filtros de análisis y regresa los coeficientes de frecuencia reconstruidos a una señal en el dominio del tiempo.

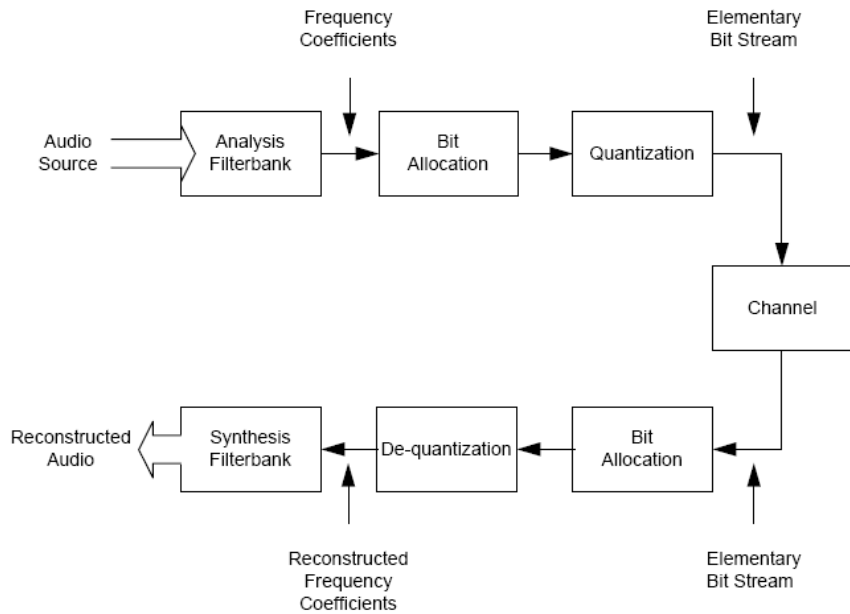


Figura 2.6. Sistema de compresión de audio.

2.3.2 Sintaxis del flujo de bits

Trama sync. El flujo de bits de audio consiste de una repetición de tramas de audio que son referidas como las tramas sync AC-3. Mostrado en la figura 2.7, cada trama sync AC-3 es una unidad contenida en si misma consistente de información de sincronización (**Synchronization Information, SI**), información del flujo de bits (**Bit Stream Information, BSI**), 32 ms de audio codificado y un código de detección de errores CRC. Cada trama sync es del mismo tamaño (número de bits) y contiene seis bloques de audio codificado. La trama sync puede ser considerada una unidad de acceso de audio. En la SI hay una palabra sync de 16 bits, una indicación de tasa de muestreo de audio (48 kHz para el sistema de televisión digital) y una indicación del tamaño de la trama de audio (que indica la tasa de bits).

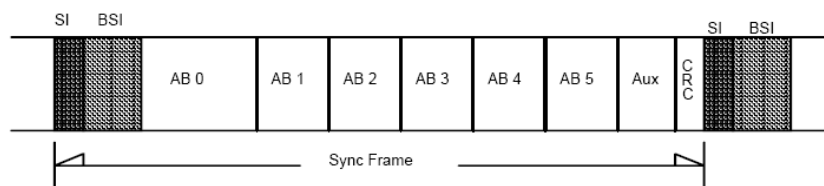


Figura 2.7. Trama de sincronización AC-3.

Códigos de Detección de errores. Cada trama sync AC-3 termina con un código de detección de errores CRC de 16 bits. El decodificador puede usar este código para determinar si una trama de audio ha sido dañada o esta

incompleta. Adicionalmente, el decodificador puede hacer uso de las banderas de error provistas por el sistema de transporte. En el caso de errores detectados, el decodificador puede intentar realizar la ocultación del error o puede simplemente enmudecer.

2.4 Transporte de DTV

El estándar del subsistema de transporte del ATSC esta basado en el estándar de los Sistemas MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1). El Estándar MPEG-2 fue diseñado por el Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento (***Moving Picture Experts Group, MPEG***), parte de la Organización Internacional de Estándares (***Internacional Standards Organization, ISO***).

2.4.1 MPEG-2

El Estándar de los Sistemas MPEG-2 define la sintaxis del tren de bits y los métodos necesarios para (de)multiplexar, transportar y sincronizar video codificado, audio codificado y otros datos (incluyendo datos esenciales no definidos por los estándares MPEG-2 referidos como “datos privados”). El estándar incluye la definición de formatos de paquetes, el modelado de tiempo y sincronización, el mecanismo para identificar el contenido de la portadora en el tren de datos y los modelos de búferes usados para permitir a un equipo receptor decodificar propiamente y reconstruir el video, audio y/o presentación de datos.

2.4.2 Paquete de Tren de Transporte de MPEG-2

Sintaxis del Paquete de Tren de Transporte de MPEG-2. En el encabezado del paquete, el Identificador de Paquete (***Packet Identifier, PID***) es un valor de 13 bits usado para identificar paquetes multiplexados con el Tren de Transporte de MPEG-2.

2.4.3 Estructuras de datos de la trama de transporte MPEG-2

Los sistemas MPEG-2 definen dos estructuras de flujo de datos fundamentales. La primera, genéricamente llamada una “sección”, es usada para encapsular cualquier información descriptiva sobre el flujo esencial de los datos (video codificado, audio codificado o datos) con el servicio de multiplexión del Flujo de Transporte (ejemplo: tipo de flujo, información necesaria para extraer los flujos, información guía del programa) o un “dato privado” de la esencia de la trama misma. El segundo, llamado un “paquete del Tren Básico Empaquetado (***Packetized Elementary Stream, PES***)” es usado para encapsular los datos básicos del flujo básico. (ej: video codificado, audio codificado o datos)

Tablas y Secciones. Los Estándares de Sistemas MPEG-2 definen tablas que proporcionan información necesaria para actuar sobre, o para además

describir, los flujos básicos de datos con el servicio de multiplexaje del Tren de Transporte. Las tablas lógicas son consideradas por usar una o mas Secciones. Por ejemplo, la Tabla de Mapa de Programa (**Program Map Table, PMT**) contiene información sobre que flujos básicos son partes de que programas MPEG-2. La PMT esta compuesta de una o mas secciones TS_program_map_section. Una Tabla es la adición de las Secciones que la componen. Una Sección es dividida como sea necesario para ser empaquetada en la carga útil de uno o más paquetes del Tren de Transporte de MPEG-2 para que pueda ser incorporada en el servicio de multiplexión del tren de Transporte junto con otros trenes de bits.

Sección Privada de MPEG-2. El termino “sección” es un termino genérico que se refiere a cualquier estructura de datos que está basada en la sintaxis de private_section de MPEG-2. La private_section de MPEG-2 define el método de encapsulamiento de los datos usado para colocar datos privados (que son, datos que los estándares MPEG-2 no definen, incluyendo secciones del ATSC definidas) en un paquete de Tren de Transporte con una mínima cantidad de estructura.

Una sección o mas específicamente la private_section de MPEG-2, siempre empieza con un table_id de 8 bits, que solamente identifica de que sección es parte la tabla. Otro campo, el section_syntax_indicator, determina si la forma “corta”o “larga” de la sintaxis de private_section es usada.

La sección de forma larga contiene un campo CRC_32 como el primer byte que sigue la ultima carga de bytes, que es usado para propósitos de detección de errores. Un resultado del acumulador de CRC de cero indica que la sección fue recibida sin error.

PSI de MPEG-2. La Información Especifica de Programa de MPEG-2 (**Program Specific Information, PSI**) proporciona los datos necesarios para identificar un Programa de MPEG-2 (i.e., el servicio deseado) y demultiplexar (i.e., separar y extraer) el Programa y sus Elementos del Programa del simple MPEG-2 o el servicio de multiplexión del Tren de Transporte multi-programa. El Estándar de los Sistemas MPEG-2 actualmente definen cinco tablas: Tabla de Asociación de Programa (**Program Association Table, PAT**), la Tabla de Mapa de Programa (**Program Map Table, PMT**), la Tabla de Acceso Condicional (**Conditional Access Table, CAT**), la Tabla de Información de Red (**Network Information Table, NIT**) y la Tabla de Descripción del Tren de Transporte (**Transport Stream Description Table, TSDT**).

La Tabla de Asociación de Programa proporciona una lista completa de todos los Programas (servicios) de MPEG-2 con el Tren de Transporte. La PAT establece una relación entre cada Programa MPEG-2, vía el program_number y su correspondiente sección de mapa de programa (propiamente definida

como `TS_program_map_section`), vía el valor de PID asignado a la sección de mapa de programa correspondiente.

Cada sección de mapa de programa contiene el trazado entre un Programa MPEG-2 y los Elementos del Programa que definen en el Programa (este trazado es llamado una definición de programa). Específicamente, una definición de programa establece un trazado (estableciendo la relación) entre un Numero de Programa MPEG-2 y la lista de los PID's que identifican los Elementos del Programa individualmente comprimidos en el Programa de MPEG-2. La PMT esta definida como la colección completa de Definiciones de Programa individuales con el Tren de Transporte con un `TS_program_map_section` por Programa de MPEG-2. La PMT es única entre las tablas PSI en que sus contenidos pueden ser llevados como parte de diferentes trenes de bits (i.e., con paquetes de Trenes de Transporte que tienen diferentes PID's). Esto simplifica la adición, borrado o modificación de la PSI para programas de MPEG-2 individuales, ya que cada uno puede ser alterado independientemente.

La CAT asocia aspectos del sistema de acceso condicional (sistemas CA o CAS), tales como derechos de acceso enviados en mensajes de administración de títulos (*Entitlement Management Messages, EMMs*), con los trenes mezclados. Los sistemas de CA proporcionan mezclado de Programas MPEG-2 o Elementos de Programa individuales junto con la autorización del usuario final. Mientras los Programas MPEG-2 o Elementos de Programa pueden ser mezclados, todas las tablas que abarcan la PSI nunca son mezcladas.

La función de la Tabla de Información de Red (*Network Information Table, NIT*) es transportar información de red (i.e., a todos los servicios de multiplexado de Tren de Transporte en la red de envío/emisión). Los estándares del ATSC no especifican el uso de la NIT.

La función de la Tabla de Descripción del Tren de Transporte (*Transport Stream Description Table, TSDT*) es llevar descripciones que apliquen a un servicio de multiplexado de Tren de Transporte de MPEG-2 entero. A/53 ni obliga ni especifica el uso de la TSDT.

Paquete de Tren Básico Empaquetado de MPEG-2. Los Estándares de los Sistemas MPEG-2 incluyen un mecanismo para transportar eficientemente y seguramente trenes continuos de datos (trenes de bits de audio comprimido, video comprimido y/o datos) en tiempo real sobre una variedad de ambientes de redes, incluyendo radiodifusión terrestre. Cada tren de bits (Elemento de Programa) es segmentado en paquetes de longitud variable, llamados paquetes de Tren Básico Empaquetado (*Packetized Elementary Stream, PES*), que son transportados en el Tren de Transporte de MPEG-2 y entonces reensamblado en el receptor. Los paquetes PES de MPEG-2 son usados para segmentar y encapsular trenes básicos tales como

video codificado, audio codificado y trenes de datos privados, junto con la información de sincronización del tren.

Los paquetes PES de MPEG-2 llevan la información de sincronización del tren de datos en el encabezado del paquete de PES usando campos de Marcas de Tiempo de Presentación (***Presentation Time Stamps, PTS***) y Marcas de Tiempo de Decodificación (***Decoding Time Stamps, DTS***). Las marcas habilitan decodificar las unidades de acceso y presentar las unidades de acceso respectivamente. Las PTS y las DTS son cada una de 33 bits de longitud con unidades en periodos de reloj de 90 kHz.

2.4.4 Modelos de sincronización y Buffer de MPEG-2

Modelo de sincronización. Los modelos de sincronización y buffer de los Estándares de Sistemas MPEG-2 resuelven las ediciones de sincronización de elementos individuales con el uso de una referencia de tiempo común compartida por todos los Elementos de Programa individuales de un Programa de MPEG-2. Este tiempo de reloj común esta referido como el Reloj del Tiempo del Sistema (***System Time Clock, STC***).

Reloj del Tiempo del Sistema. El Reloj del Tiempo del Sistema (***System Time Clock, STC***) es la referencia de reloj maestro para todos los procesos de codificación y decodificación. Cada codificador muestrea el STC como sea necesario para crear marcas de tiempo asociadas con las Unidades de Presentación. Una marca de tiempo asociada con una Unidad de Presentación esta referida como la Marca de Tiempo de Presentación (***Presentation Time Stamp, PTS***). Una marca de tiempo asociada con el tiempo de inicio de decodificación, conocida como Marca de Tiempo de Decodificación (***Decoding Time Stamp, DTS***), puede también aparecer en el tren de bits.

Cada Programa de MPEG-2 puede tener su propio STC o múltiples programas de MPEG-2 pueden compartir un STC común.

Referencia de Reloj de Programa. La Referencia de Reloj de Programa (***Program Clock Reference, PCR***) es un valor de 42 bits usado para fijar el reloj de 27 MHz del decodificador al reloj de 27 MHz del codificador, con eso igualar el STC del decodificador al STC del codificador. La PCR es transportada en el paquete `adaptation_field` del Tren de Transporte de MPEG-2 usando los campos `program_clock_reference_base` y `program_clock_reference_extension`. Los estándares de los Sistemas MPEG-2 ordenan que la PCR sea enviada al menos cada 100 ms.

Modelo de Buffer. Los estándares de MPEG-2 definen la sintaxis de la trama de bits misma y el significado (o semántica) de la sintaxis del tren de bits. Para asegurar la interoperabilidad del equipo diseñado para las especificaciones, el Estándar de los Sistemas de MPEG-2 también especifica precisamente las definiciones exactas de la llegada de bytes y eventos de

decodificación - y los tiempos a los cuales ocurren - por el uso de un decodificador hipotético llamado Decodificador Objetivo del Sistema del Tren de Transporte (*Transport Stream System Target Decoder, T-STD*). El tiempo de decodificación esta especificado en términos de incrustado o decodificación inferida o marcas de tiempo de presentación (DTS o PTS, respectivamente) y puede ser enviado de acuerdo a cualquier reordenamiento de imágenes que es necesario (solo en el caso de trenes básicos de video).

2.5 Transmisión de RF

El sistema VSB ofrece dos modos: modo de radiodifusión terrestre (8-VSB) y un modo de alta tasa de datos (16-VSB) con la intención de ser usado en aplicaciones para cable. Ambos modos proporcionan un piloto, segmentos sync y una secuencia de prueba (como parte del campo de datos sync) para adquisición y operación. Los dos modos del sistema pueden usar la misma recuperación de portadora, demodulación, recuperación de sync y circuitos de recuperación de reloj. La ecualización adaptativa para los dos modos puede usar la misma estructura de ecualizador con algunas diferencias en la decisión de realimentación y adaptación de los coeficientes del filtro. Ambos modos usan el mismo código Reed-Solomon (**RS**) y circuitos para corrección de errores hacia delante (*Forward Error Correction, FEC*). El modo de radiodifusión terrestre esta optimizado para un área máxima de servicio y proporciona una carga útil de 19.4 Mbps en un canal de 6 MHz. El modo de alta tasa de datos proporciona una carga útil de 38.8 Mbps en un solo canal de 6 MHz.

Para maximizar el área de servicio, el modo de radiodifusión terrestre incorpora codificación trellis, con precodificación añadida que permite a los datos ser decodificados después de pasar a través de un panel de filtros, usado selectivamente para suprimir interferencia del co-canal analógico. El modo de alta tasa de datos esta diseñado para trabajar en un ambiente de cable, que es menos severo que el sistema terrestre. Es transmitido en la forma de más niveles de datos (bits/símbolo). En este modo no es empleada la codificación trellis o precodificación para un panel de filtros de rechazo de interferencia de radiodifusión analógica.

La señal 8-VSB esta diseñada para minimizar los problemas de interferencia y asignación de canal de RF. La señal VSB esta diseñada para minimizar la relación pico de energía-energía media, con eso minimizar la interferencia en otras señales, especialmente canales adyacentes y tabú (prohibidos). Para oponerse al ruido generado por el hombre que siempre acompaña a las señales de radiodifusión, el sistema VSB incluye un entrelazado que permite la corrección de una sola ráfaga aislada de ruido de hasta 190 microsegundos de longitud por el circuito FEC RS (207,187), que localiza así como corrige errores de hasta 10 bytes por segmento de datos. Fue hecho para permitir a los canales de VHF, que siempre son sustancialmente afectados por el ruido generado por el hombre, ser usados para la radiodifusión terrestre.

Los parámetros para los dos modos de transmisión son mostrados en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Parámetros para los Modos de Transmisión VSB

Parámetro	Modo Terrestre	Modo de Alta Tasa de Datos
Ancho de banda del canal	6 MHz	6 MHz
Ancho de banda de guarda	11.5 por ciento	11.5 por ciento
Tasa de símbolos	10.76... Msímbolos/s	10.76... Msímbolos/s
Bits por símbolo	3	4
FEC Trellis	Tasa de 2/3	Ninguna
FEC Reed Solomon	T = 10 (207,187)	T = 10 (207,187)
Longitud del segmento	832 símbolos	832 símbolos
Segmento sync	4 símbolos por segmento	4 símbolos por segmento
Trama sync	1 por 313 segmentos	1 por 313 segmentos
Tasa de datos de carga útil	19.39 Mbps	38.78 Mbps
Rechazo de co-canal analógico	Filtro de rechazo analógico en el receptor	N/A
Contribución de potencia piloto	0.3 dB	0.3 dB
Umbral C/N	~ 14.9 dB	~ 28.3 dB

2.5.1 Tasa de bits enviada al decodificador de transporte por el subsistema de transporte

Todos los datos en el sistema del ATSC son transportados en paquetes de transporte MPEG-2. La tasa de datos útiles es la cantidad de datos de transporte de MPEG-2 llevados extremo a extremo incluyendo los encabezados de paquetes MPEG-2 y los bytes sync. La tasa de símbolos exacta del subsistema de transmisión esta dada por

$$\frac{4.5}{286} \times 684 = 10.7... \text{ millones de símbolos/segundo (megabaud)}$$

Los números en la formula para la tasa de símbolos del ATSC en sistemas de 6 MHz están relacionados a las frecuencias de escaneo y color NTSC. Por esta relación, el reloj de símbolo puede ser usado como base para generar una subportadora de color NTSC para salidas analógicas de una set top box. Las tasas de repetición de segmentos de datos y tramas de datos son deliberadamente escogidas para no tener una relación de número entero a las tasas de escaneo NTSC o PAL, para asegurar que no habrá patrón discernible en interferencia co-canal.

Los números particulares usados son:

- 4.5 MHz = la frecuencia central del offset de la portadora de audio en NTSC. Este numero fue tradicionalmente usado en la literatura de NTSC para obtener la frecuencia de subportadora de color y tasas de escaneo. En el equipo moderno, esta puede empezar con una referencia de 10 MHz de precisión, que es entonces multiplicada por 9/20.
- $4.5 \text{ MHz}/286 =$ la tasa de escaneo horizontal de NTSC, $15734.2657 + \dots \text{Hz}$ (note que la subportadora de color es $455/2$ veces esto o $3579545 + 5/11 \text{ Hz}$).
- 684: este multiplicador da una tasa de símbolos para un uso eficiente de ancho de banda en 6 MHz.

En el modo de radiodifusión terrestre, los símbolos de canal transportan tres bits/símbolo de datos con codificación trellis. La tasa de código trellis es $2/3$, que proporciona 2 bits/símbolo de carga útil bruta. Por lo tanto la carga útil bruta es

$$10.76 \times 2 = 21.52 \dots \text{ Mbps (megabits/segundo)}$$

Para encontrar la carga útil neta enviada a un decodificador, es necesario ajustar la formula anterior para el gasto del Segmento Sync de Datos, el Campo Sync de Datos y el FEC Reed-Solomon.

Para obtener la tasa neta de bits para un tren MPEG-2 transportado por el sistema (y alimentado a un decodificador de transporte de MPEG-2), se debe notar primero que los bytes sync de MPEG son removidos del tren de datos de entrada del transmisor 8-VSB y remplazados con segmentos sync y después reconstruidos en el receptor. Para el throughput de los segmentos sync de paquetes de MPEG (el único mecanismo de transporte permitido) es simplemente equivalente a transmitir el byte sync de MPEG y no reduce la tasa de datos neta. La tasa de datos neta de un tren MPEG-2 transportado por el sistema y enviado al decodificador de transporte por lo tanto reducida por el campo de datos sync (un segmento de cada 313) y el codificado Reed-Solomon (20 bytes de cada 208):

$$21.52 \text{ Mbps} \times \frac{312}{313} \times \frac{188}{208} = 19.39 \dots \text{ Mbps}$$

La tasa de bits alimentada al decodificador de transporte para el modo de alta tasa de datos es:

$$19.39 \text{ Mbps} \times 2 = 38.78 \dots \text{ Mbps}$$

2.5.2 Características de desempeño del modo de radiodifusión terrestre

El sistema terrestre 8-VSB puede operar en un ambiente señal a ruido Gaussiano blanco aditivo (S/N) de 14.9 dB. La curva de probabilidad de error del segmento 8-VSB incluyendo decodificación trellis de 4 estados y decodificación Reed-Solomon (207,187) en la Figura 2.8 muestra una probabilidad de error de segmento de 1.93×10^{-4} . Esto es equivalente a 2.5 errores de segmento/segundo, que fue establecido por medida como el umbral de visibilidad (*Threshold Of Visibility, TOV*) de errores en el equipo prototipo. Diseños de productos particulares pueden lograr algún mejor desempeño para el TOV subjetivo por medio de enmascaramiento de error.

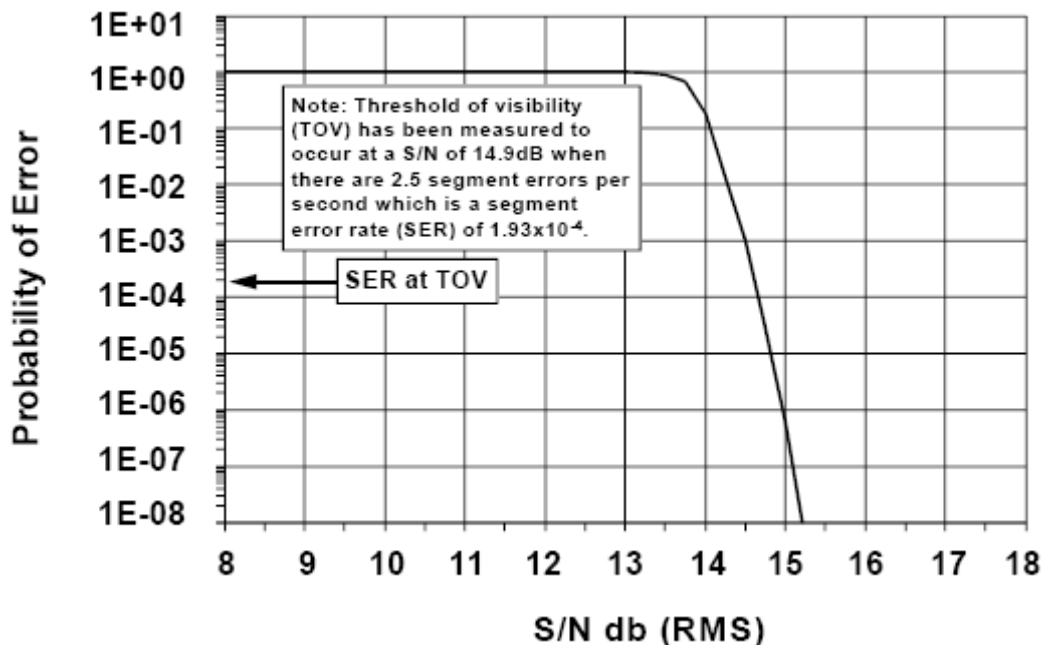


Figura 2.8. Probabilidad de error de segmento, 8-VSB con decodificación trellis de 4 estados, RS (207,187).

2.5.3 Procesamiento de la señal del transmisor

Un filtro pre-ecualizador es recomendado para usar en radiodifusión donde el transmisor de alta potencia puede tener un rizo en banda significativo o roll off significativo en los bordes de la banda. Esta distorsión lineal puede ser medida por un ecualizador en un demodulador de referencia (receptor "ideal") empleado en el sitio del transmisor. Un acoplador direccional, que es recomendado sea localizado en el final de la línea de transmisión de alimentación de la antena, alimenta al demodulador de referencia una muestra pequeña de la señal alimentada a la antena. Las sobrecargas del ecualizador

inversor del demodulador de referencia son transferidas al pre-ecualizador transmisor para pre-corrección de la distorsión lineal del transmisor.

El filtrado de banda lateral vestigial del transmisor es algunas veces implementado por cancelación de banda lateral, usando el método de faseo. En este método, la señal de datos de banda lateral es alimentada al filtrado digital que genera señales de modulación en fase y de fase de cuadratura para aplicación a los convertidores D/A respectivos. Este proceso de filtrado proporciona el filtrado de raíz de Nyquist de coseno incrementado y proporciona también compensación para las respuestas en frecuencia de $(\sin x)/x$ de los convertidores D/A. Las señales en banda base son convertidas a la forma analógica. La señal en fase modula la amplitud de la portadora IF en fase de cero grados, mientras que la señal de cuadratura modula una versión desplazada 90 grados de la portadora. Las portadoras IF de cuadraturas moduladas en amplitud son añadidas para crear la señal IF de banda lateral vestigial, cancelando la banda lateral indeseada e incrementando la banda lateral deseada por 6 dB.

2.5.4 Desplazamientos de frecuencia portadora de RF y convertidor de subida

Los transmisores de TV analógicos modernos usan un proceso de modulación de dos pasos. El primer paso es usualmente la modulación de los datos sobre una portadora de IF, que es la misma frecuencia para todos los canales, seguido por el traslado al canal de RF deseado. El transmisor 8-VSB digital aplica este mismo proceso de modulación de dos pasos. El convertidor de subida de RF traslada el espectro de la señal de datos de IF plano filtrado al canal de RF deseado. Para la misma cobertura aproximada que en un transmisor analógico (en la misma frecuencia), la potencia media de la señal de DTV esta en el orden de 12 dB menos que la potencia sync de pico analógica (cuando esta operando a la misma frecuencia).

La frecuencia nominal del oscilador convertidor de subida de RF en radiodifusión terrestre de DTV será típicamente la misma que la usada para transmisores analógicos, (excepto para offsets requeridos en situaciones particulares).

Frecuencia Portadora Piloto de DTV Nominal. La frecuencia portadora piloto de DTV nominal esta determinada ajustando simétricamente el espectro de DTV en el canal de RF. Esto es obtenido tomando el ancho de banda de la señal de DTV-5,381.1189 kHz (la diferencia de la frecuencia de Nyquist o la mitad de la frecuencia de reloj de símbolo de 10,762.2378 kHz)-y centrándola en el canal de TV de 6 MHz. Restando 5,381.1189 kHz de 6,000 kHz deja 618.881119 kHz. La mitad de eso es 309.440559 kHz, precisamente el offset piloto estándar sobre el borde del canal inferior. Por ejemplo, en el canal 24 (530-536 MHz), la frecuencia piloto nominal es 530.309440559 MHz.

Requerimientos para los Offsets. Hay dos categorías de requerimientos para offsets de frecuencia piloto:

- Offsets para proteger radiodifusores analógicos de canales adyacentes inferiores, ordenado por las reglas de la FCC en los Estados Unidos y lo que anula otras consideraciones de offset.
- Offsets recomendados para otras consideraciones tales como interferencia co-canal entre estaciones de DTV y estaciones analógicas.

Canal de DTV superior en Canal Analógico Inferior. Este es el caso de anulación ordenado por las reglas de la FCC en los Estados Unidos-offset de precisión con una estación analógica adyacente inferior, servicio completo o Televisión de Baja Potencia (**Low Power Televisión, LPTV**).

Las Normas de la FCC, Sección 73.622(g)(1), establecen que:

“las estaciones de DTV operando en un canal asignado debe mantener la frecuencia de portadora piloto de la señal de DTV 5.082138 MHz sobre la frecuencia portadora visual de cualquier estación de radiodifusión de TV analógica que opere en el canal adyacente inferior y este localizada en un rango de 88 kilómetros. Esta diferencia de frecuencia debe ser mantenida dentro de una tolerancia de ± 3 Hz.”

Este offset preciso es necesario para reducir la pulsación de color (pulsación de una oscilación producida por la suma de dos ondas de diferentes frecuencias), tiene una frecuencia igual a la diferencia entre las dos oscilaciones) y la pulsación de luminancia de alta frecuencia creado por la portadora piloto de DTV en algunos receptores sintonizados en el canal analógico adyacente inferior. La tolerancia estricta asegura que la pulsación será visualmente cancelada, ya que estará fuera de fase en las tramas de video sucesivas.

El offset en las normas de la FCC esta relacionado a la tasa de escaneo horizontal de NTSC y puede ser fácilmente modificado para PAL. El offset O_f fue obtenido de

$$O_f = 455 \times \left(\frac{F_h}{2} \right) + 191 \times \left(\frac{F_h}{2} \right) - 29.97 = 5,082,138 \text{ Hz}$$

Donde F_h = frecuencia de escaneo horizontal de NTSC = 15,743.264 Hz.

La ecuación indica que el desplazamiento con respecto a la croma adyacente inferior es un múltiplo raro (191) de un medio de la tasa de línea para eliminar la pulsación de color. Sin embargo, esta elección, deja la posibilidad de una

pulsación de luma. El desplazamiento es adicionalmente ajustado por un medio de la tasa de campo analógica para eliminar la pulsación de luma.

Mientras se satisfaga el criterio de canal adyacente, este offset también es tan cercano como sea posible al filtro de peine óptimo del co-canal analógico en el receptor digital. Note adicionalmente que los offsets son para las frecuencias más altas más que para las bajas, para evitar cualquier posibilidad de permitir que se superen los límites en el tono adyacente inferior.

Como un ejemplo, si una estación NTSC del canal 23 esta operando con corrimiento de cero, la frecuencia portadora piloto del Canal 24 de DTV debe ser 525.250000 MHz mas 5.082138 MHz o 530.332138 MHz; que esta 22.697 kHz sobre la frecuencia nominal. Si el canal NTSC adyacente inferior tiene un offset de ± 10 kHz, la frecuencia de la DTV tendrá que ser ajustada como corresponde.

Note que estaciones de potencia total son requeridas para cooperar con estaciones LPTV analógicas adyacentes inferiores a 32 km de la estación de DTV para mantener este offset:

Las normas de la FCC, Sección 73.622(g)(2), establecen que:

“A menos de que se interponga con la operación cumpliendo con el párrafo (g)(1) de esta sección, donde una estación de televisión de baja potencia o estación retransmisora de TV esta operando en el canal adyacente inferior dentro de 32 km de la estación de DTV y notifica a la estación de DTV que intenta minimizar la interferencia para mantener precisamente sus frecuencias portadoras, la estación de DTV deberá cooperar en fijar su frecuencia portadora a una frecuencia de referencia común y deberá ser responsable por cualquier costo relacionado a su propio sistema de transmisión en cumplir con esta estipulación.”

Otros Casos de Offsets. Las normas de la FCC no consideran otros casos de interferencia donde los offsets ayudan. El offset para proteger señales analógicas adyacentes inferiores toma precedencia. Si esos offsets no son requeridos, otros offsets pueden minimizar la interferencia a señales de canales analógicos o de DTV.

Co-Canal de DTV en Analógico. En casos co-canal, la interferencia de DTV en TV analógica aparece semejante a ruido. La portadora piloto es baja en la pendiente de Nyquist del filtro IF en el receptor analógico, así pulsaciones no deseadas son generadas. En este caso, los desplazamientos para proteger el canal analógico no son requeridos. Los desplazamientos son útiles, de cualquier modo para reducir la interferencia co-canal de TV analógica en DTV. El desempeño del filtro de rechazo analógico y reloj de recuperación en el receptor de DTV será mejorado si la portadora de DTV esta 911.944 kHz debajo de la portadora visual NTSC. En otras palabras, en

el caso de un sistema NTSC de 6 MHz, si la estación de TV analógica no tiene offset, la frecuencia portadora piloto de DTV estará 338.0556 kHz sobre el borde del canal inferior en lugar de los 309.44056 nominales. Como antes, si la estación NTSC esta operando con un desplazamiento de ± 10 kHz, la frecuencia de DTV tendrá que ser ajustada en la misma dirección. La formula para calcular el desplazamiento es

$$F_{piloto} = F_{vis(n)} - 70.5 \times F_{seg} = 338.0556 Hz \quad (\text{para analógico NTSC sin offset})$$

Donde:

F_{piloto} = frecuencia piloto de DTV sobre el borde del canal inferior

$F_{vis(n)}$ = frecuencia portadora visual sobre el borde del canal inferior
 = 1,250 kHz para NTSC sin offset (como es mostrado)
 = 1,240 kHz para offset negativo
 = 1,260 kHz para offset positivo

F_{seg} = tasa de segmento de datos del ATSC; = frecuencia de reloj de símbolo/832 = 12,935.381971 Hz

El factor de 70.5 es escogido para proporcionar el mejor filtrado de peine total de interferencia de co-canal de TV de color analógica. El uso de un valor igual a un +0.5 integrado resulta en una interferencia de TV analógica de co-canal estando fuera de fase en segmentos sync de datos sucesivos.

Note que en este caso la frecuencia de tolerancia es más o menos un kHz. Mayor precisión no es requerida. También note que una tasa de segmentos de datos diferente seria usada para calcular offset para sistemas de 7 u 8 MHz.

Co-Canal de DTV en DTV. Si dos estaciones de DTV comparten el mismo canal, la interferencia entre las dos estaciones puede ser reducida si el piloto es desplazado por una y media veces la tasa de segmento de datos. Esto asegura que la trama y los segmentos sync de la señal interferente cada una alternará polaridad y estará fuera en general en el receptor sintonizado a la señal deseada.

La formula para este offset es

$$F_{offset} = 1.5 \times F_{seg} = 19.4031 kHz$$

Donde:

F_{offset} = offset a ser añadido a una de las dos portadoras de DTV

F_{seg} = 12,935.381971 (como se definió previamente)

Esto resulta en una portadora piloto 328.84363 kHz sobre el borde de la banda inferior, estipulando que ninguna estación de DTV tiene cualquier otro offset.

El uso del factor 1.5 resulta en el mejor rechazo de co-canal, como fue determinado experimentalmente con el equipo prototipo. El uso de un integrador +0.5 resulta en una interferencia co-canal alternando la fase en segmentos sync sucesivos.

Tabla de Frecuencias Portadoras Piloto de DTV. La tabla 2.3 resume los diferentes offsets de portadoras piloto para diferentes situaciones de interferencia en un sistema de 6 MHz (ambiente NTSC). Note que si más de dos estaciones están involucradas, el número de frecuencias potenciales aumentará. Por ejemplo, si una estación de DTV opera en un offset por un canal adyacente inferior de una estación NTSC, una estación de DTV co-canal puede tener que ajustar su frecuencia para mantener un offset piloto de 19.403 kHz. Si la estación analógica NTSC opera en un offset más o menos de 10 kHz, ambas estaciones de DTV deberían compensar por eso. La cooperación entre las estaciones será esencial para reducir la interferencia.

Tabla 2.3. Frecuencias Portadoras Piloto de DTV para Dos Estaciones
(Offset normal sobre el borde da canal inferior: 309.440559 kHz)

Relación entre Canales	Frecuencia Portadora Piloto de DTV Sobre el Borde de Canal Inferior			
	Estación NTSC con Desplazamiento Cero	Estación NTSC con Desplazamiento + 10 kHz	Estación NTSC con Desplazamiento - 10 kHz	Estación de DTV Sin Desplazamiento
DTV con NTSC adyacente inferior	332.138 kHz ± 3 Hz	342.138 kHz ± 3 Hz	322.138 kHz ± 3 Hz	
Co-canal de DTV con NTSC	338.056 kHz ± 1 kHz	348.056 kHz ± 1 kHz	328.056 kHz ± 1 kHz	
Co-canal de DTV con DTV	+ 19.403 kHz sobre DTV	+ 19.403 kHz sobre DTV	+ 19.403 kHz sobre DTV	328.8436 kHz ± 10 Hz

Tolerancias de Frecuencias. La especificación más estricta es para una estación de DTV con una estación analógica NTSC adyacente inferior. Si las estaciones NTSC y DTV están en el mismo lugar, pueden simplemente ser fijadas a la misma referencia. La portadora de la estación de DTV co-localizada debería estar 5.082138 MHz sobre la portadora visual NTSC (22.697 kHz sobre la frecuencia piloto normal). La estación de DTV co-canal debería fijar su portadora 19.403 kHz sobre la portadora de DTV co-localizada.

Si existe interferencia con una estación de DTV co-canal, se espera que la estación analógica sea estable en 10 Hz de su frecuencia asignada.

Mientras que es posible fijar las frecuencias de la estación de DTV a la estación NTSC pertinente, puede no ser la mejor opción si las dos estaciones no están en la misma localización. Probablemente será más fácil mantener la frecuencia de cada estación dentro de las tolerancias necesarias. Será la única opción donde interferencia co-canal es un problema.

En casos donde ningún tipo de interferencia se espera, una tolerancia de frecuencia portadora piloto de ± 1 kHz es aceptable, pero en todos los casos, una buena práctica es usar una tolerancia más estricta si es factible.

Opciones de Hardware para Control de Frecuencia Estricto. La tolerancia de frecuencia del oscilador es generalmente expresada como una fracción en partes por miles de millón, por ejemplo. Dando el peor caso de ejemplo de una estación de UHF (NTSC o DTV) en el canal 69, la estabilidad de frecuencia requerida para presentar la tolerancia de ± 3 Hz será 3.7×10^{-9} o 3.7 partes por miles de millón. Si dos estaciones están involucradas y los osciladores no están fijos a una referencia común, cada uno debe mantener su frecuencia dentro de la mitad de ese rango o 1.8×10^{-9} .

Un OCXO de alta calidad (*Oven-Controlled Cristal Oscillator*) puede mantener una estabilidad de 5×10^{-11} por día o 3×10^{-10} por año (30 partes por mil millones) en frecuencias de oscilador de hasta 30 MHz. Esto es suficientemente bueno a corto plazo, pero habría de ser monitoreado y ajustado a través del año. A largo plazo no presentaría el requerimiento de ± 10 Hz o 12.5×10^{-9} para estaciones de DTV co-canal.

Consideraciones Adicionales. Para minimizar la interferencia en el caso de un transmisor de DTV en un canal adyacente superior a un transmisor analógico, la frecuencia subportadora de croma de la señal analógica, debe ser controlada con precisión, aunado a la frecuencia piloto de DTV y a la frecuencia portadora analógica.

2.6 Sistemas receptores

2.6.1 Temas generales concernientes a la recepción de DTV

Una versión preliminar del subsistema de transmisión de la Gran Alianza fue provisto para pruebas de campo en el verano de 1994. Las pruebas terrestres se realizaron usando el modo 8-VSB y las pruebas de cable se desempeñaron usando el modo de alta tasa de transmisión 16-VSB. Los resultados de la prueba abarcan información concerniente a interferencia por multitrayectoria

y otras condiciones perjudiciales y sus efectos en la tasa de errores de bit de la señal digital. Esta información es todavía pertinente.

Factores de planeación usados por el ACATS PS/WP3. La selección de un subsistema de transmisión inició con una serie de pruebas de laboratorio desempeñadas por el Centro de Pruebas de Televisión Avanzada (*Advanced Televisión Test Center, ATTC*) para determinar el desempeño de los límites de desempeño de los subsistemas de transmisión candidatos con respecto a los perjuicios del canal, incluyendo ruido, interferencia y multitrayectoria. Entonces, los resultados de esas pruebas y subsecuentes pruebas MODEM de VSB, junto con un conjunto de factores de planeación del receptor, fueron incorporados dentro del programa de un modelo de computadora de utilización del espectro por todo el territorio estadounidense. Este modelo de computadora fue diseñado bajo la dirección del Spectrum Utilization and Alternatives Working Party (PS/WP3) del subcomité de planeación del ACATS.

Tabla 2.4. Factores de planeación usados por el PS/WP3

Factores de planeación	VHF bajo	VHF alto	UHF
Impedancia de la antena (ohms)	75	75	75
Ancho de banda (MHz)	6	6	6
Ruido térmico (dBm)	-106.2	-106.2	-106.2
Figura de ruido: (dB)	10	10	10
Frecuencia (MHz)	69	194	615
Factor de antena (dBm/dBu)	-111.7	-120.7	-130.7
Perdida de línea (dB)	1	2	4
Ganancia de la antena (dB)	4	6	10
Relación F/A de la antena (dB)	10	12	14

Figura de ruido. Un número de factores entran en la última razón portadora-ruido en el receptor. La tabla 2.4 muestra los factores de planeación aplicables a UHF que fueron usados por el PS/WP3.

El PS/WP3 estimó que la figura de ruido UHF fuera 10 dB, como esta definido por las técnicas actuales de la FCC. Cuando la FCC hizo cálculos para las asignaciones de canal, este factor de planeación fue cambiado a 7 dB.

Un consumidor puede mejorar el desempeño de ruido de una instalación usando un Amplificador de Bajo Ruido (*Low-Noise Amplifier, LNA*).

2.6.2 Diseño del receptor de la Gran Alianza

La figura 2.9 muestra el diagrama de bloques del sistema receptor de radiodifusión terrestre VSB como fue implementado en el prototipo del receptor de la Gran Alianza.

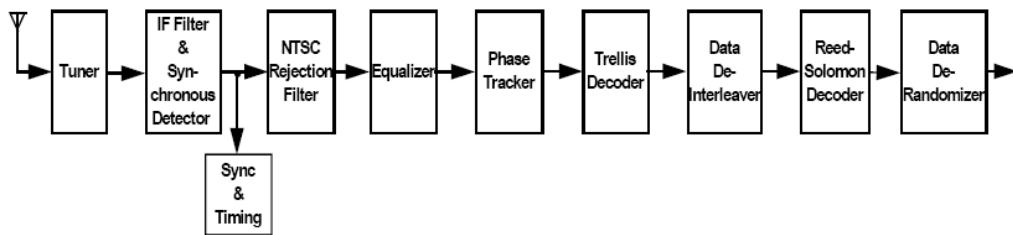


Figura 2.9. Diagrama de bloques del receptor VSB del prototipo de la Gran Alianza.

Sintonizador. El sintonizador, mostrado en la figura 2.9, como esta implementado en el prototipo de la Gran Alianza bajo prueba, recibe la señal de 6 MHz (UHF o VHF) de la antena.

La entrada al sintonizador tiene un filtro paso bandas que limita el rango de frecuencias de 50 a 810 MHz, rechazando todas las otras señales que no son de televisión que pueden caer dentro del rango de frecuencia de imagen del sintonizador (más allá de 920 MHz).

Desde las pruebas iniciales de los sistemas de la Gran Alianza, sintonizadores alternos han sido diseñados. Los receptores prácticos con un desempeño comercialmente aceptable ahora son manufacturados usando sintonizadores de conversión dual y conversión simple.

El principal problema de interferencia NTSC durante la recepción de DTV es la modulación cruzada fuerte, de una señal NTSC fuera de canal, con la señal de DTV del canal deseado en el amplificador de RF en la primer etapa de mezcla del receptor de DTV. De hecho, la señal de DTV del canal deseado es menos adversamente afectada por la modulación cruzada con una señal fuera de canal fuerte que con una señal NTSC analógica de canal deseado. Sin embargo, durante el periodo de transición de señal de DTV estará sujeta a un ambiente de interferencia más demandante. Dado que cada radiodifusor fue provisto con un canal de DTV, la potencia de DTV tiene que ser reducida para evitar menor área de servicio de NTSC. Además, las asignaciones de DTV podrían no ser protegidas de UHF prohibidas ni por restricciones de canal adyacente. Así, la conclusión generalmente aceptada es que los receptores de DTV deberían ser capaces de dar rechazo a interferencia significativamente mejor que de lo que son capaces los receptores NTSC actualmente producidos.

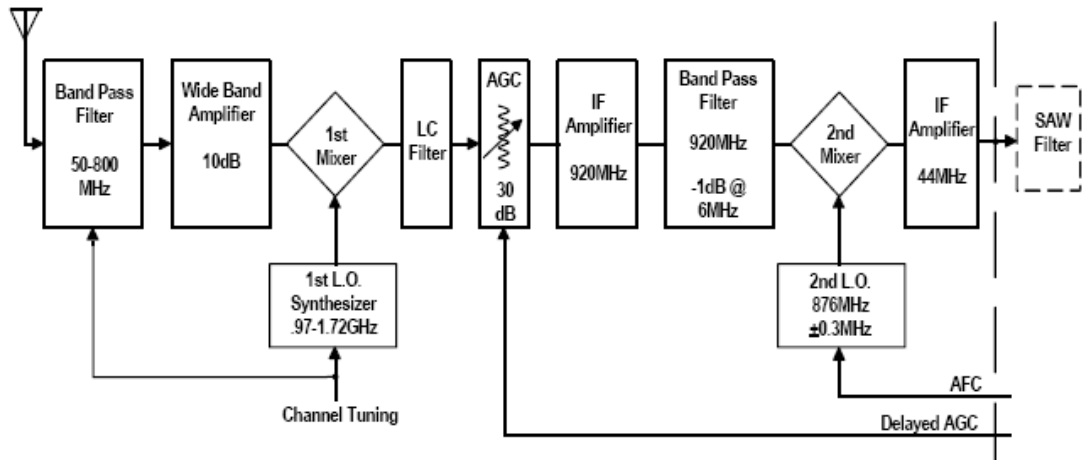


Figura 2.10. Diagrama de bloques del sintonizador en el receptor prototipo VSB.

Filtrado de canal y recuperación de portadora VSB. El receptor prototipo de la gran alianza genera señales portadoras analógicas en fase y de cuadratura de fase en frecuencia intermedia, en las cuales las señales portadoras son usadas para implementar detección de sincronía compleja de la señal de IF de VSB por métodos analógicos.

El receptor prototipo puede adquirir una señal y mantenerla fija en una razón señal a ruido de 0 dB o menos, incluso en la presencia de mucha interferencia. Dados sus 100 kHz de frecuencia de corte, el filtro paso bajas AFC rechaza la mayoría de la energía espectral en la señal de DTV de banda base I con ancho de banda de 5.38 MHz. Esto incluye mucha de la energía espectral en ruido blanco en datos aleatorios y en las secuencias en la señal DFS. El filtro paso bajas AFC también rechaza muchos de los productos de demodulación en la señal de DTV de banda base I que crece de cualquier interferencia NTSC co-canal, excepto los que crecen de la banda lateral vestigial de la interferencia NTSC co-canal. Así que mucha de la energía del ruido blanco, símbolos de DTV y cualquier interferencia NTSC co-canal es removida de la señal de entrada del amplificador/limitador. Esto lo hace extremadamente semejante al impulso de señal generado por la demodulación de la piloto que es la mayor componente de la señal de entrada del amplificador/limitador así que a esta impulso de señal lo “atrapa” el limitador y genera una onda cuadrada no afectada esencialmente por otras componentes.

Filtro de rechazo de interferencia. Las propiedades del rechazo de interferencia del sistema de transmisión VSB están basadas en la localización de las principales componentes de la señal interferente co-canal NTSC en el canal de televisión de 6 MHz y los nulos periódicos de un filtro de peine de banda base del receptor VSB.

La figura 2.11 muestra la localización y magnitud aproximada de las tres principales componentes de NTSC:

- portadora de video (V) localizada a 1.25 MHz del borde inferior de frecuencia del canal asignado
- subportadora de croma (C) localizada a 3.58 MHz de la frecuencia portadora de video
- portadora de audio (A) localizada a 4.5 MHz de la frecuencia portadora de video

Si se espera que el área de recepción para una estación de radiodifusión de DTV sufra interferencia co-canal de una estación de radiodifusión NTSC, la estación de radiodifusión de DTV generalmente cambiara su portadora a una frecuencia 28.615 kHz más lejana del borde inferior de frecuencia del canal asignado. Como muestra la figura 2.11, esto sustituye la portadora (piloto) a 338.056 kHz del borde inferior de la asignación del canal, en lugar de los 309.44 kHz nominales.

La figura 2.11b muestra la respuesta en frecuencia del filtro de peine, que proporciona nulos espectrales periódicos espaciados $57 \cdot f_H$ uno del otro. Esto es, los nulos están a 896.853 kHz uno del otro, que es $(10.762 \text{ MHz}/12)$. Hay 7 nulos en el canal de 6 MHz. El producto de demodulación de la portadora de video cae 15.091 kHz sobre el segundo nulo en la respuesta del filtro peine; el producto de demodulación de la subportadora de croma cae 7.224 kHz sobre el sexto nulo en la respuesta del filtro de peine; y el producto de demodulación de la portadora de audio cae 30.826 kHz sobre el sexto nulo en la respuesta del filtro de peine.

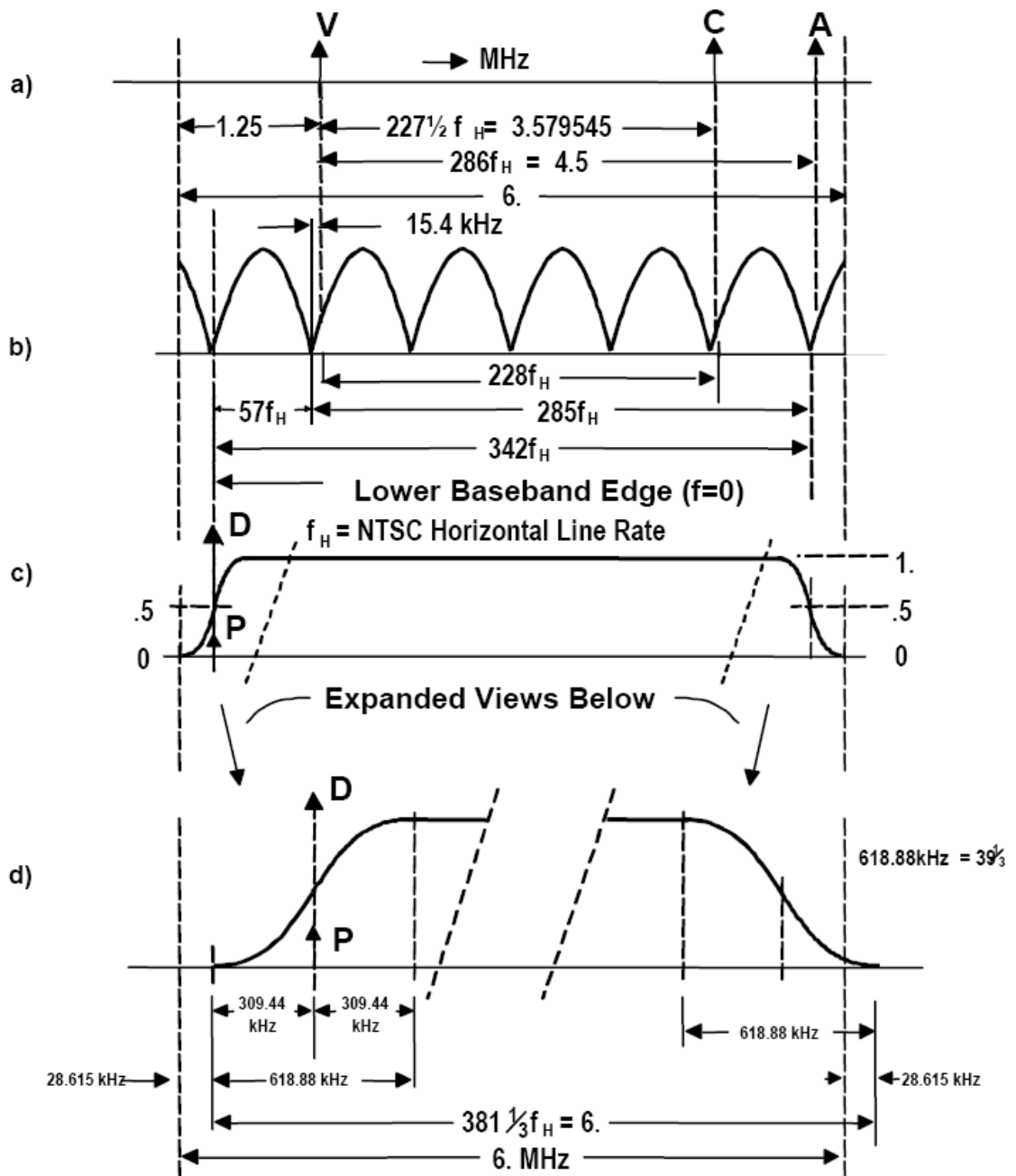


Figura 2.11. Localización de las portadoras de ntsc - filtrado de peine.

Ecuador de canal. El ecualizador/supresor de ecos compensa distorsiones de canal lineales y variaciones del espectro causadas por ecos. Esas distorsiones pueden provenir del canal de transmisión o de componentes imperfectos en el receptor.

Capturador de fase (Phase Tracker). El capturador de fase proporciona un lazo de captura de amplitud y un lazo de captura de offset así como un lazo de captura de fase. El capturador de fase proporciona sincronización de símbolo.

Decodificador Reed-Solomon. El decodificador RS en el receptor de la Gran Alianza usa 20 bytes de paridad para desempeñar la localización de errores de byte y corrección de errores de byte en una base segmento a segmento. Hasta errores de 10 bytes por segmento de datos son corregidos por el decodificador RS. Ráfagas de errores aisladas creadas por impulsos de ruido, interferencia co-canal o errores de decodificación Trellis que sean menores a 193 microsegundos de duración son corregidas por la corrección de errores RS.

Secuenciación de adquisición de lazo del receptor. El receptor de la gran alianza incorpora un “reset universal” que inicia un número de “contadores de confianza” y “banderas de confianza” involucradas en el proceso de lazo. El orden de la adquisición de lazos sigue:

- adquisición del sintetizador del LO del 1er sintonizador
- el AGC no coherente reduce señales no fijas en el rango A/D
- adquisición de portadora (FPLL)
- adquisición de reloj y segmento de datos sync
- se hace la decisión de inserción del filtro de rechazo NTSC
- el ecualizador completa el algoritmo adaptación tap (de grifo)
- comienza la decodificación de datos Trellis y RS.

ANÁLISIS DE INTERFERENCIA ENTRE TRANSMISORES DE TV CO-SITUADOS

La conversión de la televisión analógica a digital (IDT), implica la coexistencia, al menos por un tiempo, de ambos tipos de señales. Es por lo tanto de primera importancia evitar la interferencia entre ellas. En el campo, la interferencia ocurre cuando señales indeseadas “U” (undesired signals) son lo suficientemente grandes para sobrecargar los circuitos de entrada del receptor (el sintonizador) que están tratando de recibir una señal deseada “D” (desired signal). La relación de los niveles de potencia de las señales deseada a indeseada, referida como la relación D/U, describe la cantidad de interferencia a un nivel específico de señal deseada que causa una cantidad particular de distorsión. Mientras en el pasado el análisis del repetidor se hacía utilizando la potencia a la salida del transmisor (**Transmitter Power Output, TPO**) como el factor determinante de interferencia, análisis más recientes hacen uso de la Potencia Radiada Efectiva (**Effective Radiated Power, ERP**) a la salida de la antena (la cual toma en cuenta las pérdidas en el alimentador de la línea y la ganancia de la antena). Sin embargo, este no es aún el factor determinante final a considerar para la interferencia. Los efectos de propagación, los cuales están determinados por la altura promedio sobre el terreno (**Height Above Average Terrain, HAAT**), los patrones de radiación de las antenas transmisora y receptora, y las condiciones del terreno sobre las cuales se propaga la señal, deben ser incluidas en el análisis. En realidad, este es el efecto acumulativo de todas las señales a la entrada del receptor del televisor que contribuye a las condiciones de sobrecarga, y, junto con el rendimiento del sintonizador sobrecargado, determinan si la recepción de DTV es posible. Por lo tanto, la interferencia no solamente depende de la TPO y la ERP, también depende del sistema de transmisión. Así, un simple watt de ERP en el sitio del transmisor de la señal indeseada puede causar cantidades significantes de interferencia a una señal deseada si el transmisor de la señal indeseada está en las proximidades del receptor mientras el transmisor de la señal deseada se encuentra a una mayor distancia. Por lo tanto, es difícil crear reglas que estén basadas únicamente en la TPO o la ERP de un sitio transmisor. La asignación del espectro (canales) debe ser realizada usando un análisis de predicción de la intensidad de campo dependiente del terreno (por ejemplo, Longley-Rice) en conjunción con los factores de planeación D/U que están basados en el rendimiento de receptores típicos tomando en cuenta las potencias relativas de ambas señales (relación D/U) así como las potencias absolutas de las señales (fuerte, moderada, débil).

La metodología de Longley-Rice es adecuada para planear objetivos. Parece que las diferencias en predicciones de cobertura contra las medidas de campo

pueden ser atribuidas a varias causas donde la correlación u otra entrada de datos no representan exactamente las condiciones de campo.

El modelo de propagación de Longley-Rice ha sido usado eficazmente en los Estados Unidos para predecir la cobertura según las estadísticas en una amplia variedad de ciudades, incluyendo Charlotte, N.C.; Raleigh, N.C.; y Chicago, IL.

Este capítulo describe la interferencia entre señales de DTV y las señales existentes de NTSC u otras señales de DTV desde transmisores co-situados. Esto es, todas las señales deseadas e indeseadas están co-situadas, y comparten mucha de la infraestructura del sitio transmisor, tal como las torres, alimentadores de línea, antenas de banda ancha, puntos de prueba de acoplador direccional y equipo de prueba. La ventaja de tal arreglo es que los niveles relativos de las señales de DTV y NTSC observados y medidos en el terreno variarán mínimamente. Por lo tanto, la ventaja de usar transmisores co-situados deja únicamente diferenciales efectos de propagación debidos al uso de diferentes canales de RF. Las relaciones de las potencias de las señales deseadas a indeseadas (D/U) pueden ser esencialmente controladas en estos casos ajustando cuidadosamente la potencia de salida del transmisor de cada uno de los transmisores analógicos y digitales.

Las relaciones de interferencia dependen de una cuidadosa determinación y desarrollo de los factores de planeación. Esto es típicamente realizado a través de precisas pruebas de laboratorio de receptores de referencia (analógicos y digitales). El ACATS administró cuidadosamente este proceso de prueba durante el periodo de la Gran Alianza (GA). La prueba de laboratorio del ACATS fue realizada desde el 19 de abril hasta el 21 de julio de 1995 en el Centro de Pruebas de Televisión Avanzada (*Advanced Television Test Center, ATTC*). El resumen de estos resultados de las pruebas de laboratorio fue documentado y publicado en octubre de 1995. Los resultados originales de las pruebas de laboratorio del ATTC del sistema de la GA y varias pruebas de laboratorio subsecuentes, también realizadas en el ATTC, son actualmente los únicos resultados oficiales y profundos de pruebas de laboratorio fácilmente disponibles para las industrias emisoras.

Después de que todas las pruebas y análisis fueron completados, el ACATS recomendó entonces el sistema HDTV de la Gran Alianza a la FCC el 28 de noviembre de 1995. La FCC aprobó el estándar y publicó las reglas a finales de 1996, y los lineamientos de la Oficina de Ingeniería y Tecnología de la FCC (*Office of Engineering and Technology, OET*) fueron publicados poco después.

Ya que todas las señales de televisión consideradas en esta evaluación están co-situadas y asumiendo que esencialmente guardan su relativa intensidad de señal sobre toda el área de cobertura, el más riguroso TOV de interferencia en NTSC es más considerado que el índice CCIR-3: Esto es debido al hecho de

que sitios cercanos al transmisor con una fuerte señal todavía experimentarían los mismos efectos de interferencia del canal adyacente como aquellos en las áreas remotas. La metodología típica para pruebas de TOV de interferencia realizadas por el ATTC fue pulsar la interferencia entre encendido y apagado a una tasa de repetición de aproximadamente 3 segundos, lo cual permitió una evaluación subjetiva del video y del audio. Esto representa el tipo de condición de “peor caso”. También, dada la escasez del espectro en muchas partes del país, especialmente durante el periodo de transición a DTV, podría ser preferido permitir alguna interferencia adicional en las señales analógicas existentes a un nivel del índice CCIR-4 (“deterioro perceptible, pero no molesto”). Un índice CCIR-4 (equivalente a una relación C/N de 40-43 dB) es todavía una muy buena imagen, y es aceptable para una vasta mayoría de gente.

El siguiente análisis esta esencialmente basado en las medidas de laboratorio tomadas en el ATTC durante la evaluación del sistema de HDTV de la Gran Alianza (del 19 de abril al 21 de julio de 1995). Esta fue la primera prueba de laboratorio realizada durante este tiempo crucial. Su importancia puede ser remarcada por el hecho de que ningún otro juego de 24 receptores analógicos de NTSC de referencia ha sido probado y evaluado tan completa y cuidadosamente como el del ATTC durante este periodo. Sin embargo, fue encontrado que pruebas adicionales de laboratorio eran necesarias, y fueron subsecuentemente realizadas en el ATTC durante un periodo, utilizando el mismo equipo de la prueba original. Varios documentos suplementales del ATTC fueron también creados. También debe ser señalado que el único receptor de DTV que fue probado durante este periodo fue el receptor prototipo de la Gran Alianza, ya que no existía ningún otro receptor de DTV. Sin embargo, los factores de planeación de la FCC estuvieron basados en los resultados de laboratorio de este único receptor de DTV.

Los resultados y análisis de las pruebas descritas a continuación son para pruebas de interferencia entre señales analógicas de NTSC y digitales de ATSC (DTV). De particular interés es la cantidad de interferencia aceptable de DTV en NTSC, NTSC en DTV y DTV en DTV, especialmente cuantificando los resultados en términos de relaciones de potencia de señal deseada a indeseada (D/U) en las terminales de entrada del receptor. Sin embargo, estas relaciones D/U no son constantes para varios niveles de señal deseada. Las pruebas de laboratorio del ATTC se concentraron más en fuentes de interferencia única (canal adyacente) que en fuentes de interferencia múltiples (simultáneos $N+2/N+4$). Sin embargo, más pruebas oficiales de laboratorio independientes de receptores de DTV actuales con múltiples interferencias son cruciales para mejorar los planes de asignación de canales.

La interferencia de DTV en DTV ha destacado de manera fundamental. La mayor interferencia de DTV en DTV, sin considerar la interferencia co-canal y la interferencia a frecuencia de imagen, se debe al efecto no lineal de 3σ

orden. La intermodulación de 3er orden dentro del canal de DTV, identificada como IM3, tiende a reducir la relación señal a ruido de la señal deseada.

En el caso de interferencia de canal adyacente, la condición no lineal de los transmisores resulta en salpicaduras (splatter) en la banda lateral hacia los dos canales adyacentes. Esta salpicadura representa ruido dentro del canal adyacente.

Productos de intermodulación IM3. Se cuentan entre este tipo de productos los producidos por efectos de: compresión (reducción de los símbolos de mayor potencia, haciéndolos decodificar de manera incorrecta) y modulación cruzada, transferencia de información de un canal a otro.

Canales “tabú”. Son aquellos canales que no pueden ser utilizados en un área dada por estaciones retransmisoras a causa de las restricciones de los factores de planeación.

Los canales “tabú” son:

- i. Los cuatro canales que son co-canales con las frecuencias de la estación principal.
- ii. Los cuatro canales adyacentes superiores y los cuatro inferiores a las frecuencias de la estación principal.
- iii. Los cuatro canales que están N+5 y los cuatro que están N-5 a las frecuencias de la estación principal. Esto necesita ser excluido para prevenir interferencia del oscilador local.
- iv. Los cuatro canales que están N+9 y los cuatro que están N-9 a las frecuencias de la estación principal. Esto necesita ser excluido para prevenir interferencia de imagen.

Combinando todas estas restricciones juntas revelan que alrededor de 21 canales son esterilizados en una localidad dada y no pueden ser usados por retransmisores. Aunque en la práctica hay excepciones a estas reglas, es probable encontrar canales disponibles para emitir un nuevo servicio digital.

3.1 Relaciones de interferencia de DTV en NTSC – Sin splatter

La interferencia en NTSC durante la transición a la televisión digital es un tema muy importante. Las señales analógicas y digitales deben coexistir por un periodo de tiempo hasta que las señales analógicas dejen de ser transmitidas. Por algún tiempo, la FCC ha estado reuniendo datos relativos a las características de rechazo de interferencia de los receptores de NTSC bajo diferentes relaciones de canal “tabú” y niveles de señal. Sin embargo, la FCC no reunió datos relativos a las características de sobrecarga frente-atrás de estos receptores. Esto es, los datos obtenidos han sido bajo niveles débiles y moderados de señal NTSC deseada, cuando determinaron los niveles de

interferencia de canal adyacente (relaciones D/U). La tabla original de asignación NTSC de la FCC no fue diseñada para asegurar que estos receptores no estuvieran expuestos a unos niveles extremadamente altos de señal deseada (fuerte, moderada y débil).

Tabla 3.1. Relaciones de interferencia de DTV en NTSC: Umbrales TOV sin splatter de DTV.

Digital en Analógico	D/U Media Nivel Fuerte D=-15 dBm	D/U 83.3% Nivel Fuerte D=-15 dBm	D/U Media Nivel Moderado D=-35 dBm	D/U 83.3% Nivel Moderado D=-35 dBm	D/U Media Nivel Débil D=-55 dBm	D/U 83.3% Nivel Débil D=-55 dBm
Desplazamiento del canal	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
-8	-6.90	-1.90	-16.11	-12.27	-31.62	-26.28
-3	-1.73	+0.77	-18.28	-14.95	-29.73	-25.06
-2	-1.43	+0.73	-15.00	-10.00	-23.74	-20.57
-1	+0.23	+3.73	-0.77	+2.73	-5.92	-1.25
0	-----	-----	+51.27	+52.43	+47.74	+48.40
+1	+0.26	+9.59	-1.92	+11.41	-1.95	+10.38
+2	-3.80	+0.87	-17.47	-15.30	-27.94	-21.10
+3	-5.55	-2.38	-19.79	-17.13	-34.13	-28.46
+4	-5.60	-1.27	-18.22	-15.88	-24.96	-19.63
+8	-9.77	-6.10	-22.97	-20.30	-43.22	-38.38
+14	-8.40	-4.07	-22.24	-19.24	-29.55	-23.21
+15	+1.29	+4.45	-14.54	-10.20	-17.58	-11.41

La Tabla 3.1 resume las pruebas completas de laboratorio originales de TOV de interferencia de DTV en NTSC realizadas en el ATTC utilizando los 24 aparatos de televisión NTSC de referencia. En esta tabla se incluyen todas las pruebas de co-canal, canal adyacente y canal “tabú” con interferencia única, del plan de pruebas recomendado por el ACATS. La interferencia de canal adyacente desde N-8 a N+8 es causada por intermodulación y/o modulación cruzada. Hay excepciones tales como N+4, N+14 y N+15 que tienen diferentes mecanismos que el resto de los canales. N+4 es el caso “half IF” donde la segunda armónica del oscilador local sobrepasa la segunda armónica de la señal no deseada, causando que el sobrepaso en frecuencia caiga en la banda IF de televisión. En N+14 y N+15 son mecanismos lineales los que producen un sonido y una imagen de cuadro, respectivamente. Note que el TOV es usado como el criterio de umbral en la Tabla 3.1, ya que este análisis es un estudio de transmisor co-situado que describe las relaciones D/U sobre el área entera de servicio y no sólo en el contorno limitado por ruido.

Los receptores de televisión tienen típicamente unos filtros de rastreo que dejan pasar las señales deseadas y rechazan la mayoría de las señales no deseadas. Sin embargo, no son filtros con un ancho de banda estrecho, ni filtros con un ancho de banda típicamente constante, ya que el ancho de banda cambia con la frecuencia central. Por lo tanto, los anchos de banda de los filtros de rastreo son mayores en las frecuencias de UHF que en las de VHF. A menudo múltiples señales de canales adyacentes pasan a través del filtro al preamplificador y mezclador para causar sobrecarga. El control de ganancia automática (*Automatic Gain Control, AGC*) en los receptores de NTSC es típicamente derivado de la señal deseada para ajustar la ganancia a un nivel de banda base fijo. Ambos subsistemas receptores (AGC y filtros de

rastreo) tienen un efecto en el rendimiento de interferencia de canal adyacente. En los receptores de DTV, es posible que el AGC sea derivado de la combinación de la señal deseada y de alguna señal no deseada del canal adyacente que pase a través del filtro de rastreo, lo cual puede proveer una significativa mejora en el rendimiento del sintonizador de DTV sobrecargado.

Los resultados medianos de D/U son típicamente usados para los valores de interferencia en los análisis de laboratorio, lo cual significa que la mitad de las televisiones de NTSC de referencia están por debajo del TOV de interferencia a esta relación. Esta es la filosofía adoptada por el grupo de pruebas de laboratorio del ACATS así como por la FCC cuando los factores de planeación de asignación de canales fueron seleccionados para las reglas de estaciones de servicio completo de DTV. Por ejemplo, los resultados de interferencia D/U para el 83% de los aparatos (20 de los 24 aparatos de TV de referencia) puede ser evaluado para el TOV, lo cual significa que el 83% de los aparatos de TV NTSC tendrán el TOV o un mejor rendimiento de interferencia a esta relación. La Tabla 3.1 contiene también estos datos como una comparación de los valores medios normativos.

Todos los resultados de TOV de las pruebas en la Tabla 3.1 (excepto N+8 a un nivel moderado deseado) provienen de las pruebas originales del ATTC. Las relaciones D/U que describen todo de los fuertes y uno de los moderados (N+8) niveles deseados provienen de la prueba suplemental de Interferencia de canal adyacente de DTV (Tabla 3.1).

La razón de las dos diferentes pruebas es que las pruebas originales de la GA no midieron los canales adyacentes bajo fuertes condiciones de señal NTSC deseada, ya que fue asumido que la probabilidad de este nivel de interferencia sería mínima. Esto es, fue creído que las señales de DTV nunca llegarían tan fuertes, aún en receptores localizados en la cercanía del transmisor de DTV. El consenso general al momento fue que los máximos niveles de potencia de DTV encontrados a la entrada de los receptores de NTSC serían similares a los niveles de potencia esperados de NTSC, esto es -15 dBm. Por lo tanto, las pruebas de estudio del ATTC no fueron originalmente diseñadas para proveer estos altos niveles de potencia de señales de canal DTV adyacente no deseadas. Como resultado, los niveles de potencia del canal DTV interferente en las pruebas de estudio no fueron suficientes para causar interferencia a más del 50% de los aparatos de TV de referencia en todos los canales adyacentes de UHF para una fuerte señal NTSC deseada. Solamente datos de interferencia de canal adyacente para señales débiles y moderadas de NTSC deseadas fueron medidos originalmente.

Sin embargo, a la luz de la decisión de la FCC para permitir a las estaciones de UHF incrementar (maximizar) su potencia radiada, fue pensado apropiadamente reexaminar la interferencia de canal adyacente de DTV en NTSC para fuertes niveles de señal NTSC deseada (-15 dBm). Sin embargo, el plan de pruebas de la Gran Alianza, derivado por el grupo del ACATS, pidió

un nivel fuerte de señal NTSC deseada de -25 dBm para las pruebas de interferencia del primer canal adyacente en lugar de los -15 dBm utilizados en pruebas previas. Fue hasta este momento que el canal adyacente N+8 a un nivel moderado de señal NTSC deseada fue nuevamente probado ya que un nivel suficientemente fuerte de señal DTV no deseada no pudo ser alcanzado en la prueba de estudio durante las pruebas originales.

Una relación de potencias NTSC/DTV de +10 dB (potencia máxima de la señal NTSC 10 dB por encima de la potencia promedio de la señal DTV) en el sitio del transmisor co-situado proveerá el TOV o un mejor rendimiento de interferencia en un 83% de los receptores de NTSC.

Otro resultado de las pruebas suplementarias de laboratorio de canal adyacente es que fue determinado que el audio no es el mecanismo dominante de interferencia, pero sí el video. Este mismo resultado fue observado en las pruebas de interferencia de canal adyacente con splatter.

Los resultados de la Tabla 3.1 también indican que las relaciones D/U de interferencia no son constantes con el nivel de la señal NTSC deseada. Los filtros de rastreo y el AGC pueden afectar el rendimiento de interferencia así como las capacidades de sobrecarga de la circuitería del sintonizador frente-atrás. Limitar la potencia total alcanzable a los circuitos de entrada del receptor, especialmente del mezclador, es importante para minimizar problemas de sobrecarga. A veces esta sobrecarga por múltiples señales interferentes es llamada “sobrecarga de fuerza bruta” (**Brute Force Overload, BFO**) de la circuitería del sintonizador frente-atrás.

Debe ser notado que los factores de planeación de la FCC (6° Reporte y Orden), están basados en los resultados de las pruebas de laboratorio del ATTC de canal adyacente realizadas con niveles débiles de señal NTSC deseada (-55 dBm) lo cual no podría ser apropiado en las áreas de cobertura en donde existen niveles moderados o fuertes de señales NTSC. Los factores de planeación de la FCC para relaciones de interferencia D/U deberían tomar en cuenta el nivel de la señal NTSC deseada en lugar de usar un valor constante en cualquier lugar del área de cobertura. A menudo, tres niveles de señal NTSC deseada son considerados: débil (-55 dBm), moderada (-35 dBm) y fuerte (-15 dBm).

3.2 Pulsación de color e interferencia de audio del canal adyacente superior de DTV en NTSC – Sin splatter

La mayoría de los factores de planeación utilizados por la FCC para las relaciones D/U de interferencia provienen de las pruebas de laboratorio de la GA en el ATTC en Alexandria, VA, en 1995. Durante las pruebas de interferencia, un resultado inesperado ocurrió en la prueba de canal adyacente superior de DTV en NTSC involucrando la croma y la repuesta de audio de NTSC. Estas pruebas no tomaron en cuenta el splatter del canal adyacente del

“mundo real” causado por la no linealidad del amplificador de alta potencia permitida por la rígida máscara de emisión de la FCC. A pesar de la falta de splatter de DTV (lo cual fue corregido en las pruebas del ACATS subsecuentes en el ATTC), los resultados descritos en este punto todavía proveen un buen entendimiento teórico de los mecanismos de interferencia.

Pruebas de canal adyacente fueron realizadas para determinar el TOV y el índice perjudicial CCIR-3 de las relaciones D/U para la interferencia de DTV en NTSC. Sin embargo, un índice CCIR-3 es usado para determinar las relaciones D/U que podrían ser esperadas en la periferia del área de cobertura, donde dos señales de canales adyacentes provenientes de ciudades diferentes pueden estar presentes. (El CCIR-3 no es utilizado cuando se consideran señales de canales adyacentes de sitios transmisores localizados en el mismo o lugar o en lugares cercanos en la misma ciudad). Como la señal DTV interferente fue incrementada para determinar los límites de interferencia CCIR-3 en los 24 receptores NTSC de referencia, los observadores expertos notaron que algunos de los receptores exhibieron una “pulsación de color” a baja frecuencia que ocurrió durante una prueba de imagen. Esto ocurrió para los tres niveles de señal NTSC deseada (fuerte, moderada y débil). Los expertos también notaron que estos mismos aparatos de TV a menudo tienen un ruido de color y desaturación de color (y bajo algunas condiciones de interferencia, unos de los aparatos estaban en blanco y negro debido a la activación del circuito “color killer”). Esta pulsación de color que fue observado en algunos de los aparatos tiene un equivalente perjudicial a un índice CCIR-3 a un menor nivel de interferencia que el indicado en el voto final por los expertos observadores. En otras palabras, la pulsación de color fue ignorada durante la votación oficial para los niveles de interferencia CCIR-3 a favor del deterioro en forma de ruido esperado. Sin embargo, este fenómeno fue desconcertante para los examinadores, y por lo tanto, completamente investigado por el ATTC y por la Gran Alianza.

El deterioro observado por los observadores expertos durante la prueba de video tomó la forma de rayas de color diagonales a baja frecuencia (beat pattern, patrón de pulsación). Subsecuentemente, una prueba ejecutada cuidadosamente reveló que el beat pattern estaba siempre presente en la imagen. Fue determinado que si la pulsación de color encontrada en algunos de los aparatos de NTSC no fue ignorado pero fue considerado en el proceso de votación de los observadores expertos, entonces la pulsación de color estuvo mostrando ser el deterioro de video dominante para esta prueba (sin splatter de DTV).

La pulsación de color de la señal de DTV del canal superior adyacente mostró ser el efecto visual dominante (CCIR-3) a los tres niveles de señal NTSC deseada. La relación D/U media del canal adyacente superior (ignorando la pulsación perjudicial de color) para un índice perjudicial CCIR-3 de los 24 receptores de referencia fue determinado para ocurrir a -16.91 dB a un nivel débil de señal NTSC deseada (-55 dBm), -13.03 dB a un nivel moderado (-35

dBm) y -13.00 dB a un nivel fuerte (-25 dBm). Además, el grupo de la ACATS decidió usar -25 dBm como el nivel fuerte de señal NTSC deseada en estas primeras pruebas de interferencia de canal adyacente en lugar de los -15 dBm usados en periodos previos de pruebas. Sin embargo, los deterioros de pulsación de color en algunos de los 24 aparatos NTSC de referencia ocurrieron con interferencia menor que la de los niveles perjudiciales de video CCIR-3 votados. A los -55 dBm del nivel débil de señal NTSC deseada, el pulsación de color fue predominante en 8 receptores (2.0 a 14.2 dB menos de la interferencia necesaria para el CCIR-3 que la determinada por el voto original), degradando el nivel medio del CCIR-3 de los 24 receptores por 1 dB. A los -35 dBm del nivel moderado de señal NTSC deseada, la pulsación de color fue predominante en 13 receptores (9 a 26 dB menos de la interferencia necesaria para el CCIR-3 que la determinada por el voto original), degradando el nivel medio del CCIR-3 de los 24 receptores por 11.5 dB. A los -25 dBm del nivel fuerte de señal NTSC deseada, la pulsación de color fue predominante en 10 receptores (7.1 a 17.9 dB menos de la interferencia necesaria para el CCIR-3 que la determinada por el voto original), degradando el nivel medio del CCIR-3 de los 24 receptores por alrededor de 4 dB. Es obvio que hay variabilidad en este deterioro de pulsación de color por interferencia de canal superior adyacente (superior a 11.5 dB) entre los receptores de NTSC de referencia.

En la prueba fue mostrado que algunos receptores de TV tienen respuesta significativa en el canal adyacente, aún a la altura de la frecuencia piloto residuando a 5.06 MHz sobre la portadora de video de la señal NTSC deseada. Esta extensión de la respuesta de croma en el canal adyacente no había sido un problema en el pasado ya que la FCC no asignó estaciones emisoras terrestres de NTSC una junto a otra. Sin embargo, una señal de DTV de canal adyacente tiene energía significativa por debajo de la frecuencia piloto, la cual está solamente 309 kHz por encima del margen inferior de la banda. Por lo tanto, tanto la pequeña portadora piloto VSB en fase además de la cercana energía de los datos en forma de ruido pasan a través de los filtros en cascada en algunos de los receptores de NTSC. La piloto de VSB sobrepasa la subportadora de color de NTSC por 3.58 MHz ($5.06 - 3.58 = 1.48$ MHz) para crear una pulsación de “rayas diagonales” a baja frecuencia mientras las bandas laterales de DTV en forma de ruido son convertidas a ruido de baja frecuencia en donde son visibles como ruido de color. En adición al ruido de color, había también algún ruido de luminancia de alta frecuencia observado debido a la señal de DTV en banda filtrándose a través de los filtros en cascada además de ruido del splatter del canal adyacente residual del transmisor de DTV e intermodulación del sintonizador de NTSC. A relaciones D/U pequeñas (nivel alto de interferencia no deseada), el ruido de luminancia también degrada la señal cercana a los niveles perjudiciales CCIR-3. Similar a la pulsación de color, hay también una pulsación de luminancia de 5.06 MHz a muy alta frecuencia (entre la portadora de imagen de NTSC y la portadora piloto del canal adyacente de DTV). Las variaciones en el diseño del receptor de TV modifican el análisis anterior. Esto explica la amplia

variación en las relaciones D/U de canal adyacente de DTV en NTSC medidas durante las pruebas de laboratorio del ATTC.

La media de los 24 receptores de referencia usada durante las pruebas de laboratorio del ATTC fue determinada para ocurrir a una relación de interferencia D/U de canal adyacente superior de -16.91 dB a un nivel débil de señal NTSC deseada (-55 dBm), -13.03 dB a un nivel moderado de señal NTSC deseada (-35 dBm) y -13 dB a un nivel fuerte de señal NTSC deseada (-25 dBm). A estos grandes niveles de interferencia de canal adyacente superior de DTV (potencia promedio de DTV entre 13 y 17 dB arriba de la potencia pico de NTSC) junto con una pobre respuesta del receptor NTSC del canal adyacente, no es sorprendente que varios factores de interferencia sean observados como ruido de color, desaturación de color, pulsación de color de 1.48 MHz, ruido de luminancia y una pulsación de luminancia de 5.06 MHz a una muy alta frecuencia.

Otro efecto fue observado durante las pruebas de laboratorio iniciales del ATTC del sistema de la Gran Alianza en 1995. Fue determinado que, para los tres niveles de la señal NTSC deseada (fuerte, moderada y débil), la calidad de la señal de audio era afectada (índice CCIR-4 “un poco molesto”) a grandes relaciones D/U de interferencia (menos interferencia) que para un nivel perjudicial CCIR-3 de video. Esto significa que el rendimiento del audio fue el factor limitante a un nivel de señal fuerte y moderado deseado de NTSC (sin splatter de DTV presente). Un índice perjudicial de audio CCIR-4 fue usado en lugar de un índice CCIR-3 a un nivel fuerte y moderado deseado desde que fue esperado que el audio fuera mejor que el video en la mayoría de las circunstancias. Un índice de audio CCIR-3 fue usado solamente en el margen del área en donde las señales de NTSC deseadas son débiles. Esta predominancia de interferencia de audio sobre la de video fue una sorpresa ya que este efecto no fue observado en la primera ronda de pruebas en 1992 en donde pruebas objetivas de audio fueron realizadas en lugar de pruebas subjetivas. Durante las pruebas de interferencia de canal adyacente superior de DTV en NTSC de la Gran Alianza en 1995, el deterioro del audio fue considerado el factor limitante. Sin embargo, este resultado fue subsecuentemente nulificado cuando las pruebas fueron repetidas con splatter presente de DTV permitido por la FCC.

Similar a la situación de pulsación de color, el análisis de interferencia de audio mostró variaciones en el diseño del receptor de NTSC. La media de TV (con el peor caso de relación de portadora visual a auricular de 13 dB) fue encontrada a una relación D/U de -12 dB en lugar de los -17 dB para un índice perjudicial de video CCIR-3. Esta diferencia de 5 dB indica más sensibilidad en el canal de audio que en el canal de video.

Un resumen de los resultados originales de la prueba de laboratorio de canal adyacente superior de DTV en NTSC (sin splatter de DTV) del ATTC del sistema de HDTV de la Gran Alianza es mostrado en la Tabla 3.2. Desde que

los índices perjudiciales CCIR-3 están siendo medidos y el splatter de DTV no esta presente, son tolerados fuertes niveles de interferencia, con relaciones D/U alcanzando casi los -17 dB. Sin embargo, a estos fuertes niveles de señal de DTV no deseada, la pulsación de color y el ruido/desaturación de color es peor que el que podría ser tolerado si el splatter de DTV estuviera presente y los umbrales TOV fueran usados, limitando así los valores de D/U aceptables por debajo de estas condiciones sin splatter.

Tabla 3.2. Interferencia de canal adyacente superior de DTV en NTSC: Umbrales CCIR-3 para pulsación de color y umbrales CCIR-4 para audio sin splatter de DTV.

Nivel de NTSC deseado	Median CCIR-3 Voted Video w/o Color Beat Impairment	Median CCIR-3 Adjusted Video w/Color Beat Impairment	83.3% CCIR-3 Adjusted Video w/Color Beat Impairment	Median CCIR-4 Audio V/A = 13 dB Impairment	83.3% CCIR-4 Audio V/A = 13 dB Impairment
(F / M / D)	D/U (dB)	D/U (dB)	D/U (dB)	D/U (dB)	D/U (dB)
Fuerte: -25 dBm	-13.00	-8.52	+3.12	-11.80	-9.05
Moderado: -35 dBm	-13.03	-1.46	+11.04	-10.78	-4.03
Débil: -55 dBm	-16.91	-15.91	-2.91	-11.85	-7.85

Note que la pulsación de color aumenta (empeora) los valores medios de las relaciones D/U de video CCIR-3 de 1 a 11.5 dB (los niveles moderados de señal NTSC deseada son los peores). También, los valores medios de las relaciones D/U CCIR-4 de audio son más restrictivos (limitantes) que los valores medios de las relaciones D/U CCIR-3 de video. Sin embargo, el receptor de NTSC mediano todavía tiene buen rendimiento de interferencia de canal adyacente superior aún cuando la pulsación de color es considerado (relación D/U entre -15.9 y -1.46 dB). Note que el peor caso de relación D/U para el 83% del índice perjudicial de pulsación de color CCIR-3 es +11.04 dB. Como una referencia, 13 de los 24 receptores NTSC de referencia tuvieron pulsaciones de color evidentes, y solo 10 de estos 13 tuvieron niveles de interferencia por debajo de la señal deseada (relaciones D/U positivas).

La conclusión preliminar de este análisis fue que la asignación del espectro del canal adyacente superior por la FCC estaría limitada por la pulsación de color y la interferencia de audio (note que los datos de audio en la Tabla 3.2 tienen relaciones D/U más restrictivas que las relaciones D/U de video votadas). Sin embargo, como será mostrado posteriormente, este no es el caso cuando el splatter de canal adyacente del “mundo real” de los transmisores de DTV es tomado en cuenta ya que este limita las relaciones D/U para niveles de interferencia donde la pulsación de color y los deterioros de audio son insignificantes. A pesar de la presencia de la pulsación de color, el peor caso de relación D/U mediana esta sólo alrededor de -1.5 dB, lo cual indica que transmisores de DTV y NTSC co-situados con una relación de potencia de +10 dB tendría aceptables resultados (NTSC 10 dB por encima de DTV).

3.3 Técnicas de desplazamiento en frecuencia del canal adyacente superior de DTV.

Para mitigar el problema de pulsación de color y luminancia, el ATTC recomendó el uso de un desplazamiento en frecuencia preciso entre la señal de NTSC deseada y la señal interferente no deseada de DTV del canal adyacente superior. La diferencia de frecuencia nominal entre la pequeña portadora piloto de DTV (la cual tiene una potencia 11.3 dB por debajo de la potencia promedio total de la señal de DTV en 6 MHz) y la portadora visual de NTSC puede ser determinada como sigue:

$$\begin{aligned} F_{PILOTO} - F_{VISUAL} &= F_{CROMA} + 94.055556 * F_H \\ &= (455/2) * F_H + 94.055556 * F_H \\ &= 5.0594406 MHz \end{aligned}$$

$$F_{PILOTO} - (F_{VISUAL} + F_{CROMA}) = 94.055556 * F_H = 1.4798951 MHz$$

en donde F_H es la frecuencia de escaneo horizontal de NTSC de 15.734 kHz ($= 4.5 MHz / 286$). Fue determinado que si la diferencia de frecuencia entre la frecuencia de la portadora piloto y la frecuencia de la subportadora de color de NTSC fuera cambiada (F'_{PILOTO}) para ser un múltiplo impar de la tasa de línea media de NTSC, la pulsación de color sería “integrada” en el sistema visual humano en la misma manera que la subportadora de color de 3.58 MHz, la cual es también un múltiplo impar de la tasa de línea media de NTSC ($455 * 1/2$). Esto es

$$\begin{aligned} F'_{PILOTO} - F_{VISUAL} &= F_{CROMA} + (191/2) * F_H \\ &= (455/2) * F_H + 95.5 * F_H \\ &= 5.0821678 MHz \end{aligned}$$

$$F'_{PILOTO} - (F_{VISUAL} + F_{CROMA}) = (191/2) * F_H = 1.5026224 MHz$$

en donde 191 es el múltiplo impar de la tasa de línea media. Esta es la diferencia de frecuencia deseada entre la portadora piloto y la subportadora de color, lo que significa que la portadora piloto de DTV debería estar desplazada por

$$F'_{OFFSET} = F'_{PILOTO} - F_{PILOTO}$$

$$= 5.0821678\text{MHz} - 5.0594406\text{MHz}$$

$$= +22.7272\text{kHz} (\pm 1\text{kHz})$$

Note que la tolerancia requerida no es crítica ya que el desplazamiento es comparado con alrededor de 7.85 kHz (tasa de línea media). Sin embargo, mientras esto removería esencialmente la pulsación de color original de baja frecuencia (1.48 MHz), no removería pulsación restante en luminancia de alta frecuencia (5.08 MHz). Para estaciones de amplio servicio, la FCC exige a las señales de DTV del primer canal adyacente superior tener un desplazamiento en frecuencia preciso de tal manera que la pulsación de luminancia de alta frecuencia sea eliminada por el sistema visual humano por vía del entrelazado de la trama de video. Esto requiere un desplazamiento adicional de 29.97 Hz, lo cual lleva al requisito final de la frecuencia piloto de DTV (F''_{PILOTO}):

$$F''_{PILOTO} - F_{VISUAL} = (455/2) * F_H + 95.5 * F_H - 29.97 = 5.0821379\text{MHz}$$

$$F''_{OFFSET} = 5.0821379\text{MHz} - 5.0594406\text{MHz} = +22.6973\text{kHz} (\pm 3\text{Hz})$$

Sin embargo, debería ser notado que la precisión del desplazamiento en frecuencia únicamente elimina la pulsación de color (“rayas diagonales”) y la pulsación de luminancia, pero no mitiga los efectos del ruido de color, desaturación de color y ruido de luminancia. Solamente un diseño mejorado del receptor analógico de NTSC o menores relaciones D/U pueden solucionar estos problemas. También, el efecto de la pulsación de luminancia de alta frecuencia no es tan desagradable para el ojo humano como la pulsación de color de baja frecuencia ya que el sistema visual humano actúa como un filtro paso bajas. Por estas razones, puede no ser necesario emplear un desplazamiento en frecuencia preciso en situaciones de repetidor co-situado a baja potencia, en donde las relaciones D/U pueden ser mantenidas relativamente altas (bajos niveles de interferencia) y están mucho mejor controladas. También, sólo aquellos receptores de NTSC con pobre respuesta de canal adyacente en su circuitería del color exhibirán estos problemas. Y finalmente, ningún otro deterioro (ruido, multitrayectoria, etc.) que este presente en la señal de NTSC recibida tenderá a ocultar algún producto de pulsación de color y luminancia.

3.4 Interferencia de canal adyacente de DTV en NTSC – Con splatter

Todo el análisis anterior es de datos de pruebas de laboratorio sobre el sistema de la Gran Alianza cuando la señal de DTV interferente no deseada no tenía esencialmente splatter (el splatter fue al menos 51 dB menor a la potencia en banda, y posiblemente hasta 60 dB menor). Sin embargo, las primeras relaciones D/U de interferencia de canal adyacente de DTV en NTSC y de DTV en DTV están muy afectadas por la cantidad de energía

aceptable del splatter de DTV en el canal adyacente. Este splatter de DTV es debido en primer lugar a las no linealidades (de 3^{er} y de 5^o orden) que surgen en el amplificador de alta potencia (HPA) utilizado en los sitios del transmisor. Los productos de distorsión de intermodulación no solo caen entre el canal de DTV, también caen en los canales adyacentes superior e inferior. El splatter de DTV fuera de banda aparece como co-canal para cualquier primer canal adyacente de NTSC o para otras señales de DTV. Este splatter esta presente en transmisores de alta potencia empleados en estaciones de servicio completo de DTV así como en transmisores de baja potencia empleados en repetidores de DTV.

Pruebas de laboratorio subsecuentes del ATTC fueron realizadas el 30 de agosto de 1996 con la intención de determinar si había o no algún margen de implementación en las relaciones D/U de interferencia entre señales de canales adyacentes de NTSC y de DTV usando la máscara de emisión de la FCC (la original) y cuantificando los resultados.

El enfoque general de la prueba fue determinar la interferencia del splatter de DTV en NTSC de una señal 8-VSB típica con splatter de canal adyacente sólo encontrado en la entonces propuesta máscara de emisión original de la FCC. La prueba de laboratorio fue realizada con splatter de DTV de canal adyacente generado por cantidades controladas de no linealidades en un amplificador IF de estado sólido justo antes de la conversión hacia arriba. Esta señal no deseada fue fijada a cada lado de la señal NTSC deseada del canal 23 (primer canal adyacente superior 24 y primer canal adyacente inferior 22), la cual estaba a un nivel moderado (-35 dBm). Los mismos 24 receptores NTSC de referencia fueron usados otra vez para la prueba de vista subjetiva de los observadores expertos. El TOV fue determinado una vez más pulsando la señal de interferencia para diferenciar la interferencia del material del programa, el cual provee un resultado de prueba conservativo (peor caso) de al menos 2 a 3 dB.

Los resultados de interferencia de canal adyacente superior e inferior de DTV en NTSC, mostrados en las Figuras 3.1 y 3.2 respectivamente, representan los niveles de potencia relativos a los cuales cada uno de los receptores de NTSC apenas comenzó a mostrar un deterioro como el juzgado por cada observador experto, por ejemplo, al TOV. La interferencia del canal adyacente inferior de DTV en NTSC tiene una relación media D/U de +11.33 dB mientras la interferencia del canal superior adyacente tiene una relación media D/U de +7.33 dB. Note que la propagación de la interferencia del canal adyacente inferior no es tan grande como la interferencia del canal adyacente superior.

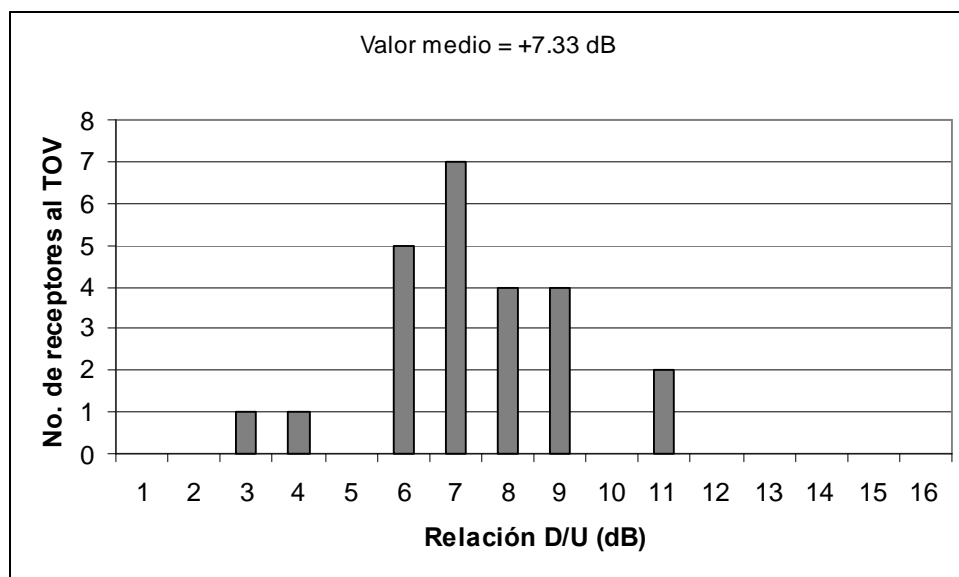


Figura 3.1. Canal adyacente superior de DTV en NTSC con splatter de DTV presente (equivalente a la máscara original de la FCC)

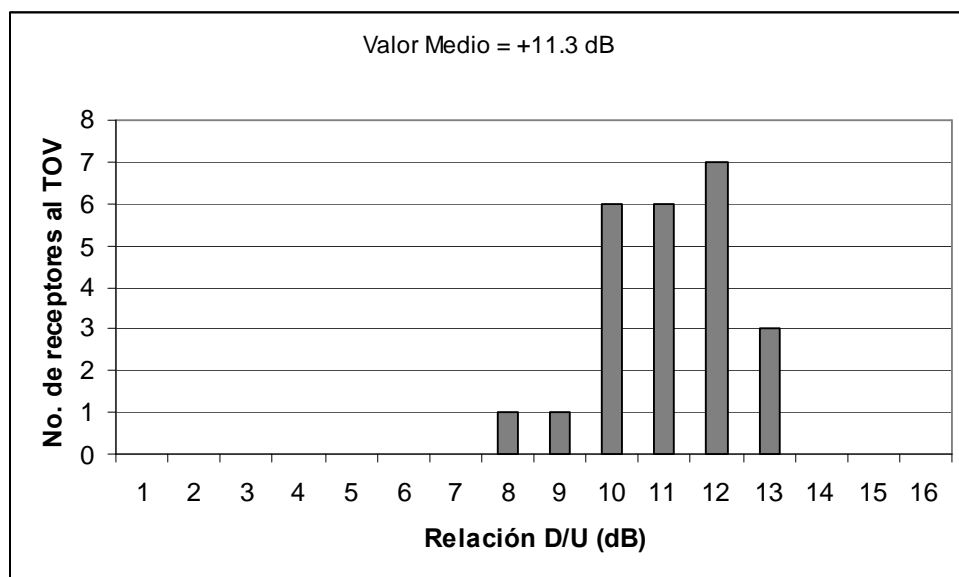


Figura 3.2. Canal adyacente inferior de DTV en NTSC con splatter de DTV presente (equivalente a la máscara original de la FCC)

Una interesante comparación fue hecha en el ATTC con respecto a las relaciones de interferencia del TOV (no del CCIR-3) para señales de DTV con y sin splatter de canal adyacente., como es mostrado en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Comparación de los niveles de interferencia TOV de DTV en NTSC con y sin splatter de DTV.

Condición DTV en NTSC	Canal Adyacente Inferior D = -35 dBm D/U (dB)	Canal Adyacente Superior D = -35 dBm D/U (dB)
Interferencia de DTV @ TOV con splatter	+11.23	+7.33
Interferencia de DTV @ TOV sin splatter	-0.77	-1.92

Note que la diferencia en los niveles del TOV es de alrededor de 12 dB para el canal adyacente inferior y de 9.5 dB para el canal adyacente superior, lo cual es una cantidad significativa. Esto significa que en aplicaciones del “mundo real”, la señal de DTV interferente (comparada a la señal de NTSC) no puede ser casi tan fuerte como se pensó originalmente y que el límite operacional esta esencialmente determinado por la distorsión lineal causada por el splatter del canal adyacente (el cual actúa como una interferencia co-canal) en lugar de la distorsión no lineal causada por la interferencia de modulación cruzada del canal adyacente (sobrecarga). Este hecho explica por qué durante la prueba original del ATTC sin splatter de DTV, la interferencia en los aparatos de NTSC apareció como ruido de tipo impulsivo (debido a la modulación cruzada no lineal), y por qué durante las pruebas subsecuentes del ATTC con splatter de DTV, la interferencia apareció como ruido de tipo aleatorio (debido al splatter co-canal lineal).

Note que a una relación de +10 dB de NTSC a DTV se encuentra el límite del umbral de interferencia TOV del receptor NTSC medio para el canal adyacente superior pero equivocado por 1.3 dB en el canal adyacente inferior. Sin embargo, la determinación del TOV del laboratorio del ATTC usó una metodología conservativa que consistió en pulsar la interferencia de DTV, lo cual es por lo menos 2-3 dB peor (visualmente) para un espectador promedio que si dicha metodología no hubiera sido utilizada. Además, el número de aparatos de TV de NTSC que son afectados por este perjudicial TOV están sólo en locaciones en donde los niveles de la señal NTSC deseada es fuerte o moderado (> -45 dBm), relativamente libre de ruido (SNR > 51 dB), y relativamente libres de deterioro (sin multitrayectoria, ruido impulsivo, co-canal, etc.). De otra manera, cualquier cantidad de ruido blanco Gaussiano (u otros deterioros) en el receptor tendería a ocultar la interferencia del TOV “apenas visible” de las señales de DTV adyacentes (“tabú”). Por lo tanto, una relación de transmisión de +10 dB de NTSC a DTV podría proveer resultados satisfactorios.

Durante esta particular prueba de splatter en donde la piloto de DTV, la portadora visual y la subportadora de croma de NTSC fueron fijadas para un desplazamiento de frecuencia preciso (siguiendo los lineamientos previos), ninguno de los 24 aparatos receptores de NTSC mostraron una pulsación de

color. Sin embargo, debería ser recordado que un desplazamiento en frecuencia preciso de la portadora de DTV no es necesario para eliminar la pulsación de color, pero sí un desplazamiento no preciso que tiene sólo alrededor de 1 kHz de tolerancia. Es requerido un desplazamiento preciso para eliminar la pequeña pulsación de luminancia de 5.08 MHz restante, el cual a menudo no es tan significativo o notable como la pulsación de color. También, la pulsación de color no es un fenómeno tan grande cuando las relaciones D/U son grandes (señal interferente de DTV pequeña), lo cual es la situación requerida cuando el splatter de DTV esta presente y este es el factor limitante. Para la relación de 10 dB de NTSC a DTV propuesta en casos de repetidor co-situado, esto es particularmente cierto.

También, desde que el splatter de DTV requirió estas grandes (positivas) relaciones de interferencia D/U (interferencia menor), ninguna interferencia de audio fue observada durante esta prueba específica del ATTC. Esto significa que el splatter de DTV en la señal de video de NTSC del canal adyacente es el límite primario de rendimiento y no la señal de audio de NTSC (como se creía originalmente).

3.5 Interferencia de canal adyacente de NTSC en DTV y de DTV en DTV – Sin splatter

La interferencia de NTSC en una señal de DTV es un tema importante durante el periodo de transición. Sin embargo, la interferencia de una señal de DTV en otra no sólo es un tema importante durante la transición, también tendrá importancia restante después de que termine la transición cuando todos los canales de DTV estén reempacados en el actual espectro (canales 2 a 51). Por lo tanto, emisoras y fabricantes de receptores de DTV están investigando continuamente este asunto. Los datos de las pruebas de laboratorio tomados en el ATTC con el prototipo de la Gran Alianza son los únicos datos que fueron considerados por la FCC cuando ellos crearon sus factores de planeación de asignación de canal para recepción de DTV ya que ningún otro receptor de DTV existía en ese momento.

La Tabla 3.4 muestra los resultados de interferencia de señales no deseadas de NTSC y DTV en una señal deseada de DTV de las pruebas originales del ATTC del sistema de transmisión de la Gran Alianza.

Tabla 3.4. Relaciones de interferencia en DTV: Umbrales TOV sin splatter de DTV
(Método del BER)

	NTSC en DTV	DTV en DTV	NTSC en DTV	DTV en DTV	NTSC en DTV	DTV en DTV
Desplazamiento del canal de DTV	D/U @ Nivel Fuerte D = -28 dBm	D/U @ Nivel Fuerte D = -28 dBm	D/U @ Nivel Moderado D = -28 dBm	D/U @ Nivel Moderado D = -28 dBm	D/U @ Nivel Débil D = -28 dBm	D/U @ Nivel Débil D = -28 dBm
	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
-3	< - 22.07	< - 20.95	< - 47.06	< - 45.98	< - 61.79	< - 60.61
-2	< - 23.19	< - 21.83	< - 48.23	< - 46.80	- 62.45	-60.52
-1	< - 23.18	< - 13.35	- 44.46	< - 38.23	- 47.73	- 41.98
0	-----	-----	+ 1.40	+ 14.78	+ 1.81	+ 15.27
+1	< - 23.18	< - 17.58	- 44.44	- 39.32	- 48.71	- 43.17
+2	< - 23.88	< - 22.35	< - 48.87	< - 47.33	- 59.86	- 59.13
+3	< - 23.10	< - 21.99	< - 48.08	< - 46.98	< - 62.49	< - 61.53

Como se esperaba, las relaciones D/U de interferencia de co-canal NTSC en DTV son muy bajas (+1.4 dB y +1.8 dB) debido al filtro de rechazo de NTSC empleado en el receptor prototipo de la Gran Alianza. Esto significa que la potencia de pico de sincronía de NTSC de una señal interferente co-canal puede estar 2 dB por debajo de la potencia promedio total de la señal de DTV deseada sin causar errores. Debería ser notado que un filtro de rechazo de NTSC (típicamente activado solamente cuando una señal co-canal de NTSC es detectada) causa 3.5 dB de degradación del umbral de ruido blanco. Sin embargo, nuevos diseños de receptores de DTV han mitigado el uso de un filtro de rechazo, eliminando así los 3.5 dB de castigo al umbral de ruido blanco en presencia de interferencia co-canal de NTSC. La interferencia co-canal de DTV en DTV resultante es esencialmente equivalente a los 15 dB del umbral de ruido blanco del sistema 8-VSB ya que la señal de DTV co-canal interferente es una interferencia de datos aleatorios en forma de ruido.

Los resultados de las pruebas de interferencia del primer canal adyacente de NTSC en DTV no podrían ser obtenidos para el TOV a niveles fuertes de señal deseada debido a una limitación en el nivel de la señal en la sala de pruebas. Sin embargo, los resultados para niveles de señal deseada moderada y débil muestran muy pequeñas relaciones D/U (-44 dB a -49 dB) debido a la naturaleza robusta del sintonizador de la Gran Alianza.

Los resultados del primer canal adyacente de DTV en DTV también son muy bajos (-42 dB a -43 dB), pero debe ser recordado que esta prueba fue administrada sin splatter de DTV interferente. Por lo tanto, estas pruebas produjeron relaciones D/U mucho mas severas que las que serían usuales en el “mundo real” del splatter del transmisor no lineal.

La FCC usó los resultados de señal débil en sus factores de planeación del espectro. Para el prototipo de la Gran Alianza, el rendimiento del canal “tabú” fue tan bueno (a menudo inmedible) que la FCC escogió no considerar (NC) estas relaciones D/U en su planeación de asignación del

espectro (Tabla A1.1 del Apéndice 1). Dado eso, receptores de DTV de consumo actuales no usan a menudo la metodología de sintonizador de doble conversión como el prototipo de la Gran Alianza, tal vez los factores de planeación “tabú” de NTSC en DTV y de DTV en DTV usados por la FCC deberían ser revisados para determinar si deberían quedarse como no considerados (NC) en el futuro.

Debería ser notado que los factores de planeación del primer canal adyacente de DTV en DTV fueron subsecuentemente cambiados en un Boletín #69 de la OET (febrero de 2004) revisado por la FCC cuando los resultados de las pruebas de laboratorio suplementarias fueron dadas a conocer con el splatter de DTV interferente. También, los factores de planeación D/U de interferencia de DTV en NTSC en el Boletín #69 fueron cambiados para igualar aquellos valores publicados en las reglas de la FCC. Sin embargo, los resultados de DTV en NTSC con splatter ya han sido cambiados en los factores de planeación de la FCC. Esto es, los -14 dB y -17 dB en las reglas de la FCC y en el Boletín #69 para canales adyacentes superior e inferior, respectivamente, no reflejan la interferencia del splatter de DTV del canal adyacente.

3.6 Interferencia del primer canal adyacente de DTV en DTV – Con splatter

Después de que el “6° Reporte y Orden” requirió una máscara de emisión para limitar el splatter de DTV del canal adyacente para la protección de los primeros canales adyacentes analógicos y digitales, hubo una preocupación en la industria en cuanto a los factores de planeación de la FCC usados para asignar un segundo canal de 6 MHz a todas las estaciones de TV en los Estados Unidos. La preocupación fue debida al hecho de que los factores de planeación de la FCC estaban basados en las pruebas de laboratorio del ATTC de la Gran Alianza que fueron realizadas (de acuerdo al plan de pruebas del ACATS) usando señales de DTV que no tenían esencialmente emisiones de splatter del canal adyacente. Por lo tanto, los efectos del splatter de DTV no fueron evaluados en las pruebas originales del ACATS. Justo como en el caso de DTV en NTSC, subsecuentes pruebas de laboratorio fueron desarrolladas y conducidas para determinar si la máscara de RF (original) de la FCC proveía suficiente protección a los canales de DTV adyacentes. Dichas pruebas de laboratorio del ATTC fueron realizadas el 7 de julio de 1997 con la intención de determinar si había algún margen de implementación en las relaciones D/U de interferencia para las señales de DTV de canales adyacentes utilizando la máscara de emisión de la FCC original y para cuantificar los resultados.

Todas las pruebas de laboratorio realizadas durante el proceso original del ATTC fueron hechas en un ambiente controlado con amplificación lineal y con el splatter del canal adyacente de DTV más de 51 dB debajo. Un transmisor práctico de DTV de alta potencia, sin embargo, creará productos

de intermodulación de 3^{er} y de 5^o orden en canales adyacentes al canal de DTV. Por lo tanto, fue propuesto repetir algunas de las pruebas de canal adyacente usando una señal de DTV con la energía del splatter máxima permisible como esta definida por la máscara de emisión de la FCC (original) en el 6^o Reporte y Orden.

Con splatter de canal adyacente significativo (como en un amplificador transmisor práctico), la potencia de DTV promedio total en las bandas laterales (sin tener en cuenta la forma espectral exacta) es el mecanismo de interferencia del TOV dominante en la operación del canal adyacente de DTV en vez de la potencia en banda del canal de DTV adyacente no deseado. Esto supone un sintonizador de DTV razonablemente bien diseñado con buen rendimiento de sobrecarga. Este splatter de canal adyacente, actuando como interferencia co-canal a otro primer canal adyacente de DTV vecino, es en naturaleza semejante a ruido (noise-like). Si el splatter del canal adyacente tiene la forma exacta de la máscara de la FCC (original) máxima permisible, la potencia total del splatter de la banda lateral (en 6 MHz) esta alrededor de 39 dB por debajo de la potencia promedio total en banda (en 6 MHz). Comparados con los 15 dB del umbral de ruido blanco del sistema de transmisión 8-VSB, los 39 dB inferiores del splatter permitirían teóricamente una relación D/U de -24 dB para la operación del canal adyacente de DTV al TOV.

La prueba de laboratorio fue realizada con el espectro del splatter del canal adyacente aproximando la cantidad y forma permitidas por la máscara original de la FCC. Estas bandas laterales fueron una vez más generadas por cantidades controladas de no linealidades en un amplificador de IF de estado sólido, y esta señal de DTV no deseada fue convertido a un canal en cada lado de la señal de DTV deseada del canal 23 (primer canal adyacente superior e inferior). El nivel de la señal de DTV deseada estaba a un nivel moderado (-53 dBm) o débil (-68 dBm) (el nivel fuerte de señal deseada no fue probado). El límite de operación fue otra vez definido al umbral TOV del demodulador 8-VSB de la Gran Alianza. Las relaciones de potencia D/U para el TOV fueron entonces registradas.

Los resultados de la prueba fueron que la relación D/U del canal adyacente inferior (para el TOV) fue -23 dB mientras que para el canal adyacente superior la relación D/U (para el TOV) fue -21 dB. La asimetría entre los resultados fue creída debido a la ligera diferencia (2 dB de potencia integrada) en la cantidad del splatter de la señal de prueba no deseada en cada banda lateral. Los valores D/U resultantes fueron significativamente diferentes (alrededor de 20 dB por debajo) a los encontrados en las pruebas de laboratorio originales del ATTC que no utilizaron splatter de DTV. La Tabla 3.5 ilustra la comparación entre los primeros umbrales D/U adyacentes con y sin el splatter interferente de DTV. Esto sostiene la predicción teórica de que el mecanismo de interferencia dominante es la potencia total del splatter de DTV en la banda lateral (efecto co-canal lineal) en lugar de la potencia

interferente de DTV en banda (efecto de modulación cruzada no lineal). Note que el nivel de interferencia adyacente superior (-38.23 dB) medido durante esta prueba suplemental fue alrededor de 5 dB peor que el mismo valor medido en la prueba original del ATTC (ver la Tabla 3.4 como una comparación). Esto es, los resultados de -42 y -43 dB no fueron exactamente duplicados en las pruebas suplementales.

Tabla 3.5. Relaciones de interferencia de DTV en DTV: Umbrales TOV con splatter de DTV.

Condiciones de la prueba	Nivel de señal deseada	Canal Adyacente Inferior Canal DTV deseado = N Canal DTV no deseado = N-1	Canal Adyacente Superior Canal DTV deseado = N Canal DTV no deseado = N+1
TOV con bandas laterales	Moderado -53 dBm	-23.09	-21.15
TOV con bandas laterales	Débil -68 dBm	-22.83	-21.15
TOV sin bandas laterales	Moderado -53 dBm	< -41.00	-37.40
TOV sin bandas laterales	Débil -68 dBm	-41.87	-38.23

Estos valores son modificados cuando se usa el splatter de DTV que conforma la actual máscara de emisión más rigurosa de la FCC definida en el 6° Reporte y Orden. Los factores de planeación actuales de la FCC para relaciones D/U de canal adyacente están ajustados a -28 dB y -26 dB para canales adyacentes inferiores y superiores, respectivamente (disminuyendo las relaciones D/U previamente medidas por la teórica diferencia de potencia del splatter integrada de 5 dB). La suposición es que ningún receptor de DTV bien diseñado tendría su propio límite de umbral D/U no lineal (debido a la modulación cruzada no lineal) mucho mejor que el límite teórico D/U lineal de -29 dB.

Note que estos valores de D/U son para una operación al TOV y no para uso en sitios repetidores de DTV co-situados. Ya que el splatter de DTV del canal adyacente es en naturaleza semejante a ruido, este agregará a cualquier receptor de DTV ruido blanco, con las dos componentes de ruido determinando el mínimo nivel de señal de DTV de operación libre de errores. Por lo tanto, el ruido del splatter de DTV incrementará esencialmente el “umbral de ruido equivalente” de cualquier receptor de DTV. Por esta razón, la relación D/U usada en cualquier factor de planeación para repetidores de DTV co-situados no pueden ser los que “agoten” el margen de ruido entero (en toda el área de servicio) no dejando espacio para el ruido blanco del receptor en o cerca del margen del área en donde los valores de SNR son menores. Por lo tanto, un juego más conservativo de relaciones D/U debe ser usado para que el área cercana de cobertura alrededor de los repetidores co-situados no tenga márgenes de ruido significativamente degradados. Si diferentes valores de degradación del umbral de ruido necesitan consideración, entonces diferentes factores de planeación D/U pueden ser determinados (ajustados) con la siguiente ecuación:

$$D/U(dB) = -\left[U/S(dB) + 10 * \log \left\{ 10^{(-THR(dB)/10)} - 10^{(-SNR(dB)/10)} \right\} \right]$$

en donde SNR es la relación señal a ruido, THR es el umbral TOV de la señal de DTV deseada (≈ 15 dB), U/S es la relación de potencia de splatter integrado en banda de DTV de señal indeseada para una señal cumpliendo con una máscara de emisión dada ($U/S = 39$ dB para la máscara simple y $U/S = 44$ dB para la máscara rigurosa), y D/U es el factor de planeación de relación de la señal deseada a la no deseada requerido (en dB) en la locación bajo prueba. Un ejemplo de valores de ajuste de relaciones de interferencia D/U y del SNR del receptor esta graficado en la Figura 3.4 para las dos máscaras de emisión de repetidor propuestas (“simple” y “rigurosa”). U/S es fijado para cada máscara de emisión (39 dB o 44 dB) junto con THR (el umbral TOV de -15 dB), mientras el SNR a la entrada del receptor es variado. Como diferentes valores de SNR del receptor deseado insertados en la ecuación, nuevos límites de interferencia D/U son calculados para el sitio receptor.

3.7 Interferencia de audio NTSC

Las pruebas originales del ACATS en el ATTC habían determinado que las relaciones de interferencia del canal adyacente superior de DTV en NTSC estaban limitadas por el audio en lugar del video. Esta determinación ha sido revisada ya que las pruebas originales de laboratorio del ATTC (por el plan de pruebas del ACATS) no uso una señal interferente de DTV con splatter de canal adyacente (el cual estaba más de 51 dB debajo de la potencia de la señal de DTV en banda), lo cual resultó en relaciones D/U (por ejemplo, -17 dB) que estaban demasiado bajas. Cuando el splatter del “mundo real” es tomado en cuenta, las relaciones de interferencia D/U deben ser incrementadas (niveles más bajos de señal no deseada), lo cual causa entonces que el video sea el mecanismo de interferencia dominante.

Otra prueba separada del umbral de interferencia de audio fue realizada por el ATTC el 30 de agosto de 1996. Esta prueba, la cual fue realizada principalmente para verificar el rendimiento de la interferencia del primer canal adyacente de DTV en NTSC con splatter de DTV presente, también verificó el umbral de interferencia de video precedido del umbral de interferencia de audio en todos los 24 aparatos NTSC de referencia. Este resultado fue verificado a una relación D/U de +6 dB con una relación de portadoras visual a aural de “peor caso” de 13 dB. Esto es debido al hecho de que el splatter de DTV del “mundo real” limita los umbrales D/U (principalmente de interferencia de video) a niveles de interferencia que no tienen interferencia audible, a pesar de la cercana proximidad de la portadora de audio de NTSC al canal de DTV.

Como una verificación final del rendimiento del audio en la presencia de señales de DTV no deseadas, la interferencia de audio fue reevaluada durante las pruebas suplementales para la interferencia de canales “tabú” de DTV en NTSC bajo condiciones de señal fuerte realizadas por el ATTC y reportadas el 1° de octubre de 1998. Los canales N+2 y N+4 fueron probados, y una vez más fue verificado que el video es el mecanismo de interferencia dominante (relaciones de interferencia D/U) en lugar del audio, aún con relaciones de portadora visual a aural de NTSC de “peor caso” de 13 dB.

3.8 Interferencias múltiples

Durante la prueba suplemental de canal “tabú” de DTV en NTSC, una breve prueba de interferencia múltiple fue realizada a un nivel fuerte de señal NTSC deseada (-15 dBm). Una señal de DTV interferente N+2 y una N-2 fueron simultáneamente agregadas a la fuerte señal de NTSC deseada. El efecto combinado de interferencias múltiples causó que los receptores de NTSC fallaran a niveles más bajos de señal no deseada de los que éstas tendrían individualmente. Este resultado fue esperado y no sorprendente. Por lo tanto, dos o más interferencias “tabú” operando a bajos niveles similares de potencia que una señal de NTSC causarían mayor interferencia.

Por lo tanto, más pruebas de laboratorio independientes “oficiales” usando los 24 receptores NTSC de referencia serían requeridas para determinar de manera precisa el efecto combinado de múltiples interferencias de DTV de repetidores de televisión analógica y digital co-situados. Sin embargo, es sabido que las señales digitales (similares a 8-VSB) han sido colocadas satisfactoriamente en sistemas de cable o canales de microondas de Sistemas Multipunto de Distribución de Microondas (*Multipoint Microwave Distribution Systems, MMDS*).

En esta nueva propuesta, los niveles de las señales digitales son ajustados para ser equivalentes a las demás y 10 dB menores a las señales analógicas, y no causar degradación severa a ninguna señal de NTSC deseada (o a otra digital) si las relaciones D/U apropiadas son mantenidas. Por lo tanto, si las señales co-situadas del repetidor NTSC fueran todas equivalentes a las demás, y las señales del repetidor DTV fueran todas equivalentes a las demás, y las señales de DTV estuvieran 10 dB debajo de cualquier señal de NTSC, no debería haber interferencia mutua entre ninguna de estas señales.

También, note que los dos primeros canales de DTV adyacentes (primeros canales adyacentes superiores e inferiores simultáneos) rodeando canales analógicos o digitales deseados tendrán la potencia de su splatter agregada lo cual incrementará la interferencia en la señal deseada. Esta potencia de interferencia total puede ser calculada agregando las dos potencias del splatter estadísticamente independientes juntas en una forma lineal en lugar de logarítmica (en watts, no en dBm).

3.9 Prueba suplemental propuesta

Como se señaló previamente, la prueba completa de sobrecarga de receptores de DTV, sobre la cual estaban basados los factores de planeación de la FCC ha sido realizada en el receptor prototipo de DTV original de la Gran Alianza.

Un conjunto de pruebas de laboratorio en receptores de DTV comerciales fue realizado y reportado por el ATTC en abril del 2003. Seis receptores de DTV (5 set-top boxes y una unidad integrada) fueron probados, entre otras cosas, para el primer canal adyacente de NTSC en DTV a los tres niveles usuales de señal de DTV deseada (fuerte a -28 dBm, moderada a -53 dBm y débil a -68 dBm). Los resultados están tabulados en la Tabla 3.6. Note que ninguno de los receptores de DTV de consumo iguala los factores de planeación de la FCC de -48 dB y -49 dB para la interferencia del primer canal adyacente de NTSC en DTV.

Tabla 3.6. Relaciones de interferencia TOV de NTSC en DTV para receptores de consumo.

DTV Rx Brand	Canal adyacente inferior de NTSC en DTV			Canal adyacente superior de NTSC en DTV		
	D/U @ Nivel Fuerte D = -28 dBm	D/U @ Nivel Moderado D = -53 dBm	D/U @ Nivel Débil D = -68 dBm	D/U @ Nivel Fuerte D = -28 dBm	D/U @ Nivel Moderado D = -53 dBm	D/U @ Nivel Débil D = -68 dBm
	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
A	-23	-30	-30	-24	-37	-41
B	< -28	-35	-35	< -28	-32	-34
C	-27	-32	-41	-26	-32	-41
D	< -28	-30	-34	-27	-29	-34
E	< -28	-42	-41	< -28	-39	-44
F	< -28	-39	-39	< -28	-39	-37

La organización del ATSC ha extendido recomendaciones para nuevos receptores de DTV en un documento creado por miembros de las industrias de los consumibles y de las emisoras, en el cual sugiere relaciones D/U típicas que los nuevos receptores de DTV serían capaces de resistir mientras proveen una recepción libre de errores. La Tabla 3.7 resume estas relaciones de interferencia recomendadas para cada uno de los tres niveles de señal de DTV deseada.

Un punto interesante es que el ATSC recomendó valores que son simétricos alrededor del canal deseado. Es decir, las relaciones de interferencia de canal adyacente superior e inferior son idénticas. Note que las relaciones de interferencia recomendadas por el ATSC en la Tabla 3.7 indican las señales analógicas y digitales co-situadas pueden ser fácilmente controladas si la relación transmitida de NTSC a DTV es de +10 dB y la de DTV a DTV es de 0 dB.

Tabla 3.7. Relaciones de interferencia TOV recomendadas por la ATSC para receptores comerciales.

CH Freq Offset	NTSC en DTV			DTV en DTV		
	D/U @ Nivel Fuerte D = -28 dBm	D/U @ Nivel Moderado D = -53 dBm	D/U @ Nivel Débil D = -68 dBm	D/U @ Nivel Fuerte D = -28 dBm	D/U @ Nivel Moderado D = -53 dBm	D/U @ Nivel Débil D = -68 dBm
	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
0	-----	2.5	2.5	----	15.5	15.5
±1	-26	-35	-40	-20	-33	-33
±2	-20	-40	-44	-20	-40	-44
±3	-20	-40	-48	-20	-40	-48
±4	-20	-40	-52	-20	-40	-52
±5	-20	-42	-56	-20	-42	-56
±6	-20	-45	-57	-20	-45	-57
±7	-20	-45	-57	-20	-45	-57
±8	-20	-45	-57	-20	-45	-57
±14	-20	-45	-50	-20	-45	-50
±15	-20	-45	-50	-20	-45	-50

En adición a las pruebas de interferencia única, pruebas de múltiples interferencias pueden ser realizadas en el futuro. Por ejemplo, es sabido que ocurre una intermodulación de tercer orden cuando señales interferentes ocurren en ciertos pares de canales adyacentes. Por ejemplo, todas las siguientes combinaciones pueden crear productos de modulación de tercer orden que caen dentro del canal de DTV deseado (N): N+1 / N+2, N+2 / N+4, N+3 / N+6, N-1 / N-2, N-2 / N-4, N-3 / N-6, etc.

3.10 Transmisores/retransmisores analógicos y digitales co-situados

La Tabla A1.2 del Apéndice 1 es un resumen de todas las relaciones D/U de TOV de interferencia para los tres niveles de señal deseada. Esta tabla incluye los resultados de las pruebas del primer canal adyacente con splatter de DTV interferente presente.

Para interferencia de DTV en NTSC, este valor de peor caso mostrado en la Tabla A1.2 del Apéndice 1 es +11 dB, y describe el primer canal adyacente inferior. Todos los otros canales “tabú” permiten relaciones por debajo de la relación D/U de +10 dB (niveles de NTSC 10 dB arriba de los niveles de DTV) propuesta para señales co-situadas de repetidores NTSC y DTV. Esto significa que las señales de DTV no causaran interferencia en las señales de NTSC u otras señales de DTV. De acuerdo con esta tabla, la señal de DTV del primer canal adyacente superior, en teoría, debería operar 11 dB debajo de la de NTSC. Sin embargo, debería ser notado una vez más que la metodología de prueba del TOV fue usada para obtener este número, lo cual lo hace conservativo (por al menos un par de dB). La máscara de emisión simple puede ser remplazada con la máscara de emisión rigurosa para ganar unos 10 dB de margen adicional para interferencia de DTV en NTSC. Últimamente, en ciertos casos (tal como el del primer DTV adyacente a NTSC), la relación

NTSC a DTV puede ser fijada a 12 dB, y en la mayoría de los casos logran esencialmente la misma área de cobertura de las señales existentes de NTSC.

Para interferencia de DTV en DTV, el valor de peor caso mostrado en la Tabla A1.2 del Apéndice 1 es -21 dB, el cual describe la interferencia del primer canal superior adyacente. Este indica una cantidad significativa de margen para las relaciones de 0 dB (potencias de DTV equivalentes) propuestas para repetidores de DTV co-situados.

El análisis anterior indica que señales analógicas y digitales co-situadas compartiendo equipo común es un buen método para usar eficientemente el espectro. Por lo tanto, viejos canales analógicos “tabú” pueden ahora ser utilizados, justo como los son en sistemas de cable inalámbricos (MMDS) que emplean 31 señales NTSC de canales adyacentes contiguas (todas a potencias iguales). Los receptores de NTSC pueden recibir fácilmente señales MMDS (o muchas más señales de sistemas de TV por cable) porque todas las portadoras son cuidadosamente controladas para estar aproximadamente a la misma potencia, especialmente para niveles de señal del primer canal adyacente los cuales son requeridos para estar dentro de 3 dB de una a otra. Este mismo principio puede ser usado con repetidores de televisión analógica y digital que están co-situados. Si todas las señales de NTSC están más o menos a la misma potencia una a otra y todas las señales de DTV también están más o menos a la misma potencia una a otra y 10 dB debajo de las señales de NTSC, muchos canales pueden ser utilizados en áreas en donde pocos estaban antes disponibles. Esto aplica para la interferencia entre todas las señales co-situadas del repetidor y ninguna débil, señales de ciudades distantes que pueden experimentar interferencia fuerte en el margen del área.

No todos los canales “tabú” tienen las mismas relaciones de protección, como las determinadas por el análisis anterior de receptores de NTSC y DTV medidos. Algunas recomendaciones generales deberían ser consideradas cuando se diseñen sitios repetidores analógicos o digitales múltiples. Estas son listadas a continuación, en orden de importancia.

- Tratar de co-situar todas las señales, usando la misma torre, puntos de prueba de acoplador direccional, equipo de prueba, alimentador de línea y antena de banda ancha para minimizar las variaciones en la propagación de la señal y para mantener las relaciones D/U consistentes en toda el área de servicio.
- Si se deben usar antenas separadas, usar dos antenas idénticas (mismos patrones de ganancia de azimut y elevación) a la misma altura en la misma torre.
- Tratar de mantener todas las señales analógicas de NTSC a la misma potencia, todas las señales de DTV a la misma potencia y las relaciones de potencia de NTSC a DTV a 10 dB.
- Cada vez que sea posible, espaciar todas las señales aparte, tal como segunda adyacente (para evitar primeros canales adyacentes).

- Si el uso de un primer canal adyacente es requerido, poner la señal de DTV en el primer canal adyacente inferior de una señal de NTSC para evitar cualquier asunto de desplazamiento en frecuencia.
- Si la señal de DTV esta en el primer canal adyacente junto a la de NTSC, determinar si el nivel de la señal de DTV puede quedar 10 dB debajo de la señal de NTSC o si esta necesita ser disminuida 2-3 dB (relación D/U incrementada a 12-13 dB), para reducir la interferencia, mientras se mantiene esencialmente el área de cobertura deseada.
- Si la señal de DTV es colocada en un primer canal adyacente junto a una de NTSC, determinar si es requerido usar una máscara de emisión rigurosa para más margen.
- Si la señal de DTV debe estar en el primer canal adyacente superior a una señal de NTSC, determinar la necesidad de un desplazamiento en frecuencia de la portadora piloto de DTV.
- Si, en el improbable caso, un desplazamiento de la portadora piloto de DTV no puede ser evitado, usar un desplazamiento no preciso de +22.727 kHz (± 1 kHz) (evitando costosos métodos de desplazamiento en frecuencia precisos).

3.11 Resumen y conclusión

Del análisis anterior, el cual es resumido en la Tabla A1.2 del Apéndice 1, algunas conclusiones pueden ser determinadas y aplicadas a señales de repetidores analógicos de NTSC y digitales de ATSC co-situados.

- Los repetidores de DTV a menudo no requieren grandes valores de ERP del transmisor (a menudo menores a 500 watts, en promedio).
- Una señal de DTV puede ser transmitida adyacente a una señal de NTSC o de DTV co-situada sin interferencia de audio o video, con tal de que la potencia promedio de DTV (en 6 MHz) este 10 dB debajo de la potencia pico de sincronización de NTSC e igual a la de otras señales de DTV.
- Señales de DTV co-situadas que se encuentren en la máscara de emisión “simple” pueden ser transmitidas en un primer canal adyacente a señales de NTSC si la potencia promedio de la señal de DTV esta 10 dB debajo de la potencia pico de sincronización de NTSC. Bajo estas condiciones, ninguna degradación significativa ocurrirá a la señal de NTSC co-situada (índice CCIR-4.5 o mejor). Si es necesario más margen en el área de servicio, la máscara de emisión “rigurosa” puede ser empleada para obtener una protección adicional de 10 dB.
- Señales de DTV co-situadas que se encuentren en la máscara de emisión “simple” pueden ser transmitidas en un primer canal adyacente a otras señales de DTV a la misma potencia promedio. Bajo estas condiciones no más de 0.1 dB de degradación del umbral ocurrirá a cualquiera de las dos señales de DTV co-situadas. Si es

necesario más margen en el área de servicio, la máscara de emisión “rigurosa” puede ser empleada para obtener una protección adicional de 5 dB.

- La interferencia de DTV en una señal de audio de NTSC del canal adyacente, aún con la relación visual a aural de 13 dB, no es un factor limitante para señales de repetidor co-situado, pero si lo es la interferencia de DTV en una señal de video de NTSC del canal adyacente.
- Muchas señales de repetidor de NTSC y DTV co-situadas son posibles, tal como es usado en sistemas de “cable inalámbricos” (MMDS), si las relaciones de ERP de los transmisores son seleccionadas para ser de 10 dB de NTSC a DTV y 0 dB de DTV a DTV.
- Más pruebas independientes de laboratorio necesitan ser realizadas en receptores de NTSC y de DTV comerciales para conseguir más penetración en deterioros de múltiples señales interferentes, tales como N-4 / N-2, N-2 / N-1, N+1 / N+2 o N+2 / N+4 que pueden producir productos de intermodulación de tercer orden no deseados dentro del canal de la señal deseada. También, es recomendado probar receptores de NTSC y de DTV con 6 o más señales analógicas y/o digitales de canales adyacentes.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO LONGLEY-RICE

4.1 Modelos de Propagación.

Las relaciones de interferencia (D/U) dependen de un proceso metódico de determinación y desarrollo de los factores de planeación, que se describen más adelante, lo que ordinariamente se logra con pruebas precisas de laboratorio de receptores de referencia, tanto analógicos como digitales. Esto complementa a los estudios del terreno y de la propagación de las ondas electromagnéticas sobre él.

Las recomendaciones de la ITU dan muchos métodos y modelos aprobados. Dos de los más populares son el modelo Okumura-Hata y el modelo de Longley-Rice.

Okumura-Hata. En esencia este modelo calcula la intensidad del campo eléctrico esperado como una función de la frecuencia a una distancia, d , desde un transmisor debido a la propagación normal, usando una estimación estadística de obstáculos tal como construcciones. La intensidad del campo eléctrico es obtenida de la siguiente ecuación:

$$E = 69.82 - 6.16 \log f + 13.82 \log H_1 + a(H_2) - (44.9 - 6.55 \log H_1)(\log d)^b$$

en donde E es la intensidad del campo eléctrico en unidades de $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ para 1 kW e.r.p., f es la frecuencia en MHz, H_1 la altura efectiva de la antena de la estación base sobre el terreno (m) en el rango de 30 a 200 m, H_2 la altura de la antena de la estación móvil sobre el terreno (m) en el rango de 1 a 10 m, y d es la distancia entre estas en kilómetros. Además,

$$a(H_2) = (1.1 \log f - 0.7)H_2 - (1.56 \log f - 0.8)$$

y $b \equiv 1$ para $d \leq 20$ km, pero esta dada por

$$b = 1 + (0.14 + 0.000187 f + 0.00107 H_1')(\log(0.05d))^{0.8}$$

en donde $d > 20$ km, en la cual

$$H_1' = H_1 / \sqrt{1 + 0.000007 H_1^2}$$

No obstante, el modelo Okumura-Hata tiene otras características, incluyendo una capacidad para tratar con efectos de difracción sobre obstáculos.

Modelo de Longley-Rice. El modelo de Longley-Rice hace predicciones de pérdidas en la transmisión a lo largo de trayectorias troposféricas. Éste ha sido adoptado por la FCC, así que hay muchas implementaciones de software disponibles comercialmente. Éste modelo incluye la mayoría de los modos de propagación relevantes [multiple knife & rounded edge diffraction, atenuación atmosférica, modos de propagación troposférica (forward scatter, etc.), precipitación, difracción sobre terreno irregular, polarización, datos específicos del terreno, estratificación atmosférica, diferentes regiones climáticas, etc.]

4.1.1 Problemas con los modelos.

Todos los modelos tienen limitaciones. Así, por ejemplo, el Modelo de Longley-Rice no toma en cuenta la ionosfera, lo cual limita su aplicación a bajas frecuencias. Así que alguna habilidad es necesaria en la elección del modelo correcto para un conjunto dado de circunstancias. Claramente los modelos necesitan buenos datos de entrada (por ejemplo, modelos del terreno), pero aún así su exactitud es limitada, y sus resultados pueden necesitar interpretación estadística. La resolución de la tabulación de los modelos del terreno puede afectar seriamente los resultados.

Cualquier modelo que es desplegado para dar resultados que necesitan ser aceptados por otros usuarios del espectro, claramente necesita tener buena aceptación universal. Así, la aceptación general puede a menudo ser más importante que la exactitud absoluta.

A pesar de sus dificultades, los modelos de propagación proveen la mejor guía a priori para saber si una transmisión terrestre causará interferencia a otra transmisión. Si una gran precisión es requerida en un caso específico o para dar un alto nivel de confianza a una propagación sobre una trayectoria dada, una determinación experimental de las características de la propagación puede ser necesaria.

4.2 El Método de Longley-Rice

El *Método de Longley-Rice*, basado en el modelo del mismo nombre, es de los más empleados para obtener estimaciones de propagación y pérdidas sobre el terreno, y es el que adoptó la FCC de Estados Unidos. Sus resultados dependen en buena medida de la calidad de la descripción del terreno, aunque paradójicamente, se pensó para superar los inconvenientes de la información limitada o deficiente de las condiciones del terreno. El modelo de Longley-Rice se desarrolló para predecir las pérdidas de propagación en trayectorias en las que se dispusiera de información limitada de las condiciones del terreno. Originalmente, el modelo se creó para la estimación (predicción) de las

perdidas en las trayectorias de propagación en terrenos o regiones continentales de Estados Unidos de América, pero su aplicación se ha extendido a terrenos de otras latitudes con las modificaciones pertinentes en ciertos parámetros empleados en los cálculos. Las técnicas de aproximación empleadas por el modelo para compensar las imprecisiones en los datos de entrada (información limitada), hacen que la exactitud de las estimaciones, si bien mejoran con los datos más precisos, tienda a ser limitada. Los parámetros de entrada del modelo Longley-Rice incluyen

- Un perfil del terreno de la trayectoria de propagación,
- Las alturas de las antenas de transmisión y recepción,
- Las frecuencias de operación,
- Las distancias involucradas,
- La polarización empleada, y
- La refractividad de la superficie del terreno.

El modelo en principio considera que la antena receptora esta en una de tres regiones de recepción, línea de vista (*line of sight*), difracción (*diffraction*) o dispersión (*scatter*). El modelo delinea estas regiones basado en los datos del terreno y la ubicación de las antenas. Hay línea de vista si no existen obstáculos entre las dos antenas; se considera que hay difracción entre el límite de la sombra y un ángulo de depresión determinado empíricamente; se supone que la dispersión domina en regiones por debajo de este ángulo. Para asegurar que las transiciones sean continuas, se emplean funciones de peso en los límites o fronteras de estas regiones. Dentro de la región de línea de vista (lejos de la región de sombra), las pérdidas de trayectoria se determinan únicamente con “vertical lobing”, el cual se calcula suponiendo un solo rayo directo reflejado por tierra. Los efectos del “vertical lobing” se calculan solamente en las ubicaciones de los receptores en las que las longitudes de las trayectorias directa y reflejada difieren por menos de $\frac{1}{4}\lambda$. Se asume pérdida

por espacio libre en regiones en las que se excede este valor. El modelo estima que el punto de reflexión ocurre sobre una línea que conecta las bases de las dos antenas. Por esta razón, si una antena se ubica en la cresta de una montaña o en un acantilado, se pide como dato para el modelo, la altura de la antena sobre el plano de reflexión, en lugar de su altura sobre el terreno local. El coeficiente de reflexión se calcula con las constantes del suelo (conductividad y permitividad), ángulo de incidencia, e irregularidades del terreno. La irregularidad del terreno es una medida de la variación en la elevación del terreno causada por colinas, montañas, sierras y cordilleras, que se emplea para modificar el coeficiente de reflexión para incluir la reflexión imperfecta debida a la dispersión del terreno. Para el cálculo de las irregularidades del terreno, el modelo de Longley-Rice considera todo el terreno entre las antenas transmisoras y receptoras. A medida que la antena receptora se aproxima a la zona de sombra, se va ponderando la atenuación por difracción para incluirla en el cálculo total de las pérdidas por trayectoria.

Esta ponderación la determina la irregularidad del terreno entre el transmisor y el borde difractivo del horizonte local del transmisor. A mayor irregularidad del terreno, se incluye una atenuación difractiva con más rapidez de cambio en los estimadores de pérdidas de trayectoria. A medida que el receptor cae del horizonte del transmisor las pérdidas de trayectoria se estiman con la difracción “knife-edge”, que se basa en la teoría de Fresnell-Kirchoff. Si tanto el transmisor como el receptor tienen diferentes horizontes locales, la atenuación se determina con el cálculo de difracción de “double-knife edge”. En algún punto por debajo del límite de sombra, el estimado de atenuación por difracción excede al de la atenuación por dispersión. En la vecindad de ese punto, el estimado de las pérdidas por trayectoria, es un promedio ponderado de la atenuación por dispersión y difracción. La atenuación por dispersión se calcula como función de la frecuencia, distancia, refractividad de la superficie, absorción atmosférica y la distancia angular por debajo del horizonte de radio.

El modelo incluye la mayoría de los modos de propagación relevantes, difracción por borde redondeado (*rounded edge*) y arista simple (*multiple edge*), y además considera la atenuación atmosférica, los modos de propagación troposférica (dispersión hacia delante, *forward scatter*), la precipitación, la difracción sobre el terreno irregular, la polarización, los datos específicos sobre el terreno, estratificación atmosférica, regiones de diferente clima, entre varias otras. No obstante, el modelo no incluye propagación ionosférica, lo cual limita su aplicabilidad a frecuencias menores.

4.3 La metodología Longley-Rice para evaluación, la cobertura e interferencia en la radiodifusión de TV.

El modelo L-R de radio propagación se usa para hacer estimaciones o predicciones de la intensidad de campo de la señal de radio en puntos geográficos específicos, basadas en perfiles de elevación del terreno entre el transmisor y cada punto específico de recepción. Es necesario el uso de la computadora porque se requiere una gran cantidad de operaciones. Una versión libre del modelo se puede obtener en la página de la FCC de Estados Unidos, y comercialmente existen diversas implementaciones como es el caso de *Ellipse Spectrum*, el software usado en la presente tesis.

4.4 PARTE I: Evaluación del servicio.

Determinación del área de estudio. De conformidad con las normas de la FCC, el cálculo del área de servicio o cobertura empleando la metodología L-R, se limita a áreas dentro de ciertos contornos geográficos específicos. Para la TV analógica, los cálculos se hacen dentro del contorno convencional Grado B, con la excepción de que el campo definitorio para los canales de UHF, se modifica por un factor bipolar de $20\log[615/(\text{frecuencia media del canal})]$. De este modo, para la televisión analógica el área sujeta a cálculo consiste de los puntos geográficos en los cuales la estimación, con las curvas

de la FCC, de la intensidad de campo en el 50% de los sitios y durante el 50% de tiempo, es al menos tan grande como el valor respectivo, según el canal, en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Intensidades de campo definitorias del área sujeta a cálculos para estaciones de TV analógica.

Canales	Intensidad de campo definitoria, en dBu, por estimarse usando las curvas F(50,50)
2-6	47
7-13	56
14-69	$64 - 20\log[615 / (\text{frecuencia media del canal})]$

Las curvas relevantes para predecir estos campos son las curvas F(50,50). Para las estaciones de televisión digital, el servicio se evalúa dentro de los contornos determinados por los factores de planeación de DTV en combinación con las curvas de intensidad de campo derivadas para el 50% de sitios durante el 90% del tiempo, F(50,90). Esta familia F(50,90) de curvas de propagación FCC para predicción de la intensidad de campo en 50% de los sitios durante el 90% del tiempo, se obtienen de la fórmula $F(50,90) = F(50,50) - [F(50,10) - F(50,50)]$. El valor F(50,90) es menor que el F(50,50) por la misma cantidad en que F(50,10) excede a F(50,50). Las intensidades de campo definitorias para el servicio de DTV se muestran en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Intensidades de campo definitorias del área sujeta a cálculos para estaciones de TV digital (DTV)

Canales	Intensidad de campo definitoria, en dBu, por estimarse usando las curvas F(50,90)
2-6	28
7-13	36
14-69	$41 - 20\log[615 / (\text{frecuencia media del canal})]$

Estos valores se determinan de los factores de planeación para DTV, mostrados en la tabla 4.3. Estos factores se emplean primeramente para determinar el área sujeta a cálculo usando las curvas FCC, y posteriormente, para determinar si el servicio está presente en puntos particulares dentro de esta área usando el método Longley-Rice. En la televisión digital, pueden darse los siguientes casos:

- Para estaciones DTV que mantienen la asignación de frecuencia original (la asignada al modo analógico), el área sujeta a cálculo se extiende en cada dirección hasta una distancia a la cual la intensidad del campo estimada por las curvas FCC cae al valor respectivo indicado en la tabla 4.2. El contorno límite es idéntico, en la mayoría de los casos, al de la estación analógica inicial.

- Para nuevas estaciones DTV, el área sujeta a cálculo se extiende desde el sitio transmisor hasta una distancia a la cual la intensidad de campo estimada por las curvas FCC cae al valor respectivo indicado en la tabla 4.2.
- Cuando una estación de DTV se ha movido de su sitio inicial a una nueva ubicación, el área sujeta a cálculo es la combinación (unión lógica) del área determinada para su ubicación inicial y el área dentro del contorno que le correspondería como estación DTV nueva.

Factores de planeación. Los factores de planeación, mostrados en la tabla 4.3, sirven para obtener los valores de intensidad de campo de la tabla 4.2, para definir las áreas sujetas a cálculo para estaciones DTV. Se supone que estos factores de planeación caracterizan al equipamiento, incluyendo los sistemas de antena empleados en los receptores caseros. Determinan la mínima intensidad de campo para la recepción de la señal de televisión digital como función de la banda de frecuencia, y como función del número de canal en la banda UHF.

Tabla 4.3. Factores de planeación para la recepción de televisión digital (DTV)

Factor de Planeación	Símbolo	VHF baja	VHF alta	UHF
Frecuencia media geométrica (MHz)	<i>F</i>	69	194	615
Factor Dipolar (dBm-dBu)	<i>Kd</i>	-111.8	-120.8	-130.8
Ajuste para factor dipolar	<i>Ka</i>	no	no	ver texto
Ruido térmico (dBm)	<i>Nt</i>	-106.2	-106.2	-106.2
Ganancia de la antena (dB)	<i>G</i>	4	6	10
Pérdidas por línea de bajada (dB)	<i>L</i>	1	2	4
Figura de ruido del sistema (dB)	<i>Ns</i>	10	10	7
Relación Portadora/Ruido requerida (dB)	<i>C/N</i>	15	15	15

El ajuste, $K_a = 20\log[615/(\text{frecuencia media del canal en MHz})]$, es añadido a K_d para dar cuenta del hecho que los requerimientos de la intensidad del campo son grandes para los canales de UHF arriba de la frecuencia media geométrica de la banda UHF y pequeñas para los canales UHF debajo de esa frecuencia. La frecuencia media geométrica, 615 MHz, es aproximadamente la frecuencia media del canal 38.

El contorno Grado B modificado de las estaciones UHF analógicas esta determinado por la aplicación del mismo factor de ajuste a la intensidad del campo Grado B. Con esta modificación del factor bipolar, la intensidad del campo que define el grado B de los canales de UHF llega a ser $64 - 20\log[615/(\text{frecuencia media del canal en MHz})]$ dBu, en lugar de simplemente 64. Así, el contorno de Grado B modificado para el canal 14 esta determinado por una intensidad media del campo de 61.7 dBu, y el valor para el canal 24 es de 62.76 dBu. Estos contornos Grado B modificados limitan el área sujeta a los cálculos de Longley-Rice para estaciones analógicas.

Los valores aparecen en la Tabla 4.2 vienen de los factores de planeación. Estos se obtienen de la Tabla 4.3 resolviendo la ecuación:

$$\text{Field} + K_d + K_a + G - L - N_t - N_s = C/N.$$

Valores de referencia de ERP para la operación de DTV. El plan de asignación inicial establece un valor de referencia para la ERP de las estaciones de DTV. Esta ERP es el valor máximo necesario para igualar el contorno de servicio del par de estaciones analógicas en cada dirección suponiendo que la nueva estación opera en la misma locación con la misma altura de la antena. La ERP de referencia fue calculada usando la siguiente metodología:

La distancia al contorno analógico grado B existente fue determinada uniformemente en cada una de las 360 direcciones comenzando exactamente por el norte usando interpolación lineal de los datos disponibles como sea necesario. Esta determinación fue hecha usando información de la base de datos de ingeniería de la FCC el 3 de abril de 1997, incluyendo datos de la antena direccional y de los datos de elevación del terreno en puntos separados por 3 segundos angulares de longitud y latitud. Las curvas de la FCC fueron aplicadas para encontrar esta distancia del contorno Grado B, con la excepción de que las consideraciones del factor bipolar que fueron aplicadas a la intensidad de campo del contorno para UHF.

La altitud promedio sobre el terreno fue determinada cada 45 grados a partir de los datos de elevación del terreno en combinación con la altura del centro transmisor de radiación por encima del nivel medio del mar, y por interpolación lineal en todas las direcciones intermedias. En casos donde el Sistema de Base de Datos Consolidado del Departamento de los Medios de Comunicación (*Media Burea Consolidated Database System, CDDBS*) indica que una antena direccional es empleada, la ERP en cada dirección específica fue determinada a través de interpolación lineal de los valores relativos del campo describiendo el patrón direccional. (El patrón direccional provisto en el CDDBS provee los valores del campo relativo en intervalos de 10 grados y puede incluir valores adicionales en direcciones especiales. El resultado de la interpolación lineal de estos valores de campo relativo es elevado al cuadrado y multiplicado por la máxima ERP global listada para la estación en el CDDBS para encontrar la ERP en una dirección específica.)

Los correspondientes valores de ERP para DTV en cada dirección fueron después calculados por una aplicación adicional de las curvas de la FCC, con cobertura de DTV limitada de ruido definida como la presencia de la intensidad de campo identificada en la Tabla 4.2 en 50% de los sitios durante el 90% del tiempo. Estos valores de ERP fueron computados para todos los 360 azimut usando la misma altura radial específica promedio como para el caso de TV analógica, pero ahora en conjunción con las curvas F(50,90).

Patrones de la antena de transmisión de DTV. En general, estas potencias de DTV computadas para igualar la distancia a los contornos de Grado B de una estación analógica resultan en valores de ERP los cuales varían con el azimut. Por ejemplo, el patrón de ERP azimutal el cual copia en UHF el contorno de Grado B de una operación VHF omnidireccional será un poco deformado porque el terreno tiene un efecto diferente en la propagación en las dos bandas. En adición, la concesión de 90% de variación en el tiempo para DTV tiene un efecto en el patrón de DTV. Así el procedimiento descrito anteriormente describe efectivamente un nuevo patrón direccional de la antena donde sea necesario para una replica precisa de acuerdo a las curvas de la FCC.

Estos patrones azimutales de DTV pueden ser calculados usando el procedimiento resumido anteriormente. En adición, estos patrones son conservados en el CDBS. Están disponibles para descarga en <http://www.fcc.gov/mb/databases/cdbs>, y para antenas particulares pueden ser hechas búsquedas en <http://www.fcc.gov/mb/video>. Los valores de campo relativo son dados en intervalos de 10 grados, y los valores suplementales son dados en azimut especiales.

Ellipse Spectrum permite cargar cualquier patrón de antena. Se cargan el patrón horizontal y vertical de la antena dando la atenuación en dB. Es posible ingresar tantos valores como se desee. Para efectos de esta tesis se ingresan los valores de atenuación cada 10°. Se ingresa también la ganancia de la antena en dB, polarización, el rango de frecuencias en las cuales opera, la resistencia al viento en Kgf y la relación frente atrás.

Aplicación de la Metodología de Longley-Rice. El área sujeta a cálculo es dividida en celdas rectangulares, y el modelo de propagación punto a punto de Longley-Rice Versión 1.2.2 es aplicado a un punto en cada celda para determinar si la intensidad del campo predicha está por encima del valor encontrado en la Tabla 4.1 o en la Tabla 4.2, como es apropiado. Los valores identificados en estas tablas están considerados para ser umbrales de recepción en ausencia de interferencia. Para celdas con población, el punto elegido por el programa de computadora de la FCC es el centroide de la población; por otra parte este es el centro geométrico; y el punto así determinado representa la celda en todo servicio subsiguiente y cálculos de interferencia. Celdas de 2 kilómetros en un lado fueron usadas para producir el servicio y datos de interferencia que aparecen en el Apéndice B del Sexto Informe y Orden.

Valores de parámetros fijos en el código de Fortran Longley-Rice como el implementado por la FCC son dados en la Tabla 4.4. Además de estos parámetros, la ejecución del código requiere una especificación del porcentaje de tiempo y posiciones en las cuales los campos predichos serán realizados o excedidos, y un tercer porcentaje que identifica el grado de confianza deseado en los resultados. Para predecir el servicio de DTV en las celdas del área

sujeta al cálculo, la FCC pone la variabilidad de posición en el 50 % y la variabilidad del tiempo en el 90 %. El porcentaje de confianza es puesto en el 50 % que indica que estamos interesados en las situaciones medianas.

Tabla 4.4. Valores de los parámetros usados en la implementación de la FCC del código Fortran de Longley-Rice

Parámetro	Valor	Significado / Comentario
EPS	15.0	Permitividad relativa de la tierra.
SGM	0.005	Conductividad de la tierra, Siemens por metro.
EN0	301.0	Refractividad de la superficie (en partes por millón)
IPOL	0	Denota polarización horizontal.
KLIM	5	Código de clima 5 para temperatura continental.
HG(1)	ver texto	Altura del centro de radiación por encima de la tierra.
HG(2)	10 m	Altura de la antena receptora de TV por encima de la tierra.

El HG (1) en la Tabla 4.4 es la altura del centro de radiación por encima de la tierra. Es determinado restando la elevación de la tierra por encima del nivel medio del mar (*Above Mean Sea Level, AMSL*) en la posición del transmisor de la altura del centro de radiación AMSL.

Finalmente, los datos de elevación del terreno en puntos uniformemente espaciados entre el transmisor y el receptor deben ser proporcionados. El programa de computadora de la FCC es enlazado a una base de datos de elevación del terreno con valores de cada 3 segundos angulares de latitud y longitud. El programa recupera elevaciones de esta base de datos en intervalos regulares con un incremento espaciado que es elegido en el momento que el programa es compilado; la computadora que corre ese servicio evaluado y la interferencia para el Sexto Informe y Orden usó un incremento espaciado de 1 kilómetro. La elevación de un punto de interés es determinada por la interpolación lineal de los valores dados para las esquinas del rectángulo de coordenadas en el cual se encuentra el punto de interés.

Se espera que las evaluaciones de cobertura de servicio e interferencia usando incrementos de espaciado más finos sean coherentes con aquellos usando 1 kilómetro.

4.5 PARTE II: Evaluación de la interferencia.

La presencia o ausencia de interferencia en cada rejilla de la celda del área de estudio a calcular esta determinada por la siguiente aplicación de Longley-Rice. Las trayectorias de radio indeseadas entre los transmisores de TV y el punto que representa cada celda son examinadas. Los transmisores indeseados incluidos en el análisis de cada celda son aquellos que son fuentes posibles de interferencia en esa celda, considerando su distancia de la celda y las relaciones de offset de los canales. Para cada trayectoria de radio, el

procedimiento de Longley-Rice es aplicado para situaciones medias (esto es, confianza de 50%) y para 50% de las locaciones 10% del tiempo.

El análisis de interferencia examina solo aquellas celdas que ya han sido determinadas a tener un campo deseado sobre el umbral para la recepción dada en la Tabla 4.1 para estaciones analógicas y la Tabla 4.2 para estaciones de DTV. Una celda siendo examinada es validada como que tienen interferencia si la razón del campo deseado a una cualquiera de las posibles fuentes de interferencia es menor que cierto valor mínimo crítico. La comparación es hecha después de aplicar los efectos de discriminación de la antena receptora. El valor crítico es una función de la relación de offset del canal.

Las celdas del área de estudio a calcular para estaciones analógicas son examinadas con respecto a si hay interferencia de otra estación analógica y como si hubiera interferencia de estaciones de DTV. Así las estaciones de DTV no causan interferencia a las estaciones analógicas en lugares donde no hay servicio a causa de una débil señal deseada o en lugares donde la interferencia de otras estaciones analógicas ya existe.

Razones D/U.

Tabla 4.5A. Criterio de Interferencia para Co-Canales y Canales Adyacentes¹

Offset del Canal	Razón D/U, dB			
	Analógico en Analógico	DTV en Analógico	Analógico en DTV	DTV en DTV
-1 (adyacente menor)	-3	-14	-48	-28
0 (co-canal)	+28	+34	+2	+15
+1 (adyacente superior)	-13	-17	-49	-26

Las razones D/U para interferencia de co-canales al servicio de DTV en la Tabla 4.5A son solamente validas en locaciones donde la razón señal-a-ruido es de 28 dB o mayor para interferencia del servicio de TV analógica. En la cercanía del área de servicio de ruido-limite, donde la razón señal-a-ruido (S/N) es de 16 dB, las razones D/U de co-canales son de 21 dB y 23 dB para interferencia de TV analógica y DTV, respectivamente. En las locaciones donde la razón S/N es mayor que 16 dB pero menor que 28 dB, los valores D/U para interferencia de co-canales a DTV son como sigue:

Para proteger la recepción de DTV de interferencia de co-canales de DTV, las razones de D/U mínimas son computadas de la siguiente fórmula:

³ Los valores dados aquí coinciden con los del programa de computadora usado actualmente por el Departamento de Medios de Comunicación para evaluar aplicaciones para estaciones nuevas y modificadas así como para los predecesores de ese programa.

$$D/U = 15 + 10\log_{10}[1.0/(1.0 - 10^{-x/10})], \text{ donde } x = S/N - 15.19 \text{ dB.}$$

La cantidad x es la cantidad por la cual el actual S/N deseado excede lo mínimo requerido para la recepción de DTV.

Para proteger la recepción de DTV de interferencia de co-canales analógicos, las razones de D/U mínimas son encontradas de la Tabla 4.5B. Usando interpolación lineal para valores de S/N entre los dados en la tabla.

Tabla 4.5B. Razones D/U de Co-canales mínimas para Interferencia Analógica a DTV.

Razón Señal-a-Ruido de DTV (S/N) en la Ausencia de Interferencia, dB	Razón Deseado-a-Indeseado para Proteger la recepción de DTV de Transmisiones Analógicas de co-canales, dB
16.00	21.00
16.35	19.94
17.35	17.69
18.35	16.44
19.35	7.19
20.35	4.69
21.35	3.69
22.35	2.94
23.35	2.44
25.00	2.00

Patrón de la Antena Receptora. Se asume que la antena receptora tiene un patrón directivo de ganancia que suele discriminar contra los ejes apartados de las estaciones indeseadas. Este patrón es un factor de planeación que afecta la interferencia. La forma específica de este patrón fue escogido por un grupo de trabajo del Comité Consultivo de la FCC para el Servicio de Televisión Avanzada. Esta construido dentro del programa de computadora de servicio e interferencia diseñado por los Radiodifusores Caucus y usado en el programa de la FCC.

Tabla 4.6. Relaciones Frente-Atrás Asumidas (Supuestas) para Antenas Receptoras

Servicio de TV	Razones Frente-Atrás, dB		
	Low VHF	High VHF	UHF
Analógica	6	6	6
DTV	10	12	14

4.6 PARTE III: El programa de computadora de Longley-Rice de la FCC.

El programa de computadora de la FCC esta disponible como código Fortran. Es complejo y muchas de sus opciones están disponibles sólo por

recopilación para cada caso de interés. El código Fortran actualmente usado por el Departamento de Medios de Comunicación para evaluar nuevas propuestas esta disponible para descarga del sitio de Internet de la FCC en <http://www.fcc.gov/oet/dtv>.

Como un auxiliar para la administración del espectro, en la COFETEL se utiliza un software llamado *Ellipse*. Este permite:

- Ingresar la información técnica y administrativa a la base de datos del SAER (Sistema de Administración del Espectro Radioeléctrico).
- Realizar los estudios técnicos para análisis de interferencias y propagación.
- Efectuar las notificaciones a la UIT.

Y esto se realiza en dos módulos separados pero interrelacionados que denominaremos *formas* y *aplicación técnica*.

Las formas trabajan en ambiente de OS, por su parte, la aplicación técnica trabaja en un ambiente UNIX, pero utilizando un emulador se puede trabajar también desde una PC.

Ellipse requiere de gran experiencia como programador de computadoras y como administrador de sistemas computacionales y en específico del sistema en el cual se va a instalar. *Ellipse* esta basado en un modelo cliente/servidor. Necesita al menos, para la configuración mínima, una estación de trabajo que será ambos: cliente y servidor. La configuración mínima de esta estación de trabajo es: en hardware, una estación SUN SPARC, disco duro con una capacidad mínima de 4 Gb, al menos 128 Mb de RAM, una tarjeta grafica que despliegue 1152*900 píxeles en 256 colores, una pantalla a color de 17'', un mouse de 3 botones y un teclado, y en software SUN SOLARIS 2.5.1, MOTIF 1.2, ORACLE V7.3 o superior y UNIRAS 6v5a o superior.

Base de datos geográficos. *Ellipse* incluye una base de datos geográficos que permite realizar todas las computaciones. Toda la información geográfica utilizada por *Ellipse* puede ser geo-referenciada. Esto significa que un fragmento reducido de información deberá tener coordenadas asociadas con el mismo. Con estas coordenadas, estaremos en capacidad de ubicar toda la información en la pantalla con alta precisión (en relación relativa y absoluta con los otros elementos).

Hay varios sistemas que pueden ser usados para la información geo-referenciada. Estos están divididos en dos grupos principales:

- Sistemas no proyectados
- Sistemas proyectados

Los sistemas no proyectados solo consideran un elipsoide de tierra con una forma, una posición y un punto de referencia determinados. Estos tres parámetros pueden variar entre los sistemas.

Las coordenadas producidas por los sistemas de referencia no proyectados son generalmente llamadas coordenadas geográficas. Existen dos tipos:

- Latitud
- Longitud

Generalmente las dos expresadas en grados, minutos, segundos o en grados decimales.

Hay varios sistemas en vigencia en el mundo. El sistema “WGS84” se convirtió en una referencia mundial con el lanzamiento del sistema GPS, por lo que se decidió que también sería una referencia absoluta para el software *Ellipse*. De tal manera que toda la información geo-referenciada en *Ellipse* utiliza el WGS84.

Los sistemas proyectados son utilizados para hacer mapas. Como no era posible hacer mapas de algunos croquis esféricos en una hoja de papel, se optó por utilizar los sistemas proyectados. Estos sistemas hacen una proyección de una parte de la superficie de la tierra para una superficie plana. La proyección es el único método para establecer los mapas o para visualizar la posición de la información en una pantalla de computadora. **El mismo también introduce una distorsión de información.**

Base de datos técnica – sitios y estaciones. *Ellipse* incluye una base de datos técnica. Todos los elementos son memorizados en la base de datos relacional, la cual almacena toda la información técnica, como sitios y parámetros asociados, estaciones y parámetros asociados, antenas y móviles entre otros.

Una noción importante es que *Ellipse* diferencia entre sitios y estaciones:

- Un sitio es una localización geográfica con sus propios parámetros.
- Una estación es un transmisor o un transmisor-receptor con su conjunto de parámetros.

Una estación no puede existir sin un sitio. Por ello, tiene que estar agregada a uno, explícitamente definido como un sitio de referencia. Por otro lado, un sitio puede tener varias estaciones.

Cada estación pertenece a una red específica, a diferencia de los sitios, ya que estos no pertenecen a ninguna red. Los sitios pueden estar compartidos entre redes.

Servicios y redes. *Ellipse* utiliza las nociones de servicios y redes. Un servicio define una normalización o una normalización mas una banda de frecuencias si no se incluye en la norma. Ejemplos de servicios:

- GSM
- DCS 1800
- ERMES
- POCSAG a 170 MHz
- POCSAG a 460 MHz

Una red es una implementación real de un servicio llevada a cabo por un operador de red.

4.6.1 Representación de datos cartográficos

Sistemas geodésicos y de proyecciones. Un sistema de proyección describe una transformación que permite representar una parte de la superficie terrestre en un plano.

Las coordenadas de un punto en la superficie terrestre (**coordenadas geodésicas**) son relativas a un **sistema geodésico**, mientras que las coordenadas planimétricas hacen referencia a un sistema de proyección relacionado con este sistema geodésico. Un sistema geodésico esta formado por:

- **Un sistema de coordenadas geocéntrico.** Este sistema cartesiano de coordenadas se define normalmente en relación con un sistema de referencia llamado WGS84 (World Geodetic System 1984) utilizado por el GPS.
- **Un elipsoide centrado** en el origen del sistema de coordenadas.

Un sistema de proyección esta definido por:

- Un sistema geodésico centrado en el origen del sistema de coordenadas.
- Un tipo de proyección entre los siguientes:
 - “Transversal Universal de Mercator”
 - “Transversal de Mercator”
 - “Mercator”
- Varios parámetros de proyección, relacionados con el tipo de proyección.

4.6.2 Presentación de la interfase de usuario

La interfaz gráfica está diseñada para permitir al usuario:

- Creación sobre el mapa de sitios y estaciones
- Edición y desplazamiento de sitios y estaciones sobre el mapa gracias al ratón
- Selección de las estaciones sobre el mapa con la visualización de las características técnicas
- La consulta sobre el mapa de las características técnicas de la estación
- Gestión de un grupo de estaciones, lo que permite trabajar sobre una selección de las que están siendo visualizadas en la pantalla
- Gestión del estatus de las estaciones
- Filtrar la visualización de las estaciones en función de su estatus

Área de trabajo. Despliega mapas y sus datos técnicos, información dinámica acerca de la posición geográfica y despliega información en tiempo real sobre las coordenadas del punto localizado bajo el puntero del ratón.

- Longitud (X) y latitud (Y) en las unidades seleccionadas actualmente.
- Altitud en metros.
- Naturaleza de la obstrucción.

Esta área también despliega mensajes sensitivos de contexto y una barra de progreso durante los cálculos.

Dentro de éste menú en forma de árbol es posible configurar:

- Los parámetros de cálculo
- Las Redes a ser visualizadas
- Los sitios y estaciones
- Los grupos de móviles

Despliega tablas de servicio de cada aduana, perfiles y resultados. El área localizada bajo la estructura de árbol despliega información gráfica o resultados: Despliega perfiles en tiempo real (también durante cálculos de cobertura individual). En la línea de vista la línea es azul, en otro caso es roja o una línea punteada amarilla.

Área de pestañas

- La tabla de datos geográficos despliega la escala de colores usada para desplegar el DTM y los colores usados para representar los temas de obstrucción, conductividad del suelo de la zona o lluvia climática de la zona.
- La tabla de resultados despliega la escala y umbral requerido para leer el despliegue de resultados gráficos (escala de nivel de campo, por ejemplo)

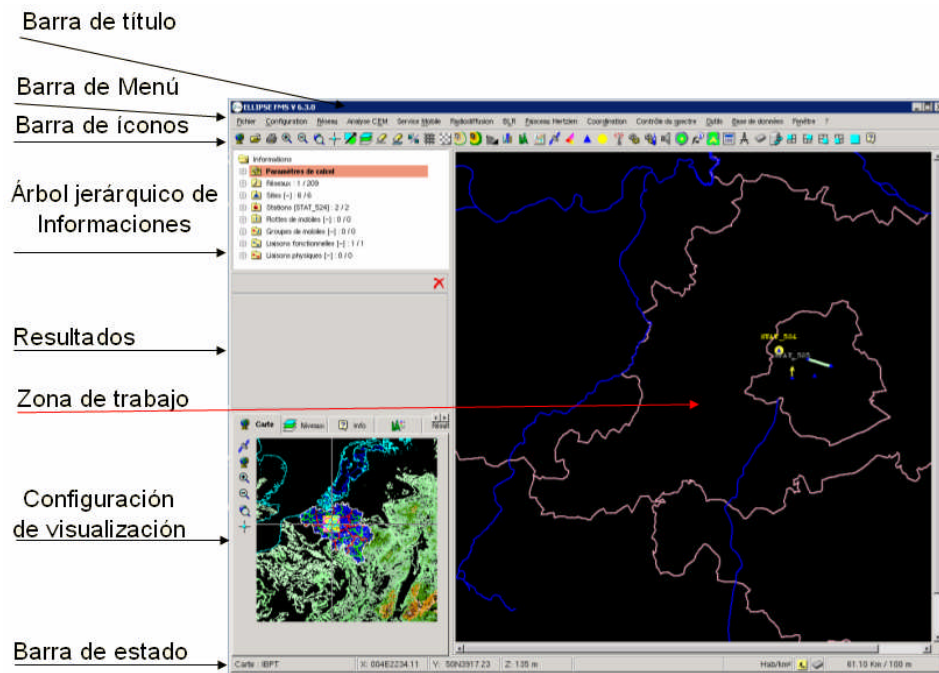


Figura 4.1. Interfaz de aplicación técnica.

Cuando un cálculo es realizado se activa automáticamente la zona “Resultados” de la pantalla de *Ellipse*. La cual muestra en todo momento la información de un punto de la zona geográfica “calculada” con respecto a la estación de estudio. Aquí se pueden ver: Distancia, Angulo y Nivel de Campo. Igualmente se muestra el perfil en tiempo real.

Ellipse Spectrum cuenta con diferentes modelos de cálculo, los cuales son recomendados para diferentes tipos de servicios, según el más adecuado. Por supuesto cuenta con el modelo de Longley-Rice.

Modelo Longley-Rice. Este modelo se conoce también con el nombre de ITM (Irregular Terrain Model). Se usa para frecuencias comprendidas entre 20MHz y 20GHz (generalmente los servicios móviles y la radiodifusión) para distancias inferiores a 2000Km.

Para este modelo es posible definir los parámetros siguientes: Clima, altura del receptor, Refracción del suelo (el cual puede estar asociado al clima o puede ser introducido de forma manual).

Este modelo toma en cuenta la conductividad del suelo, cuyos valores es posible consultar.

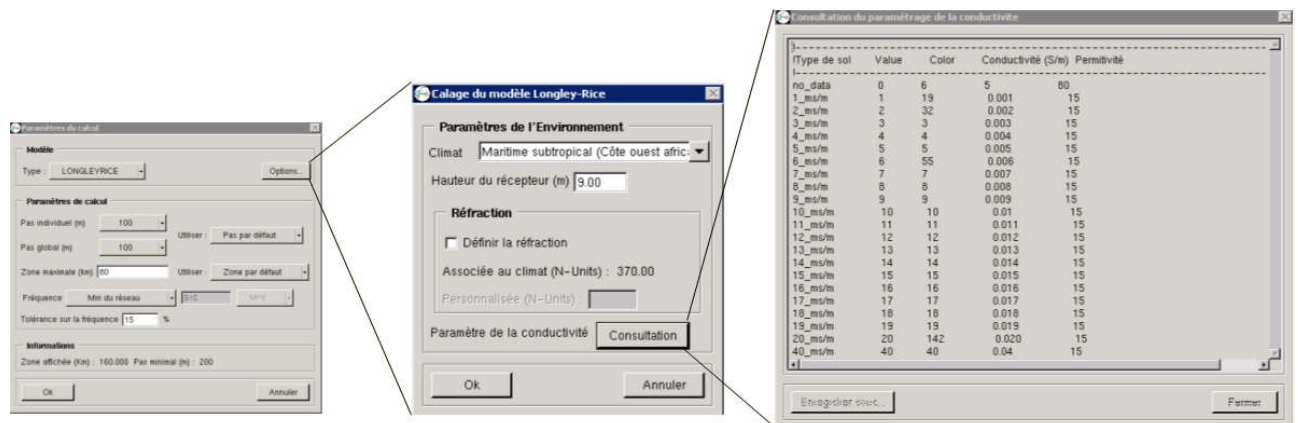


Figura 4.2. Parámetros del modelo Longley-Rice. Del ambiente, conducción y refractividad.

Bosquejo del Procedimiento de Evaluación. La examinación de cada estación procede como sigue:

- El área sujeta a cálculos es encasillada en latitud y longitud. El máximo y mínimo de la lista resultante de latitudes y longitudes determina la casilla coordinada.
- La casilla coordinada es dividida en celdas cuadradas de un tamaño escogido que debería ser de 2 km en un lado o menor, ajustar la casilla coordinada para ser un poco mayor si es necesario para acomodar un número entero de celdas.
- El modelo de propagación de Longley-Rice es entonces aplicado como en la Parte 1, Evaluación del Servicio y Parte 2, Evaluación de la Interferencia.

Parámetros de Longley-Rice. Ver la Tabla 4.4 y acompañamiento del texto.

Identificación de Estaciones Potencialmente Interferentes. Estaciones que pueden ser una fuente de interferencia son identificadas como una función de distancia y relaciones de canal. Esto esta desempeñado independientemente para cada celda. Solo esas estaciones cuya distancia de la celda de interés es menor que el valor dado en la Tabla 4.7 son consideradas como fuentes potenciales de interferencia.

Tabla 4.7. Estaciones Indeseadas

(NC significa No Considerado; se cree que estaciones en el offset indicado no causan interferencia incluso aunque estén cerca en distancia a la celda de interés.)

Offset Relativo al Canal N Deseado	Canal Indeseado	Distancia Máxima de Celda a Estaciones Indeseadas, km			
		Analógica a Analógica	Digital a Analógica	Analógica a Digital	Digital a Digital
-8	N - 8	35.0	35.0	NC	NC
-7	N - 7	100.0	35.0	NC	NC
-4	N - 4	NC	35.0	NC	NC
-3	N - 3	35.0	35.0	NC	NC
-2	N - 2	35.0	35.0	NC	NC
-1	N - 1	100.0	100.0	100.0	100.0
0	N	300.0	300.0	300.0	300.0
+1	N + 1	100.0	100.0	100.0	100.0
+2	N + 2	35.0	35.0	NC	NC
+3	N + 3	35.0	35.0	NC	NC
+4	N + 4	35.0	35.0	NC	NC
+7	N + 7	100.0	35.0	NC	NC
+8	N + 8	35.0	35.0	NC	NC
+14	N + 14	100.0	35.0	NC	NC
+15	N + 15	125.0	35.0	NC	NC

Es importante mencionar que en la base de datos de la COFETEL no se encuentra registrada ninguna estación de las autorizadas para operar ni en ATV ni en DTV a pesar de que *Ellipse* cuenta con las herramientas necesarias para incluir a las mismas y hacer el estudio técnico de factibilidad. La COFETEL al respecto únicamente puede omitir opinión. La opinión de COFETEL es en el sentido de que en México, las bandas 470 – 512, 512 – 608 y 614 -806 MHz, además de estar atribuidas al servicio de radiodifusión de televisión UHF, también están atribuidos los servicios móvil y fijo, como se especifica en las notas: MEX70, MEX109, MEX111, MEX115, MEX116 y MEX149² del cuadro nacional de atribución de frecuencias. Dada esta condición se buscará que no se interfiera con estos servicios y se evitaren las estaciones potencialmente interferentes mencionadas.

Patrones de Transmisión de Antenas. La FCC usa patrones verticales predeterminados en el programa de computadora del Departamento de Medios de Comunicación para evaluar aplicaciones para estaciones nuevas y modificadas, patrones que se consideran típicos. Sin embargo *Ellipse Spectrum* permite ingresar cualquier antena en la base de datos para después ser usada en la simulación. Los patrones, tanto verticales como horizontales, usados en esta tesis, son entonces, los mostrados en las hojas técnicas de las antenas,

⁴Apéndice 2

con sus respectivos valores de frecuencias de operación, ganancia, polarización, resistencia al viento y relación frente-atrás.

IMPLANTACIÓN EN MÉXICO

La adopción del sistema de televisión digital tiene diferentes aristas, pero hay aspectos en los que conviene detenerse. Uno de ellos es el carácter discrecional y antidemocrático con el cual se eligió la norma ATSC. La recomendación para elegir este sistema se originó en el Comité Consultivo de Tecnologías de Radiodifusión, creado durante la administración del presidente Ernesto Zedillo (1994-2000), a raíz de la expedición del “Acuerdo para el estudio, evaluación y desarrollo de tecnologías digitales en materia de radiodifusión”, publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 20 de julio de 1999.

Así, la identificación personal y política entre los presidentes Vicente Fox y George Bush hacía muy difícil que México dejara de ir a la zaga de Estados Unidos en un proceso tan importante. Era casi imposible que el gobierno foxista adoptara en esta materia una postura similar a la del presidente de Brasil, Luis Ignacio Lula Da Silva, quien el 19 de agosto de 2003 anunció la decisión de adoptar el Sistema Brasileño de Televisión Digital (SBTVD), desarrollado por universidades de ese país con un costo de 17 millones de dólares. Que la tendencia a adoptar el sistema estadounidense de televisión digital era muy fuerte lo demuestra el hecho de que las dos principales televisoras de México, TV Azteca y Televisa, comenzaron a experimentar en esta materia desde 1997, con autorización de la SCT, siguiendo las normas técnicas de Estados Unidos, utilizando canales de la banda de UHF en Guadalajara, el Distrito Federal y Ciudad Juárez.

Asimismo, ninguna televisora estatal, universitaria o cultural participó en forma directa en la recomendación final de este Comité. Tampoco hubo un intento en la administración del presidente Vicente Fox (2000-2006) por modificar esa forma de trabajo. La escasa o nula participación de la televisión pública en la toma de decisiones del Comité y, en consecuencia sobre su futuro, es un hecho quizá lamentable en cuanto a la relación Estado-medios.

Sin embargo, además de la recomendación del sistema ATSC, el Comité logró que el ex titular de la SCT, Carlos Ruiz Sacristán, firmara dos acuerdos: uno relacionado con la reserva de frecuencias del espectro radioeléctrico para realizar trabajos de investigación y desarrollo, ligados con la introducción de la radiodifusión digital (*Diario Oficial de la Federación* del 27 de marzo de 2000), y el segundo, mucho más importante, es el que establece las obligaciones de los concesionarios y permisionarios de radio y televisión involucrados con las tecnologías digitales para la radiodifusión (*Diario Oficial de la Federación*, 3 de octubre de 2000), acuerdo que modificó los títulos de concesión y permisos de las estaciones de radio que operan en el país para adoptar las normas

digitales que determine el gobierno federal, tal como ahora lo está haciendo con ATSC.

La adopción de la Norma ATSC se presenta en un documento digital detallado de políticas emitido por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México. Las políticas se basan en las recomendaciones públicas para la radiodifusión de la televisión elaboradas por un comité consultor del gobierno y la industria luego de la respectiva instrucción del Presidente Vicente Fox de octubre del 2003. El plan proyecta que de aquí al 31 de diciembre del 2006, las tres ciudades más grandes de México, esto es, Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, contarán con servicios de televisión digital comercial, como también ciertas ciudades a lo largo de la frontera de México con Estados Unidos.

Para hacer realidad este servicio, el Gobierno federal, por conducto de la SCT, cuenta con una Política de Desarrollo de la Televisión Digital terrestre (TDT) que permitirá a México disponer de estos sistemas para mejorar la calidad de los servicios y favorecer la convergencia con las telecomunicaciones, mediante la utilización de tecnologías digitales.

La política de televisión digital fue desarrollada en consenso con la industria mediante un Comité Mixto, Gobierno-Industria, cuyos trabajos se remontan a finales de 1997. Destacan las transmisiones experimentales que se han realizado desde entonces y el seguimiento de las experiencias de otros países como Estados Unidos, Canadá, Francia, Inglaterra y Japón.

Sin embargo, “la elección del estándar estadounidense ATSC de televisión digital es un hecho importante por las repercusiones económicas, sociales, culturales y políticas que tendrá en México. Sin embargo, a diferencia de lo que ha sucedido en otros países donde se ha implantado esta tecnología, la noticia ha transcurrido aquí sin pena ni gloria. A estas alturas el tema debería estar en la mesa de discusiones de, por lo menos, legisladores y partidos políticos, pero se comprueba nuevamente que hablar sobre asuntos que pudiesen molestar a los empresarios de la radiodifusión cuando se tiene la vista centrada en el 2006, es algo que diversos actores políticos no están dispuestos en hacer, aún tratándose de una tecnología nueva que de una u otra manera nos afectará a todos”⁵.

El director de Alta Tecnología de Televisa, Leonardo Ramos Mateos, presentó a la SCT un documento que define los cuatro elementos a considerar en el programa que marcará la pauta en la implantación de este sistema.

⁵ Gabriel Sosa Plata, “Excluyente adaptación de la TV digital” en *Revista Mexicana de Comunicación*, No. 45, México, noviembre 2003, p. 17.

El primero de ellos, el técnico, ya está terminado y con él la adopción del sistema ATSC, después de evaluarse los tres sistemas de televisión digital que existen en el mundo: el norteamericano ATSC, el europeo DVB y el japonés ISDB-T.

El aspecto legal tiene que ver con la seguridad jurídica que requiere el radiodifusor en materia de concesiones para realizar las inversiones tan grandes que se requieren.

El tercero, la parte social, es el impacto que tendrá la decisión gubernamental y el inicio de los servicios digitales en el país. Es decir, si nosotros comenzamos a ofrecer servicios digitales y no hacemos un plan de tiempos eficiente que permita que la sociedad cambie de receptores en un tiempo relativamente largo, pues obviamente vamos a producir un problema financiero a las familias⁶.

Y el factor económico, cuarto elemento, implica una revisión en el precio de los receptores, de los codificadores, las antenas, las torres y la obra civil, entre otros. "Debemos considerar prácticamente todos estos datos para que la decisión a tomar sea coherente con todos los intereses de quienes participan en el proceso de introducción⁷.

5.1 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.

En base al Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de octubre de 2000, mediante el cual se establecen obligaciones para los concesionarios y permisionarios de radio y televisión relacionados con las tecnologías digitales para la radiodifusión, y de los referendos que se han otorgado a partir de esa fecha, 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 señale la propia Secretaría, a fin de garantizar la eficiencia técnica de las transmisiones.

En el mencionado acuerdo Secretarial del 3 de octubre de 2000, se establece que será necesario transmitir simultáneamente señales analógicas y digitales para garantizar a la sociedad, la continuidad del servicio de televisión, por lo que la Secretaría determina el plazo durante el cual deberán realizarse las transmisiones simultáneas; asimismo, en dicho Acuerdo se señala que, en caso

⁶ Entrevista concedida para *TV Technology América Latina* (septiembre-octubre 2003), por el director de Alta Tecnología de Televisa, Leonardo Ramos Mateos.

⁷ Idem.

de que las tecnologías de transmisión digital adoptadas, involucren la utilización de otra frecuencia, la propia Secretaría señalará, a su juicio y cuando así lo estime conveniente, la frecuencia que será reintegrada al término de las transmisiones simultáneas, y establecerá el plazo para tales efectos.

La transición a la televisión digital terrestre, por los costos que implica para concesionarios, permisionados, productores, anunciantes y el público televidente en general, es un proceso de largo plazo en el que resulta esencial contar con lineamientos claros para su desarrollo y en el que son tomados en cuenta para la elaboración de un Calendario de transición los siguientes elementos:

- Debe existir flexibilidad y gradualidad en el proceso para la instalación de las estaciones de televisión digital terrestre, iniciando con presencia en las actuales coberturas analógicas para posteriormente, replicarlas;
- Es conveniente establecer periodos de desarrollo revisables dentro de este proceso, considerando que se trata de una nueva tecnología y que los montos de inversión requeridos deberán realizarse de acuerdo con la evolución del propio proceso.
- Que deben establecerse metas mínimas con base en la densidad poblacional.

Con objeto de establecer claramente los derechos y obligaciones de los operadores de televisión respecto de la transición a la TDT, es recomendable ajustar las Condiciones de las Concesiones y de los Permisos de aquellos concesionarios y permisionados que manifiesten su compromiso con la transición a la televisión digital terrestre.

En consecuencia con lo mencionado, se ha expedido un acuerdo, a fin de que se adopte la televisión digital terrestre y se ha establecido la Política de Transición a la Televisión Digital Terrestre, que a continuación se describen.

5.2 Acuerdo

El acuerdo establece que se adopta el estándar A/53 del ATSC, para la transmisión digital terrestre de radiodifusión de televisión, en adelante la Televisión Digital Terrestre (la TDT) que utilizarán los concesionarios y permisionarios de estaciones de televisión, para iniciar la transición a la televisión digital terrestre, en los términos y condiciones que al efecto establece la Secretaría.

Se establece la Política de Transición a la Televisión Digital Terrestre, en adelante “Política”, conforme a lo siguiente:

- A fin de que el proceso brinde certidumbre jurídica a todas las partes que en él intervengan, se establecen líneas de acción de corto, mediano y largo plazo, así como condiciones objetivas para dar

seguimiento al proceso, para así evaluar el desarrollo del mismo y, en su caso, reorientar las líneas de acción señaladas.

- La Política contiene las metas, requisitos, condiciones y obligaciones para los concesionarios y permisionarios de televisión, en relación con el proceso de transición tecnológica de la TDT.
- La Política, puede revisarse y, en su caso, ajustarse a la evolución del proceso de transición tecnológica de la TDT, y corresponde al Comité evaluar en forma continua los avances del proceso y elaborar un reporte anual del mismo, con la o las recomendaciones que, en su caso, correspondan.

La Política contiene los siguientes elementos:

5.2.1 Objetivos

- **Inclusión Digital:** generar condiciones para que los receptores y decodificadores de televisión digital sean cada vez más accesibles al consumidor de nuestro país, con el 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 las señales analógicas y digitales durante la transición a la TDT.

5.2.2 Modelo de la TDT.

Para garantizar la continuidad del servicio de televisión analógica y el desarrollo del proceso de transición a la TDT, resulta necesario utilizar temporalmente un canal adicional por cada canal analógico, en el que se transmita digitalmente, en forma simultánea, la misma programación que se difunda en el canal analógico.

Asimismo se contempla que las señales de la TDT puedan ser captadas por el público en general mediante receptores fijos. No obstante lo anterior, con base en las recomendaciones que emita el Comité, la Secretaría analizará la viabilidad de incorporar a la TDT servicios de televisión portátiles y móviles.

Las transmisiones de la TDT deberán ser de calidad de alta definición (HDTV) o calidad mejorada (EDTV). Asimismo, para el inicio de las transmisiones digitales de cada canal adicional, la TDT deberá tener, como mínimo, calidad estándar (SDTV).

Al final del tercer periodo, para todas las estaciones que tengan Replica Digital, será obligatorio contar con transmisiones de calidad HDTV o EDTV, en al menos el 20% del tiempo total del horario de funcionamiento de la estación, conforme a lo establecido en la concesión o el permiso. Con el propósito de brindar un mayor beneficio a la sociedad, lo anterior, debe darse preferentemente, en los horarios de mayor audiencia, en el entendido de que al menos una hora diaria de este tiempo, se transmita en horarios de mayor audiencia.

5.2.3 Canales adicionales para la transición a la TDT.

Para llevar a cabo el proceso de transición a la TDT, es necesario que los concesionarios y permisionarios cuenten con la asignación temporal de un canal adicional para realizar transmisiones digitales simultáneas de la programación transmitida por cada canal analógico, en las bandas de frecuencias que le corresponden a la televisión, conforme al Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, así como para impulsar la convergencia tecnológica.

Para garantizar la disponibilidad del espectro radioeléctrico destinado para la transmisión de la TDT, la Secretaría publica en Internet la Tabla de Canales Adicionales para la Transición a la TDT, en la que se identificarán los canales que se encuentran disponibles para el proceso de transición a la TDT.

La Tabla antes mencionada, podrá ser modificada conforme a los avances en la evolución del proceso, tomando en cuenta el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por los concesionarios y permisionarios, así como los adelantos que se tengan en materia de planificación del espectro radioeléctrico de la TDT.

Con objeto de mantener una planificación adecuada del espectro radioeléctrico y favorecer la optimización futura del mismo, se tenderá a que la mayoría de los canales se concentren en la porción de las bandas ubicada del canal 2 al 52, procurando evitar la asignación futura de canales analógicos superiores al canal 52.

La asignación de nuevos canales analógicos o la modificación de los existentes, no deberá afectar la factibilidad del uso de los canales de la Tabla de Canales Adicionales para la Transición a la TDT.

5.2.4 Periodos trianuales del proceso de transición.

Para llevar a cabo el proceso de transición a la TDT se establece el Calendario para la instalación y operación de los equipos de los canales digitales, el cual proyecta metas mínimas para cada uno de los Periodos, sin establecer una fecha para la conclusión de las transmisiones analógicas.

Con base en las recomendaciones que emita el Comité, la Secretaría determinará si es o no necesario continuar con las transmisiones analógicas de una determinada estación, por haber logrado un alto nivel de penetración del servicio de la TDT en la población y, en su caso, señalará al concesionario o permisionario, el canal que será reintegrado al término de las transmisiones simultaneas, y establecerá el plazo para tales efectos.

El proceso de transición a la TDT incluye seis periodos trianuales revisables, en el que se combinan, para cada periodo y en forma progresiva, la Presencia y Replica Digital de las transmisiones en las actuales coberturas analógicas.

Para los efectos de este Acuerdo, se entiende por:

Presencia: cuando las transmisiones de señales de la TDT tienen niveles que superan el umbral de recepción de la señal de 41 dBu, en al menos el 20% del área de servicio del canal analógico registrado en la Secretaría.

Replica Digital de cobertura: cuando se supera el umbral de recepción antes señalado, en al menos el 90% del área de servicio.

Conforme a ello, se establecen los siguientes periodos para la transición que, salvo el primero, serán revisables por el C. Secretario de Comunicaciones y Transportes con base en las recomendaciones que al efecto emita el Comité.

Primer periodo (a partir de la entrada en vigor de este Acuerdo y finaliza el 31 de diciembre de 2006). México, D.F., Monterrey, N.L., Guadalajara, Jal., Tijuana, B.C., Mexicali, B.C., Cd. Juárez, Chih., Nuevo Laredo, Tamps., Matamoros, Tamps. y Reynosa, Tamps., con al menos la presencia de dos señales digitales comerciales.

Segundo período (1º de enero de 2007 al 31 de diciembre de 2009). Réplica Digital de las señales comerciales del Primer Periodo. Presencia de las señales digitales comerciales en zonas de cobertura de un millón y medio de habitantes en adelante.

Tercer período (1º de enero de 2010 al 31 de diciembre de 2012). Réplica Digital de las señales del Segundo Periodo. Presencia de las señales digitales no comerciales en zonas de cobertura de un millón y medio de habitantes en adelante. Presencia de las señales digitales comerciales en zonas de cobertura de un millón de habitantes en adelante.

Cuarto período (1° de enero de 2013 al 31 de diciembre de 2015). Réplica Digital de las señales digitales del Tercer Período. Presencia de las señales digitales no comerciales en zonas de cobertura de un millón de habitantes en adelante. Presencia de las señales digitales comerciales en zonas de cobertura de quinientos mil habitantes en adelante.

Quinto período (1° de enero de 2016 al 31 de diciembre de 2018). Réplica Digital de las señales del Cuarto Período. Presencia de las señales digitales no comerciales en zonas de cobertura de quinientos mil habitantes en adelante. Presencia de las señales digitales comerciales en zonas de cobertura de ciento cincuenta mil habitantes en adelante.

Sexto Período (1° de enero de 2019 al 31 de diciembre de 2021). 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. Las estaciones permisionadas y las concesionadas cuya operación sea financiada principalmente por recursos federales o estatales, serán consideradas como estaciones no comerciales únicamente para los fines de la Política.

5.2.5 Seguimiento, revisión y ajustes al proceso.

El proceso de transición a la TDT debe incluir condiciones objetivas para dar seguimiento al proceso, a fin de evaluar sobre el desarrollo del mismo y, en su caso, reorientar las líneas de acción establecidas en la Política. Por lo anterior, el Comité realizará evaluaciones al desarrollo del proceso de transición a la TDT, para lo cual tomará en consideración, entre otros factores, los siguientes:

- Inversiones realizadas;
- Mercado de receptores, penetración, disponibilidad y, precio de receptores y equipos asociados a la TDT;
- Equipos transmisores en operación y disponibles en el mercado, así como sus costos y características;
- Mercado publicitario;
- Información de encuestas;
- Censos y sus proyecciones;
- Niveles de audiencia de programas transmitidos a través de la TDT;
- Capacidad económica de la población, incluyendo el PIB, que dé a conocer el Banco de México;
- Número de estaciones concesionadas y permisionadas de televisión, y
- Experiencias internacionales.

Con el propósito de que el Comité cuente con la información necesaria para evaluar el desarrollo del proceso, los concesionarios y permisionarios que tengan autorizado al menos un canal adicional para la transición a la TDT, deberán presentar a la Secretaría, en el mes de enero de cada año, a partir del 1° de enero de 2007, la información requerida en el Anexo I de la Política, Tabla 5.1. A partir del final del Primer Periodo, el Comité emitirá, a más tardar en el mes de abril de cada año, un reporte, con relación al año inmediato anterior, al C. Secretario de Comunicaciones y Transportes, con la o las recomendaciones que en su caso correspondan. La Secretaría publicará en Internet una versión de dicho reporte con la información que se considere como pública en términos de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, a más tardar en el mes de mayo del año que corresponda y, de ser necesario, realizará las adecuaciones a la Política.

Tabla 5.1. Información requerida de los concesionarios y permisionarios para el seguimiento de la transición a la televisión digital terrestre

Nombre del Concesionario o Permisionario
Distintivo de llamada
Canal Adicional Autorizado
Indicar si ha iniciado operaciones En caso negativo, grado de avance de las instalaciones y fecha probable de terminación.
Información agregada de las inversiones realizadas, relacionadas con la transición a la TDT.
Reporte sobre la calidad de la señal. Horas transmitidas en el canal digital. Total de Horas transmitidas en HDTV, EDTV y SDTV. Especificar modo de transmisión, por ejemplo 1920 X 1080e, 1280 X 720p, 640 X 480e, etc. Horarios de programación de HDTV, EDTV y SDTV. Niveles de audiencia disponibles.
Mercado publicitario (en el caso de concesionarios). Ingresos asociados directa o indirectamente a la TDT. Encuesta que, en su caso, haya realizado con relación a la penetración de la TDT.
Ingresos para el financiamiento de la TDT (en el caso de permisionarios). Presupuesto asociado a la operación e ingresos generales obtenidos por rubro. Ingresos adicionales directos o indirectos asociados a la TDT. Encuesta que, en su caso, haya realizado con relación a la penetración de la TDT.
Nuevos servicios autorizados con base en la Ley Federal de Telecomunicaciones.

5.2.6 Adecuaciones necesarias a las Concesiones y Permisos.

Tomando en cuenta que la transición a la TDT es un proceso de largo plazo y requiere del uso temporal de un canal adicional digital al canal analógico con

que actualmente se ofrece el servicio, es necesario que los concesionarios y permisionarios cuenten con las condiciones de seguridad jurídica y técnica necesarias para llevar a cabo la transición a la TDT.

Por lo que es necesario:

- Establecer que las vigencias de las Concesiones y Permisos sean coincidentes con los períodos previstos en la Política;
- Adecuar las condiciones de las Concesiones y Permisos para incorporar disposiciones relacionadas con el proceso de transición sobre bases de equidad y transparencia, y
- Incorporar el procedimiento a través del cual se autorizará temporalmente el uso de un canal adicional.

Estas acciones se implementarán con fundamento en las disposiciones legales y administrativas aplicables, y en la Condición de Nuevas Tecnologías incluida en las Concesiones y Permisos, por la que se establece que los concesionarios y permisionarios están obligados a implantar la o las tecnologías que así resuelva la Secretaría, al efecto deben observar y llevar a cabo todas las acciones en los plazos, términos y condiciones que le señala la propia Secretaría, a fin de garantizar la eficiencia técnica de las transmisiones.

En el caso de nuevas Concesiones o Permisos, éstos deberán contener la Condición de Nuevas Tecnologías y, además, en todas sus condiciones, serán consistentes con la Política y las disposiciones legales aplicables, de conformidad con su naturaleza y propósitos. Las Concesiones o Permisos que, en su caso, otorgue la Secretaría a partir de la entrada en vigor de este Acuerdo, estarán sujetas a las obligaciones de Presencia o Réplica Digital, según sea el caso, atendiendo a la zona de cobertura y a los plazos que corresponda, conforme a lo establecido.

Procedimientos y plazos para solicitar el refrendo de la concesión o el permiso con base en la presente Política.

Procedimientos. Los concesionarios y permisionarios que deseen obtener el refrendo deberán presentar su solicitud, incluyendo la información señalada en el Anexo II de la Política: *MODELO DE ESCRITO EN EL QUE SE PRESENTA LA INFORMACION REQUERIDA A LOS CONCESIONARIOS Y PERMISIONARIOS QUE SOLICITEN SU REFERENDO CONFORME A LO DISPUESTO EN LA POLITICA.*

La Secretaría resolverá la solicitud de refrendo de conformidad con lo establecido en la Ley Federal de Radio y Televisión, su Reglamento y las disposiciones legales aplicables.

Las Condiciones de los Títulos de Refrendo de las concesiones o permisos que aplicarán a los concesionarios y permisionarios que manifiesten sus

compromisos para transitar a la TDT, se establecerán de conformidad con los Anexos III y IV de la Política: *TITULO DE REFERENDO DE PERMISO/CONCESION PARA CONTINUAR USANDO UN CANAL DE TELEVISION, OTORGADO POR EL GOBIERNO FEDERAL POR CONDUCTO DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES A FAVOR DEL PERMISIONARIO/CONSESIONARIO*, según corresponda. La vigencia que se otorgará coincidirá con el término del Sexto Período Trienal señalado.

Plazos para solicitar el refrendo. Salvo en el caso del Primer Período, los concesionarios y permisionarios deberán solicitar el refrendo correspondiente y manifestar sus compromisos con la transición a la TDT, antes del inicio del período en el que les corresponda contar con señales digitales.

Para ello, las alternativas para solicitar el refrendo de la concesión o permiso son:

- A partir de que se publique la Política, siempre y cuando se manifiesten los compromisos para la transición a la TDT, o
- A más tardar un año antes de que fenezca su vigencia actual, siempre y cuando no haya iniciado el período en el que le corresponda contar con señales digitales.

Procedimiento para hacer uso de los canales adicionales para la TDT.

La Secretaría publicará en Internet la lista de los canales digitales que se encuentran autorizados, identificando si se encuentran en proceso de instalación o en operación, así como sus características técnicas y el concesionario o permisionario que corresponda. Con objeto de facilitar la relación entre las estaciones analógicas y sus correspondientes equipos de canales adicionales digitales, se utilizará el mismo distintivo de llamada pero con la terminación “TDT”.

5.2.7 Incumplimientos a la Política

No cumplir con los compromisos asumidos para la transición a la TDT. Sin perjuicio de que los compromisos para la transición a la TDT son revisables conforme a lo establecido en la Política, en caso de que el Concesionario o Permisionario no dé cumplimiento a los mismos en tres ocasiones durante el periodo de vigencia correspondiente, sin causa justificada, la Secretaría iniciará el procedimiento de revocación y de las sanciones económicas que correspondan conforme a lo establecido en la Ley Federal de Radio y Televisión y su Título de concesión o permiso, según sea el caso.

Una vez concluido el procedimiento de revocación, la Secretaría podrá disponer de los canales correspondientes y tomará las acciones necesarias para

procurar que la población incluida en esa zona de cobertura cuente con señales del servicio de televisión analógica y digital, conforme al avance de la evolución de la transición a la televisión digital terrestre.

Prestar servicios de telecomunicaciones sin contar con la concesión o el permiso que corresponda de conformidad con la Ley Federal de Telecomunicaciones. El Concesionario o Permisionario de televisión que preste un servicio de telecomunicaciones sin contar con la concesión o permiso en términos de lo que establece la Ley Federal de Telecomunicaciones y las disposiciones legales aplicables, perderá en beneficio de la Nación los bienes, instalaciones y equipos empleados en la comisión de dichas infracciones.

5.3 Estado actual durante el primer periodo de transición a TDT

Antes de que concluya el 2006, la televisión digital estará presente en las ciudades de México, Guadalajara, Tijuana, Mexicali, Ciudad Juárez, Nuevo Laredo, Matamoros, Tamaulipas y Reynosa, conforme a los trabajos que el Gobierno e Industria realizan desde 1997, para que nuestro país cuente con la tecnología más avanzada en materia de televisión digital en el mundo.

En México no existe una norma o documento en el cual se indiquen las características con las que deberá operar la estación digital.

En la política de transición únicamente se indica que deberá ofrecerse un nivel de intensidad superior a 41 dBuV sin identificar la banda.

Los radiodifusores que deseen iniciar su transición a digital no cuentan con una guía para realizar su transición, por lo tanto, urge definir un plan de transición de la radiodifusión analógica a digital y un programa de ejecución, tomando en consideración a todos aquellos agentes interesados como el político, económico, social, cultural, legal y tecnológico.

No existe un medio de difusión en el cual nuestro gobierno informe de las experiencias obtenidas de las estaciones experimentales que operan en nuestro país.

Televisa se encuentra en la actualidad en la capacidad de poder atender el desarrollo de esta tecnología con una infraestructura completa para poder lanzar cualquier canal en digital, pero eso no quiere decir que todavía se pueda palpar, porque los televisores para atender esta plataforma aún no cuentan con la penetración para atender lo digital.

Televisa ya tiene listos los canales digitales, aunque aún no cuenta con las frecuencias exactas, ya que no se sabe si son las reales las que tiene para poder operar esta tecnología, pero lo que sí sabe es que de los dos canales nacionales uno será local, y serán el Canal de las Estrellas y el Canal 5 como canales

nacionales y el canal local de cada ciudad, por ejemplo en la Ciudad de México, será Cuatro TV, en el caso de Monterrey será el Canal 34, entre otros, por lo que en cada caso cada localidad tendrá su canal replicado a televisión digital.

Esta televisión digital cuenta ya con la señal de prueba que está conformada por la programación normal, pero en alta definición.

Asimismo, Televisa sabe que la penetración de receptores de alta definición en estos momentos no es la óptima, sin embargo, ahora se sabe que la mayoría de los televisores tiene la posibilidad de adaptarles un convertidor que permita la salida a la televisión digital. Entonces en estos canales en los que se va a replicar esa señal a televisión digital, se avisará el momento en que se empiece la programación que se está viendo como programación en alta definición o simplemente como canal digital que con el convertidor se podrá ver el canal que le corresponda.

TV Azteca actualmente transmite películas en le Canal 7 de manera digital y con un audio de 5.1 que equivale al sonido de un teatro en casa, que es un sonido envolvente, pero que son películas que se ven de manera normal en cuanto a imagen porque aún no se tiene el equipo necesario para recibirla en digital, sólo algunos que forman parte de la élite mexicana o que cuentan con un poder adquisitivo para acceder a esta tecnología pueden disfrutar de esta programación, aunque sea ahora por un primer momento hasta que se abaraten los costos del equipo y entonces sí se tenga acceso a estas ofertas programáticas por parte del público en general.

PLANEACIÓN DE LA NUEVA ESTACIÓN DE DTV

La Dirección General de TV UNAM afronta actualmente el reto y la posibilidad de tener un canal propio de televisión abierta para transmitir sus programas, lo cual se ha visto como un anhelo durante muchos años, Aunque en la actualidad esta operando en una etapa de pruebas y con una cobertura únicamente para Ciudad Universitaria, la autorización para operar se ha vencido como se muestra en la tabla 6.2.

Es ineludible la migración hacia la digitalización, que incluye todo el proceso, desde la toma de imagen, grabación, postproducción, almacenamiento y transmisión de la señal de televisión. Tomando en cuenta el objetivo principal de la dependencia, sus necesidades, tanto técnicas como de producción y los recursos económicos de que se dispone, se asume el reto de tener un canal propio de televisión abierta y que este opere bajo el esquema de tecnología digital.

Esto implicó un cambio paulatino y ordenado en que conviven diversos equipos y formatos de grabación y postproducción, tanto analógicos como híbridos y totalmente digitales. También ha sido necesario ir adquiriendo gradualmente el equipo para operar el canal de televisión abierta, debido a que no se tienen los recursos suficientes para comprar todo el equipo requerido de una sola vez.

A continuación se plantea el camino a seguir para alcanzar el objetivo de tener una estación de TDT que brinde servicio al Valle de México.

Aceptación de la Política de transición a la TV Digital. Las estaciones concesionadas y permissionadas deberán solicitar su refrendo y manifestar sus compromisos con la transición a DTV antes del inicio del periodo en el que les corresponda contar con la presencia digital.

Al solicitar su refrendo deberán anexar el escrito de aceptación de la política de transición a la TV digital.

Adecuaciones para la implementación de la nueva estación:

- Asegurar espacio suficiente en la torre para montar la nueva antena de DTV.
- Asegurar espacio en la sala de transmisión para el nuevo transmisor.
- Realizar adecuaciones a la instalación eléctrica para la alimentación del nuevo equipo transmisor.

- Garantizar el suministro de energía eléctrica desde la subestación hasta el transmisor y equipo periférico nuevo, pasando por el regulador de voltaje.
- Capacitación al personal de la estación para la operación y mantenimiento del nuevo equipo digital.

Factores a considerar en la instalación de una estación DTV:

- REUBICACIÓN DEL EQUIPO EXISTENTE
- MODIFICACIONES A LA TORRE
- ANTENA ATV
- LÍNEA DE TRANSMISIÓN DTV
- COMBINADOR DTV
- TRANSMISOR DTV
- INSTALACIÓN

6.1 Determinación de áreas de servicio

Elegir el canal digital de la lista publicada por la SCT en Internet.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Área de Ingeniería y Tecnología de la Comisión Federal de Telecomunicaciones asignan, en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias de México, la banda de 512 a 608 MHz al servicio de radiodifusión de televisión UHF con la nota MEX114¹, como esta definido en el cuadro correspondiente a la región geográfica 2 de la UIT a la cual pertenece México.

Tabla 6.1. Canales adicionales para la transición a la TDT
Zona de cobertura potencial de más de 500 mil habitantes

No.	POBLACION	ESTADO	HABITANTES	CANALES DIGITALES
1	MEXICO D.F.	DF	20,625,756	23
2				24
3				25
4				26
5				27
6				33
7				41
8				44
9				48

⁸ **MEX114.** Se destinan las bandas de 450 – 470 MHz (canales de TV del 14 al 36) y de 614 – 808 MHz (canales de TV del 38 al 69), para el servicio de radiodifusión de televisión. Las condiciones que se aplican para su uso se encuentran en el Convenio celebrado entre México y los Estados Unidos de América, relativo al uso de canales de televisión en UHF comprendidos del 14 al 69, y en las normas técnicas publicadas por la S.C.T.

10	49
11	50

Verificar los canales analógicos de UHF en actual operación en el Distrito Federal y zonas vecinas.

Tabla 6.2. Infraestructura de estaciones de televisión en el D.F. y Estado de México.

TITULAR	DISTINTIVO	CANAL	VIGENCIA	
			INICIO	VENCIMIENTO
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	XEIPN-TV	11	2-MAR-1959	N.D.
TELEVISIÓN AZTECA, S.A. DE C.V.	XHDF-TV	13	25-AGO-2004	31-DIC-2021
TELEVISIÓN AZTECA, S.A. DE C.V.	XHIMT-TV	7	25-AGO-2004	21-DIC-2021
COMPANIA INT. DE RADIO Y TELEVISIÓN, S.A.	XHRAE-TV	28	22-NOV-1999	22-MAY-2006
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	XHUNAM-TV	60	5-DIC-2000	4-DIC-2005
TELEVISIÓN METROPOLITANA	XEIMT-TV	22	16-ABR-2001	15-ABR-2013
TELEVIMEX, S.A. DE C.V.	XEQ-TV	9	21-SEP-2004	31-DIC-2021
TELEVIMEX, S.A. DE C.V.	XEW-TV	2	21-SEP-2004	31-DIC-2021
TELEVIMEX, S.A. DE C.V.	XHGC-TV	5	21-SEP-2005	31-DIC-2021
TELEVISORA DEL VALLE DE MEXICO, S.A. DE C.V.	XHTVM-TV	40	19-ABR-1993	L
TELEVIMEX, S.A. DE C.V.	XHTV-TV	4	21-SEP-2004	31-DIC-2021
TELEVIMEX, S.A. DE C.V.	XEX-TV	8	21-SEP-2004	31-DIC-2021
RADIODTELEVISORA DE MEXICO NORTE	XHATZ-TV	32	21-SEP-2004	31-DIC-2021
TELEVIMEX, S.A. DE C.V.	XHTM-TV	10	31-DIC-2004	31-DIC-2021
GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO	XHPTP-TV	34	2-JUL-1999	R
GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO	XHGEM-TV	12	2-JUL-1999	R
TELEVISIÓN AZTECA, S.A. DE C.V.	XHLUC-TV	19	25-AGO-2004	31-DIC-2021
RADIODTELEVISORA DE MEXICO NORTE,	XHTOK-TV	31	21-SEP-2004	31-DIC-2021
TELEVIMEX, S.A. DE C.V.	HXTOL-TV	10	21-SEP-2004	31-DIC-2021
TELEVISIÓN AZTECA, S.A. DE C.V.	XHXEM-TV	6	25-SEP-2004	31-DIC-2021
GOBIERNO DE ESTADO DE MEXICO	XHTEJ-TV	12	2-JUL-1999	R
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	XHVBM-TV	7	19-MAY-2002	31-DIC-2021

Seleccionar el canal de menor frecuencia (por razones de propagación, rendimiento de los amplificadores, por preferencia del tele auditorio, etc.).

Descartar los canales adyacentes a frecuencias ya ocupadas, en este caso el canal 23.

El canal recomendado es el 24 ya que de acuerdo a los criterios plasmados en la tabla 4.7 evitamos los canales indeseados y así no se consideran casos de interferencia potencial para nuestra estación de TV.

El canal 24 opera en la banda de frecuencia de 530 a 536 MHz y la frecuencia piloto para este canal sería de: 530.309440559 MHz

En la política de transición a transmisión al sistema digital se indica un contorno de 41 dB, este contorno es únicamente aplicable para canales de UHF (aunque no se indica en la política)

6.2 Ciudad de México

Latitud de la Ciudad de México. Tiene coordenadas extremas que van de 19°03' a 19°36' de latitud Norte y 98°57' a 99°22' de longitud Oeste.

Altitud de la Ciudad de México. Hay variaciones entre los 2,240 m sobre el nivel del mar, hasta los 3,700 m sobre el nivel del mar. La altitud va aumentando de Norte a Sur de la ciudad.

Orografía en la Ciudad de México y zona metropolitana. El paisaje orográfico de la ciudad de México presenta alturas que van desde 2,240 m sobre el nivel del mar en sus áreas planas (Las partes centrales).

Al describir la ciudad de México de norte a sur, se encuentra, en forma de herradura, la Sierra de Guadalupe, macizo más o menos compactado y aislado donde se localizan los cerros de Zacatenco (2,500 msnm) y Chiquihuite (2,930 msnm) que corresponden a las máximas elevaciones en la Ciudad de México de esta sierra.

La Sierra del Ajusco-Chichinautzin que comprende al volcán Ajusco (la montaña más alta de la Ciudad de México) presenta un conjunto de aparatos volcánicos formando un eje con orientación Este - Oeste.

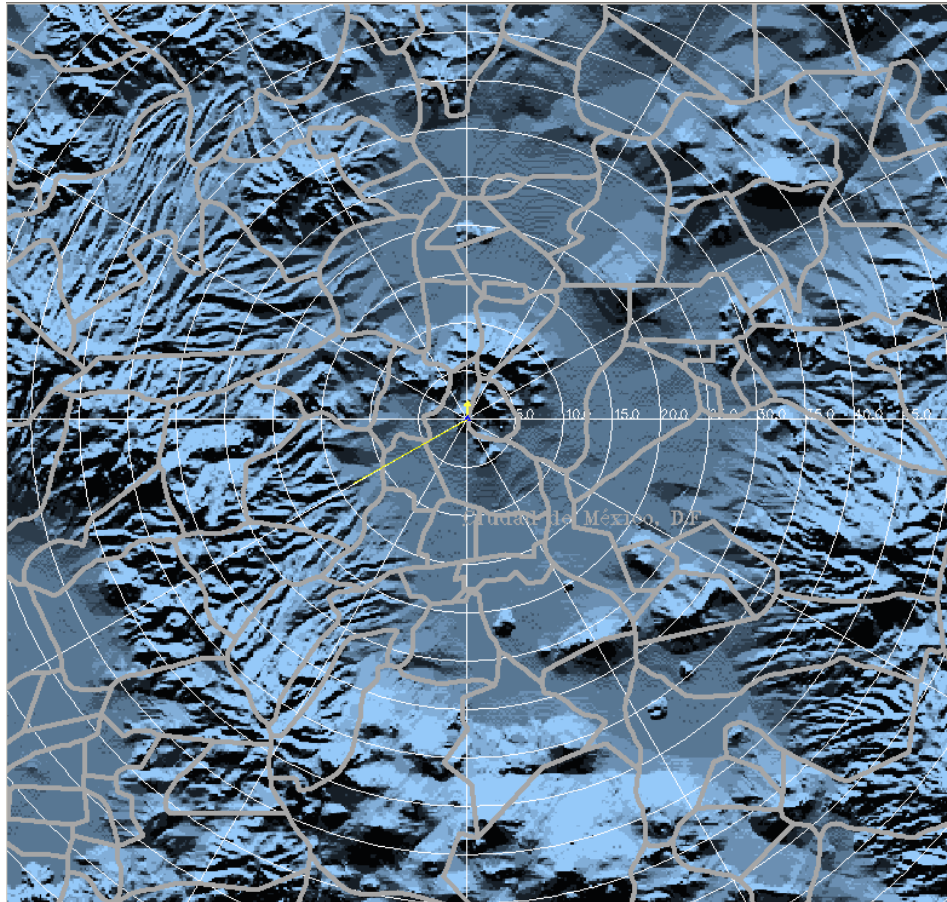


Figura 6.1. Orografía de la Ciudad de México y zona conurbada asociada a la base de *Ellipse*.

Climas. Cuenta con cuatro climas:

- Semiseco templado. Temperaturas de 12°C a 18°C.
- Templado subhúmedo con lluvias en verano. Temperaturas de 12°C a 19°C.
- Semifrío subhúmedo con lluvias en verano. Temperaturas de 5°C a 12°C.
- Semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano. Temperaturas de 5°C a 12°C.

6.3 Condiciones particulares de la Ciudad de México

La Ciudad de México, como otras grandes áreas metropolitanas, tiene muchas construcciones altas, lo cual trae como resultado áreas entre las construcciones en donde la recepción de radiofrecuencia es difícil debido a obstrucciones y severos fantasmas de la señal. Esta situación es similar a la que había sido evaluada en las ciudades de Chicago y Nueva York. Las pruebas de campo que fueron hechas en las ciudades de Chicago y Nueva York fueron específicamente diseñadas para probar la recepción en lo que es

a menudo llamado cañones concretos (*concrete canyons*) de áreas metropolitanas mayores. Los radiodifusores en estas dos ciudades de Estados Unidos estaban preocupados por la recepción de DTV – exactamente como lo están los radiodifusores en la Ciudad de México. Los radiodifusores en ambas ciudades, Chicago y Nueva York, estaban muy contentos con los resultados de sus pruebas, ya que fue lograda una cobertura igual o mejor que para NTSC. Tanto con NTSC, y con cualquiera de los sistemas de televisión digital, ATSC o DVB, habrá lugares en donde la recepción de DTV no será posible. Y como NTSC, la solución para estos sitios, en donde la falla de recepción es causada usualmente por una falta de suficiente intensidad de campo, es el servicio de televisión obtenido por cable, satelital directo a casa o estaciones repetidoras.

Las montañas que rodean a la Ciudad de México, por otro lado, pueden complicar la recepción lejana, a causa del potencial de las largas reflexiones de las montañas dentro de la ciudad contrarias al transmisor. Así, la capacidad de cancelar largos fantasmas en adición a los relativamente cortos fantasmas causados de las altas construcciones, es una importante consideración.

Los altos edificios pueden bloquear las señales y también pueden servir como reflectores de los cuales pueden provenir los ecos (fantasmas). Por lo tanto, los radiodifusores tanto en la Ciudad de Nueva York como en Chicago emprendieron la prueba de campo del sistema ATSC.

“El examen práctico en Nueva York demostró que la transmisión digital desde una alta estructura en el centro de una gran área metropolitana es exitosa sobre un área grande. Muchas de las medidas radiales realizadas consiguieron una tasa de éxito del 100 %. En general, los radios, arcos y rejillas, al menos 10 millas del edificio Empire State consiguieron una tasa de éxito del 96 %. Los sitios que estaban en la Ciudad de Nueva York consiguieron una tasa de éxito del 89 %, a menos que los altos edificios los bloquearan.

La cobertura de DTV, a menos que fuera considerablemente bloqueada por el terreno, fue encontrada para extenderse a aproximadamente 55 millas. En radios que eran terreno limitado, obstruidos por colinas y montañas causó la pérdida de la señal. Las pruebas también mostraron que en el Canal 56 las reflexiones causadas por altos edificios, en particular el Centro Mundial del Comercio (World Trade Center), no perjudicaron considerablemente la recepción de DTV.

Un resumen de los resultados muestra:

- El 93 % de 112 sitios de prueba (entre los límites de 5 a 55 millas) tenía recepción exitosa de ATSC
- Fantasmas grandes y largos (arriba de 18 microsegundos) fueron encontrados y anulados con éxito

- Un pequeño número de sitios (el 7 %) no tenía recepción de DTV o NTSC debido a la severa multitrayectoria
- El Área de Servicio de ATSC igualó al predicho por la metodología de Longley-Rice

Debería ser notado que tanto las pruebas de Chicago como las de la Ciudad de Nueva York fueron hechas usando el receptor de la Gran Alianza como el receptor de referencia, como eran todas las otras pruebas conducidas por la industria de televisión estadounidense (un total de 12 estaciones diferentes en 9 ciudades diferentes). Además, durante muchas de las pruebas, prototipos o las primeras generaciones de receptores de varios fabricantes también fueron evaluados. Mientras muchos de estos primeros receptores tenían el rendimiento relativamente más pobre, algunos receptores ofrecieron un rendimiento que igualó o excedió al del equipo de referencia de la Gran Alianza.

Es posible aumentar la calidad de recepción en zonas que son realmente problemáticas. En las pruebas prácticas de Chicago, en áreas más difíciles por la fuerte oposición del terreno, fue posible usar repetidores de baja potencia en el canal como rellenos de vacío con el sistema de ATSC.

6.4 Propuestas

Las propuestas que se presentan a continuación procuran dar la mejor cobertura a la ciudad de México cuidando que la inversión en equipo sea mínima.

Debe entonces mencionarse que actualmente TV UNAM cuenta con un transmisor digital de la marca ROHDE & SCHWARZ modelo SV7100E y la BROADBAND UHF PANEL ANTENNA, LOBE, de JAMPRO ANTENNAS & RF SYSTEMS, INC.

La señal puede llegar al equipo transmisor directamente o por un radioenlace. Cuando el transmisor se encuentre próximo al resto de las instalaciones, el radioenlace desaparece, aplicándose la señal de la mesa de mezcla directamente al transmisor, la salida de la cual se lleva a la antena por medio de la línea de transmisión adecuada. Actualmente, en la estación de TV UNAM, se recibe una señal satelital que se transmite a la mesa de mezcla y de esta directamente al transmisor. Este transmisor codifica la señal, someténdola al proceso descrito por el estándar A/53 del ATSC, cabe mencionarse que TV UNAM aun no cuenta con producciones en el formato de televisión digital, por lo que únicamente está posibilitado para hacer transmisiones de SDTV. El paso siguiente es el de la modulación de la onda portadora generada en el propio transmisor. La señal ya modulada se amplifica hasta el nivel requerido por un excitador cuya salida se lleva hasta el amplificador final que suministra la potencia de radiofrecuencia que se lleva finalmente hasta la antena de modo que se haga la TDT.

En la Figura 6.2 se muestra que el mejor radial es de 36.9° en dirección de giro de las manecillas del reloj, considerando el Norte geográfico como origen, ya que se encuentra que en esta dirección se tiene propagación sin obstáculos hasta San Juan Teotihuacan, lo cual nos da esta dirección como la de mayor distancia sin obstáculos (50 Km.), lo que no se da en ninguna de las demás direcciones, con lo que es posible, incluso, aspirar a tener a San Juan Teotihuacan dentro del área de servicio (41 dBu). Lo ideal sería que se tenga presencia en toda el área delimitada por el patrón de radiación de la antena.

Tabla 6.4. Características básicas de la estación de televisión

Potencia radiada aparente	500 W
Sistema radiador	BROADBAND UHF PANEL ANTENNA, LOBE, de JAMPRO ANTENNAS & RF SYSTEMS, INC
Centro de la zona de cobertura	LN $19^\circ 19' 01''$ LW $99^\circ 10' 30''$
Acimut de la antena	36.9° en dirección de giro de las manecillas del reloj, considerando el Norte geográfico como origen.

Se configuran los parámetros necesarios en las *formas* para realizar la simulación. En la base de datos de referencia de *Ellipse* se define el servicio de Radiodifusión de Televisión en modo Digital. Se crea entonces una red que llamamos BROADCAST_TEST, la cual comprende los canales del 14 al 36 (450 – 470 MHz).

Ahora se procede a crear el sitio al cual se le asignan los siguientes datos:

Tabla 6.5. Captura del sitio

Referencia/Nombre	TV UNAM
Coordenadas	LN $19^\circ 19' 01''$ LW $99^\circ 10' 30''$
Altura de la torre	15 m
Altura del edificio	9 m
Altitud	2299 msnm

La creación de la estación comprende los siguientes parámetros.

Tabla 6.6. Captura de la estación

General	Referencia/Nombre	XH-UNAM-TDT
	Tipo de Estación	TV Digital
	Red	BROADCAST_TEST
	Sitio	TV UNAM
	Antena	UHF_PANEL_ANTENA_LOBE_G15
	Altura del centro eléctrico	24 m
	Acimut Geográfico	36.9°
	Elevación	0°
	Longitud Cable	30 m
Técnicos	PAR	500 W
	Potencia salida Transmisor	100 W
	Pérdidas (inserción + transmisión)	5.8 dB
Frecuencias	Canal	24
	Frecuencias	530 – 536 MHz
	Frecuencia piloto	530.309 MHz
	Horarios	Inicio: 0 hrs. Fin: 23:59 hrs.

Ahora en la *aplicación técnica*, la cual ya cuenta con la información almacenada previamente a la base de datos por medio de las *formas*, se realiza el estudio técnico de factibilidad o simulación. Para llevar esto a cabo se configuran los parámetros del modelo a utilizar (L-R) para la simulación.

Primero se selecciona un área, ingresando las coordenadas centrales del lugar en el que trabajaremos y se define el tamaño del área que se requiere se muestre, en este caso 80 Km. Ahora se seleccionan el servicio y la red con que operan las estaciones a estudiar.

Los valores de los parámetros usados en la implementación de la FCC del código Fortran de L-R mostrados en la tabla 4.4, varían de los usados en nuestra simulación debido a que la base de datos cuenta con los valores de clima, refracción del suelo (que esta asociado al clima), y conductividad del suelo. Al almacenar en la base de datos de referencia la antena a utilizar, ya se denota el tipo de polarización a utilizar (horizontal en este caso) y la altura del centro de radiación por encima de la tierra, por lo que se selecciona el modelo a utilizar, se ajustan los parámetros mencionados más los que se enlistan a continuación:

Tabla 6.7. Parámetros del modelo L-R para la simulación

Altura del receptor	10 m
Impedancia del receptor	50 ohm
Step (tamaño de la celda)	100m
Probabilidad del servicio	90% denotando que estamos interesados en una buena calidad del

	servicio
Umbrales especiales	Cobertura: 41 dBuV/m Contorno de grado B: 64 dBuV/m
S/N	14.9 dB
Offset de frecuencia esperado	3 Hz
Rechazo co-canal	2 dB
Rechazo de canal adyacente	-48 dB

La altura del receptor se refiere a la altura de la antena receptora de TV por encima de la tierra y se utiliza el valor de 10 m como se maneja en la tabla 4.4. La probabilidad del servicio se usa una del 90% denotando que estamos interesados en una buena calidad del mismo, no debe confundirse con la probabilidad de F(50,90) que se refiere a cubrir 50% de los sitios, 90% del tiempo. Los rechazos co-canal y canal adyacente se definen, aunque no aplican, ya que la selección que hicimos en base a la tabla 4.7 fue para evitar canales indeseados.

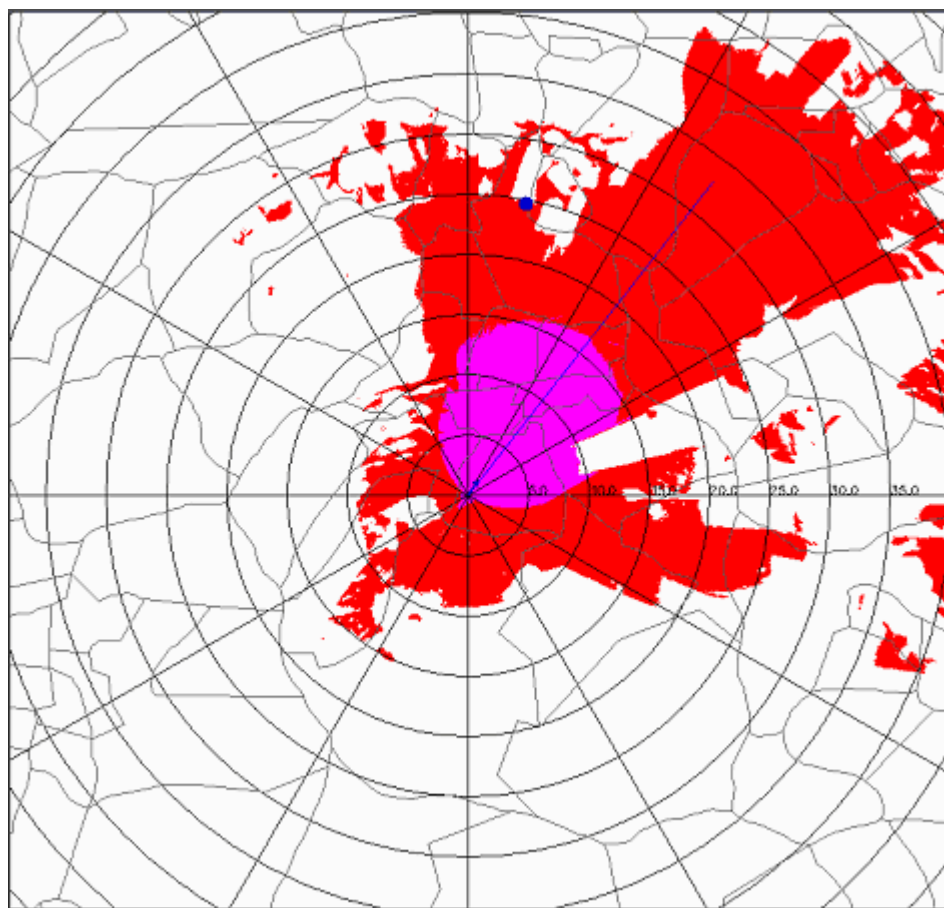


Figura 6.3. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo.

En la figura 6.3 se muestra el resultado de la simulación, como era de esperarse no arroja ningún resultado de interferencia. Se puede apreciar que se

da servicio a la mayor parte de la población del Valle de México llegando incluso, como se predijo, a Teotihuacan que se ubica a 50 Km. Sin embargo, hay una gran parte de la población al oriente de la ciudad que se encuentra en un área de sombra provocada por el Cerro de la Estrella principalmente, dejando a Chimalhuacan, Los Leyes y parte de Ciudad Nezahualcoyotl sin servicio. Al norte, provocado por el Cerro del Chiquihuite, el servicio no llega más allá de Tlanepantla, dejando también sin servicio a Xalostoc, Villa de las Flores, Santa Clara, Tultitlan y Cuautitlan. Todas estas son zonas con una gran densidad de población a las cuales seria deseable brindarles servicio.

Se probará ahora aumentando la PAR, usando una antena de mayor ganancia, que se tendría que adquirir (lo que significa un gasto), esperando tener mejores resultados en cuanto a cobertura. Esta simulación nos permitirá concluir si es o no una buena inversión el gasto en otra antena.

La antena propuesta es entonces la BROADBAND UHF PANEL ANTENNA, LOBE, de JAMPRO ANTENNAS & RF SYSTEMS, INC. con una ganancia de 18 dB. Para esto el único cambio que se realiza a la estación, en las *formas*, es en la antena, seleccionando ahora la UHF_PANEL_ANTENA_LOBE_G18, que es el nombre de referencia que se le asignó a esta antena en la captura. Así, la potencia del transmisor continua siendo de 100 W, pero la PAR es de 1000 W.

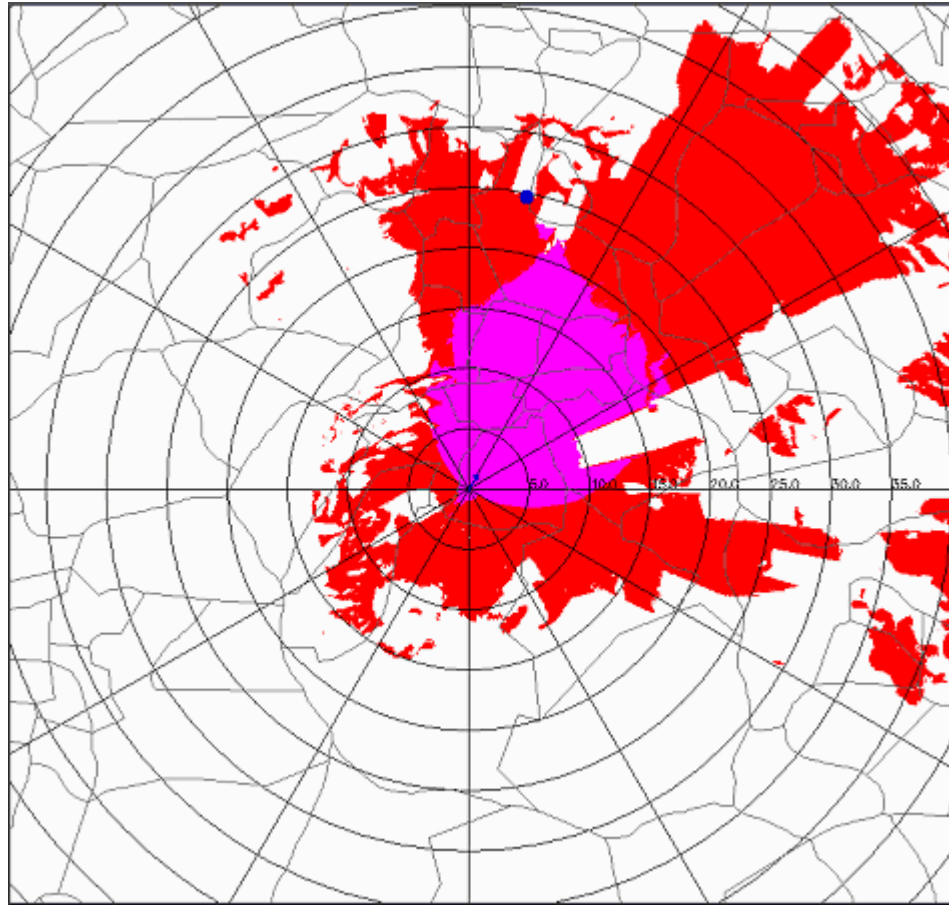


Figura 6.4. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo.

Podemos observar que el contorno Grado B es mayor, pero el área de servicio continúa siendo la misma, existe mayor cobertura al oriente de la ciudad, pero sin cambios significativos. Por lo observado de la comparación de ambas simulaciones podemos concluir que el principal factor que define el área de servicio son las condiciones geográficas, para la estación ubicada en este sitio, y no la PAR. Como conclusión principal podemos decir que no representa una buena inversión comprar una antena de mayor ganancia para intentar tener una mayor área de servicio.

6.4.2 Radio UNAM, volcán Ajusco

Se puede mejorar entonces la altitud del centro de radiación. Recordando que la altitud de la ciudad va aumentando de Norte a Sur y que el volcán Ajusco es la montaña más alta de la Ciudad de México, se analiza la posibilidad de mejorar las condiciones de propagación ubicando la estación en otro sitio.

La respuesta a esta propuesta es Radio UNAM, la cual se encuentra en el Km. 56 del circuito de la carretera Ajusco. Este sitio se encuentra a 2647 msnm. La factibilidad de ubicar la estación en este sitio es evidente dado que Radio UNAM es parte de la Universidad.

Los parámetros del nuevo sitio son:

Tabla 6.8. Características básicas de la estación de televisión

Potencia radiada aparente	500 W
Sistema radiador	BROADBAND UHF PANEL ANTENNA, LOBE, de JAMPRO ANTENNAS & RF SYSTEMS, INC
Centro de la zona de cobertura	LN 19°12'20" LW 99°16'03"
Acimut de la antena	34.5° en dirección de giro de las manecillas del reloj, considerando el Norte geográfico como origen.

Este nuevo sitio requiere la modificación de ciertos parámetros de la estación, los cuales se plasman en la tabla 6.9.

Tabla 6.9. Captura de la estación

General	Referencia/Nombre	XH-UNAM-TDT
	Tipo de Estación	TV Digital
	Red	BROADCAST_TEST
	Sitio	KM56_CTO_CARR_AJUSCO
	Antena	UHF_PANEL_ANTENA_LOBE_G15
	Altura del centro eléctrico	100 m
	Acimut Geográfico	34.5°
	Elevación	0°
	Longitud Cable	
Técnicos	PAR	500 W
	Potencia salida Transmisor	100 W
	Pérdidas (inserción + transmisión)	6 dB

Las pérdidas son para este caso supuestas, ya que no se sabe la ubicación exacta del equipo, y por lo tanto la longitud del cable tampoco se puede saber. Se espera que el análisis que corresponde a la ubicación del equipo en el edificio, la trayectoria del cable y la longitud del mismo se haga después de haber seleccionado la mejor opción para la nueva estación.

La *aplicación técnica*, usa el mismo modelo de cálculo y exactamente los mismos parámetros de la tabla 6.7.

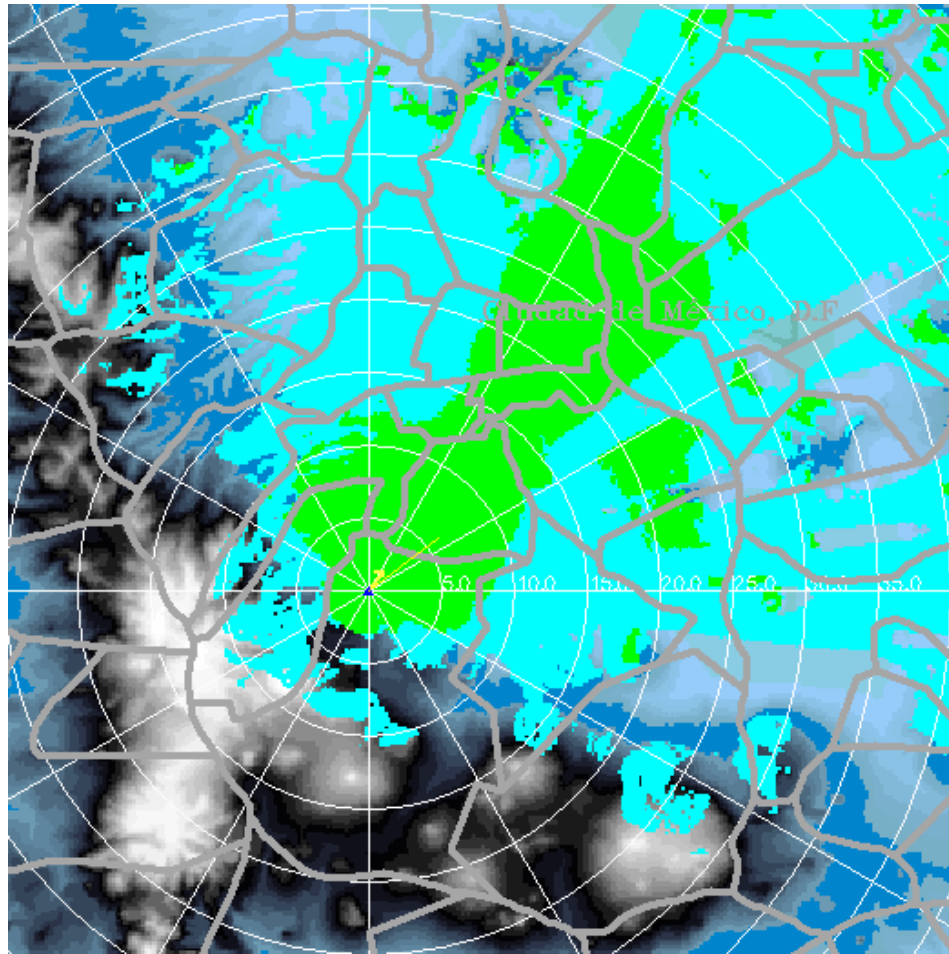


Figura 6.5. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo.

Como se puede ver, el problema de cobertura en dirección al oriente se ha solucionado o al menos se ha disminuido grandemente, ya que las entidades con mayor población como son ciudad Nezahualcoyotl han quedado mejor cubiertas. Sin embargo, al norte de la ciudad aun permanece el mismo problema, la Sierra de Guadalupe continua bloqueando la propagación y por lo tanto el servicio a las poblaciones del norte de la zona conurbada.

6.4.3 Edificio de la SRE, Tlatelolco

Ahora proponemos nuestra estación en un nuevo sitio. Este sitio es el que fuera edificio sede de la Secretaria de Relaciones Exteriores y que fue donado a la Universidad el pasado 29 de julio de 2005. Dada esta donación, es factible la posibilidad de llegar a un acuerdo mediante el cual TV UNAM pueda transmitir desde este edificio, además de que la idea es que la UNAM construya un centro para el desarrollo cultural y artístico en Tlatelolco, por lo que se puede aprovechar esta convergencia. El compromiso consiste en hacer de Tlatelolco un centro cultural, equivalente al existente en Ciudad Universitaria, es decir, crear un gran conjunto cultural con salas para

conciertos, exposiciones, teatro, cine, talleres, seminarios, aulas para cursos de extensión, a lo que se le podría anexar una estación de televisión. Este sitio esta ubicado a 2217 msnm.

Este sitio esta ubicado al norte de la ciudad, pero lo mas conveniente es usar una antena omnidireccional y proponemos una antena de 18 dB de ganancia, que es la de mayor ganancia para antenas con este patrón de radiación de la marca JAMPRO ANTENNAS & RF SYSTEMS, INC, la BROADBAND UHF PANEL ANTENNA, OMNI. Supondremos perdidas de aproximadamente 6 dB (semejante a las actuales en TV UNAM), ya que no podemos saberlas con exactitud hasta que se decida la ubicación del equipo transmisor en el edificio, la distancia que hay de este a la antena y la trayectoria del cable. Con el transmisor operando a 100 W, la PAR de la estación es de 1000 W. Quedando las características básicas del sitio como se muestra en la tabla 6.9.

Tabla 6.10. Características básicas de la estación de televisión

Potencia radiada aparente	1000 W
Sistema radiador	BROADBAND UHF PANEL ANTENNA, OMNI, de JAMPRO ANTENNAS & RF SYSTEMS, INC
Centro de la zona de cobertura	LN 19°26'58" LW 99°08'15"
Acimut de la antena	0°

La creación de la estación ya no es necesaria, simplemente se usa la estación que ya estaba creada, pero se liga a otro sitio, los parámetros serán los mismos exceptuando los casos en que las condiciones del sitio y de la antena requieren modificación.

Tabla 6.11. Captura de la estación

General	Referencia/Nombre	XH-UNAM-TDT
	Tipo de Estación	TV Digital
	Red	BROADCAST_TEST
	Sitio	TORRE_SRE_TLATELOLCO
	Antena	UHF_PANEL_ANTENA_OMNI_G18
	Altura del centro eléctrico	90 m
	Acimut Geográfico	0°
	Elevación	0°
	Longitud Cable	
Técnicos	PAR	1000 W
	Potencia salida Transmisor	100 W
	Pérdidas (inserción + transmisión)	6 dB

La PAR es en realidad de 1009.3 W, sin embargo por simplicidad decimos 1000 W.

La *aplicación técnica*, usa el mismo modelo de cálculo y exactamente los mismos parámetros de la Tabla 6.7.

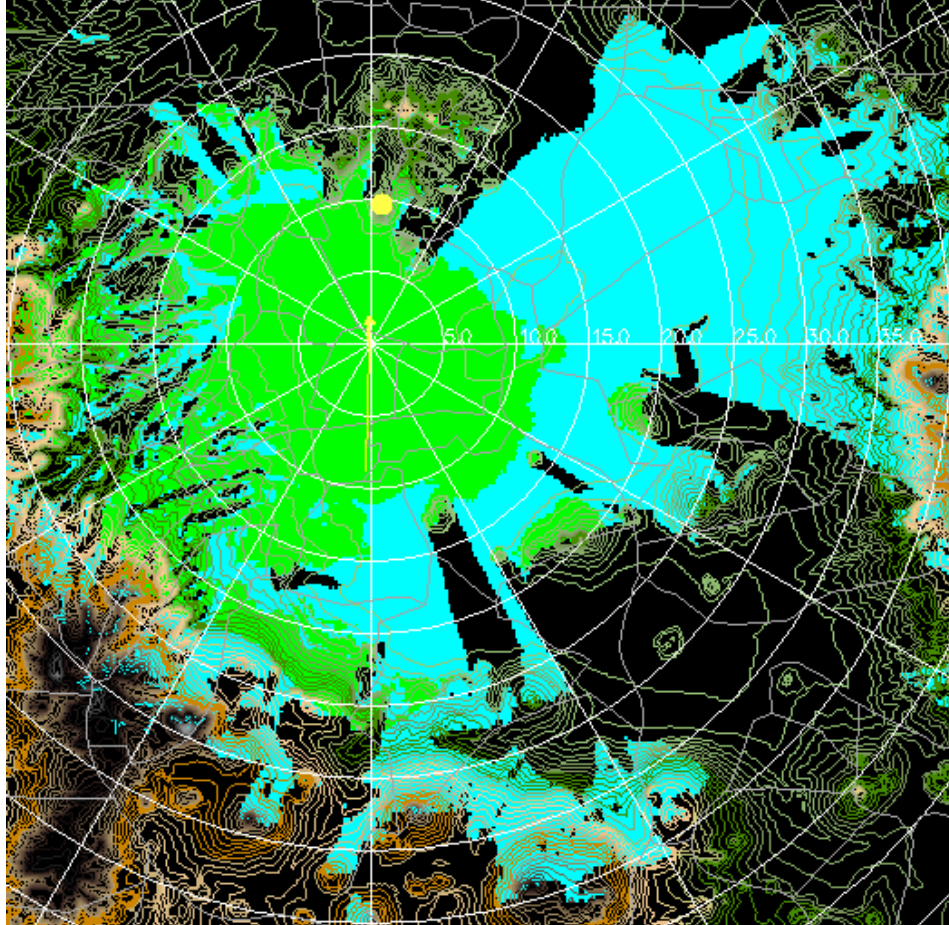


Figura 6.6. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a cálculo.

Como ahora muestra la figura 6.6, el problema de cobertura se da en dirección a Puebla, quedando prácticamente sin servicio Chimalhuacan, Valle de Chalco, Ayotla e Ixtapaluca, además de que se mantiene el norte sin cobertura debido a la barrera que representa la Sierra de Guadalupe.

6.4.4 Cerro del Chiquihuite

Dado que el mayor problema en la propagación ha sido la Sierra de Guadalupe, esta propuesta sugiere hacer la transmisión desde el Cerro del Chiquihuite que es el sitio más alto de esta sierra en la Ciudad de México. Para este sitio se usará la antena omnidireccional propuesta para Tlatelolco. Las características básicas de esta última estación se muestran en la tabla 6.12.

Tabla 6.12. Características básicas de la estación de televisión

Potencia radiada aparente	1000 W
Sistema radiador	BROADBAND UHF PANEL ANTENNA, OMNI, de JAMPRO ANTENNAS & RF SYSTEMS, INC
Centro de la zona de cobertura	LN 19°21'15" LW 99°22'18"
Acimut de la antena	0°

La estación solo requiere de ciertas modificaciones y en la tabla 6.13 se muestran los parámetros de la estación.

Tabla 6.13. Captura de la estación

General	Referencia/Nombre	XH-UNAM-TDT
	Tipo de Estación	TV Digital
	Red	BROADCAST_TEST
	Sitio	0000162185C_CHIQUIHUIITE_MEX
	Antena	UHF_PANEL_ANTENA_OMNI_G18
	Altura del centro eléctrico	100 m
	Acimut Geográfico	0°
	Elevación	0°
	Longitud Cable	
Técnicos	PAR	1000 W
	Potencia salida Transmisor	100 W
	Pérdidas (inserción + transmisión)	6 dB

Las pérdidas son para este caso supuestas, ya que como se mencionó, no se sabe la ubicación exacta del equipo, y por lo tanto la longitud del cable tampoco se puede saber.

Los resultados de la *aplicación técnica*, se muestran en la figura 6.7.

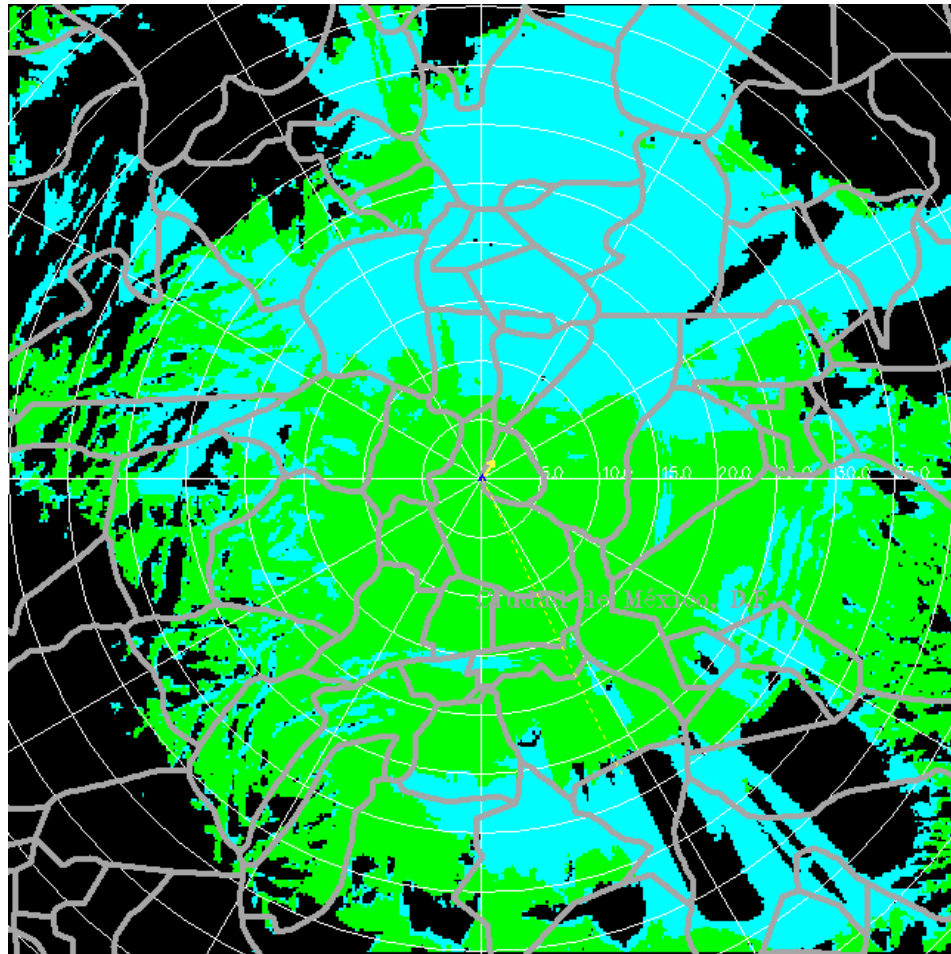


Figura 6.7. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo.

Desde el Cerro del Chiquihuite se da mayor cobertura a la ciudad y zona conurbada, dejando solamente a Tulyehualco, Tlahuac y Valle de Chalco parcialmente sin servicio.

Sin lugar a dudas, como era de esperarse, se obtiene una mejor área de servicio colocando la estación en el Cerro del Chiquihuite, sin embargo, colocar la estación en el Cerro del Chiquihuite implica varias cosas: obtener un espacio en una torre para la antena que va a transmitir, y un espacio para colocar el equipo transmisor, la antena que recibe la señal satelital de TV UNAM y la instalación eléctrica requerida. También implica la adquisición de la antena omnidireccional y la línea de transmisión DTV.

La peor área de servicio se obtiene desde el sitio en Ciudad Universitaria, sin embargo es el que representa menor gasto, tramites, acuerdos y tiempo de puesta en operación, ya que todo el equipo necesario para iniciar la transmisión desde ahí esta disponible: la antena, el transmisor, la línea de transmisión y el personal.

Las otras opciones aunque no brindan la mejor área de servicio, son en edificios que pertenecen a la universidad, por lo que se supone que la operación en estos sitios no presentaría problemas logísticos y económicos infranqueables. Aunque en el caso del antiguo edificio de la Secretaría de Relaciones Exteriores se debe tomar en cuenta la adquisición de la antena omnidireccional.

Como recomendación se sugiere a TV UNAM que:

- Se solicite el refrendo para iniciar operaciones en TV UNAM, solicitando el canal 24 y especificando una cobertura al Valle de México y zona conurbada. Esto permitirá obtener la frecuencia y la autorización para dar servicio al área mencionada.
- Inicie operaciones con las características de la estación ubicada en Ciudad Universitaria, esto permitirá cumplir con los requisitos del primer periodo y del segundo periodo.
- Evaluar, de las opciones restantes, cual es la más viable tanto económica, como logística y administrativamente para TV UNAM y solicitar, en cuanto sea factible, una modificación al refrendo especificando el nuevo sitio.

CONCLUSIÓN: TAREAS POR REALIZAR PARA LA CORRECTA TRANSICIÓN A DTV

7.1 Mejoras en los sistemas de recepción de TV Digital

Se ha sugerido que el sistema ATSC en sí mismo tiene problemas con la recepción de multitrayectoria. Sin embargo, el Sistema ATSC no tiene este problema, pero algunas de las primeras realizaciones de receptores sí tienen realmente problemas con la recepción de multitrayectoria.

Es bien conocido que el hardware de la Gran Alianza era deficiente en casos de fantasmas que cambian muy rápido (dinámicos), pero esto no es una limitación del sistema. En efecto, los receptores de ATSC implementados por varios fabricantes diferentes han aumentado tanto la velocidad del ecualizador como la velocidad del control automático de ganancia (AGC) comparado con el primer prototipo de la Gran Alianza.

Además de varios receptores 8-VSB que ya tienen mucho mejor rendimiento a la recepción de multitrayectoria que el prototipo de la Gran Alianza, todos los fabricantes de receptores desarrollan receptores mejorados de la segunda generación. (Como todos los nuevos productos y tecnologías, todos los fabricantes se benefician de una curva de aprendizaje, es decir, ellos aprenden de sus experiencias iniciales y déficits, desarrollan propuestas innovadoras para mejorar el rendimiento y aprovechan progresos en la tecnología de punta). Además, varios fabricantes de circuitos integrados han avanzado con nuevas mejoras de diseño. Estos fabricantes incluyen a Broadcom, Motorola, Oren y NxtWave.

Recientemente se ha destacado la mejoría que han experimentado los receptores digitales de TV. Las mejoras se han enfocado en el Decodificador de señal con fuerte presencia de señales de interferencia. La habilidad del receptor para sincronizar a la señal ATSC bajo condiciones adversas también ha sido mejorada. Aún es necesario mejorar otras etapas en los receptores, tal como el Sintonzador. La necesidad de un mejor rango dinámico en el que la señal deseada no sea afectada por productos de 3er orden podría ser lo destacado en la fabricación de receptores de próxima generación.

Temas de ecualización del receptor. La distorsión multitrayectoria de un receptor de señal de DTV comprende un conjunto de “ecos” o “fantasmas” que acompañan la componente principal de la señal de DTV recibida dado que la señal está siendo recibida vía varios caminos. Los ecos recibidos vía caminos que son más cortos que aquellos sobre los cuales la señal principal es

recibida, son llamados “pre-ecos”. Los ecos recibidos vía caminos que son más largos que aquellos sobre los cuales la señal principal es recibida son llamados “post-ecos”. Los receptores de DTV contienen ecualización de canal y filtrado de supresión de ecos para seleccionar la señal principal y suprimir cualquier eco acompañado que tiene suficiente fuerza para causar errores durante la segmentación de datos.

El Estándar de Televisión Digital del ATSC no especifica un diseño particular para la ecualización del canal y filtrado de supresión de eco en el receptor de DTV. Cuando se diseña un ecualizador adaptativo, usualmente un diseñador considera y evalúa varios caminos posibles para implementar este filtrado.

Los ecos son considerados de intensidad substancial si su presencia causa un incremento observable y legible en el número de errores de datos. Ha habido reportes de pre-ecos de intensidad substancial siendo observados en el campo, los cuales son avanzado hasta 30 microsegundos con respecto a la señal principal. Ha habido un número significativo de observaciones de post-ecos de intensidad substancial que esta retrasada en el orden de 45 microsegundos con respecto a la señal principal.

Ecualizadores capaces de suprimir pre-ecos avanzados no mayores de 3 microsegundos y retrazados no más de 45 microsegundos se mantuvieron por regla general en el periodo de 1995 a 2000. Desde el 2000 se ha incrementado la conciencia de que los ecualizadores de canal deberían tener la capacidad para suprimir productos adicionales prematuros y avanzados con hasta 90 microsegundos de rango total de ecualización y ya han sido probados.

7.2 Aplicaciones de la televisión interactiva

La TV interactiva nos permite no sólo obtener información útil sino también a jugar una parte activa en programas de TV. Las aplicaciones de TV interactiva se basan en el estándar del ATSC con la Plataforma de Aplicación Común Avanzada (*Advanced Common Application Platform, ACAP*). La industria de la televisión a nivel mundial se encuentra en el proceso de cambio de tecnología al esquema digital. Esta nueva tecnología, no solo permite disfrutar la TV de alta definición, sino también diversos servicios interactivos que incluyen variadas aplicaciones como son: sondeos de opinión, encuestas, subastas, compras, noticias, información meteorológica, juegos y descargas móviles. La plataforma ACAP es una norma usada por la radiodifusión para hacer interactivo el servicio de la TV y esta considerada como una base común para todos los sistemas de TV interactivos de cable y terrestres. El esquema comprende un sistema totalmente interactivo, utilizando como canal de retorno el uso del Internet.

7.3 Implementaciones por realizar en México

La TDT debe operar en función de las necesidades de la sociedad, para lo cual es necesario impulsar la interacción entre el Gobierno y los sectores involucrados, población, concesionarios y permisionarios de estaciones de televisión, concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones, promotores del estándar, fabricantes de equipos, productores de contenidos e instituciones educativas.

Asimismo, es necesario que México y sus instituciones públicas y privadas den la debida prioridad al tema de la digitalización, y en consecuencia adopten las medidas necesarias para asegurar una transición exitosa, accesible, participativa e incluyente.

Sin embargo, es importante profundizar la investigación y el conocimiento del impacto social y las consecuencias de la aplicación de la tecnología digital, así como el impacto económico subsiguiente.

Consideramos que toda discusión sobre el tema de la digitalización debe tomar en cuenta los intereses de las partes involucradas y cualquier avance debe tener como base el consenso y la negociación.

Por otra parte el Estado debe establecer las políticas públicas para la preservación de los archivos sonoros y audiovisuales analógicos en formatos digitales, puesto que son parte del patrimonio cultural de nuestros pueblos.

La digitalización de la radiodifusión representa para nuestro país una significativa oportunidad para atenuar la denominada brecha digital y ampliar y mejorar el acceso a los ciudadanos a servicios públicos indispensables para elevar su nivel de vida y garantizar así su derecho a la información.

La digitalización, como avance tecnológico y en virtud de sus profundas implicaciones económicas y políticas, ofrece una valiosa oportunidad para que los países de la región acuerden en el marco de la integración, una negociación conjunta para la transferencia y adopción de la digitalización.

En materia legislativa cabe señalar que la convergencia tecnológica en nuestro país enfrenta un gran reto debido a que tal como ocurre en otras latitudes, la radiodifusión (radio y televisión) es regulada por una legislación distinta a la de las telecomunicaciones. Esta nueva tecnología abre la posibilidad de que se presten diversos servicios de telecomunicaciones por quienes tienen posibilidad de radiodifundir su señal.

Con la finalidad de propiciar que se cuente con receptores de Televisión Digital, en las mejores condiciones de calidad, diversidad, oportunidad, disponibilidad y precio, deberán acordarse y promoverse las acciones correspondientes con los fabricantes, vendedores y distribuidores de equipo.

Los costos de incorporación de esta tecnología y su implementación requieren fuertes inversiones a lo largo de un periodo considerable de tiempo. Es por ello que se necesita de una transitoriedad en la implementación de esta tecnología, así como también para permitir la masificación de receptores por parte de la población para poder recibir la señal digital.

La masificación bajará el costo de los receptores para la ciudadanía, que para los concesionarios que prestan estos servicios, implicará una fuerte inversión que recuperarán a lo largo del tiempo, a través de la explotación comercial que realizan del espectro radioeléctrico. Por otra parte, no se puede ignorar que las estaciones permissionadas viven del escaso presupuesto público que les es otorgado por el Estado, por lo que su participación en la definición de las políticas en este sentido es fundamental para que les permitan transitar a este nuevo medio dándoles una prorrogación mayor que a los medios comerciales para lograr transitar a la digitalización por no contar con los recursos suficientes y que son necesarios para renovar los equipos y materiales y así estar a la par de las otras industrias audiovisuales más fuertes del país.

Para los medios públicos de Estado es necesario prever mayores presupuestos, así como fuentes de financiamiento que les permitan no sólo la adopción de esta nueva tecnología, sino también mejorar la calidad del servicio público que prestan.

La adopción de la tecnología digital permitirá un uso más eficiente del espectro radioeléctrico, ya que la compresión de señales reduce los requerimientos del ancho de banda, y de esta forma permite se brinden otro tipo de servicios asociados a la radiodifusión y las telecomunicaciones. Asimismo, abrirá la posibilidad a una mayor pluralidad de oferta, ya que se podrán otorgar nuevas concesiones en los lugares donde se encontraba saturado el espectro radioeléctrico.

Adicionalmente, se favorecerá la participación de otros actores relevantes al proceso, como son los concesionarios del servicio de televisión restringida, en materia de distribución de contenidos de HDTV y EDTV y de promoción de la convergencia; los desarrolladores de tecnología, para mantener un alto nivel de actualización y de involucramiento en la evolución del estándar; los fabricantes de equipos asociados a la TDT, para favorecer el acceso a las tecnologías por parte de los concesionarios y permissionarios; productores de contenidos, para el desarrollo de programación que aproveche las posibilidades que ofrece la tecnología; e, instituciones educativas, para contar con niveles de capacitación y desarrollo acordes a la evolución de la tecnología en beneficio del país.

Se debe ampliar la base del Comité Consultivo de Tecnologías Digitales para la Radiodifusión. La Autoridad debiera convocar a Colegios y Asociaciones de Ingenieros, instituciones educativas, etc., para iniciar el proceso de creación de

una Norma nacional, así como emitir una guía técnica para la transición a la DTV similar al Boletín No. 69 de la FCC.

También se deben difundir las experiencias logradas en las estaciones experimentales de una forma abierta y establecer un foro de consulta para todos los radiodifusores del país. Así mismo, es importante establecer un acuerdo de cooperación entre diferentes asociaciones de radiodifusores mexicanos y americanos para compartir experiencias.

Informar al televidente sobre la transición a TV digital. Iniciar una campaña para difundir la transición a TV digital

Información requerida:

- Tipo de Receptor necesario para captar señales de TV digital
- Diferencia entre un receptor digital y uno analógico
- Diferencia entre un televisor de definición estándar y otro de alta definición
- Antenas de recepción

Implementación por parte de la SCT de una base de datos. Para facilitar la selección de los nuevos canales y garantizar la no interferencia entre estaciones, es necesario conocer los parámetros de operación de las estaciones que ya están en operación:

- Coordenadas Geográficas
- Altura del Centro Eléctrico de Radiación
- Potencia Aparente Radiada
- Patrón de Radiación

También actualizar la base de datos con las nuevas estaciones autorizadas para operar en DTV.

Es importante mencionar también que aun no se define el mecanismo por el cual los concesionarios que reciban un canal digital, el canal espejo sobre el cual instalaran toda su transmisión digital, devuelvan al estado el espectro ya concluida la transición. Sin embargo, se otorgan facilidades a la televisión para transitar de manera casi automática, con únicamente solicitarlo a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, sin tener que pagar alguna contraprestación.

En México, cabe preguntarse qué están dispuestos a dar a la sociedad, los empresarios de la televisión, independientemente de calidad de imagen y sonido en sus futuras transmisiones digitales. Porque a cambio de códigos binarios, los empresarios de la televisión piden mucho: más concesiones, un marco legal que satisfaga sus inversiones a plazos más amplios,

establecimiento voluntario de la televisión digital en las ciudades que determinen los empresarios de la industria y no con base en un proyecto de introducción progresivo, exenciones fiscales por la inversión, posibilidad de prestar servicios de paga en los canales digitales, entre otros aspectos.

El recibir alguna contraprestación de recuperación por el uso del espectro por digitalización, dará al gobierno grandes ganancias, con las cuales se podría crear un fideicomiso de fomento a los usuarios de televisión, para comprar por ejemplo, aparatos receptores de tecnología digital y así ya poder declarar el apagón analógico. Sugiero que se modifique el esquema de digitalización gratuita, y en su lugar que se sustituya por beneficios a los concesionarios que cubran con mayor porcentaje de producción nacional en su programación, como estímulo. En este caso debiera entonces definirse con precisión como va a computarse la producción independiente y los parámetros para definirla como tal, para evitar que el consorcio haga ese trabajo con empresas subsidiarias.

En México con la llegada de la televisión digital se han suscitado diversas opiniones respecto a cómo se enfrentará la implementación de esta tecnología, sobre todo desde el punto de vista económico, ya que nos preguntamos si estamos en condiciones para hacer frente al desarrollo de este nuevo medio o se dependerá también de Estados Unidos para poder implementarla.

Podemos darnos cuenta que será necesario estar en alianza con Estados Unidos para poder acceder a los equipos, refacciones, técnicos y programación para el desarrollo e implementación de la televisión digital en México, ya que, aunque se mencionó que el gobierno federal podrá establecer una contraprestación económica a los concesionarios, tendremos que ver si las televisoras públicas podrán competir en este rubro y estar a la par de las comerciales o se tendrá que negociar con Estados Unidos para que financie en un momento dado la implementación y después le sea pagada. Por lo que para hacer realidad la digitalización de la pantalla chica, se calcula que los concesionarios de televisión deberán de invertir alrededor de 2 mil 500 millones de dólares, ya que deben de renovar todos sus equipos de transmisión y producción.

Pero también para que los televidentes puedan disfrutar de los beneficios de la televisión digital deberán de invertir en la adquisición de un nuevo televisor de alta definición, lo que implica que solo podrán acceder a él los que cuenten con un poder adquisitivo.

Condiciones legales: la televisión digital en el contexto de la Ley Federal de Radio y Televisión y Telecomunicaciones.

Es posible observar en el texto de la Ley Federal de Radio y Televisión un conjunto de obsolescencias desde el punto de vista tecnológico y económico en los medios de comunicación.

De 1960 a la fecha se han desarrollado la banda de Frecuencia Modulada de radio, las transmisiones vía satélite, la televisión por cable, la televisión y la radio digital y recientemente la televisión satelital, la mayoría de las cuales no han sido reguladas por la Ley en análisis, sino que han sido materia de otros ordenamientos y, en algunos casos, de regulación indirecta por medio de interpretaciones analógicas de la legislación vigente.

Durante su desempeño como Secretario de Gobernación, Santiago Creel señaló la necesidad de adecuar el marco legal mexicano de los medios de comunicación a una nueva realidad. Recalcó que “los enormes avances tecnológicos han convertido a los medios de comunicación en algo que difícilmente hubiéramos podido soñar hace algunas décadas, cuando se formularon las leyes generales que hoy regulan los medios masivos”⁹.

Y puntualizó: “Si bien la Ley federal de Telecomunicaciones actualiza el marco legal de estas tecnologías, exceptuando a la televisión y radio abiertas, dicha ley se refiere casi exclusivamente a aspectos técnico-económico. Falta una regulación moderna que contemple los contenidos de todas las tecnologías. Para ello basta constatar que los contenidos programáticos de la televisión por cable, señal restringida y vía satélite carecen de regulación directa y sólo por analogía se aplica la Ley de Radio y Televisión”¹⁰. No obstante, este ordenamiento es superado por innovaciones técnicas que permiten al usuario controlar señales específicas y, en un futuro cercano, tener interactividad, además de que no hay elementos en la legislación que permitan regular los procesos de convergencia tecnológica.

Al respecto el diputado Javier Orozco, presidente de la comisión de RTC coincidió con Julio Di Bella, director de Canal 11 “en que la digitalización y modernización tecnológica, tanto de los medios públicos como comerciales del país, es una condición para evitar que las grandes cadenas de televisión de Estados Unidos se coman el mercado mexicano...se pretende iniciar la era de la televisión digital en México con una Ley Federal de Radio y Televisión obsoleta”¹¹.

⁹ “Nombramiento del subsecretario de normatividad en medios”, *Revista Acento*, Segob, Año 3, No. 27, febrero 2004, p. 4.

¹⁰ Jorge Carpizo. “Derecho a la información en México: propuestas para su regulación”, *Revista Mexicana de Comunicación*, NO. 68, Año 13, marzo-abril 2001, p. 8.

¹¹ José de Jesús Guadarrama. “Analizarán legisladores régimen para medios públicos”, *El Financiero*, 3 de mayo de 2004, p. 19.

Si bien es cierto que a escala global existe una tendencia natural a la formación de monopolios, el ámbito de las comunicaciones electrónicas en nuestro país no queda exento. Por ello, se requiere de una legislación que imponga límites a la concentración de la propiedad de los medios electrónicos, y que al mismo tiempo favorezca prácticas sanas de mercado que alienten la inversión. Las concentraciones que permite la legislación actual distorsionan los mercados, pues inhiben una competencia real ya que los nuevos concesionarios se enfrentan a grandes grupos consolidados y tienden a ser absorbidos por éstos.

Para Julio Di Bella, director de Canal 11 “México pretende enfrentar la nueva era de la televisión digital con una ley de radio y televisión obsoleta, una gran disparidad en el tratamiento jurídico a los medios, además de que el país sigue favoreciendo monopolios”⁴.

Asimismo, respecto a algunos de los vacíos de la Ley de Radio y Televisión que tiene que ver con nuevas tecnologías y convergencia tecnológica destacan:

a) Claridad en los criterios para el otorgamiento de las concesiones:

Uno de los temas más polémicos es el otorgamiento de las concesiones para explotar comercialmente las frecuencias de radio y televisión este proceso es excesivamente discrecional y el grave atraso de la Ley, ha permitido que en los hechos se negocie la aplicación de la Ley en razón de circunstancias y personas.

Al respecto Manuel Gómez Morin menciona que “El director de Radio, Televisión y Cinematografía (RTC) reconoce que la ley confiere absoluta discrecionalidad al ejecutivo Federal en el otorgamiento de concesiones y permisos, así como en el refrendo o renovación de los mismos. Esto es contrario a un auténtico Estado de derecho y genera incertidumbre política”⁵.

La discrecionalidad que se alude se hace patente a lo largo de la Ley que nos ocupa, como puede constatarse con la lectura y análisis de algunos de sus artículos. El otorgamiento de las concesiones queda a la libre decisión del gobierno, que no siempre es la mejor para el interés público. No existen criterios ni un procedimiento claro para su otorgamiento.

“No se ha podido evitar la insana vinculación entre el gobierno y los concesionarios, ya que no existe un órgano jurídicamente independiente del Poder Ejecutivo. El que existe, combina facultades de control de los contenidos transmitidos por los medios con atribuciones que la involucran directamente con la aplicación de la política en materia de comunicación

¹² José de Jesús Guadarrama. “Reformar reforma a la ley de radio y TV, pide Di Bella”, *El Financiero*, 26 de abril de 2004, p. 17.

¹³ Laura Reyes Islas, “Historias sin fin” en Revista Etcétera, abril, 2003, p. 48.

social del gobierno en turno, lo que se traduce en confusión de órdenes y prioridades”⁶.

Ernesto Villanueva considera que el otorgamiento de las concesiones rompen con las pautas democráticas internacionales en la materia, las cuales sugieren que:

- a) “las concesiones o permisos sean asignados por un órgano independiente; y
- b) se establezcan criterios para la toma de decisiones”⁷.

Los procedimientos, requisitos y plazos de respuesta para el otorgamiento de las concesiones se establecen en la Ley, cuando deberían ser materia de un Reglamento aparte, como el Reglamento de la Ley relativo al contenido de las transmisiones en radio y televisión.

“...las solicitudes de concesión se concretan a llenar requisitos de orden formal. No se exige que el concesionario tenga una formación humanista, cívica o artística. El concesionario se concreta a proporcionar exigencias semejantes a las que pudieran solicitársele en el caso de querer establecer una zapatería o una distribuidora de refacciones automovilísticas. Ni por asomo se le exige una mínima idoneidad personal con el proyecto, si lo hubiere, nacional”⁸.

Otra cuestión importante es que las concesiones tanto para radio como para televisión están sujetas al mismo procedimiento, cuando por cuestiones técnicas y operativas debiera ser distinto no sólo el procedimiento, sino los plazos de respuesta y los requisitos.

Aunado a lo anterior, tampoco se prevé la obligación de someter a concurso público el otorgamiento de concesiones, lo cual imprimiría una amplia dosis de transparencia al proceso y reducirla a su mínima expresión la posibilidad de que la concesión se otorgue a una alternativa que no ofrezca la mejor opción para el interés público, entendiéndose este como el interés del público fundado en las decisiones fundamentales de convivencia democrática.

Asimismo, el plazo de 30 años que dispone la Ley para la duración de las concesiones, ha sido motivo de intensos debates. Hay quienes consideran que es excesivo y que por ello se cometen abusos en la explotación de las frecuencias y hay quienes consideran que, ante las exigencias planteadas por un sector de la economía tan dinámico como ese, el plazo no sólo no es

¹⁴ Ernesto Villanueva, “Las tareas pendientes en la reforma legal de medios” en *Revista Mexicana de Comunicación*, Año 13, No. 65, México, septiembre-octubre, 2000, p. 30.

¹⁵ Ernesto Villanueva, Op. cit., p. 29.

¹⁶ Raúl Cremoux, *La legislación mexicana en radio y televisión*, México, UAM, 1982, p. 29.

excesivo, sino que resulta insuficiente para garantizar la adecuada recuperación de la inversión, lo que termina por favorecer las tendencias monopólicas que históricamente han caracterizado al mercado mexicano.

b) Implementar transparencia en la propiedad y operación de los medios:

Se debe ver reflejada la transparencia en la propiedad de los medios de comunicación para conocer a sus dueños y estar pendientes de las funciones que estas industrias desarrollan, asimismo se debe tener en cuenta su operación para identificar si están cumpliendo con lo establecido en la Ley de Radio y Televisión, y por lo tanto, estar supervisados para que así lo lleven al cabo, para que en caso de no cumplir con lo marcado con dicha Ley, imponer las sanciones correspondientes.

c) Establecer mecanismo de regulación de las nuevas tecnologías y las bases para la regulación de los procesos de convergencia tecnológica:

La ley actual adolece de los aspectos jurídicos en los que se va a dar el desarrollo de las nuevas tecnologías de la comunicación y su funcionamiento, por lo que se debe trabajar en los mecanismo de regulación para la operación de estas tecnologías, así como de la convergencia tecnológica que se está desarrollando en México con la llegada de nuevos medios de comunicación, como lo es en este caso, la televisión digital.

d) Regulación de los medios públicos:

Los medios operados por el Estado carecen de una regulación precisa en la vigente Ley Federal de Radio y Televisión; dotarlos de un estatus jurídico definido es una labor que no se puede soslayar. De la misma manera, resulta primordial la modernización de sistemas de permisos, para que su carácter no lucrativo se concilie con la posibilidad de ingresos publicitarios que redunden en calidad de los servicios que ofrecen.

El estado en el que se encuentran es: Primero, están en la indefensión jurídica, no existe, particularmente en materia de medios electrónicos, una regulación clara. Los medios públicos electrónicos se sujetan a la Ley Federal de Radio y Televisión que data de 1960 y que además fue hecha en la propia CIRT, por los concesionarios. Todos los medios públicos se encuentran en el limbo jurídico y están sujetos a vaivenes sexenales, a cambios de dirección, este tipo de situaciones crea incertidumbre y discontinuidad en los medios públicos que además no dejan de ser medios gubernamentales, que es algo muy distinto.

El segundo eje es que el gobierno menosprecia a los medios públicos y esto se refleja en una disminución drástica de recursos. Lo presupuestado a Canal 11 no es ni el 5% de lo que el gobierno gastó el año pasado en publicidad en

medios privados, y eso que hablamos del canal que más recursos recibe. Con Canal 22, el Imer, Radio Educación, Notimex, evidentemente pasa lo mismo.

El tercer eje es que los medios públicos están muy distantes de la sociedad por fenómenos como el burocratismo, los vaivenes sexenales. Son medios más de autoconsumo en su mayoría, aunque creo que Canal 11 se salva en muchos sentidos. El problema es que son medios para minorías. A esto le podemos agregar la situación del Canal del Congreso que es el medio público de más reciente creación, y que se encuentra en una situación muy lamentable por la falta de visión de los legisladores para contar con un medio crítico y plural.

7.4 Tareas para el personal de Ingeniería

Para quienes han trabajado con el audio y video analógico, la DTV no resulta muy familiar. Nueva terminología y descripciones matemáticas complejas obscurecen el entendimiento práctico de cómo funciona el sistema. Las mediciones más importantes en el modelo 8-VSB consideran un nuevo paradigma que el ingeniero de radiodifusión de TV deberá comprender en la nueva tecnología digital. Diagrama de constelación, PTS, DTS, aliasing, PES, son algunos términos con los que habrá que familiarizarse. Las transmisiones de DTV, son altamente automatizadas y auto-correctibles. Hay pocos ajustes accesibles para el personal de la estación. Deben entonces tenerse en cuenta los siguientes temas como parte de la formación de los ingenieros de radiodifusión:

- Tecnologías de la información
- Nuevos paradigmas
- Preparación del personal técnico de las estaciones de Televisión

APÉNDICE 1

Nota 1: Un TOV perjudicial subjetivo es definido como el umbral de visibilidad, y es el nivel de interferencia que es “apenas visible” (para DTV, esto corresponde a una tasa de error de paquete MPEG de 2.5 paquetes/segundo). Un índice perjudicial CCIR-3 subjetivo describe un nivel de interferencia que es estadísticamente descrito por el televidente “promedio” como “un poco molesto”. Interferencia CCIR-3 es mucho más notable para el televidente típico que el TOV.

La escala del CCIR perjudicial subjetivo esta clasificada en una escala de 1 a 5, y es a menudo usada en incrementos de 0.5. Es definida como sigue:

CCIR-5	Imperceptible
CCIR-4	Perceptible, pero no molesto
CCIR-3	Un poco molesto
CCIR-2	Molesto
CCIR-1	Muy molesto

CCIR es apoyado por el International Radio Consultative Comité, al cual es una organización predecesora de la ITU-T. Estas organizaciones ofrecen recomendaciones en aspectos técnicos de telecomunicaciones con la esperanza de estandarizar las telecomunicaciones universales.

Los valores corregidos en esta columna representan un intento para conservadoramente tomar en consideración el splatter de DTV (que se encuentre a la máscara original de la FCC o la máscara de repetidor “simple”) de la señal de DTV interferente que causa el TOV o el deterioro subjetivo CCIR-3 a la señal de video de NTSC.

Tabla A1.1.

Factores de Planeación de Interferencia de la FCC Actuales				
Factor de planeación	Reglas de la FCC 73.623 (c)	OET – 69 (Tabla 5a y 5b)	ACATS / ATTC (I-13-14 a I-3-26)	Correcciones (ver Nota 1)
	Relación D/U (dB)	Relación D/U (dB)	Relación D/U (dB)	Relación D/U (dB)
Co-Canal:				
DTV en NTSC (CCIR-3 @ weak)	+34	+34	+33.81	
NTSC en DTV (TOV @ weak)	+2	+2	+1.81	
DTV en DTV (TOV @ weak)	+15	+15	+15.27	
Canal Adyacente Inferior:				
DTV en NTSC (CCIR-3 @ weak)	-14	-14	-15.96	-6
DTV en NTSC (TOV @ weak)	---	---	+11.33	+10
NTSC en DTV (TOV @ weak)	-48	-48	-47.73	
DTV en DTV (TOV @ weak)	-28	-28	-41.98	0
Canal Adyacente Superior:				
DTV en NTSC (CCIR-3 @ weak)	-17	-17	-16.91	-10
DTV en NTSC (TOV @ weak)	---	---	+7.33	+10
NTSC en DTV (TOV @ weak)	-49	-49	-48.71	
DTV en DTV (TOV @ weak)	-26	-26	-43.17	0
Canales “tabú” UHF: DTV en NTSC				
N-2 (TOV @ weak)	-24	-24	-23.73	
N+2 (TOV @ weak)	-28	-28	-27.93	
N-3 (TOV @ weak)	-30	-30	-29.73	
N+3 (TOV @ weak)	-34	-34	-34.13	
N-4 (TOV @ weak)	-34	-34	----	
N+4 (TOV @ weak)	-25	-25	-24.96	
N-7 (TOV @ weak)	-35	-35	----	
N+7 (TOV @ weak)	-43	-43	----	
N-8 (TOV @ weak)	-32	-32	-31.62	
N+8 (TOV @ weak)	-43	-43	-43.22	
N+14 (CCIR-3 @ weak)	-33	-33	-33.38	
N+15 (CCIR-3 @ weak)	-31	-31	-30.58	
Canales “tabú” UHF: NTSC en DTV				
N-2 (TOV @ weak)	NC	NC	-62.45	
N+2 (TOV @ weak)	NC	NC	-59.86	
N-3 (TOV @ weak)	NC	NC	< -61.79	
N+3 (TOV @ weak)	NC	NC	< -62.49	
N-4 (TOV @ weak)	NC	NC	----	
N+4 (TOV @ weak)	NC	NC	----	
N-7 (TOV @ weak)	NC	NC	----	
N+7 (TOV @ weak)	NC	NC	----	
N-8 (TOV @ weak)	NC	NC	----	
N+8 (TOV @ weak)	NC	NC	----	
N+14 (CCIR-3 @ weak)	NC	NC	----	
N+15 (CCIR-3 @ weak)	NC	NC	----	
Canales “tabú” UHF: DTV en DTV				
N-2 (TOV @ weak)	NC	NC	-60.52	
N+2 (TOV @ weak)	NC	NC	-59.13	
N-3 (TOV @ weak)	NC	NC	< -60.61	
N+3 (TOV @ weak)	NC	NC	< -61.53	
N-4 (TOV @ weak)	NC	NC	----	
N+4 (TOV @ weak)	NC	NC	----	
N-7 (TOV @ weak)	NC	NC	----	
N+7 (TOV @ weak)	NC	NC	----	
N-8 (TOV @ weak)	NC	NC	----	
N+8 (TOV @ weak)	NC	NC	----	

N+14 (CCIR-3 @ weak)	NC	NC	-----	
N+15 (CCIR-3 @ weak)	NC	NC	-----	

Tabla A1.2.

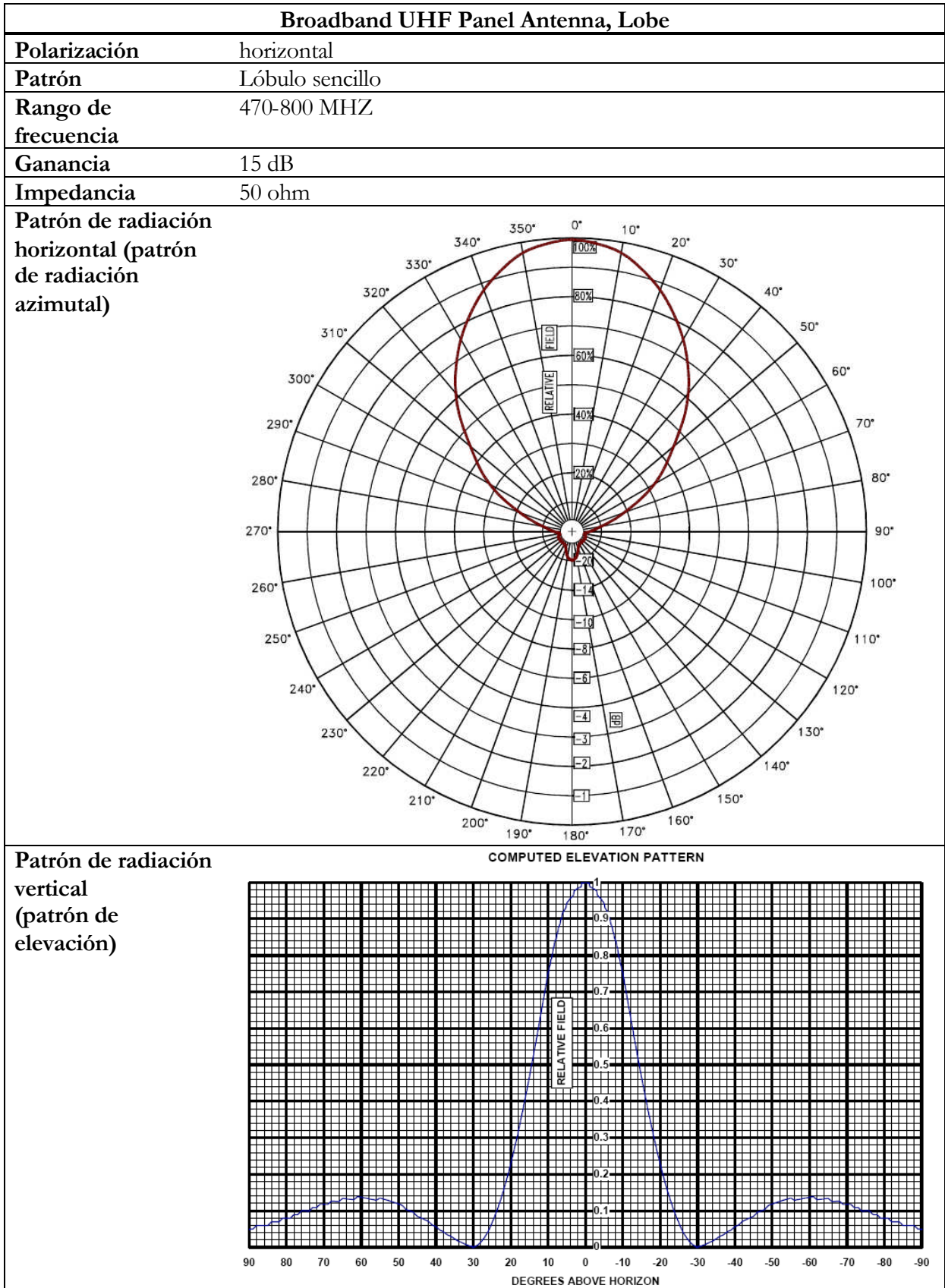
Resumen de las Pruebas de Rendimiento de Interferencia del Laboratorio ATTC									
Con splatter de DTV igual a la máscara de emisión original de la FCC									
Desplazamiento del canal a partir del deseado	DTV en NTSC Median TOV D/U Ratios			NTSC en DTV Median TOV D/U Ratios			DTV en DTV Median TOV D/U Ratios		
	(±)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
	Fuerte D=-15 dBm	Moderada D=-35 dBm	Débil D=-55 dBm	Fuerte D=-28 dBm	Moderada D=-53 dBm	Débil D=-68 dBm	Fuerte D=-28 dBm	Moderada D=-53 dBm	Débil D=-68 dBm
-8	-6.90	-16.11	-31.62	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-3	-1.73	-18.28	-29.73	< -22.07	< -47.06	< -61.79	< -20.95	< -45.98	< -60.61
-2	-1.43	-15.00	-23.74	< -23.09	< -48.23	-62.45	< -21.83	< -46.80	-60.52
-1	-----	+11.33	-----	< -23.18	-44.46	-47.73	-----	-23.09	-22.83
0	-----	+51.27	+47.74	-----	+1.40	+1.81	-----	+14.78	+15.27
+1	-----	+7.33	-----	< -23.18	-44.44	-48.71	-----	-21.15	-21.15
+2	-3.80	-17.47	-27.94	< -23.10	< -48.87	-59.86	< -22.35	< -47.33	-59.13
+3	-5.55	-19.79	-34.13		< -48.08	< -62.49	< -21.99	< -46.98	< -61.53
+4	-5.60	-18.22	-24.96	-----	-----	-----	-----	-----	-----
+8	-9.77	-22.97	-43.22	-----	-----	-----	-----	-----	-----
+14	-8.40	-22.24	-29.55	-----	-----	-----	-----	-----	-----
+15	+1.29	-14.54	-17.58	-----	-----	-----	-----	-----	-----

APÉNDICE 2

Artículo 27. (Extracto) Corresponde a la nación el dominio directo del espacio situado sobre el territorio nacional, en la extensión y términos que fije el derecho internacional en donde el dominio de la nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el ejecutivo federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes.

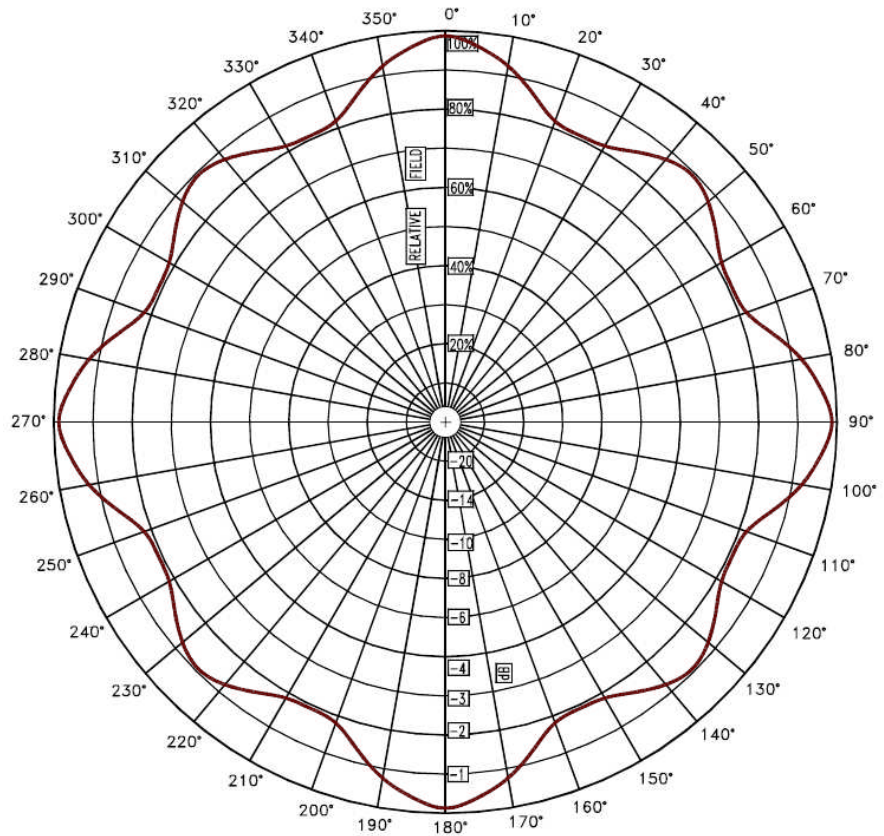
Notas del cuadro nacional de atribución de frecuencias

- MEX70** México en coordinación con los grupos especializados de la UIT, realizan estudios técnicos para determinar la factibilidad de utilizar sistemas del servicio Fijo y Móvil que puedan convivir con el servicio de Radiodifusión de Televisión en situaciones específicas, sin que este último sea interferido, es decir, que existan las condiciones propicias en función de la orografía, separaciones de distancia y el uso de potencias debidamente coordinadas. Bandas: 54 – 72 MHz, 76 – 88 MHz, 174 – 216 MHz, 614 – 806 MHz.
- MEX109** Referirse al proyecto de Norma NOM-084-SCT1-1993, que contiene las especificaciones técnicas para la instalación y operación de estaciones destinadas a prestar el servicio móvil de radiocomunicación especializada de flotillas. Bandas 431.3 – 433 / 438.3 – 440 MHz, 475 – 476.2 / 494.6 – 495.8 MHz, 806 – 821 / 851 – 866 MHz y 896 – 901 / 935 – 940 MHz.
- MEX111** En la banda de frecuencias de 440-450 MHz operan sistemas radiotelefónicos privados. En esta banda se encuentran frecuencias para la red sismológica nacional. Adicionalmente, esta banda, junto con la de 485-495 MHz, se proyecta para acceso local inalámbrico fijo.
- MEX115** Se destina la banda de 470-512 MHz en forma compartida con el servicio de radiodifusión de televisión, para los servicios fijo y móvil terrestres en aquellas poblaciones cercanas a la frontera con los Estados Unidos de América, o las que tengan una gran densidad de población: México, D.F., Guadalajara, Jal., Monterrey, N.L., etc. Las condiciones que se aplican a dicha compartición son proporcionadas por la S.C.T.
- MEX116** El 16 de junio de 1994, se firmó el Protocolo relativo al uso de la banda 470 – 512 MHz para el servicio móvil terrestre a lo largo de la frontera común México – Estados Unidos.
- MEX149** El 14 de noviembre de 1997, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, la Resolución por la que se establecen los lineamientos para llevar a cabo el despeje de las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, ubicadas dentro de los rangos de los 1850-1990, 440-450 y 485-495 MHz., así como 3.4 - 3.7 GHz., para la prestación del servicio de acceso inalámbrico fijo o móvil.



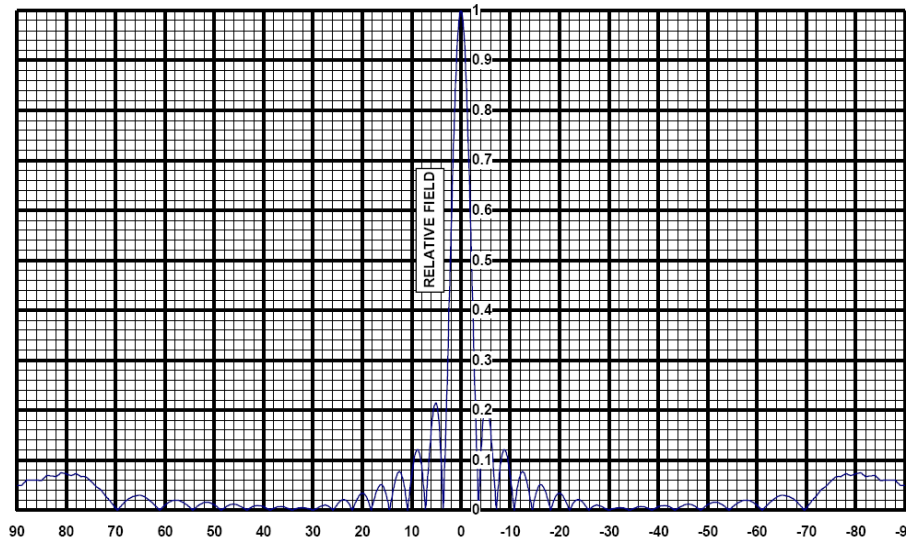
Broadband UHF Panel Antenna, Omni	
Polarización	Horizontal
Patrón	Omnidireccional
Rango de frecuencia	470-800 MHz
Ganancia	18 dB
Impedancia	50 ohm

Patrón de radiación horizontal (patrón de radiación azimutal)



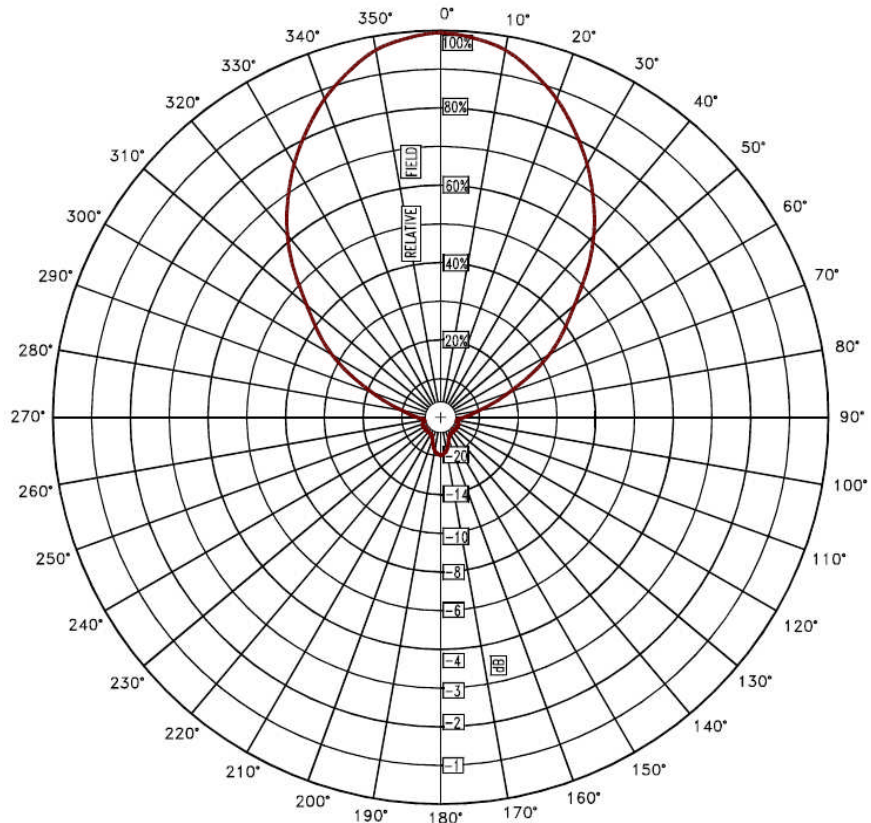
Patrón de radiación vertical (patrón de elevación)

COMPUTED ELEVATION PATTERN

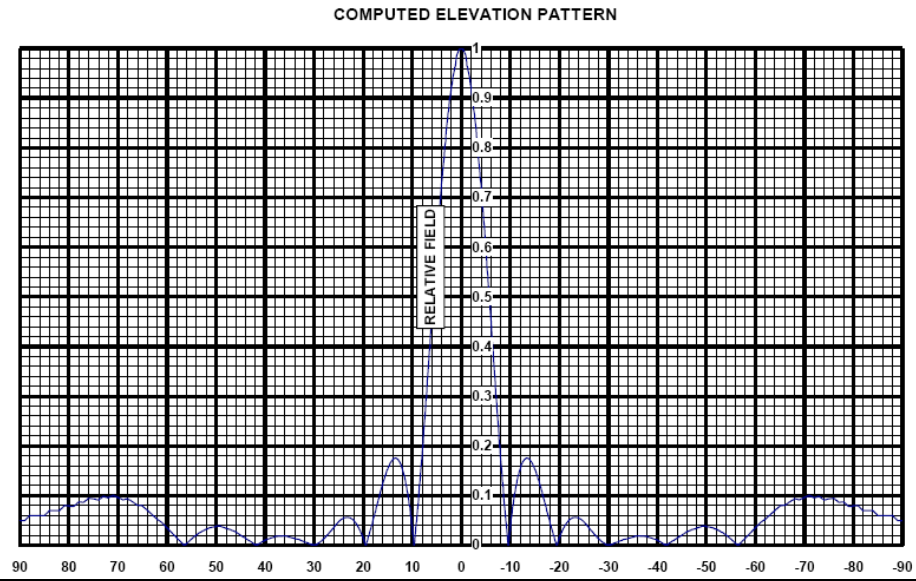


Broadband UHF Panel Antenna, Lobe	
Polarización	horizontal
Patrón	Lóbulo sencillo
Rango de frecuencia	470-800 MHz
Ganancia	18 dB
Impedancia	50 ohm

Patrón de radiación horizontal (patrón de radiación azimutal)



Patrón de radiación vertical (patrón de elevación)



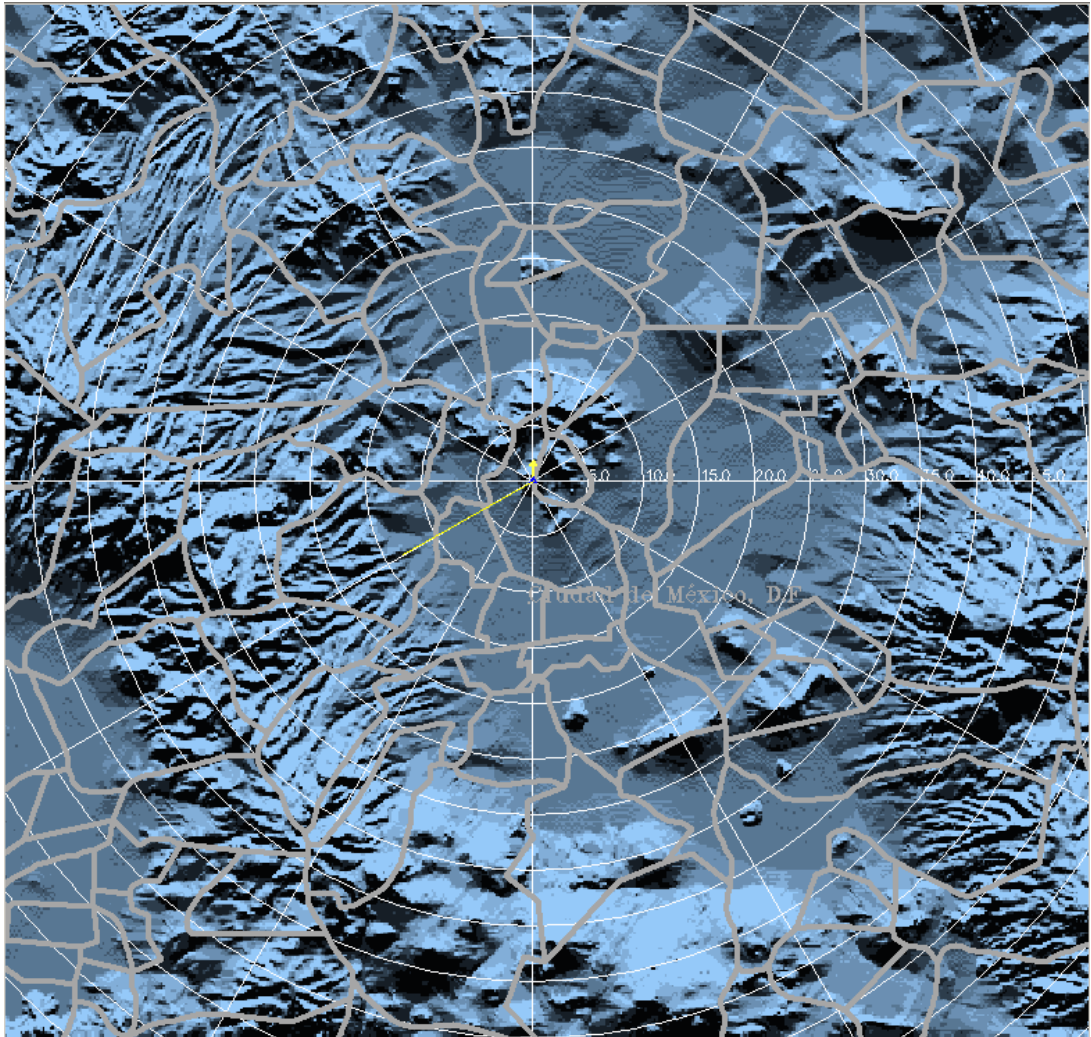


Figura 6.1. Orografía de la Ciudad de México y zona conurbada asociada a la base de *Ellipse*.

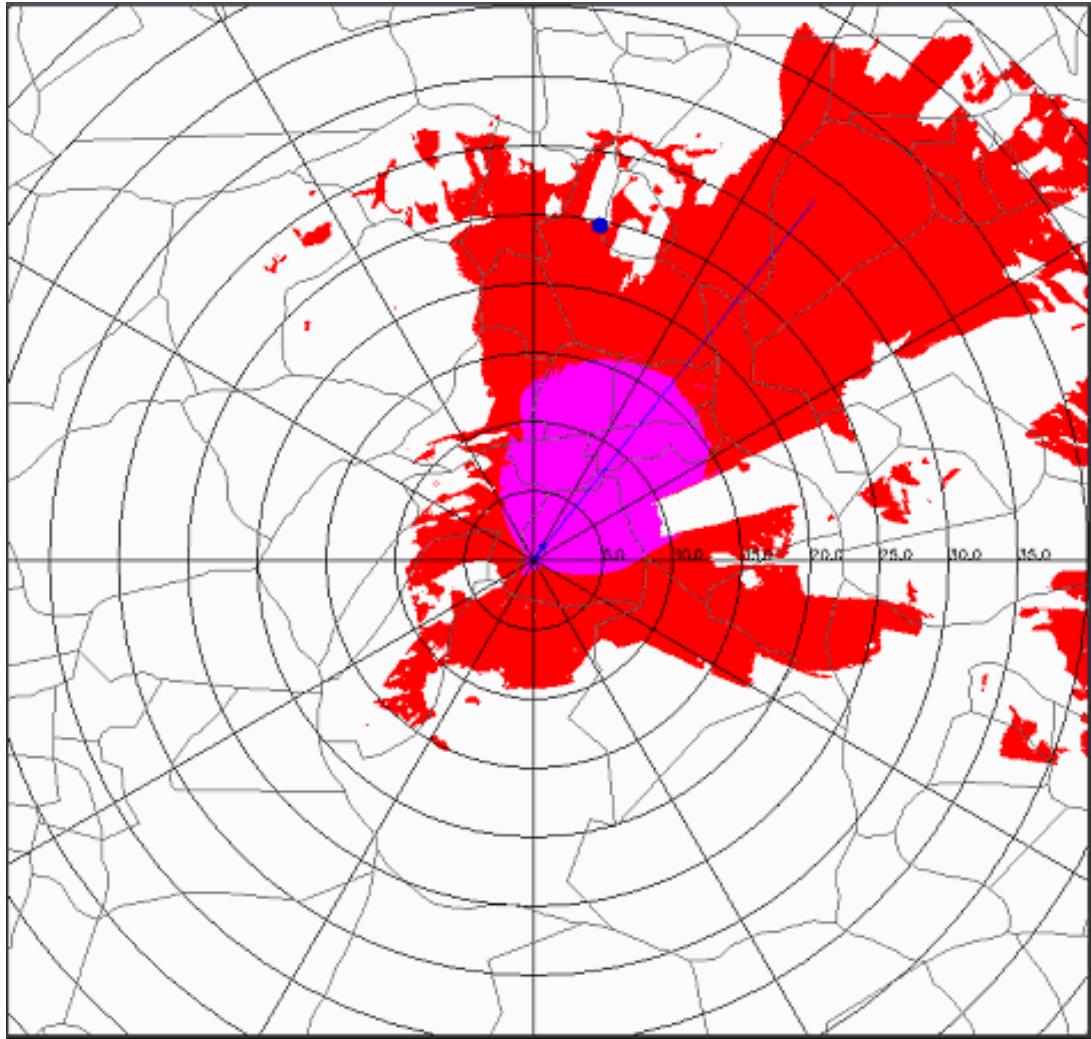


Figura 6.3. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo.

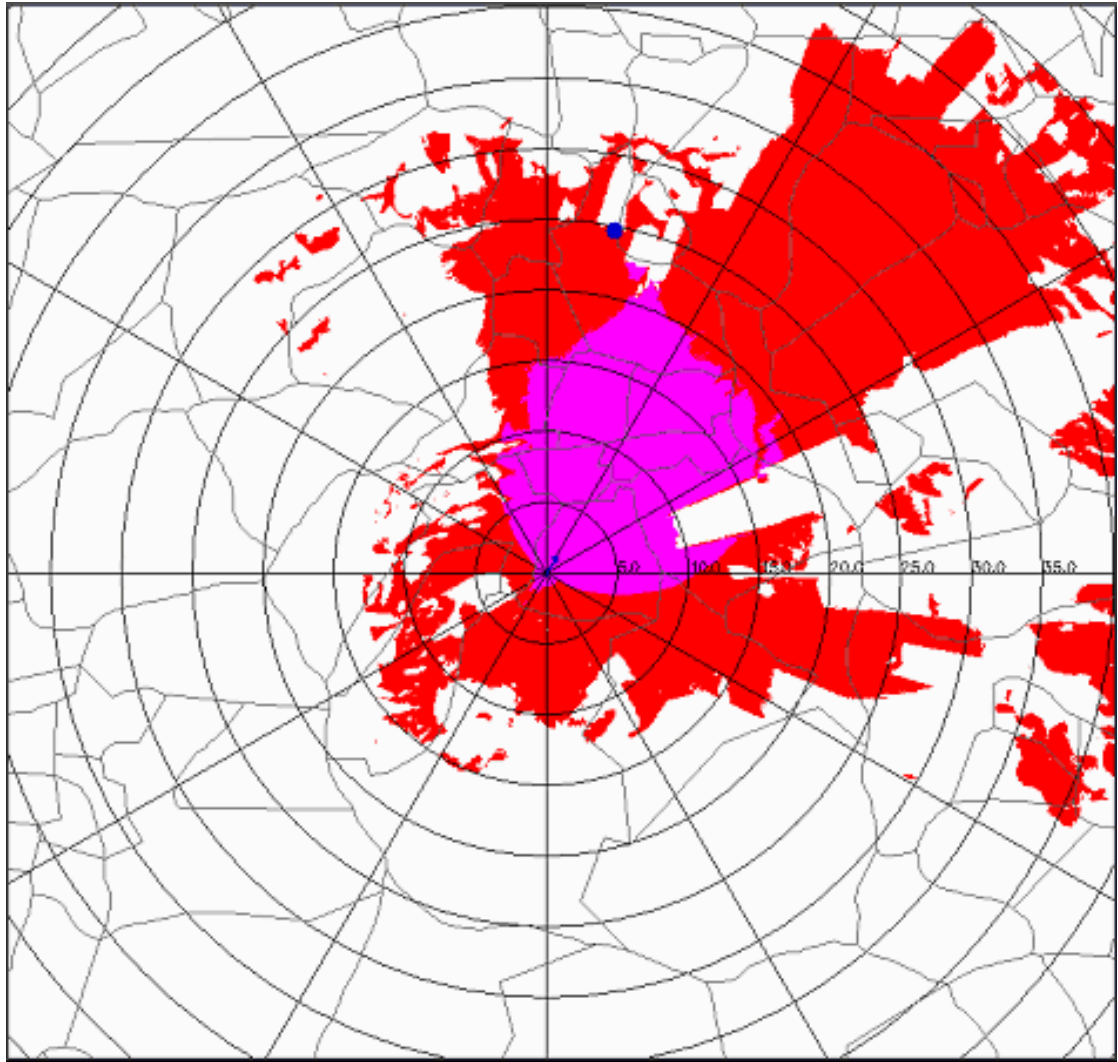


Figura 6.4. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo.

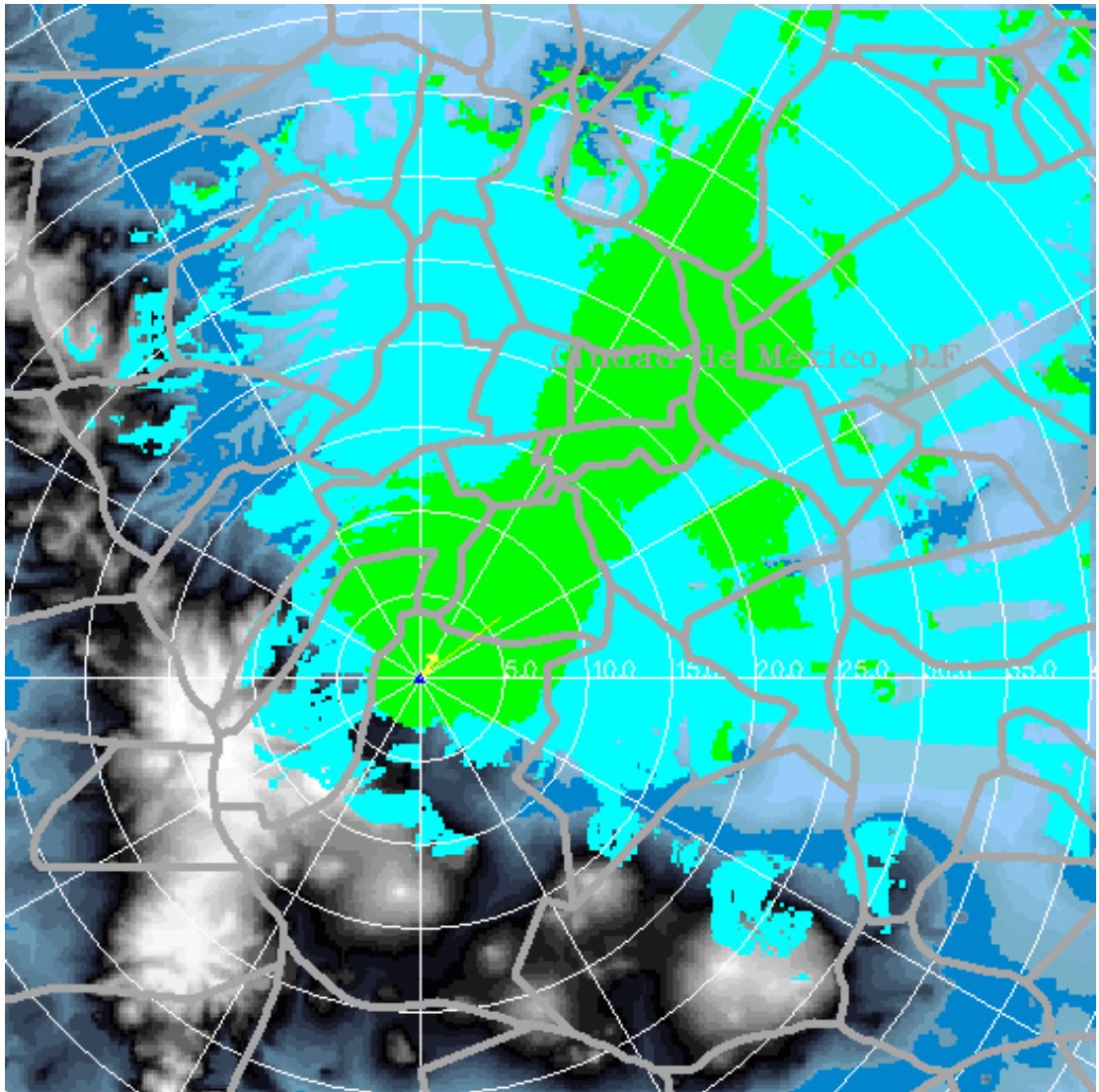


Figura 6.5. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo.

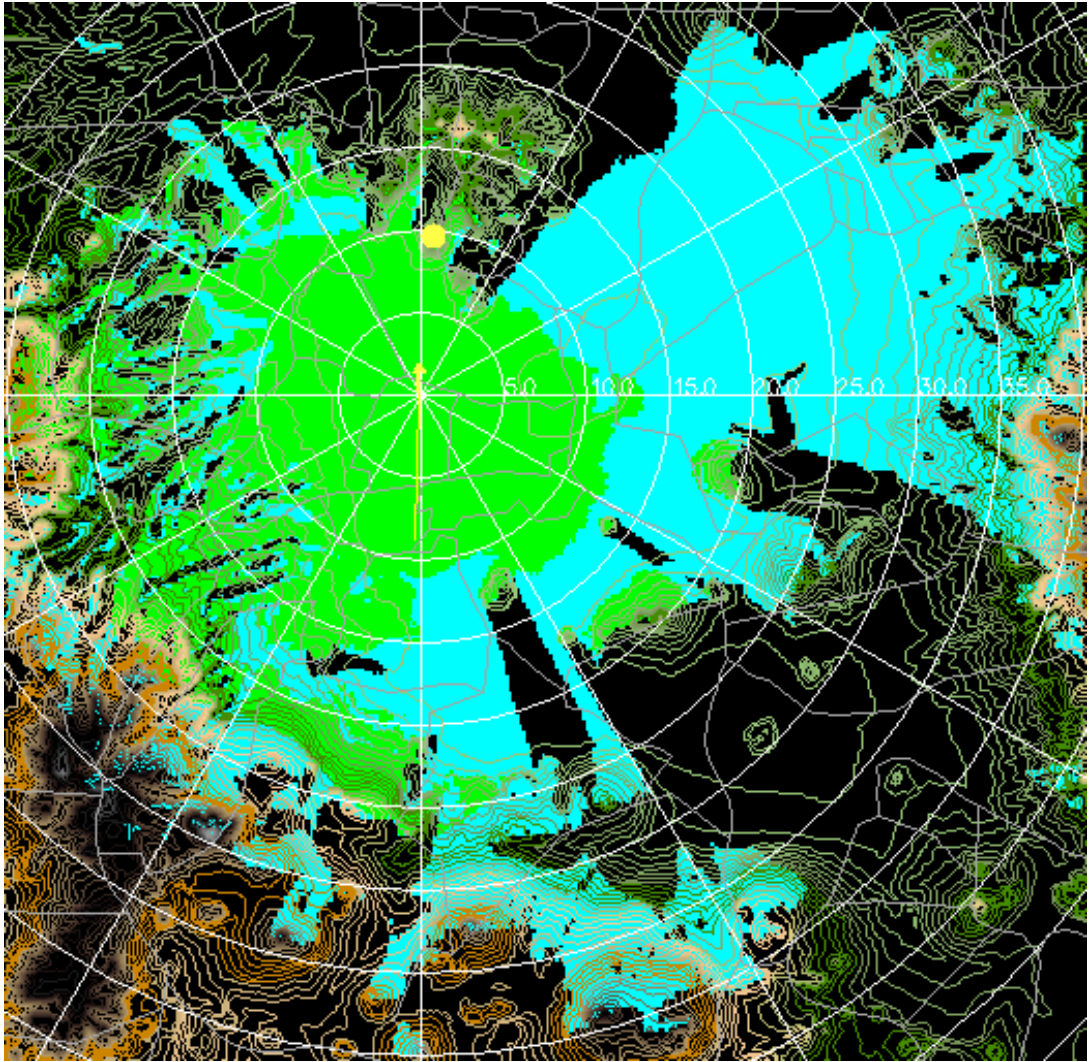


Figura 6.6. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo.

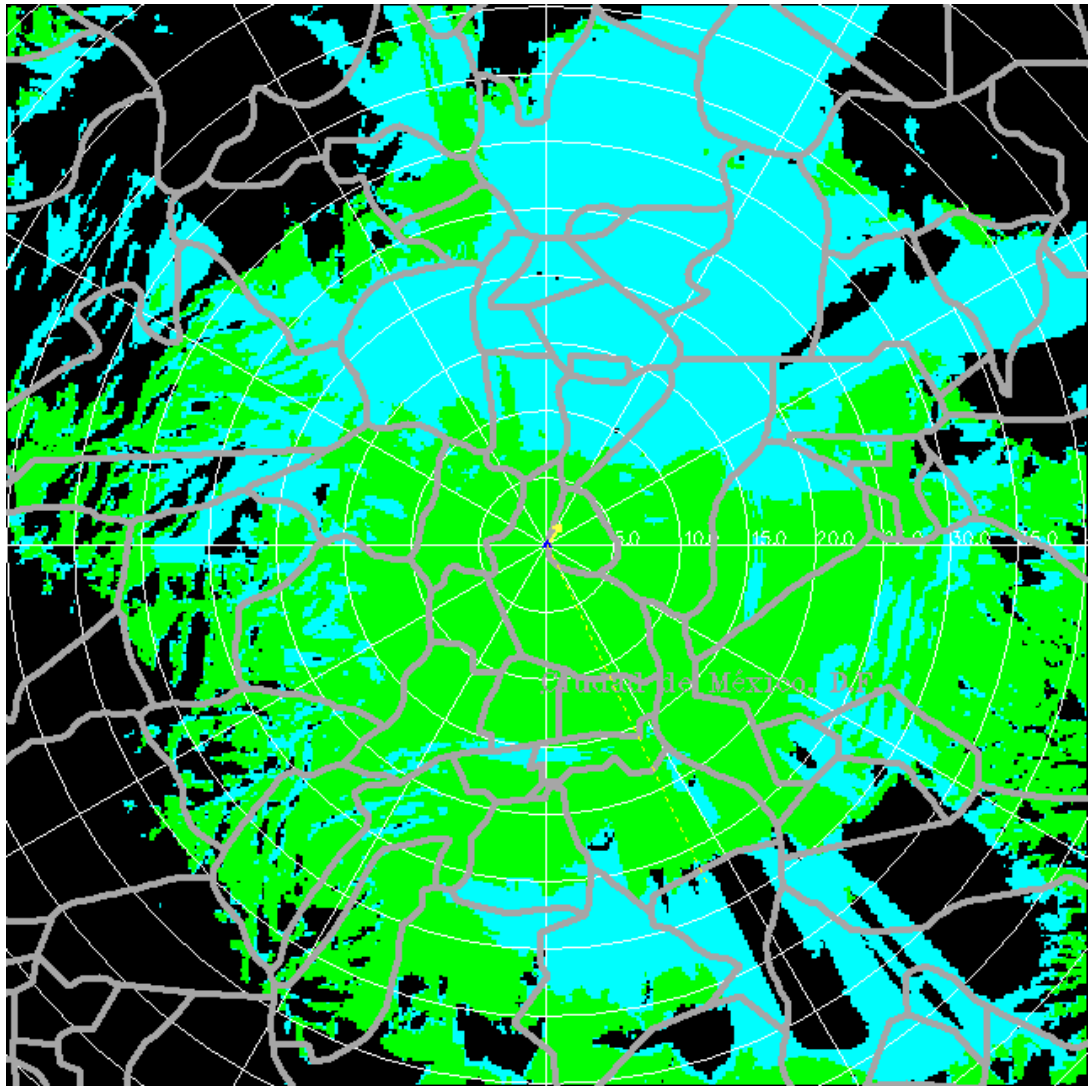


Figura 6.7. Área de servicio y contorno Grado B del área sujeta a calculo.

GLOSARIO

AGC (Control automático de ganancia). El proceso de mantener la salida de un nivel de señal predeterminado vigilando una frecuencia específica sobre una gama de temperaturas.

Bloque. Un bloque es un arreglo de 8 por 8 de coeficientes DCT que representan información de luminancia o crominancia.

Bps. Bits por segundo.

BTSC. Estándar de sonido en televisión multicanal adaptado por la Comisión de Sistemas de Televisión de Radiodifusión en los EE.UU. Para la radiodifusión televisiva de sonido estereofónico.

Byte alineado. Un bit en una trama de bits codificados es un Byte-alineado si su posición es un múltiplo de 8 bits del primer bit en la trama.

Codificación (proceso). Un proceso que lee una trama de imágenes de entrada o muestras de audio y produce una trama de bits válida codificada tal como esta definida en la Norma de Televisión Digital.

Codificación huffman. Un tipo de fuente de código que usa códigos de diferentes longitudes para representar símbolos que tienen diferente probabilidad de ocurrencia.

Compresión. Reducción en el número de bits usados para representar un dato.

Co-canal. Dos o más señales de TV se consideran como co-canales cuando sus portadoras de video ocupan el mismo canal de TV.

CRC. La verificación de Redundancia Cíclica verifica las correcciones de los datos.

dB. Unidad estándar para expresar la relación entre dos parámetros utilizando logaritmos de base 10. Se utiliza debido a que facilita los cálculos cuando intervienen cantidades muy grandes y muy pequeñas como en el caso de los enlaces vía satélite.

dBW. Decibeles referidos a la potencia expresada en Watts. La potencia de los satélites se expresa en dBW.

Decodificación (proceso). Proceso definido en la Norma de Televisión Digital que lee una trama de bits codificada entrante y entrega muestras de audio o recuadros decodificados.

Decoding time-stamp (sello de tiempo descifrado) (DTS). Un campo que puede ser representado en el encabezado de un paquete PES que indica el tiempo en que una unidad de acceso es decodificada en el decodificador del sistema objetivo.

Distorsión. Cambio indeseable en la forma de onda de una señal dentro de un medio de transmisión. Reproducción alineal de la forma de onda de entrada.

Estación. Una estación es un transmisor o transreceptor con todos sus parámetros. Una estación no puede existir sin un sitio. Debe ser relacionada a

un sitio definiendo explícitamente un sitio de referencia. Una estación pertenece a una red específica.

Group of pictures (GOP). Un grupo de imágenes consiste de una o más imágenes en secuencia.

High Definition Televisión (HDTV). La televisión de alta definición tiene una resolución de aproximadamente dos veces la televisión convencional en ambas dimensiones horizontal (h) y vertical (V) y una relación de aspecto (H X V) de 16:9

Identificador de paquete (PID). Un único valor entero usado para asociar las tramas elementales de un programa de una trama de transporte simple o múltiple.

IF (Frecuencia intermedia). Frecuencia producida en un circuito heterodino cuando la frecuencia de un oscilador local está mezclada con la señal de radiofrecuencia entrante.

Imagen. Fuente, código, o reconstrucción de datos de una imagen. Una imagen fuente o reconstruida consiste de tres matrices rectangulares representando la luminancia y dos señales de crominancia.

Imágenes intracodificadas o imágenes-I o tramas-I. Imágenes que son codificadas usando información presente solo en la imagen misma y no dependen de la información de otras imágenes. Las imágenes-I proporcionan un mecanismo de acceso aleatorio a los datos de video comprimido.

Información específica de programa (program specific information, PSI). La PSI consiste de un dato normativo que es necesario para la demultiplexación de las tramas de transporte y la regeneración exitosa de los programas.

Macrobloque. En el sistema de televisión avanzada, un macrobloque consiste de cuatro bloques de luminancia Y, un bloque Cr y uno Cb.

Mbps. 1, 000,000 bits por segundo

Modulación Cruzada. La modulación cruzada es el resultado de la modulación de una señal por intermedio de otra. Tipo de distorsión de señales de televisión en la cual la modulación de uno o más canales de televisión se impone en otro canal o canales.

MPEG. Se refiere a los estándares diseñados por el Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento.

MPEG-2. Se refiere a los estándares ISO/IEC 13818-1 (Sistemas), 111172-2 (Video), 13818-3 (Audio)

Paquete. Un paquete consiste de un encabezado de paquete seguido por un número de bytes contiguos de una trama elemental de datos. Es una capa en la sintaxis del sistema de codificación.

Paquete de datos. Bytes contiguos de datos de una trama de datos elementales presente en el paquete.

Paquete PES. La estructura de datos usada para transportar la trama de datos elemental. Consiste de un paquete seguido de una carga útil de paquete PES.

PES. Una abreviación para trama elemental empaquetada, packetized elementary stream.

Portadora. Señal de frecuencia fija generalmente, que es modulada por la señal de información a fin de transportarla.

Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE ó EIRP). Es el resultado de la combinación de la potencia del transmisor con la ganancia de la antena en una dirección determinada: hacia el satélite o del satélite hacia la estación receptora. Se expresa en dBW.

Presentation time-stamp (sello de tiempo de presentación) (PTS). Un campo que puede estar presente en un encabezado de paquete PES que indica el sello de tiempo en la que una unidad de presentación es presentada en el decodificador objetivo del sistema.

Presentation unit (PU). Una unidad de acceso de audio decodificada o imagen codificada.

Program clock referente (PCR). Una estampa de tiempo en la trama de transporte del cual la sincronización del decodificador es derivado.

Program element. Un término genérico para una de las tramas elementales u otras tramas de datos que pueden ser incluidas en el programa.

Programa. Un programa es un conjunto de elementos de programa. Los elementos de programa pueden ser tramas elementales.

Rebanada (slice). Unas series de macrobloques consecutivos.

Recuadros bidireccionales o Recuadros B o tramas B. Imágenes que usan imágenes pasadas y futuras como referencia. Esta técnica es llamada predicción bidireccional. Los recuadros B proveen la mejor compresión. Los Recuadros B no propagan errores de codificación porque ellos nunca son usados de referencia.

Relación portadora a densidad de ruido (C/No). Relación de potencia entre la portadora y la densidad de potencia de ruido en un ancho de banda de 1 Hz. Se expresa en dB/Hz.

Relación portadora a ruido (C/N). Relación de la potencia de una portadora digital con respecto a la potencia de ruido en el ancho de banda que ocupa. Se expresa en dB.

Relación señal a ruido. Relación de la potencia de una señal analógica con respecto al nivel de ruido. Se expresa en dB.

Reloj de Referencia del Sistema (System Clock Referente, SCR). Una estampa de tiempo en el programa de la cual la sincronización del decodificador es derivada.

Representación codificada. Los datos de un elemento son representados en su forma codificada.

RF (Radiofrecuencia). El espectro electromagnético entre 3 kHz y 300 GHz.

Ruede fuera (Roll off). Una atenuación gradual de la respuesta de ganancia-frecuencia en cada o en ambos fines de la pasa banda de transmisión.

Ruido. Señales indeseables en un circuito de comunicaciones. Se expresa en dB.

Ruido de intermodulación. Se presenta cuando una o más señales pasan a través de un dispositivo no lineal con niveles de entrada demasiado altos produciendo señales espurias.

Ruido térmico. Ruido producido por el movimiento aleatorio de los electrones tanto en un medio de transmisión como en los equipos de comunicación.

Servicio de radiodifusión. Servicio de radiocomunicación cuyas emisiones se destinan a ser recibidas directamente por el público en general. Dicho servicio abarca emisiones sonoras, de televisión o de otro género.

Sitio. Un sitio es una localización geográfica con todos sus parámetros y nada más. Un sitio puede tener varias estaciones. Un sitio no pertenece a una red específica y puede ser compartido por varias redes.

Subportadora de Color. En color NTSC, la portadora cuyas bandas de lado moduladas se le suman a la señal monocromática para entregar la información de color, es decir a 3.6MHz (3.579545MHz).

Spatter. Frecuencias de banda lateral indeseadas que son generadas por sobremodulación.

Tasa de bits. La tasa a la cual las tramas de bits comprimidos es enviada del canal de entrada a un decodificador.

Televisión de Definición Estándar (*Standar Definition Television, SDTV*). Este término es usado para definir un sistema de televisión digital en el cual la calidad es aproximadamente equivalente a la de NTSC.

Time-stamp. Un término que indica el tiempo de una acción específica tal como la llegada de un byte o la presentación de una unidad de presentación.

Trama. Una trama contiene líneas de información espacial de una señal de video. Para el video progresivo, esas líneas contienen muestras iniciales de un instante de tiempo y continúan a través de líneas sucesivas hasta el fondo de la trama. Para el video entrelazado una trama consiste de dos campos, uno campo superior y otro campo inferior. Uno de esos campos comenzara un campo después del otro.

Trama decodificada. La reconstrucción decodificada de una trama de bits comprimida.

Trama elemental (ES). Un término genérico para cualquiera video codificado, audio codificado u otras tramas de bits codificadas. Una trama elemental es llevada en una secuencia de paquetes PES con una y solo una stream_id.

Trama PES. Una trama PES consiste de paquetes PES, cuya toda carga útil consiste de datos de una simple trama elemental, y los cuales tienen todos el mismo stream_id.

Transformada coseno discreta. Una transformada matemática que puede ser perfectamente desecha y que es útil en la compresión de imágenes.

8-VSB. Modulación de banda lateral vestigial con 8 niveles de amplitud discretos.

16-VSB. Modulación de banda lateral vestigial con 16 niveles de amplitud discretos.

BIBLIOGRAFÍA

- Advanced Television Systems Committee. *ATSC Standard: Digital Television Standard A/53*. Washington, D.C., 2005.
- Advanced Television Systems Committee. *Recommended Practice: Guide to the Use of the ATSC Digital Television Standard*. Washington, D.C., 2003.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Comisión Federal de Telecomunicaciones, Área General de Ingeniería y Tecnología. *Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias de México*. México, D.F., 1999.
- Diario Oficial, Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *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*. México, D.F., 2004.
- Federal Communications Commission. *OET BULLETIN No. 69, Longley-Rice Methodology for Evaluating TV Coverage and Interference*. Washington, D.C., 2004.
- Advanced Television Systems Committee. *Issues to be considered for the evaluation of a standard for digital television*. Washington, D.C., 1999.
- Tesis de maestría en comunicación, división de estudios de posgrado, programa de posgrado en ciencias políticas y sociales. Tutor: Alma Rosa Alva de la Selva. Maestrante: Ricardo Jesús Balcázar Garcilazo. *La televisión digital en México 1997-2006: ¿proceso de negociación tecnológica o desarrollo tecnológico?* 2006.
- Advanced Television Systems Committee. *Mexico Adopts the ATSC DTV Standard*. Washington, D.C., 2004.
- Sgrignoli, Gary. *Interference Analysis of Co-sited DTV and NTSC Translators*. IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 51, No.1, Marzo 2005.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Tabla de Canales Adicionales para la Transición a la TDT*. México, D.F., 2005.
- Comisión Federal de Telecomunicaciones, Área General de Ingeniería y Tecnología, Dirección General de Planeación y Administración del Espectro. *Guía general para atender solicitudes de asignación de frecuencias y modificaciones técnicas*. México, D.F., 2005.