



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS DE LA MIGRACIÓN PARA UN CANAL DE TELEVISIÓN
ANALÓGICO A UNA SOLUCIÓN TDT EN EL ECUADOR.

AUTOR

Santiago Javier Correa Herrera

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS DE LA MIGRACIÓN PARA UN CANAL DE TELEVISIÓN
ANALÓGICO A UNA SOLUCIÓN TDT EN EL ECUADOR.

Trabajo de Titulación presentando en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Redes y
Telecomunicaciones.

Profesor Guía

Mg. Edwin Guillermo Quel Hermosa

Autor

Santiago Javier Correa Herrera

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Análisis de la Migración para un Canal de Televisión Analógico a una Solución TDT en el Ecuador, a través de reuniones periódicas con el estudiante Santiago Javier Correa Herrera, en el semestre 201920, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Edwin Guillermo Quel Hermosa

Magister en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones

CI: 171872689-4

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

Declaro haber revisado este trabajo, Análisis de la Migración para un Canal de Televisión Analógico a una Solución TDT en el Ecuador, del estudiante Santiago Javier Correa Herrera, en el semestre 201920, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Nathaly Verónica Orozco Garzón

Doctora en Ingeniería Eléctrica en el área de Telecomunicaciones y Telemática

CI: 172093858-6

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Santiago Javier Correa Herrera

CI: 171742462-4

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme cada día con cada decisión, por permitirme compartir y disfrutar de mis seres amados, por los logros alcanzados, por los retos que vendrán.

A mis padres por su constante lucha por mi bienestar, educación, salud, a quienes les debo todo lo que soy.

Y a todas aquellas personas que de alguno u otra forma aportaron en mi vida.

DEDICATORIA

A mis padres José Rodrigo Correa Vega, y Teresa del Roció Herrera Guerrero, que gracias a su constante sacrificio de vida me permitan construir la mía. Por su incondicional amor, por cada palabra, cada gesto de cariño, he llegado tan alto, estoy eternamente agradecido de tanta dicha.

A mis hermanos Alex y Byron, por todo su cariño, amistad, tiempo, apoyo que me brindan cada día.

RESUMEN

En el año 2010, Ecuador adoptó el estándar de televisión digital ISDB-Tb, en el 2012 inició el proceso de migración hacia la televisión digital terrestre, por tal razón en la actualidad es posible acceder a las señales de televisión digital en las principales ciudades.

El 17 de mayo del 2020 los canales de televisión que recaen dentro de la fase 1 del cronograma del cese de señales de tv analógica en el Ecuador, están próximas a cumplirse, por lo que la principal motivación para el desarrollo de este proyecto está en el planteamiento de alternativas de diseño de equipamiento orientadas a una migración mínima, parcial y completa según la capacidad económica, además que servirá como marco de referencia académica y técnica de equipamiento que se debe aplicar para garantizar la migración de los sistemas analógicos a digitales de televisión, orientado a un canal de televisión en el Ecuador y a los estudiantes de la Universidad de las Américas en la especialidad de Ingeniería de Redes y Telecomunicaciones y afines

El presente trabajo se basa en el estudio de la situación actual de la televisión en el Ecuador, así como también el estudio del estándar de televisión digital ISDB-Tb. Posteriormente se elabora tres diseños de equipamiento tecnológico que cumplan las normas técnicas del estándar y que están orientados a las fases de implementación del Plan Maestro de Transición a la televisión digital terrestre.

Para la elaboración de los diseños de solución tecnológica, se identificará la infraestructura mínima que debe cumplir un canal de televisión, en base a ello se plantea el diseño de migración completa, que está orientado a la migración total o desde cero de un canal de televisión. La propuesta de diseño de equipamiento parcial se centra en la distribución de la señal digital orientada para canales de transmisión nacional. La propuesta de diseño mínimo plantea el mínimo costo para su transmisión.

El objetivo del estudio es de promover sugerencias tecnológicas, según la capacidad económica y tipo de canal. Finalmente se redacta las conclusiones y recomendaciones del estudio.

ABSTRACT

In 2010, Ecuador adopted the digital television standard ISDB-Tb, in 2012 it began the migration process towards digital terrestrial television; therefore, it is now possible to access digital television signals in the main cities.

On May 17, 2020 the television channels that fall within the phase 1 of the chronogram of the cessation of analogue television signals in Ecuador, are at my side, the main motivation for the development of this project is in the planning of alternatives of equipment design oriented to a minimum, partial and complete migration according to economic capacity, as well as being an academic and technical reference framework for equipment that must be applied to guarantee the migration of analogue to digital television systems, oriented to a television channel in Ecuador and students of the University of the Americas in the specialty of Network and Telecommunications Engineering and related

The present work is based on the study of the digital television standard ISDB-Tb. Subsequently, you can see the characteristics of a technological equipment that meets the standard technical standards and that are oriented to the phases of implementation of the Transition Master Plan to digital terrestrial television.

For the elaboration of the designs of the technological solution, the minimum infrastructure that a television channel must fulfill is identified, it is based on the same complete migration design, which is oriented to the total migration or from zero of a television channel. The partial equipment design proposal focuses on the distribution of the digital signal for national transmission channels. The design proposal.

The objective of the study is to promote the technological characteristics, according to the economic capacity and the type of channel. Finally, the conclusions and recommendations of the study are written.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	4
1.1. Modulaciones digitales	4
1.1.1. Modulación QPSK.....	4
1.1.2. Modulación en amplitud en cuadratura (QAM).....	5
1.1.3. Modulación $\pi/4$ QPSK	6
1.2. Tecnología de transmisión OFDM.....	6
1.2.1. Ortogonalidad.....	7
1.3. Historia de la televisión.....	8
1.4. Historia de la televisión en el Ecuador	10
1.5. Estándar de televisión analógica	11
1.5.1. NTSC	11
1.5.1.1. NTSC-M	12
1.5.1.2. NTSC-J	12
1.5.2. PAL	12
1.5.3. SECAM	12
1.6. Estándar de televisión digital.	13
1.6.1. Características técnicas	15
1.6.1.1. ATSC	15
1.6.1.2. DVB-T	15
1.6.1.3. ISDBT	16
1.6.1.4. DTMB.....	16
1.6.2. Análisis frecuencial.....	16
1.7. Situación de la televisión en el Ecuador	20
1.8. Procesos de transición TDT en el Ecuador.....	22
2. CAPÍTULO II. LINEAMIENTOS TECNOLÓGICOS.....	23
2.1. Estructura ISDB-T	24

2.2. Tecnología de transmisión OFDM	25
2.3. Modos de transmisión ISDB-Tb	26
2.3.1. Transmisión OFDM segmentada	26
2.3.2. Transmisión en modo jerárquico.....	29
2.3.3. Transmisión en modo parcial o de banda angosta	30
2.4. Diagrama de bloques ISDB-T	31
2.4.1. Flujo de transporte (TS)	33
2.4.2. Re-multiplexador	34
2.4.3. Configuración del cuadro multiplex.....	36
2.5. Codificación	36
2.6. Parámetros generales de transmisión ISDB-Tb	41
3. CAPÍTULO III. DISEÑO.....	43
3.1. Descripción del sistema de un canal de televisión analógico ..	43
.....	43
3.1.1. Origen de la señal de TV.....	44
3.1.2. Procesamiento de la señal de TV	44
3.2. Estructura canal de televisión analógico.....	45
3.3. Elementos necesarios para la difusión de ISDB-Tb.	46
3.3.1. Estructura interna o de producción	46
3.3.1.1. Estudio	47
3.3.1.2. Producción.....	48
3.3.1.3. Control de video.....	48
3.3.1.4. Control de audio	48
3.3.1.5. Control máster	48
3.3.1.6. Servidores y software	49
3.3.2. Estructura externa o de transmisión.....	49
3.3.2.1. Estación matriz	51
3.3.2.2. Estación transmisora	52
3.3.2.3. Enlace estudio – transmisor	52
3.3.2.4. Equipos para enlace de distribución	52

3.4. Propuesta	53
3.4.1. Propuesta de diseño completa.....	53
3.4.2. Propuesta de diseño de migración parcial	63
3.4.3. Propuesta de diseño de migración mínimo	68
4. CAPÍTULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS	71
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
5.1 Conclusiones	75
5.2 Recomendaciones	76
REFERENCIAS	78

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Posibles rutas de conmutación entre puntos de mensaje.....	5
<i>Figura 2.</i> Constelación QAM de 16 símbolos (cuatro niveles por dimensión).....	5
<i>Figura 3.</i> Constelaciones (valores permitidos de la envolvente compleja) para señales (a) $\pi/4$ QPSK y (b) QPSK.....	6
<i>Figura 4.</i> Distribución de portadoras.....	7
<i>Figura 5.</i> Determinación del valor del intervalo de guarda.....	8
<i>Figura 6.</i> Evolución de la televisión.....	10
<i>Figura 7.</i> Estándares de transmisión de TV digital terrestre en el mundo.....	14
<i>Figura 8.</i> Atribución de bandas VHF – UHF.....	17
<i>Figura 9.</i> Trasmisión simultánea.....	19
<i>Figura 10.</i> Uso del espectro Televisión Digital Terrestre (TDT).....	20
<i>Figura 11.</i> Estaciones TV Abierta Análoga.....	21
<i>Figura 12.</i> Estaciones TV Abierta Digital.....	21
<i>Figura 13.</i> Estructura de Sistema ISDB-T.....	25
<i>Figura 14.</i> Distribución de bits contiguos entre portadoras distantes.....	26
<i>Figura 15.</i> Organización del canal en segmentos.....	27
<i>Figura 16.</i> Canalización mixta (analógica y digital).....	28
<i>Figura 17.</i> Señales ISDB-Tb y NTSC en canales adyacentes.....	28
<i>Figura 18.</i> Transmisión jerárquica en tres capas.....	29
<i>Figura 19.</i> Transmisión en modo Jerárquico, en dos grupos diferentes, en el mismo canal y al mismo tiempo.....	30
<i>Figura 20.</i> Recepción ISDB-T de banda angosta.....	31
<i>Figura 21.</i> Sistema de transmisión ISDB-Tb.....	32
<i>Figura 22.</i> Paquetes de transporte TS y multiplexación MPEG-2.....	33
<i>Figura 23.</i> Generación del BTS y separación de paquetes TSP.....	35
<i>Figura 24.</i> Configuración de la multiplexación del frame.....	36
<i>Figura 25.</i> Ejemplo de transmisión jerárquica y recepción parcial.....	37
<i>Figura 26.</i> Parámetros del segmento OFDM.....	38
<i>Figura 27.</i> Parámetros de la señal de transmisión.....	39
<i>Figura 28.</i> Tasa de datos de un único segmento.....	40

<i>Figura 29.</i> Tasa total de datos para 13 segmentos	41
<i>Figura 30.</i> Parámetros del sistema de transmisión	42
<i>Figura 31 -</i> Proceso de emisión y recepción en la TV	43
<i>Figura 32.</i> Estructura básica canal de televisión analógico.....	45
<i>Figura 33.</i> Estructura Departamentos canal de televisión.....	46
<i>Figura 34.</i> Estructura interna o de producción.....	47
<i>Figura 35.</i> Estructura externa o de trasmisión de un Sistema ISDB-Tb.....	50
<i>Figura 36.</i> Distribución de señales de televisión digital	51
<i>Figura 37.</i> Modelo genérico de un canal de televisión digital.....	53
<i>Figura 38.</i> Diseño estructura externa red de distribución satelital.....	59
<i>Figura 39.</i> Diseño estructura externa red de distribución microonda digital.....	67
<i>Figura 40.</i> Diseño estructura externa red de distribución microonda análoga ..	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Estándares de Televisión Digital</i>	13
Tabla 2. <i>Frecuencias asignadas de televisión analógica.</i>	16
Tabla 3. <i>Canalización de Frecuencias Principales</i>	18
Tabla 4. <i>Fases de implementación TDT</i>	22
Tabla 5. <i>Lista de equipos de Producción - Estructura Interna</i>	54
Tabla 6. <i>Lista de equipos para estudio - Estructura interna</i>	55
Tabla 7. <i>Lista de equipos control de audio -Estructura interna</i>	56
Tabla 8. <i>Lista de equipos control de video - Estructura interna</i>	56
Tabla 9. <i>Lista de equipos control máster - Estructura interna</i>	57
Tabla 10. <i>Lista de equipos servidores - Estructura interna</i>	58
Tabla 11. <i>Costos FOB equipamiento estructura interna canal de televisión digital</i>	58
Tabla 12. <i>Lista de equipos estructura externa – Transmisión – Diseño 1</i>	60
Tabla 13. <i>Lista de equipos estructura externa – Distribución – Diseño 1</i>	62
Tabla 14. <i>Costos FOB equipamiento Estructura externa de transmisión y distribución</i>	63
Tabla 15. <i>Presupuesto de migración digital diseño 1</i>	63
Tabla 16. <i>Lista de equipos estructura externa – Transmisión – Diseño 2</i>	64
Tabla 17. <i>Lista de equipos estructura externa – Distribución – Diseño 2</i>	65
Tabla 18. <i>Presupuesto de migración digital diseño 2</i>	68
Tabla 19. <i>Lista de equipos estructura externa – Distribución – Diseño 3</i>	69
Tabla 20. <i>Presupuestos de diseños</i>	73

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El desarrollo tecnológico en la televisión que ha surgido en los últimos años pretende innovar esta área mediante la migración de transmisión analógica a la transmisión digital brindando nuevos servicios y una mejor calidad de transmisión.

En el Ecuador, por medio del Ministerio de Telecomunicaciones se establece que todos los canales de televisión locales deberán transmitir su programación a través de la tecnología Trasmisión Digital terrestre bajo el estándar de Radio Difusión de Servicios Integrados ISDB-Tb hasta el año 2023 (OTI, 2018).

En el 2006, Brasil se tornó el primer país del mundo en importar el estándar japonés de Televisión Digital Terrestre. Su decisión fue seguida por casi todos los países de Sudamérica (Brandão, 2015). La influencia de Brasil en adoptar el estándar ISDB-TB, genera un desarrollo y nuevas oportunidades en el área de la televisión, otros países como Argentina, Bolivia, Chile, Ecuador, Paraguay, Uruguay adoptaron el estándar ISDBT-TB, siendo así el estándar que domina en Sudamérica con respecto a otros estándares de difusión de video digital terrestre.

El apagón analógico en el Ecuador está cada vez más cerca, por lo que se pretende desaparecer progresivamente las emisiones con tecnología analógica para proceder con la digitalización, esto implica una actualización total sobre la infraestructura que se dispone en la actualidad.

En el presente proyecto se propone tres diseños técnicos de equipamiento para lograr la migración de un canal de televisión del Ecuador al sistema de transmisión digital TDT, manteniendo los estándares de calidad y normas de transmisión vigentes en el país.

Alcance

El presente trabajo de titulación está orientado a conocer la situación actual de la televisión analógica y digital en el Ecuador.

Adicional, se realizará un análisis de los alineamientos tecnológicos necesarios para la migración del sistema de televisión analógico a TDT.

Posterior, se realizará un diseño de solución técnica de TDT para un canal de televisión analógico en el Ecuador.

Finalmente, apegándose al diseño de solución técnica TDT planteada, se analizará los resultados técnicos de la migración.

Justificación

La digitalización de las señales televisivas constituye una ventana de oportunidad para transformar el mercado de televisión. En comparación con la televisión analógica, permite emitir un mayor número de canales de televisión con una mejor calidad de imagen y sonido y con un uso menor de recursos del espectro radioeléctrico. (OTI, 2018). La evolución de las tecnologías televisivas, hacen que los canales busquen alternativas para poder migrar sus sistemas analógicos a digitales, pero uno de sus mayores conflictos radica en el bajo presupuesto económico que tienen dichos medios y sobre todo los canales pequeños que buscan alternativas para no parar sus transmisiones.

El proceso de migración de televisión analógica a televisión digital terrestre (TDT), se encuentra en proceso de migración en el Ecuador en varias ciudades como Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, entre otras. Brindando al espectador una mejor calidad de imagen y sonido de forma gratuita, además de tener la posibilidad de disfrutar de la televisión digital terrestre en dispositivos portátiles que dispongan del sintonizador.

El presente diseño servirá como marco de referencia académica y técnica de equipamiento que se debe aplicar para garantizar la migración de los sistemas analógicos a digitales de televisión, orientado a un canal de televisión en el Ecuador y a los estudiantes de la Universidad de las Américas en la especialidad de Ingeniería de Redes y Telecomunicaciones y afines.

Objetivos

Objetivo general

Análisis de la migración para un canal de televisión analógico a una solución TDT en el Ecuador.

Objetivos específicos

- Analizar las tecnologías analógicas y digitales aplicables a la televisión en el Ecuador.
- Analizar los alineamientos tecnológicos necesarios para la migración del sistema de televisión analógico a TDT.
- Diseñar la solución técnica TDT para un canal de televisión analógica en el Ecuador.
- Analizar los resultados de la implementación de la solución técnica de la migración.

Metodología

El presente proyecto está basado en los métodos inductivo, exploratorio, experimental (González, 2018). Utilizando el método exploratorio, se realizará un análisis bibliográfico de las tecnologías analógicas y digitales aplicables a la televisión en el Ecuador y se harán comparaciones entre sí. Así mismo se establecerá los diferentes alineamientos tecnológicos existentes sobre TDT y sus sugerencias para su implementación.

Con el método experimental, se hará tres diseños de solución técnica TDT para un canal de televisión en el Ecuador, evaluando tanto el sistema ordinario como el sistema digital en los diferentes escenarios establecidos para determinar la solución óptima de migración y comprobar las ventajas y desventajas existentes. Con los resultados obtenidos, se aplicará el método inductivo para obtener conclusiones relacionadas a la factibilidad de la migración de tecnologías y determinar el mejor escenario de implementación posible para un canal de televisión del Ecuador.

1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Modulaciones digitales

OFDM (del inglés, *Orthogonal Frequency Division Multiplex*) permite modular cada portadora de acuerdo con los requerimientos del sistema, condiciones de radiofrecuencia, y características del medio a transmitir. La señalización multinivel, permite más bits de entrada y, por ende, genera un flujo binario serial a mayores velocidades. Mencionaremos las siguientes modulaciones: QPSK (del inglés, *Quadrature Phase-Shift Keying*), QAM (del inglés, *Quadrature Amplitude Modulation*) y $\pi/4$ QPSK. (Haykin, 2002)

1.1.1. Modulación QPSK

La Figura 1 muestra la ubicación de los símbolos en el diagrama para una señal mapeada en QPSK, donde la modulación por desplazamiento de fase o conmutación por corrimiento en fase (PSK) (del inglés, *Phase-Shift Keying*) tiene como objetivo variar la fase de la portadora en un rango de números discretos; considerando los 29 parámetros de frecuencia y amplitud, constantes. Esto la convierte también en una modulación angular.

QPSK permite una modulación con distintos valores de fase como símbolos, y adopta el nombre de modulación PSK multinivel. (Guillén, 2007)

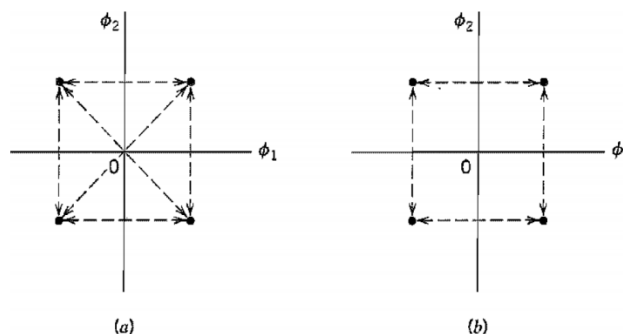


Figura 1. Posibles rutas de conmutación entre puntos de mensaje
Tomado de (Guillén, 2007)

1.1.2. Modulación en amplitud en cuadratura (QAM)

Las formas de onda de los componentes I y Q para señales QAM se representan mediante la Figura 2, se puede observar que no se ven limitadas a tener sus puntos de señalización solamente en un cierto radio. Es por ello, que nacen las diferentes constelaciones, entre ellas, la popular 16-QAM (con 16 niveles) y 64-QAM. (Luigi C., 2014)

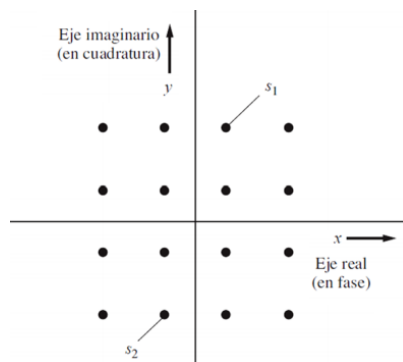


Figura 2. Constelación QAM de 16 símbolos (cuatro niveles por dimensión)

Tomado de (Luigi C., 2014)

1.1.3. Modulación $\pi/4$ QPSK

En la Figura 3 podemos observar la modulación por corrimiento de fase en cuadratura de $\pi/4$ ($\pi/4$ QPSK) se genera alternando entre dos constelaciones para QPSK que se rotan por $\pi/4=45^\circ$ con respecto a cada una. Así mismo se puede observar los bits de entrada que provocan un corrimiento de fase $\pm 45^\circ$ o $\pm 135^\circ$, dependiendo de su valor. Como esto utiliza una forma de codificación diferencial, se le conoce como modulación por corrimiento de fase en cuadratura diferencial de $\pi/4$ ($\pi/4$ DQPSK). (Leon, 2008)

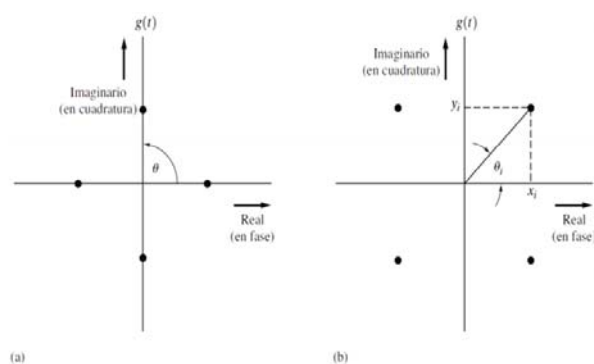


Figura 3. Constelaciones (valores permitidos de la envolvente compleja) para señales (a) $\pi/4$ QPSK y (b) QPSK

Tomado de (Leon, 2008)

1.2. Tecnología de transmisión OFDM

OFDM es un mecanismo de multiplexación que está asociado al dominio de la frecuencia y el tiempo, por lo que permite transmitir utilizando multi portadoras, utilizando el canal radioeléctrico en intervalos de tiempo (Pisciotta, 2010).

En la Figura 4, cada partición representa un espacio de frecuencia/tiempo utilizado por cada portadora denominado "Símbolo OFDM". El sistema ISDB-T emplea cuadros compuestos por 204 símbolos.

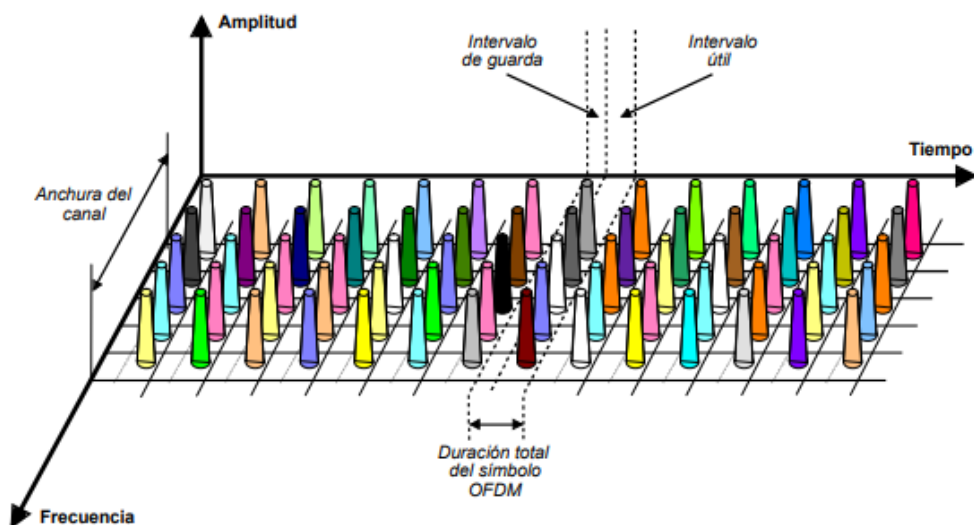


Figura 4. Distribución de portadoras

Tomado de (Pisciotta, 2010)

1.2.1. Ortogonalidad

Las portadoras son moduladas con datos codificados en cada intervalo de tiempo. El tipo de modulación que se emplea depende directamente al número de bits transmitidos por cada portadora. Concretamente, para ISDB-T: 2 bits para QPSK y DQPSK, 4 bits para 16-QAM y 6 bits para 64-QAM (Pisciotta, 2010).

Dentro de cada símbolo OFDM, para evitar la interferencia entre portadoras (ICI), las portadoras mantienen una separación en frecuencia cuyo valor responde a una condición muy especial, que constituye la esencia del principio de funcionamiento de este sistema de modulación: la ortogonalidad. El principio de ortogonalidad se cumple cuando la separación entre portadoras es igual a la inversa del tiempo de duración del símbolo. (Pisciotta, 2010).

Si el símbolo de transmisión tiene mayor longitud habrá menos degradación por la Interferencia Inter Símbolo (ISI), la misma que es causada por la interferencia multi-trayecto muy conocida como interferencia “fantasma” (Pisciotta, 2010).

La Figura 5 muestra el retardo de tiempo (TR) que existe en las señales reflejadas con respecto a la señal directa, es utilizada para eliminar la interferencia entre símbolos (ISI), adicional se introduce un intervalo de guarda al comienzo de cada símbolo, cuya duración de tiempo de guarda (TG) es mayor o igual al tiempo de retardo (TR).

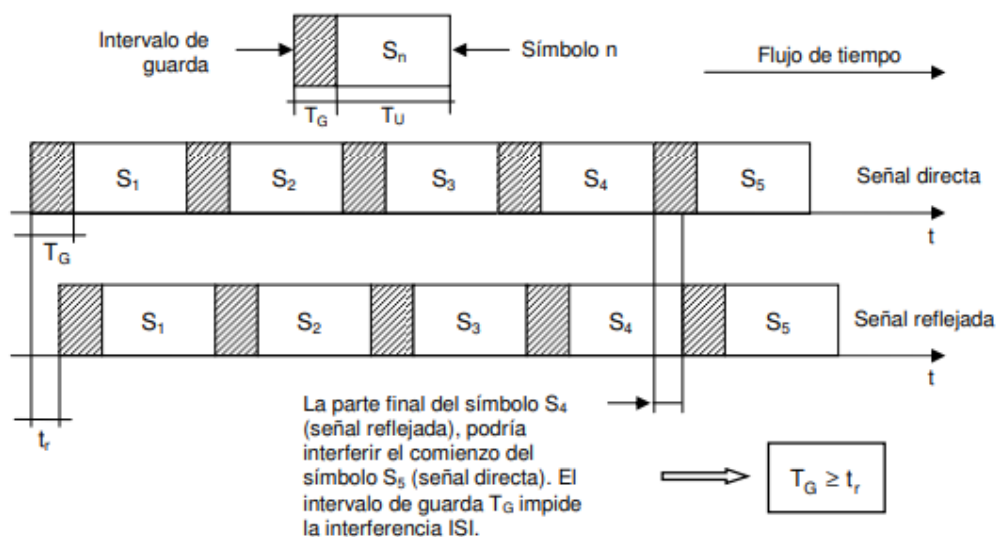


Figura 5. Determinación del valor del intervalo de guarda

Tomado de (Pisciotta, 2010)

La interferencia multi-trayecto ocurre debido a los obstáculos como montañas, edificios, etc. que impiden la completa recepción de las ondas-radioeléctricas. El estándar ISDB-T muestra un excelente funcionamiento debido a que agrega un Intervalo de guarda a cada símbolo en una relación de 0dB D/U (del inglés, *Desired to Undesired*) relación entre deseado y no deseado la cual es muy importante para evitar la interferencia multi-trayecto (Pisciotta, 2010).

1.3. Historia de la televisión

En la actualidad, la Televisión es uno de los medios de comunicación más usados en todo el mundo y de mayor importancia en lo visual por su fácil acceso, ya que permite difundir diferente tipo de información de manera masiva y sus

usuarios pueden recurrir a él inmediata y fácilmente (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2007).

La evolución de la Televisión, nace en el siglo XIX, donde un conjunto de investigadores experimenta la transmisión de imágenes a través de ondas electromagnéticas, disco de exploración lumínica el cual fue mejorado a base de células de selenio, a partir de estas pruebas en el año de 1928 se realizó una transmisión de imágenes desde Londres hasta New York, utilizando receptores de televisión de tipo mecánico (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2007).

Años más tarde gracias al invento del tubo ICONOSCOPIO, se desarrolla el receptor con tubo de rayos catódicos y el sistema de exploración mecánica para la transmisión, por lo que en poco tiempo la televisión electrónica desplazo a la televisión mecánica (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2007).

A finales de los años 40, se comenzó también con el desarrollo de la televisión a color, por lo que fue necesario estandarizar los sistemas de televisión, pues al mismo tiempo se producían desarrollos en varios países del mundo. Por esta razón se crea en Estados Unidos el comité NTSC (del inglés, *National Television System Comitee*) el cual determina un estándar de 525 líneas horizontales de resolución que conforman una imagen entrelazada compatible con el sistema “blanco y negro” y “color” llamado NTSC. En Francia se adoptó su propio sistema llamado SECAM (del inglés, *Sequentiel Couleur A Memorie*) de 625 líneas y Alemania su sistema PAL (del inglés, *Phase Alternation Line*) de 625 líneas el cual luego fue adoptado por el resto de Europa (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2007).

En la Figura 6 se puede observar la evolución de la televisión y sus principales mejoras en una línea de tiempo.



Figura 6. Evolución de la televisión

1.4. Historia de la televisión en el Ecuador

En el año de 1959, llegan al Ecuador los primeros equipos de televisión y con ello las gestiones para la instalación de un canal de TV, para ello era necesario que se elaborara reglamentación sobre usos de frecuencia que no existía en el país. Por tal razón, en diciembre del mismo año, se oficializa el Reglamento del Uso del Espectro, publicado en el Registro Oficial con número 985 (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2007).

Bajo estas políticas regularizadas, en la década de los 60 se otorga frecuencias a algunos canales de televisión ecuatorianos, siendo el primer canal de televisión "Telesistema" ahora "RTS". Un año más tarde, al segundo canal de televisión Teamazonas y posteriormente se otorga una frecuencia a Ecuavisa, canal que fue fundado en el año de 1967 y en 1969 fue fundada la Cadena Ecuatoriana de Canales de Televisión bajo el nombre de Telecentro Canal 10, actualmente TC Televisión (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2007).

En los años 70, surge la Televisora nacional canal 8 y Gamavisión canal 2, canales de televisión que empezaron a transmitir a nivel nacional. En la década del 90 aparecen los canales en UHF, así como también empresas que prestan servicio de televisión pagada o por suscripción, como TV Cable. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2007).

En el año 2010, bajo la Resolución No. 84-05-CONATEL-2010, Ecuador adopta el estándar de televisión digital terrestre ISDB-T Internacional (del inglés, *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*) de procedencia japonés-brasileño, el cual será explicado a detalle en el capítulo II que explica sobre los lineamientos tecnológicos del estándar.

1.5. Estándar de televisión analógica

1.5.1. NTSC

El formato NTSC (Comité Nacional de Sistema de Televisión) trasmite 29,97 cuadros de vídeo entrelazado, con una velocidad de actualización de 30 cuadros de videos por segundo y un total de 525 líneas de resolución con 60 campos de alternación de líneas (EcuRed, 2011).

El estándar NTSC fue adoptado por el Ecuador al igual que toda América y Japón, conservando este estándar desde sus inicios con señales de televisión a blanco y negro, así como también a color.

En la actualidad, en el Ecuador aún existe la televisión analógica con este estándar, cuyas señales se propagan por medio de ondas electromagnéticas en bandas UHF (del inglés, *Ultra High Frequency*) y VHF (del inglés, *Very High Frequency*).

1.5.1.1. NTSC-M

Es la variación de NTSC que hace referencia a la codificación de color, técnicamente conocida como NTSC-M.

1.5.1.2. NTSC-J

Es la variación japonesa, su principal cambio radica en el nivel de señal para negro y el nivel de supresión de la señal, ambos tienen el nivel de 0 IRE (del inglés, *Institute of Radio Engineers*), mientras que en el sistema NTSC americano, el nivel para negro es de 7,5 IRE que el nivel de supresión. IRE es el rango de nivel de supresión a pico blanco en una señal de vídeo.

Otra de las principales variantes es la banda VHF, la japonesa utiliza los canales de 1 al 12, que se encuentran en las frecuencias de 76-90 MHz, mientras que la banda de televisión de VHF norteamericana utiliza los canales del 2 al 13 (54-72 MHz, 76-88 MHz y 174-216 MHz).

1.5.2. PAL

El sistema PAL es el estándar utilizado en Europa, Australia, China y algunos países de Sudamérica como Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay.

El sistema PAL emite 625 líneas y 25 fotogramas o imágenes por segundo o FPS (del inglés, *Frames Per Second*).

1.5.3. SECAM

El sistema SECAM es el que se utiliza en los países de FRANCIA y JAPÓN. La única diferencia con respecto a PAL es la codificación del color, ya que SECAM se forma escaneando la pantalla del televisor a 625 líneas y a una frecuencia de 25 frames por segundo, al igual que PAL, por lo que es posible reproducir filmaciones en aparatos de sistema SECAM o viceversa.

Con el apagón analógico se da plazo a que el sistema de televisión analógica desaparezca completamente en el territorio ecuatoriano, abriendo posibilidades de surgimiento tecnológico, permitiendo que estén disponibles frecuencias que aumenten la oferta de diversos canales, y exista mejora de calidad en servicio.

1.6. Estándar de televisión digital.

La televisión digital hace referencia a un conjunto tecnológico de recepción y transmisión de audio y video, por medio de señales digitales, dando como resultado la representación gráfica del video en una pantalla (OTI, 2018).

La Televisión Digital Terrestre (TDT) es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a las señales de televisión, para luego transmitir las por medio de ondas hercianas terrestres, es decir, aquellas que se transmiten por la atmósfera sin necesidad de un cable o satélite y se reciben por medio de antenas UHF convencionales (OTI, 2018).

En la tabla 1 se puede observar los estándares definidos oficialmente para la TDT. Cada uno de los estándares poseen sus propias características de las que se puede destacar: portabilidad y movilidad para ISDB-T, interactividad para DVB-T, alta definición en puntos fijos para ATSC, alta definición, movilidad y portabilidad para DTMB (Alulema, 2012).

Tabla 1.
Estándares de Televisión Digital

Estándar	Nombre	País
ATSC	<i>Advance Television System Committee</i>	EE. UU
DVB-T	<i>Digital Video Broadcasting – Terrestrial</i>	Europa
ISDB-T	<i>Integrated Service Digital Broadcasting –Terrestrial</i>	Japón
SBTVD	Sistema Japonés Brasileño de Televisión Digital Terrestre También denominado ISDB-T Internacional con modificaciones brasileñas o ISDB-Tb	Brasil
DTMB	<i>Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting</i>	China

Adaptado de (Alulema, 2012)

En la Figura 7, se muestra los estándares de televisión que fueron adoptando los países a nivel mundial, y la tendencia en Sudamérica.

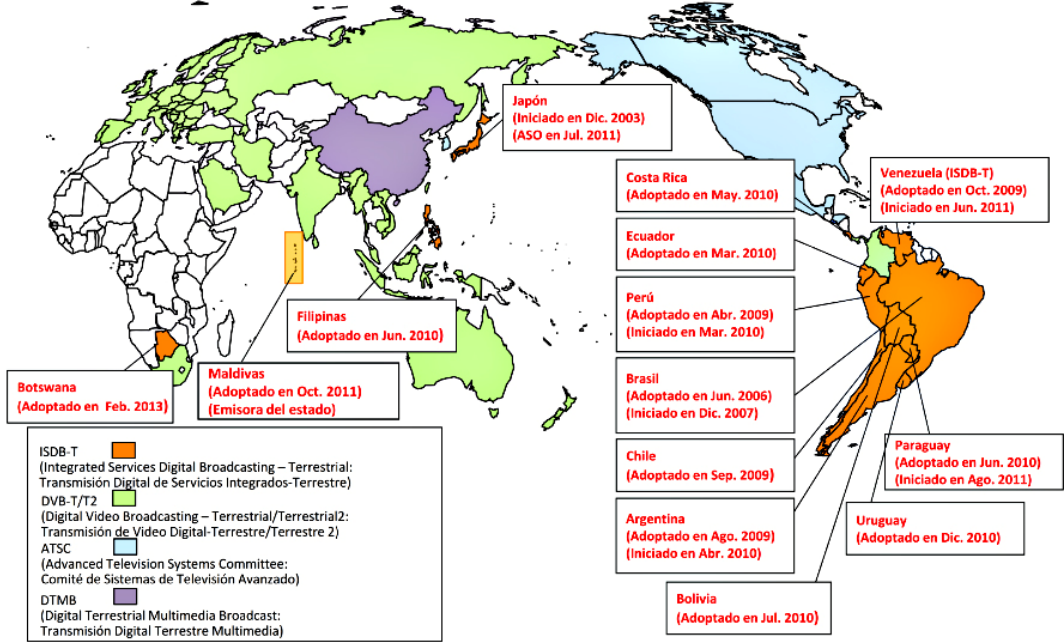


Figura 7. Estándares de transmisión de TV digital terrestre en el mundo Tomado de (Sakamoto, 2013)

En Japón, el sistema ISDB-T está estandarizado por ARIB (del inglés, *Asociación de Industrias de Radio y Empresas*).

SBTVD-T (Sistema Brasileño de Televisión Digital Terrestre) es el sistema de televisión digital terrestre en Brasil, se basa en ISDB-T.

China (incluyendo Hong Kong y Macao) eligió DMB-T / H (del inglés, *Digital Multimedia Broadcasting-Terrestrial / Handheld*) como estándar de DTV (del inglés, *digital TV*). Ahora conocido como DTMB (del inglés, *Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*).

Por otro lado, ATSC originalmente fue diseñado para la recepción fija en exteriores de televisión en alta definición y se ha implementado en los EE. UU.

El proyecto DVB ha sido realizado en Europa por la EBU (Unión Europea de Radiodifusión), el ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones) y el CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica). Para la transmisión terrestre se utiliza el estándar DVB-T (del inglés, *Digital Video Broadcasting Terrestrial*).

La migración hacia la TDT trae consigo una serie de beneficios que impactan directamente en la forma de transmitir los contenidos, así como en la forma en la cual los televidentes acceden a ellos. Por ejemplo, debido a la digitalización de las señales televisivas es posible mejorar considerablemente la calidad de las transmisiones, brindar acceso a los televidentes a nuevos servicios televisivos y hacer un uso más eficiente del espectro radioeléctrico (OTI, 2018).

1.6.1. Características técnicas

1.6.1.1 ATSC

Utiliza MPEG-2 (del inglés, *Moving Picture Experts Group*) como estándar de compresión de video, además trabaja con un ancho de banda de 6 MHz y una tasa de transmisión de 19.39 Mb/s, emplea modulación de Banda Lateral Vestigial (VSB).

1.6.1.2 DVB-T

Está diseñado para la recepción en espacios exteriores e interiores, así como la recepción móvil. Para la transmisión utiliza la Modulación por División de Frecuencias Ortogonales Codificadas (COFDM) que es de gran capacidad para combatir las degradaciones por efectos de multitrayectorias. (Ojeda, 2016)

1.6.1.3 ISDBT

El ancho de banda del canal es de 6 MHz, utiliza MPEG-2 como formato de compresión de video, además utiliza una Modulación por División de Frecuencias Ortogonale (OFDM) segmentada con portadoras agrupadas, 13 en total, que permite transportar distintos servicios, como HDTV, televisión estándar (SDTV) y televisión a dispositivos móviles. (Muñoz, 2015)

1.6.1.4 DTMB

Para la codificación utiliza la concatenación de los códigos de canal BCH (del inglés, *Bose-ChaudhuriHocquenghem*) y LDPC (del inglés, *Low Density Parity Check*). Además, emplea la modulación de sincronización en el Dominio del Tiempo – OFDM basado en un código pseudoaleatorio de ruido PN (del inglés, *Pseudo-random Noise*) como intervalo de guarda que permite una sincronización más rápida del sistema y una estimación de canal más precisa. (Ojeda, 2016)

1.6.2 Análisis frecuencial

En la Tabla 2 se presenta las frecuencias vigentes asignadas para la trasmisión de canales de televisión analógica VHF y UHF según el Plan Nacional de Frecuencias indicadas por la ARCOTEL (Arcotel, 2015).

Tabla 2.
Frecuencias asignadas de televisión analógica.

Banda (MHz)	Canal de Televisión
VHF	
54 – 72	2, 3, 4
76 – 88	5, 6
174 – 216	7 – 13
UHF	
512 – 608	21 – 36
614 – 686	38 – 51

Adaptado de (Arcotel, 2015)

La ARCOTEL establece que la banda de frecuencias que se usará para la transmisión de la TDT es la banda UHF del espectro radioeléctrico, atribuidos para el Servicio de Radiodifusión con emisiones de Televisión como se indica en la Figura 8.

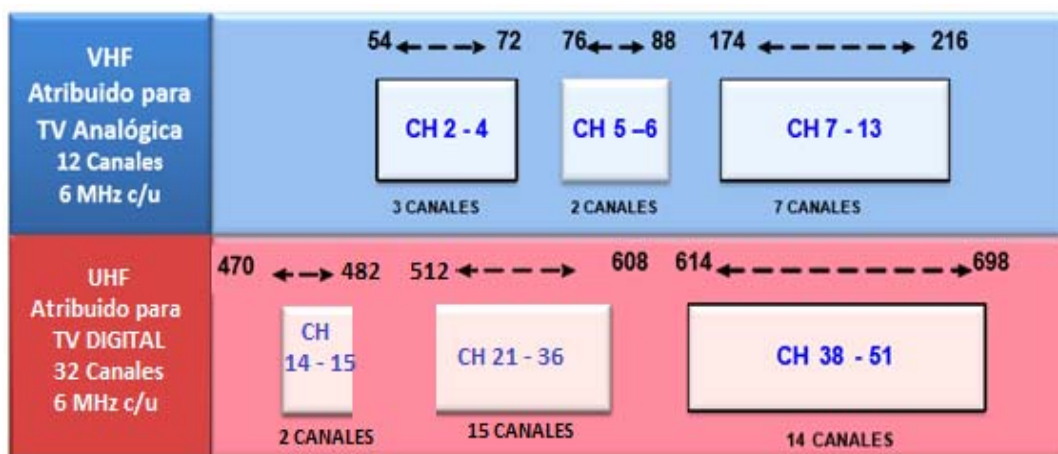


Figura 8. Atribución de bandas VHF – UHF

Las bandas de frecuencias principales se dividen en 32 canales físicos de 6 MHz de ancho de banda cada uno, la frecuencia de la portadora central del canal debe ser desplazada positivamente 1/7 MHz (142,857 KHz) con relación a la frecuencia central, conocido como *off-set* de frecuencia central del canal.

En la Tabla 3. El canal 37 correspondiente a la frecuencia de los 608-614 MHz está atribuida a título primario al servicio de Radioastronomía.

Tabla 3.
Canalización de Frecuencias Principales

CANALES UHF			
CANAL FÍSICO	FRECUENCIA INICIAL	FRECUENCIA FINAL	FRECUENCIA CENTRAL
No.	(MHz)	(MHz)	(MHz)
14	470	476	473 + 1/7
15	476	482	479 + 1/7
21	512	518	515 + 1/7
22	518	524	521 + 1/7
23	524	530	527 + 1/7
24	530	536	533 + 1/7
25	536	542	539 + 1/7
26	542	548	545 + 1/7
27	548	554	551 + 1/7
28	554	560	557 + 1/7
29	560	566	563 + 1/7
30	566	572	569 + 1/7
31	572	578	575 + 1/7
32	578	584	581 + 1/7
33	584	590	587 + 1/7
34	590	596	593 + 1/7
35	596	602	599 + 1/7
36	602	608	605 + 1/7
38	614	620	617 + 1/7
39	620	626	623 + 1/7
40	626	632	629 + 1/7
41	632	638	635 + 1/7
42	638	644	641 + 1/7
43	644	650	647 + 1/7
44	650	656	653 + 1/7
45	656	662	659 + 1/7
46	662	668	665 + 1/7
47	668	674	671 + 1/7
48	674	680	677 + 1/7
49	680	686	683 + 1/7
50	686	692	689 + 1/7
51	692	698	695 + 1/7

Adaptado de (Arcotel, 2015)

La digitalización permite un uso más eficiente del espectro, ya que es posible reducir el “desperdicio” de espectro, dando paso a un mejor aprovechamiento de este (OTI, 2018).

En la Figura 9 es posible observar como el apagón analógico en el Ecuador se irá dando de una manera progresiva, se estima que hasta el año 2023 se ejecutará la fase final de este proceso, para lo cual se definen dos modos de transmisión *SIMULCAST* que propone la transmisión simultánea de señales de televisión analógica y digital, y *DUALCAST* que permite la transmisión alternada de señales de televisión analógica y digital.

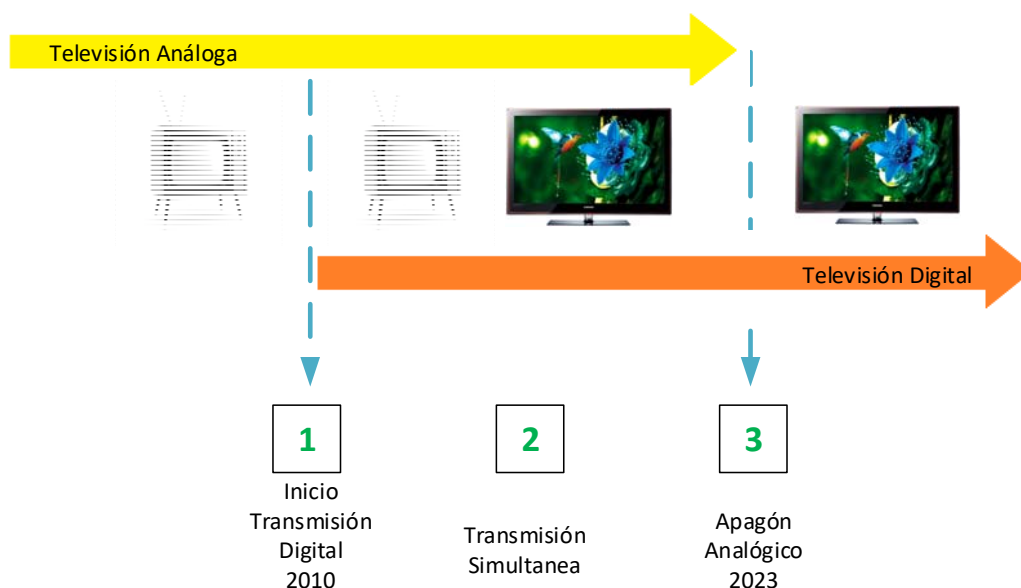


Figura 9. Trasmisión simultánea

Como muestra la Figura 10 con la digitalización es posible transmitir señales HD, SD, u *one seg* (señal SD para dispositivos móviles) utilizando un canal, además es posible transmitir diferentes programaciones en calidad estándar o una en alta definición optimizando los 6 MHz de ancho de banda.

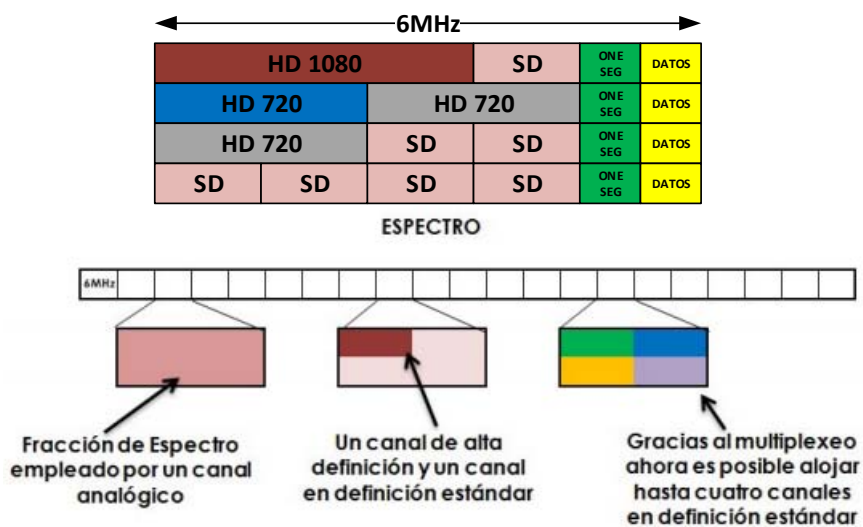


Figura 10. Uso del espectro Televisión Digital Terrestre (TDT)

Adaptado de (OTI, 2018)

1.7 Situación de la televisión en el Ecuador

En el Ecuador actualmente existen 471 estaciones de televisión analógica abierta, entre las cuales tenemos 324 estaciones comerciales privadas, 138 estaciones de servicio público y 9 estaciones que prestan servicio público comunitario.

Las estaciones comerciales privadas son las que cuentan con capital privado, además buscan financiarse con publicidad pagada y persiguen fines de lucro. Por otro lado, las estaciones de servicio público están destinadas al servicio de la comunidad, no poseen fines utilitarios, por lo tanto, no pueden cursar publicidad comercial de ninguna naturaleza. Y finalmente las estaciones comunitarias están orientadas principalmente al fortalecimiento de la comunidad, a la consolidación intercultural y social, además su gestión es autónoma sin fines de lucro.

En la Figura 11, se puede observar que la mayoría de las concesiones para TV abierta analógica poseen los canales comerciales privados y que en su mayoría pertenecen a las principales provincias del Ecuador como son Azuay 23, Guayas 20, Loja 26, Manabí 21, Pichincha 26 (Arcotel, 2015).

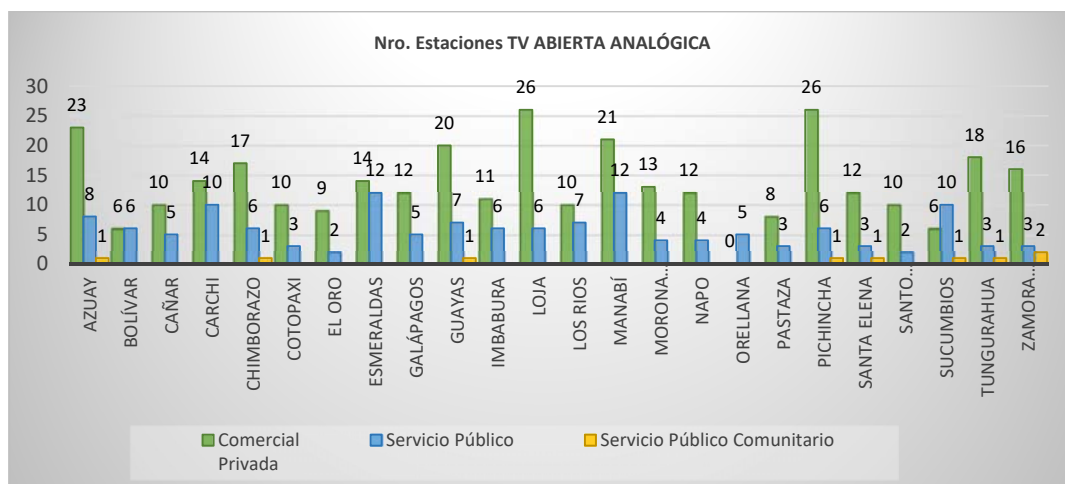


Figura 11. Estaciones TV Abierta Análoga

Tomado de (Arcotel, 2015)

En la Figura 12, se puede observar que actualmente la provincia del Guayas (8) y Pichincha (9) ya están transmitiendo en digital, y la mayoría de los canales análogos en un futuro deberán migrar a la televisión digital de acuerdo con las fases del apagón analógico (Arcotel, 2015).

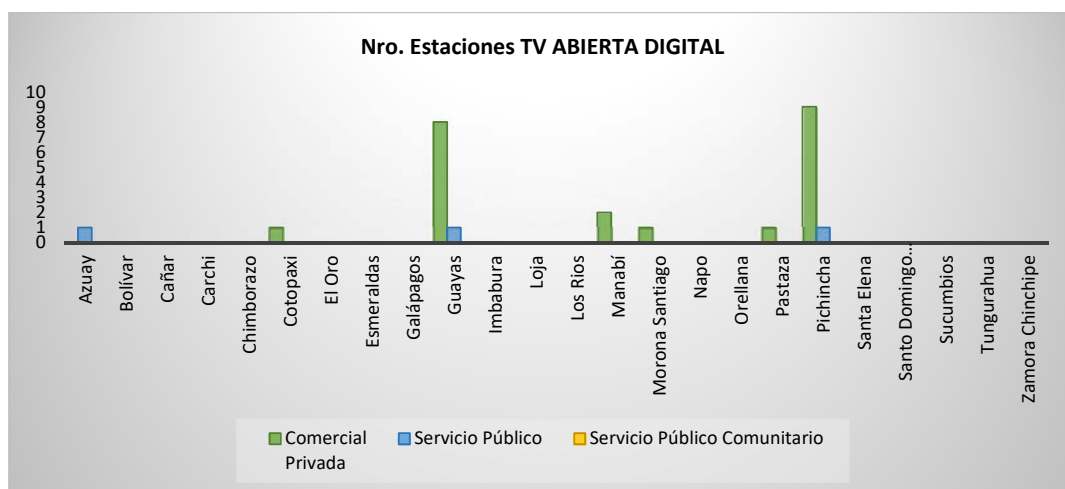


Figura 12. Estaciones TV Abierta Digital

Tomado de (Arcotel, 2015)

1.8 Procesos de transición TDT en el Ecuador

Ecuador al igual que otros países de la región ha iniciado el ingreso de la televisión digital terrestre y el estándar que escogió para dicho proceso es el ISDB-Tb (Sistema Brasileiro de Televisión Digital) que permite dividir el ancho de banda de un canal analógico de 6 MHz en varios canales digitales, dependiendo del formato y la tasa de transmisión se pueden combinar entre alta definición, definición estándar, *one seg* para dispositivos móviles, dando la oportunidad a las operadoras de transmitir diferentes programaciones al mismo tiempo, la misma programación en diferentes estándares o compartir los canales entre ellas, en el capítulo III se explicara a detalle este estándar. (Trujillo, 2016).

En el Ecuador, el 94.53% de las estaciones de televisión abierta transmiten sus señales de forma analógica, mientras que el 5.47 % restante lo hace en formato digital. Por otro lado, 253 de los 85 concesionarios autorizados para emitir señales de televisión abierta (29.41%), han iniciado sus transmisiones en formato digital con una o más estaciones (MINTEL, 2018).

El cese de señales analógicas en el Ecuador se encuentra plasmado en el Plan Maestro de Transición a la televisión Digital Terrestre, y está definido a manera de fases a lo largo del país hasta el año 2023 de acuerdo con el siguiente detalle indicado en la Tabla 4.

Tabla 4.
Fases de implementación TDT

FASES	LOCALIDADES	CESE DE SEÑALES
Fase 1	Área de operación zonal de las estaciones cuya cobertura incluya a la ciudad de Quito	17/05/2020
Fase 2	Área de operación zonal de las estaciones cuya cobertura incluya a la ciudad de Guayaquil	9/07/2020
Fase 3	Áreas de operación zonal de las estaciones que al menos cubran una capital de provincia.	03/06/2022
Fase 4	Áreas de operación zonal de las estaciones que al menos cubran una capital de provincia.	01/12/2023

Adaptado de (MINTEL, 2018)

La banda de frecuencias que se usará para la transmisión de TDT en el Ecuador es la banda UHF del espectro radioeléctrico, y que esta atribuida para el Servicio de Radiodifusión con emisiones de Televisión. Adicionalmente, se identifica la banda de VHF correspondiente a los canales del 7 al 13 para la transmisión de TDT. Por otro lado, durante el período de *simulcast* (del inglés, *simultaneous broadcast*) se refiere una emisión de la misma información a través de más de un medio o de más de un servicio en el mismo medio, para lo cual se utilizarán los canales adyacentes y los canales principales del servicio de TV Abierta Analógica, en la banda de canales 14, 15 y desde el 21 al 51, dependiendo de la disponibilidad existente. Los canales 14 y 15 serán considerados para la operación de la TDT en las zonas que la ARCOTEL determine. (MINTEL, 2018).

2 CAPÍTULO II. LINEAMIENTOS TECNOLÓGICOS

ISDB-Tb es un estándar de televisión creado en Brasil, está basado en el estándar japonés ISDB-T con mejoras brasileñas para la transmisión de señal digital. Ecuador, al igual que la mayoría de los países latinoamericanos, decidió adoptar el estándar ISDB-Tb para la transmisión de señal digital.

Algo destacable del estándar japonés-brasileño es el *middleware* GINGA, que permite el desarrollo de aplicaciones para la interacción con el televidente. El *middleware* es una capa intermedia de software que debe estar integrada a los equipos de recepción de señal de TV Digital.

Otra de sus características destacables es que utiliza una tecnología de compresión de audio y video MPEG-4 (del inglés, *Moving Picture Experts Group*) mucho más avanzada que la que utiliza el estándar original que es la MPEG-2. MPEG-4 es mucho mejor que MPEG-2 ya que presenta mejoras como resoluciones de video de hasta 4096 x 4096 y un flujo de datos entre 5kbps y 10Mbps en su primera versión. Teóricamente, MPEG-4 puede ofrecer desde un ancho de banda muy bajo para la telefonía móvil hasta televisión de ultra alta

definición, además permite duplicar o triplicar el número de canales disponibles sobre el ancho de banda existente y de igual manera permite interactividad.

2.6 Estructura ISDB-T

Como muestra la figura 13 el sistema de televisión digital está compuesto por tres capas:

- Capa de código fuente
- Capa de Multiplexación
- Capa de Codificación

La capa de **Código Fuente** hace referencia al conjunto de bits correspondientes a la información original de audio, video y datos BML (del inglés, *Broadcast Markup*, lenguaje para el desarrollo de aplicaciones multimedia), además de los datos auxiliares, que se refieren a los bits de control o datos asociados con programas de audio y video, así como los servicios de interactividad.

En la capa de **Multiplexación** se presentan los métodos para dividir el flujo de datos digitales en paquetes de información, que genera un flujo de transporte o del inglés, *Transport Stream (TS)*, que es el resultado del formato de datos y la compresión de las señales de audio y video.

En la capa de **Codificación** hace alusión a la introducción de códigos de protección contra errores, y códigos de encriptación, además es la sección en donde se prepara la forma de onda de las señales para poder ser utilizadas en la etapa de transmisión de la siguiente manera:

- Codificación Satelital: Una sola portadora 8-PSK/PSK
- Codificación por Cable: Una sola portadora 64 QAM
- Codificación Terrestre: OFDM Segmentado QAM/DQPSK con Intercalación Temporal.

En la Figura 13 se puede observar que la capa de código fuente agrega los códigos de servicio como video, audio, datos, posterior estos códigos son multiplexados en un flujo de transporte, y finalmente se codifica según la transmisión que se requiera.

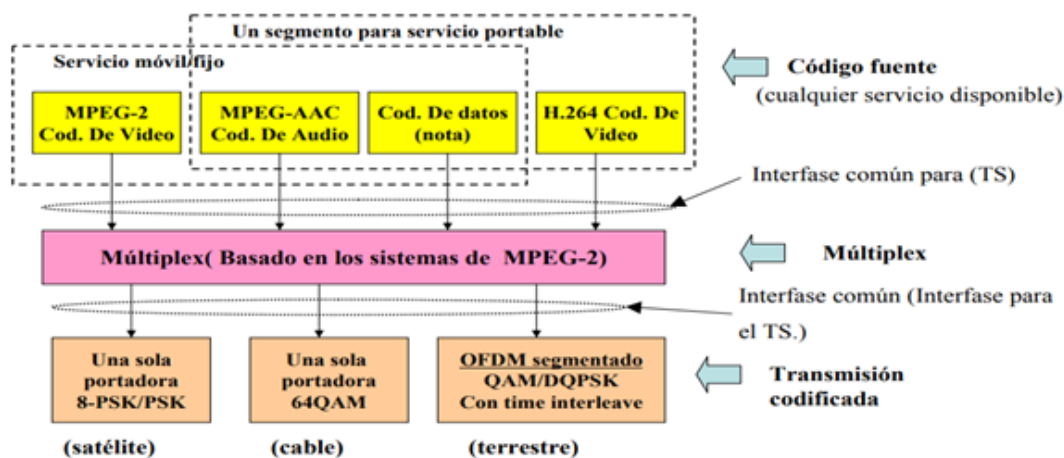


Figura 13. Estructura de Sistema ISDB-T

Tomado de (Takahashi, 2007)

2.7 Tecnología de transmisión OFDM

En la Figura 14 se puede observar el proceso completo de modulación OFDM. Primero, los datos digitales son protegidos mediante el uso de códigos convolucionales. Luego se inserta el intervalo de guarda entre cada serie de bits de datos protegidos. Finalmente, se mapean dichas series de bits sobre portadoras distantes, para lo cual se utiliza un algoritmo de entrelazamiento en frecuencia. La modulación OFDM se utiliza en los dos estándares multiportadora de TV digital: DVB-T e ISDB-T. Ambos sistemas han sido desarrollados para canalizaciones con anchuras de banda de 6, 7 y 8 MHz y emplean la diversidad de frecuencia como mecanismo que permite recuperar la información transmitida en la señal, aún en presencia de desvanecimiento en ciertas frecuencias. En la recepción móvil, este desvanecimiento puede presentarse durante períodos de tiempo más prolongados, afectando a varios símbolos OFDM consecutivos. Además de ello, los receptores sufrirán el efecto Doppler, que se traduce como

ruido sobre las portadoras. Para compensar estos efectos indeseados, también se incorpora la función de “entrelazado temporal”, que se aplica sobre símbolos OFDM consecutivos. Este proceso, sumado al entrelazado en frecuencia, permite distribuir sucesiones contiguas de bits entre distintos símbolos OFDM separados en el tiempo. (Pisciotta, 2010)

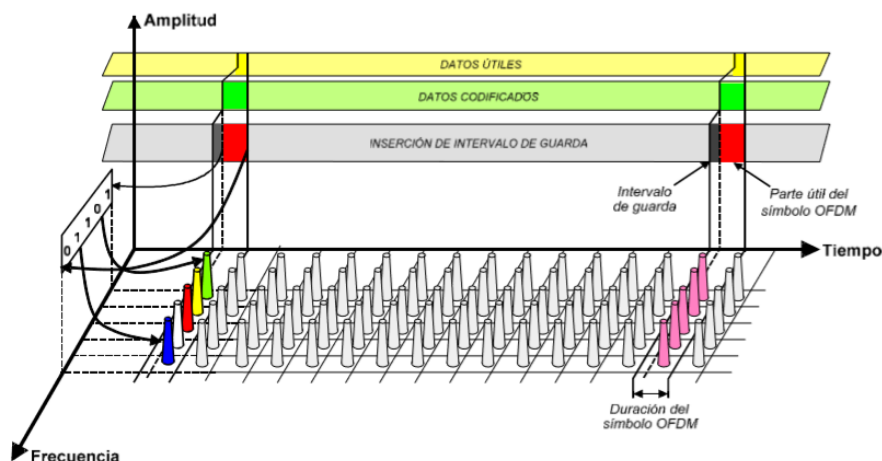


Figura 14. Distribución de bits contiguos entre portadoras distantes
Tomado de (Pisciotta, 2010)

2.8 Modos de transmisión ISDB-Tb

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

- Transmisión OFDM segmentada
- Transmisión en modo jerárquico
- Transmisión en modo parcial o de banda angosta

2.8.1 Transmisión OFDM segmentada

El estándar ISDB-Tb está definido como un sistema de “banda segmentada”, el cual permite dividir su ancho de banda de 6 MHz en 13 segmentos, cada

segmento tiene una anchura de 428,57 kHz esto se obtiene del ancho del canal dividido por el número de segmentos $A_s = \frac{A_c}{14} = \frac{6000 \text{ KHz}}{14} = 428,57 \text{ KHz}$ donde A_s es el Ancho del segmento A_c es el ancho del canal (Pisciotta, 2010).

Los 13 segmentos están destinados para el servicio de audio y video, adicional el segmento 0 de la Figura 15, muestra el canal en el que ofrece un servicio llamado SDTV (del inglés, *Standard Definition Television*) televisión de resolución estándar para teléfonos móviles y otros dispositivos con pantallas de tamaño reducido *one seg* (Takahashi, 2007).

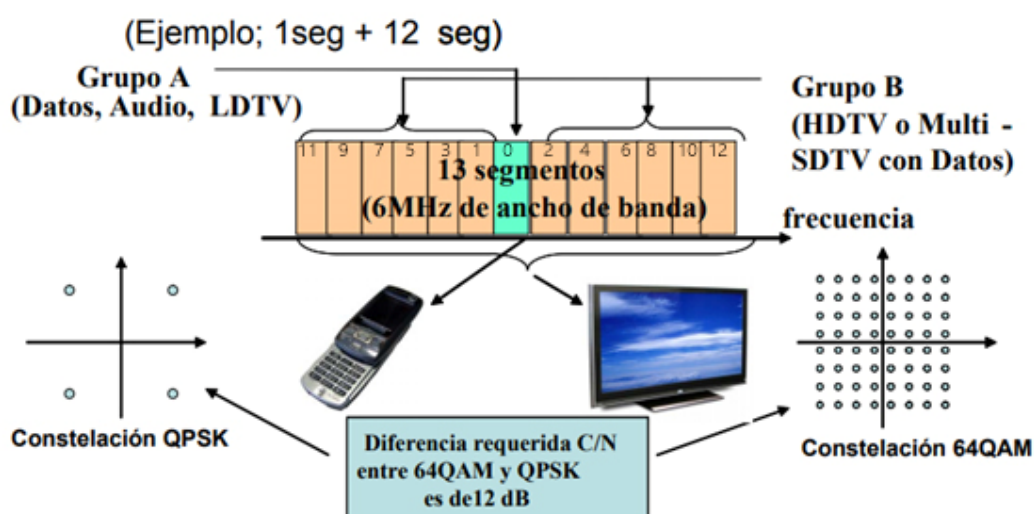


Figura 15. Organización del canal en segmentos

Adaptado de (Takahashi, 2007)

Para la adopción del servicio de TV digital está prevista la migración progresiva y durante la transición, este sistema convivirá con las transmisiones analógicas, de tal manera la utilización completa del espectro disponible es la alternativa, esto quiere decir que no habrá espaciamiento de 6MHz entre canales cómo es posible observar en la Figura 16.

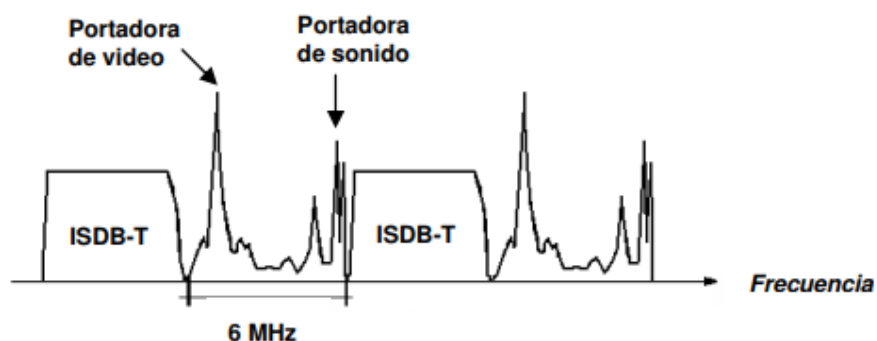


Figura 16. Canalización mixta (analógica y digital)

Tomado de (Pisciotta, 2010)

En la Figura 17, se puede apreciar el resultado de un analizador de ondas, en las que muestra las emisiones ISDB-Tb y NTSC operando en canales adyacentes.

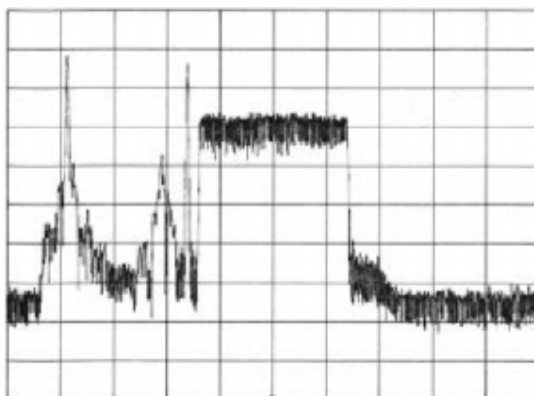


Figura 17. Señales ISDB-Tb y NTSC en canales adyacentes

Tomado de (Pisciotta, 2010)

El sistema ISDB-Tb permite organizar la información al transmitir en tres capas o segmentos jerárquicos diferentes, denominadas A (servicio de banda angosta "one seg"), B (Servicio de HDTV) y C (Servicio de SDTV). La Figura 18 muestra las tres capas y los diferentes servicios, así como también la posición de los segmentos en el espectro.

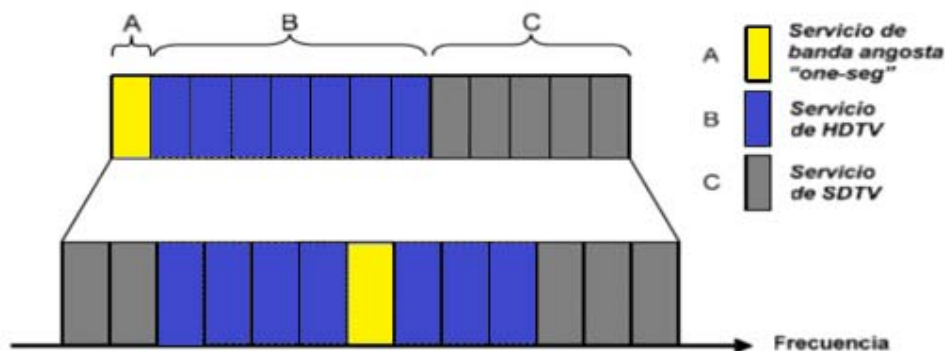


Figura 18. Transmisión jerárquica en tres capas

Adaptado de (Pisciotta, 2010)

2.8.2 Transmisión en modo jerárquico

En modo Jerárquico. ISDB-T permite transmitir en forma simultánea un flujo de datos para recepción fija (se puede transmitir un programa de HDTV o varios programas de SDTV), y otro flujo para recepción móvil (se transmite un programa de SDTV).

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

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

En la Figura 19 se muestra un ejemplo de transmisión de dos grupos de segmentos diferentes, donde la agrupación puede ser de cualquier manera, dependiendo de la aplicación y el ancho de banda requerido. En este ejemplo, cada uno de los dos grupos tiene el siguiente ancho de banda:

- Grupo 1: 2,145 Mhz
- Grupo 2: 3,432 Mhz

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

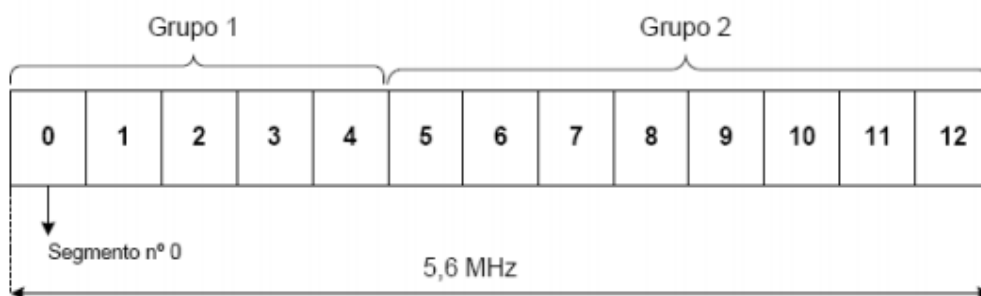


Figura 19. Transmisión en modo Jerárquico, en dos grupos diferentes, en el mismo canal y al mismo tiempo

2.8.3 Transmisión en modo parcial o de banda angosta

Este modo de transmisión es utilizado sólo para recepción portable y móvil, está ubicado en la parte central de la banda de los trece segmentos. En este segmento, sólo se transmite audio y datos, y ambos pueden ser recibidos por un receptor portátil de banda angosta. El ancho de banda de este receptor es de un segmento OFDM.

En la Figura 20 se muestra el caso de la recepción de banda angosta, donde se representan los trece segmentos intercalados, menos el número cero, que es el que transporta esta señal y siempre está en el centro de la banda.

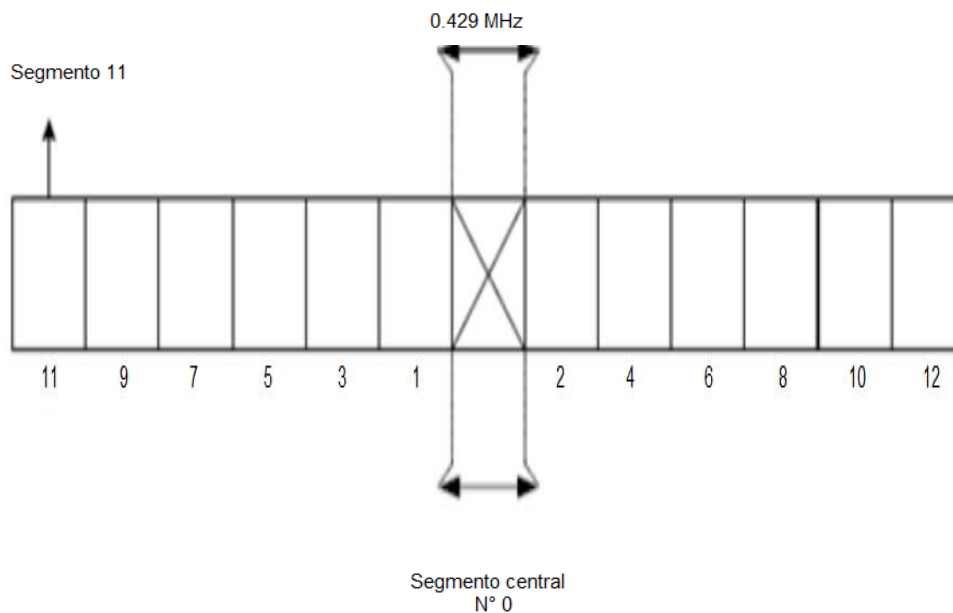


Figura 20. Recepción ISDB-T de banda angosta

2.9 Diagrama de bloques ISDB-T

Para analizar el sistema de transmisión, es preciso contar con el diagrama de bloques, donde se puede analizar el sistema de codificación de datos, entrelazados en frecuencia y en tiempo, generación de símbolos OFDM mediante IFFT (del inglés, *Inverse Fast Fourier Transform*), inserción de intervalo de guarda y armado del cuadro OFDM de 204 símbolos (Pisciotta, 2010).

La Figura 21 muestra la organización general del sistema de transmisión ISDB-Tb en bloques generales, en la que se puede observar cuatro secciones principales: entrada, bloques de codificación de canal, bloques de modulación y etapa final de conversión (elevación) de frecuencia, amplificación de potencia y filtrado.

El re-multiplexador combina los TS de entrada entregando a su salida un flujo binario único llamado BTS (del inglés, *Broadcast Transport Stream*, TS de transmisión), que tiene las siguientes características:

- Agrega 16 bytes nulos a los paquetes TS
- Forma nuevos paquetes llamados TSP (del inglés, *Transport Stream Packet*), cuya longitud es de 204 bytes (188+16).
- El flujo es sincrónico y tiene una tasa constante de 32,5079 Mbps.
- Posiciona y dispone los paquetes TSP posibilitando la transmisión jerárquica y la recepción parcial.
- Inserta una determinada cantidad de TSP nulos para poder mantener la velocidad binaria constante e independiente de los parámetros de transmisión seleccionados para cada capa jerárquica.

Los bloques de codificación de canal son los encargados de añadir protección a los bits de datos (razón por la cual la modulación también se suele llamar COFDM, es decir, OFDM codificado). En la Figura 21 también se puede ver la presencia del bloque separador, que permite dividir la información a transmitir en tres capas jerárquicas. Los bloques de modulación realizan las funciones de mapeo de bits (armado de constelaciones I-Q), combinación de las capas A, B y C, entrelazados en frecuencia y en tiempo, armado del cuadro OFDM, generación de OFDM mediante IFFT e inserción de intervalo de guarda. (Pisciotta, 2010)

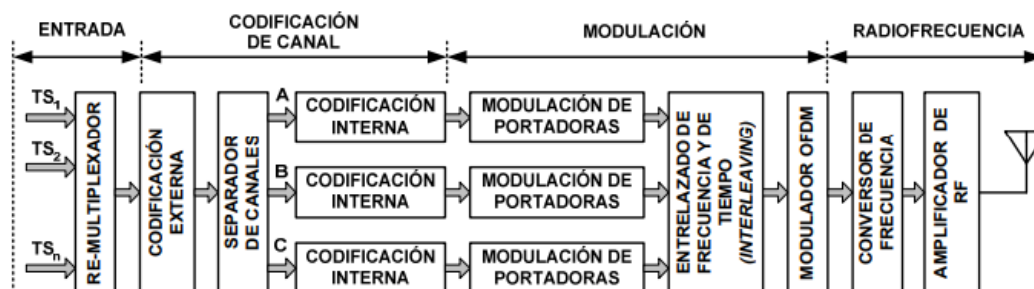


Figura 21. Sistema de transmisión ISDB-Tb

Tomado de (Pisciotta, 2010)

2.9.1 Flujo de transporte (TS)

En la Figura 22 se puede apreciar las principales características del TS es el procedimiento de compresión a las señales de audio y video, además del formateo de otro tipo de datos (por ejemplo, teletexto) correspondientes al programa identificado como #1. Como se muestra en la Figura 19 (Pisciotta, 2010).

Posterior a la compresión, se generan los flujos de audio y video codificados elementales (ES) para posteriormente en la siguiente etapa, sean organizados en tramas de datos conocidas como PES (del inglés, *Packetized Elementary Stream*), usualmente de longitud variable (Pisciotta, 2010).

Con el fin de corregir los errores que se pueden generar en el paquete de datos transmitidos, se establece una redundancia en la información, la cual se denomina codificación externa mediante el método *Reed-Solomon*, el cual consiste en adicionar 16 bytes de paridad a cada paquete original MPEG-2, dando como resultado aumentar de 188 a 204 bytes. Con este método se logra corregir hasta 8 bytes erróneos.

Adicional al proceso *Reed-Solomon* se aplica un retardo a los bytes de un paquete, mezclándolos entre sí para evitar errores que afecten a varios bytes consecutivos.

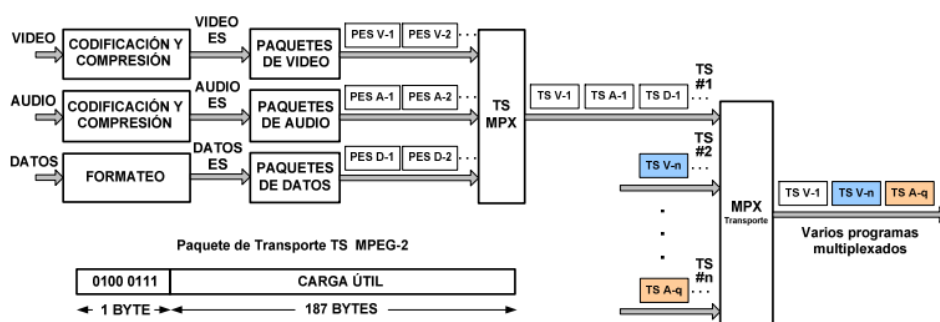


Figura 22. Paquetes de transporte TS y multiplexación MPEG-2

Tomado de (Pisciotta, 2010)

En un primer nivel de multiplexación (MPX) la información de audio, video y datos es combinada en paquetes reducidos TS cuya longitud es de 188 bytes fija, utilizada en entornos de transmisión donde existe alta probabilidad de errores. Cuando este no es el caso, el primer nivel de multiplexación genera otro tipo de flujo binario conocido como flujo de programa (PS) el mismo que contiene múltiples tramas PES (Pisciotta, 2010).

2.9.2 Re-multiplexador

Para poder adaptar el TS de MPEG-2 a ISDB-Tb para posibilitar su funcionamiento en transmisión jerárquica y recepción parcial, los desarrolladores adaptan el proceso denominado “remultiplexación”, en el que se combina los TS de entrada entregando a su salida un flujo binario único llamado BTS (del inglés, *Broadcast Transport Stream*) que es un TS de transmisión, y que tiene las características siguientes:

- Agrega 16 bytes nulos a los paquetes TS
- Forma nuevos paquetes llamados TSP cuya longitud es de 204 bytes (188+16). La norma brasileña indica que los datos deben ser transmitidos en flujos TS compuestos por múltiples TSP los cuales se obtienen como resultado de aplicar la técnica MPEG-2.
- El flujo es sincrónico y tiene una tasa constante de 32,5079 Mbps.
- Posiciona y dispone los paquetes TSP posibilitando la transmisión jerárquica y la recepción parcial.
- Inserta una determinada cantidad de TSP nulos para poder mantener la velocidad binaria constante e independiente de los parámetros de transmisión seleccionados para cada capa jerárquica (Pisciotta, 2010).

Para el funcionamiento jerárquico en el desarrollo del estándar, se impusieron las siguientes condiciones:

- Cada segmento deberá transportar la cantidad de bits de datos que correspondan a un número entero de paquetes TSP.
- Las capas integradas por más de un segmento igualmente transportarán un total de bits de datos que correspondan a un número entero de paquetes TSP.
- La cantidad de paquetes en cada capa podrá variar, dependiendo de la configuración de transmisión adoptada para cada capa.

El reloj de sincronización f_R (frecuencia de Reloj) del flujo binario BTS será único para las tres capas y su valor exacto de frecuencia deberá derivarse de la frecuencia de muestreo de IFFT, por ser ésta última el valor de referencia común para los tres modos (Pisciotta, 2010).

En la Figura 23 se ilustran los conceptos mencionados en el párrafo anterior referente a los requerimientos del estándar. En este ejemplo, se ha tenido en cuenta que cada capa puede tener una configuración diferente:

Primeramente, se determinarán las condiciones que deben cumplirse para que sea posible asignar una cantidad entera de paquetes TSP a cada segmento.

Por otro lado, N paquetes TSP entregarán al sistema de transmisión, para cada segmento OFDM, una cantidad de bits de datos (solamente datos efectivos).

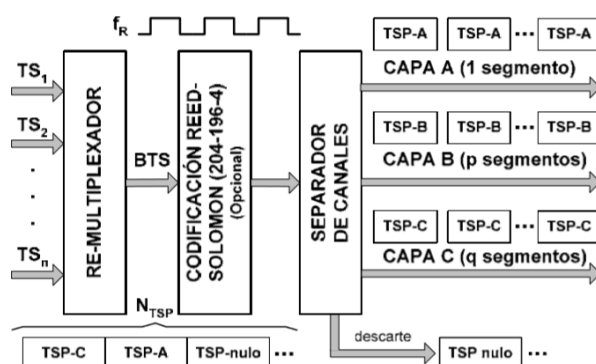


Figura 23. Generación del BTS y separación de paquetes TSP

Adaptado de (Pisciotta, 2010)

2.9.3 Configuración del cuadro multiplex

Una remultiplexación del TS debe obligatoriamente ser formada por cuadros múltiples como unidades elementales, cada cual consistiendo en un número n de paquetes TSP (ABNT, 2007).

El número de TSP usados para diferentes modos de transmisión y diferentes razones de intervalo de guarda debe obligatoriamente con los parámetros establecidos en la Figura 24.

Modo	Número de TSP transmitidos dentro de un cuadro multiplex			
	Tasa del intervalo de guarda	Tasa del intervalo de guarda	Tasa del intervalo de guarda	Tasa del intervalo de guarda
	1/4	1/8	1/16	1/32
Modo 1	1 280	1 152	1 088	1 056
Modo 2	2 560	2 304	2 176	2 112
Modo 3	5 120	4 608	4 352	4 224

Figura 24. Configuración de la multiplexación del *frame*

Tomado de (ABNT, 2007)

Cada TSP comprendiendo un cuadro debe obligatoriamente tener una longitud de 204 bytes, consistiendo en 188 bytes de datos de programa y 16 bytes de datos nulos. Ese TSP es conocido como “TSP de transmisión” (ABNT, 2007).

2.10 Codificación

Dentro de los grupos de los TP, los datos transmitidos incluyen múltiples TSP que están definidos en el sistema MPEG-2, y que son obligatoriamente codificados. Posteriormente, las señales piloto son agregada al segmento de datos en la sección de cuadro OFDM, dando como resultado un segmento OFDM (con ancho de 6/14 MHz). Los 13 segmentos son obligatoriamente convertidos colectivamente en señales de transmisión OFDM por la IFFT (ABNT, 2007).

El esquema de codificación permitir la transmisión jerárquica en múltiples capas, con diferentes parámetros de transmisión, razón por la cual es posible transmitir

varias señales simultáneamente cómo es posible observar en la Figura 25, (ABNT, 2007).

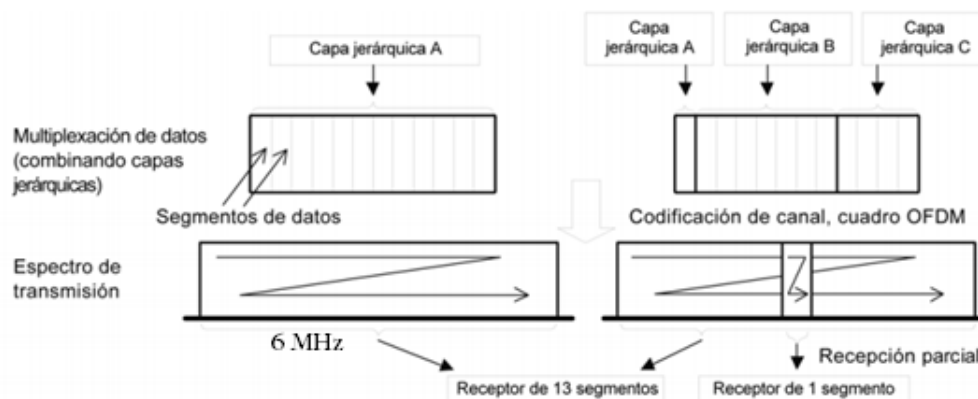


Figura 25. Ejemplo de transmisión jerárquica y recepción parcial
Tomado de (ABNT, 2007)

Como muestra la Figura 25 se puede observar las tres capas jerárquicas que pueden ser transmitidas en un canal de 6 MHz. Los parámetros como esquema de modulación de la portadora, tasa del *inner code* y longitud del *time interleaving*, son especificadas por cada capa jerárquica (ABNT, 2007).

La ABNT (del portugués, *Associação Brasileira de Normas Técnicas*) que se encarga de atender los aspectos relativos a la transmisión en la norma de televisión digital SBTVD, también conocida como ISDB-Tb define los siguientes parámetros:

- Parámetros segmentos OFDM (Figura 23).
- Parámetros de la señal de transmisión (Figura 24).
- La tasa de datos por segmento (Figura 25).
- Tasa de datos para todos los 13 segmentos (Figura 26).

En la figura 26 se puede observar los modos de transmisión establecidos para el sistema ISDB-Tb, como lo es la separación entre frecuencias portadoras, los

intervalos de guarda y la modulación que emplea según el modo en que se opere.

Modo		Modo 1		Modo 2		Modo 3	
Ancho de la banda		3000/7 = 428,57 kHz					
Separación entre frecuencias portadoras		250/63 kHz		125/63 kHz		125/126 kHz	
Número de portadoras	Total	108	108	216	216	432	432
	Datos	96	96	192	192	384	384
	SP ^a	9	0	18	0	36	0
	CP ^a	0	1	0	1	0	1
	TMCC ^b	1	5	2	10	4	20
	AC1 ^c	2	2	4	4	8	8
	AC2 ^c	0	4	0	9	0	19
Esquema de modulación de las portadoras		QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK	QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK	QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK
Símbolos por cuadro		204					
Tamaño del símbolo efectivo		252 μ s		504 μ s		1008 μ s	
Intervalo de guarda		63 μ s (1/4), 31,5 μ s (1/8), 15,75 μ s (1/16).		126 μ s (1/4), 63 μ s (1/8), 31,5 μ s (1/16).		252 μ s (1/4), 126 μ s (1/8), 63 μ s (1/16).	
Longitud del cuadro		64,26 ms (1/4), 57,834 ms (1/8), 54,821 ms (1/16).		128,52 ms (1/4), 115,668 ms (1/8), 109,242 ms (1/16).		257,04 ms (1/4), 231,336 ms (1/8), 218,484 ms (1/16).	
Frecuencia de muestreo de la IFFT		512/63 = 8,12698 MHz					
Entrelazamiento interno		Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)					
Codificador externo		RS (204,188)					
^a SP y CP son usados por el receptor para fines de sincronización y demodulación. ^b MCC es información de control. ^c AC se usa para transmitir información adicional. AC1 está disponible en igual número en todos los segmentos, mientras que AC2 está disponible solamente en segmento de modulación diferencial.							

Figura 26. Parámetros del segmento OFDM

Tomado de (ABNT, 2007)

En la Figura 27 se puede observar el ancho de banda, la separación entre frecuencias según el modo en que se opere.

Modo		Modo 1	Modo 2	Modo 3
Número de segmentos OFDM N_s		13		
Ancho de banda		$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 250/63 \text{ kHz}$ = 5,575MHz	$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 125/63 \text{ kHz}$ = 5,573MHz	$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 125/126 \text{ kHz}$ = 5,572 MHz
Número de segmentos de modulación diferencial		n_d		
Número de segmentos de modulación síncrona		n_s ($n_s + n_d = N_s$)		
Separación entre frecuencias portadoras		$250/63 = 3,968 \text{ kHz}$	$125/63 = 1,984 \text{ kHz}$	$125/126 = 0,992 \text{ kHz}$
Número de portadoras	Total	$108 \times N_s + 1 = 1\ 405$	$216 \times N_s + 1 = 2\ 809$	$432 \times N_s + 1 = 5\ 617$
	Datos	$96 \times N_s = 1\ 248$	$192 \times N_s = 2\ 496$	$384 \times N_s = 4\ 992$
	SP	$9 \times n_s$	$18 \times n_s$	$36 \times n_s$
	CP s	$n_s + 1$	$n_s + 1$	$n_s + 1$
	TMCC	$n_s + 5 \times n_s$	$2 \times n_s + 10 \times n_s$	$4 \times n_s + 20 \times n_s$
	AC1	$2 \times N_s = 26$	$4 \times N_s = 52$	$4 \times N_s = 104$
	AC2	$4 \times n_s$	$9 \times n_s$	$19 \times n_s$
Esquema de modulación de las portadoras		QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Símbolos por cuadro		204		
Tamaño del símbolo efectivo		252 μs	504 μs	1008 μs
Intervalo de guarda		63 μs (1/4),	126 μs (1/4),	252 μs (1/4),
		31,5 μs (1/8),	63 μs (1/8),	126 μs (1/8),
		15,75 μs (1/16),	31,5 μs (1/16),	63 μs (1/16),
		7,875 μs (1/32)	15,75 μs (1/32)	31,5 μs (1/32)
Longitud del cuadro		64,26 ms (1/4),	128,52 ms (1/4),	257,04 ms (1/4),
		57,834 ms (1/8),	115,668 ms (1/8),	231,336 ms (1/8),
		54,621 ms (1/16),	109,242 ms (1/16),	218,484 ms (1/16),
		53,0145 ms (1/32)	106,029 ms (1/32)	212,058 ms (1/32)
<i>Inner code</i>		Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4 5/6, 7/8)		
<i>Outer code</i>		RS (204,188)		

* El número de CP representa la suma de los CP en el segmento más un CP agregado a la derecha de la banda total.

Figura 27. Parámetros de la señal de transmisión

Tomado de (ABNT, 2007)

En la Figura 28 se puede observar la modulación, código convolucional número de TSP's y los intervalos de guarda con las tasas de datos para un segmento según la modulación con la que se opere.

Modulación de la portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos por cuadro	Tasa de datos ^a kbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	1/2	12/24/48	280,85	312,06	330,42	340,43
	2/3	16/32/64	374,47	416,08	440,56	453,91
	3/4	18/36/72	421,28	468,09	495,63	510,65
QPSK	5/6	20/40/80	468,09	520,10	550,70	567,39
	7/8	21/42/84	491,50	546,11	578,23	595,76
16QAM	1/2	24/48/96	561,71	624,13	660,84	680,87
	2/3	32/64/128	748,95	832,17	881,12	907,82
	3/4	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1021,30
	5/6	40/80/160	936,19	1 040,21	1 101,40	1 134,78
	7/8	42/84/1 68	983,00	1 092,22	1 156,47	1 191,52
64QAM	1/2	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1 021,30
	2/3	48/96/192	1 123,43	1 248,26	1 321,68	1 361,74
	3/4	54/108/216	1 263,86	1 404,29	1 486,90	1 531,95
	5/6	60/120/240	1 404,29	1 560,32	1 652,11	1 702,17
	7/8	63/126/252	1 474,50	1 638,34	1 734,71	1 787,28

^a Esa tasa de datos representa la tasa de datos (bits) por segmento para parámetros de transmisión:
tasa de datos (bits) = TSP transmitidos x 188 (bytes/TSP) x 8 (bits/byte) x 1/longitud del cuadro.

Figura 28. Tasa de datos de un único segmento

Tomado de (ABNT, 2007)

En la Figura 29 se puede observar la modulación, código convolucional número de TSP's y los intervalos de guarda con las tasas de datos para 13 segmentos según la modulación con la que se opere.

Modulación de la portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos (Modos 1/ 2/ 3)	Tasa de datos Mbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	1/2	156/312/624	3,651	4,056	4,295	4,425
	2/3	208/416/832	4,868	5,409	5,727	5,900
	3/4	234/468/936	5,476	6,085	6,443	6,638
QPSK	5/6	260/520/1040	6,085	6,761	7,159	7,376
	7/8	273/546/1092	6,389	7,099	7,517	7,744
16QAM	1/2	312/624/1248	7,302	8,113	8,590	8,851
	2/3	416/832/1664	9,736	10,818	11,454	11,801
	3/4	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	5/6	520/1040/2080	12,170	13,522	14,318	14,752
	7/8	546/1092/2184	12,779	14,198	15,034	15,489
64QAM	1/2	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	2/3	624/1248/2496	14,604	16,227	17,181	17,702
	3/4	702/1404/2808	16,430	18,255	19,329	19,915
	5/6	780/1560/3120	18,255	20,284	21,477	22,128
	7/8	819/1638/3276	19,168	21,298	22,551	23,234

NOTA En esta tabla, los mismos parámetros se especifican para todos los 13 segmentos. La tasa total de datos durante la transmisión jerárquica varía dependiendo de los parámetros de configuración jerárquica. El volumen transmitido por los 13 segmentos es igual a la suma de todos los volúmenes de datos transmitidos por esos segmentos, que puede ser determinado de acuerdo con la Tabla 4.

Figura 29. Tasa total de datos para 13 segmentos

Tomado de (ABNT, 2007)

2.11 Parámetros generales de transmisión ISDB-Tb

La Figura 30 muestra los parámetros generales para la transmisión de los 13 segmentos de ISDB-Tb de acuerdo con cada modo de transmisión.

Parámetros		Valores
1	Número de segmentos	13
2	Ancho del segmento	$6.000/14 = 428,57$ kHz
3	Banda UHF	5,575 MHz 1 (modo 1) 5,573 MHz 2 (modo 2) 5,572 MHz 3 (modo 3)
4	Número de portadoras	1 405 (modo 1) 2.809 (modo 2) 5.617 (modo 3)
5	Método de modulación	DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
6	Duración de los símbolos activos	252 μ s (modo 1) 504 μ s (modo 2) 1.008 μ s (modo 3)
7	Separación de portadoras	$Bws/108 = 3,968$ kHz (modo 1) $Bws/216 = 1,984$ kHz (modo 2) $Bws/432 = 0,992$ kHz (modo 3)
8	Duración del intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de la duración del símbolo activo 63; 31,5; 15,75; 7,875 μ s (modo 1) 128; 63; 31,5; 15,75 μ s (modo 2) 252; 128; 63; 31,5 μ s (modo 3)
9	Duración total de los símbolos	315; 283,5; 267,75; 259,875 μ s (modo 1) 628; 565; 533,5; 517,75 μ s (modo 2) 1 260; 1 134; 1 071; 1 039,5 μ s (modo 3)
10	Duración del cuadro de transmisión	204 símbolos OFDM
11	Codificación de canal	Código convolucional, tasa = 1/2 con 64 estados Punzado para las tasas 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
12	Entrelazamiento interno	Entrelazamiento intra e inter-segmentos (entrelazamiento en frecuencia) Entrelazamiento convolucional con profundidad de <i>interleaving</i> 0; 380; 760; 1.520 símbolos (modo 1) 0; 190; 380; 760 símbolos (modo 2). 0; 95; 190; 380 símbolos (modo 3)

Figura 30. Parámetros del sistema de transmisión

Tomado de (ABNT, 2007)

3 CAPÍTULO III. DISEÑO

Para el diseño de la solución tecnológica, es fundamental un análisis de la infraestructura mínima que posee un canal de televisión, con la información obtenida se definirá tres diseños con los equipos de televisión analógica que podrían reutilizarse al 25, 75 y 100% para la migración a transmisión digital.

3.1. Descripción del sistema de un canal de televisión analógico

En la Figura 31 se describe el proceso de emisión y recepción televisivo, donde un canal de televisión está compuesto por un conjunto de tecnologías que permiten la producción, transmisión y recepción de las señales analógicas o digitales. A nivel de producción su función principal radica en la elaboración de contenidos de audio y video. A nivel de transmisión el contenido audiovisual es modulado y transmitido como una señal televisiva a través del espectro electromagnético. Por otro lado, se recibe la señal mediante el receptor de televisión del usuario final.

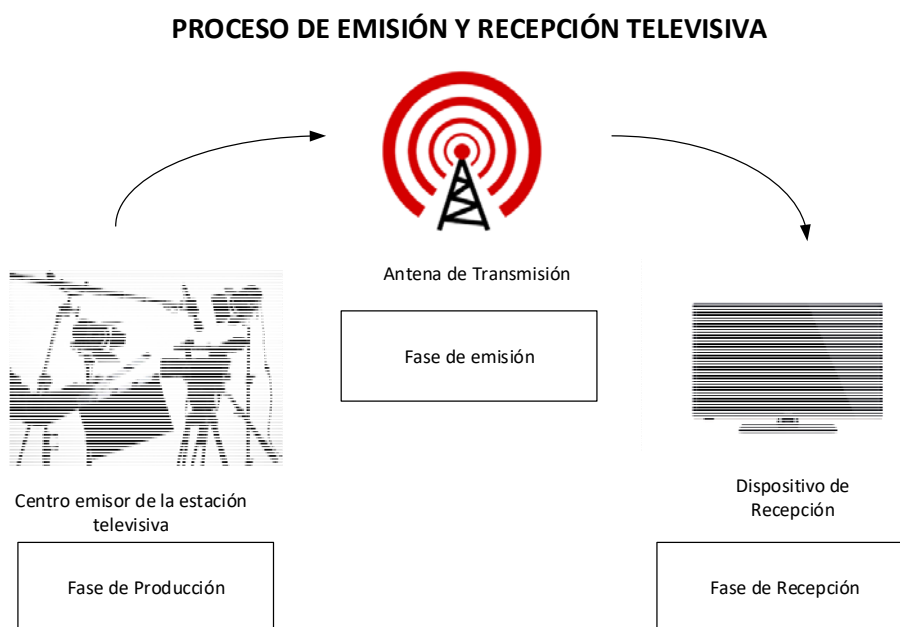


Figura 31. Proceso de emisión y recepción en la TV

3.1.2 Origen de la señal de TV

La señal de televisión está constituida, por la señal de audio y la de video. El conjunto de estas señales son eléctricamente independientes y son generadas de manera diferente, a pesar de que deben guardar una relación precisa entre sí. El origen de la señal de video puede ser procesada a nivel analógico o digital antes de su transmisión en tiempo real, o bien puede ser almacenada en algún tipo de medio, para posteriormente ser procesada y transmitida.

Por otra parte, el origen de la señal de audio es independiente a la de video, o bien el audio puede ser insertado posteriormente mediante un proceso de edición o postproducción.

3.1.3 Procesamiento de la señal de TV

En la producción de un programa televisivo, generalmente se utiliza varias fuentes de video y/o cámaras, así como también varias fuentes sonoras, por lo que es necesario combinar las señales utilizando mezcladores de audio y video.

Además, las señales mezcladas de audio y video deben ser sincronizadas para poder distribuir las al área de producción, quienes están encargados de corregir la señal a nivel de calidad como de forma de onda. Las señales producidas pueden ser transmitidas en vivo o almacenadas.

La grabación y reproducción de contenidos es un elemento muy importante en el área de producción. Las señales de televisión pueden ser en cintas magnéticas u otros medios digitales. En la actualidad, el contenido de audio y video producido es almacenado en diferentes tipos de sistemas de archivo, posteriormente serán editados para ser transmitido o comercializado.

3.2 Estructura canal de televisión analógico

En la Figura 32 se muestra la estructura de un sistema de televisión analógico, donde se parte de la generación de las señales de A/V, para posteriormente codificarlas individualmente para convertirse en una sola señal multiplexada.

Con las señales de A/V unificadas, empieza la etapa de transmisión, siendo modulada y amplificada para ser enviada a las antenas trasmisoras, desde donde la señal será transmitida a los televidentes.

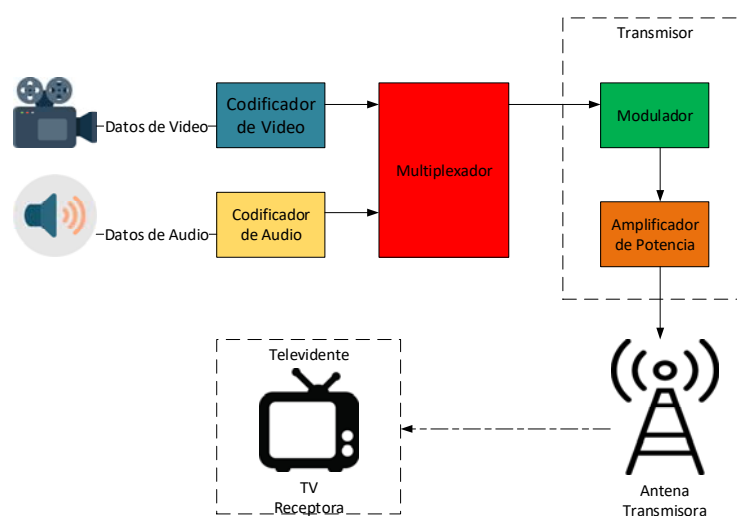


Figura 32. Estructura básica canal de televisión analógico

Como es posible observar en la Figura 33, un canal de televisión básicamente está compuesto de tres principales departamentos:

- Departamento de Producción
- Departamento de Control Máster
- Departamento de Transmisión

El departamento de producción está compuesto de soluciones tecnológicas que permiten la creación y manejo de contenidos de A/V como son las cámaras, micrófonos, software de edición, grabadores de video, etc.

La función principal del departamento de Control Máster es programar todas las fuentes de A/V como lo es cámaras en vivo, reproducciones de contenido grabado, películas, documentales, etc. que se desea emitir, es decir la programación que se desea transmitir.

En la Figura 33 se puede observar la etapa de transmisión que es encargada de multiplexar, modular y amplificar la señal que recibe del control máster, posteriormente se envía a las antenas trasmisoras y a su vez trasporta la señal a los receptores finales (Figura 29).

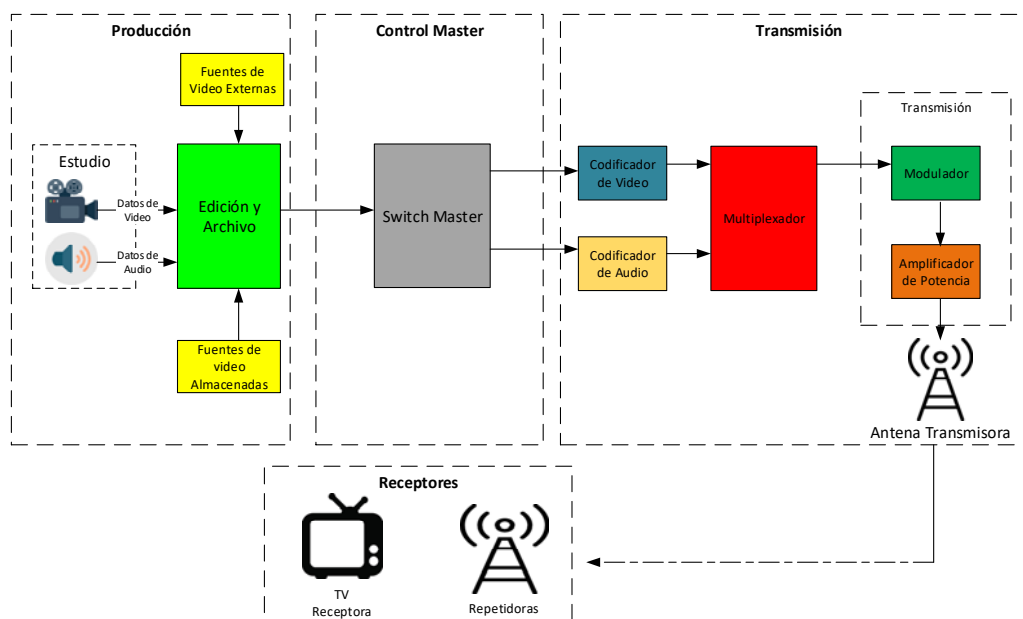


Figura 33. Estructura Departamentos canal de televisión

3.3 Elementos necesarios para la difusión de ISDB-Tb.

3.3.1 Estructura interna o de producción

La figura 30 muestra la estructura interna de un canal de televisión que a su vez dentro de este grupo recaen equipos de producción, edición y set o estudio de

televisión, así como también la sala de controles o conocido también como control máster.

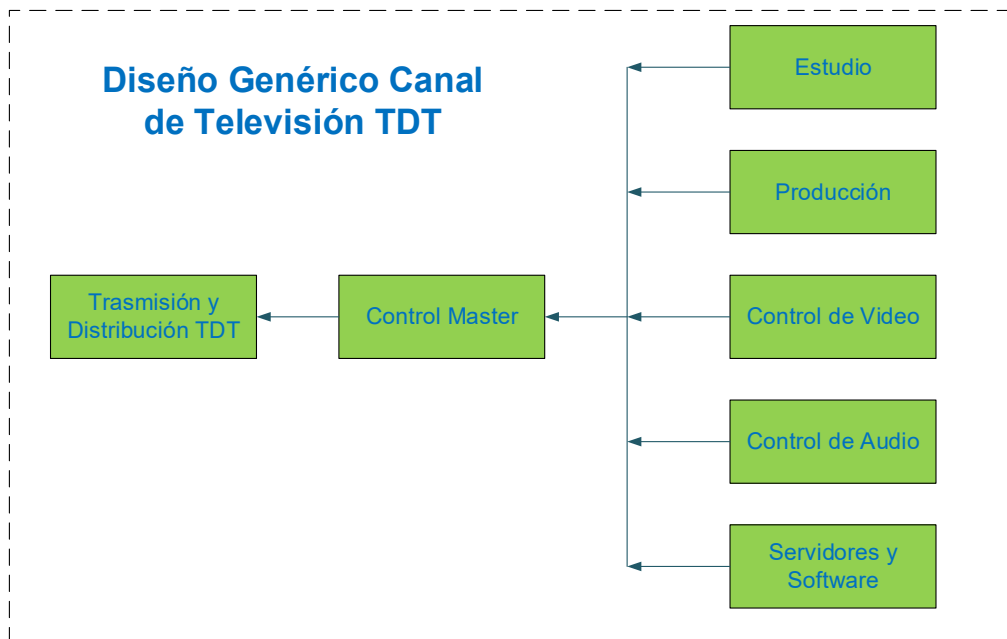


Figura 34. Estructura interna o de producción

3.3.1.1 Estudio

Es el espacio donde se realiza o produce programas para ser transmitidos en vivo o almacenados, el equipamiento mínimo:

- Cámaras de video de estudio
- Monitores de video
- Teleprompter
- Iluminación Profesional
- Intercomunicadores
- Auriculares
- Micrófonos (Inalámbricos, De Clip o Corbateros y Boom o Cañón)

3.3.1.2 Producción

El equipamiento de producción hace referencia a la fusión o mezcla de las diferentes fuentes de audio y video que son generadas en el estudio, o de fuentes externas, las mismas que se agrega caracteres y puede ser archivada o generada en vivo. El equipamiento mínimo que debe tener es:

- Video monitores
- Generador de Caracteres (CG)
- *Switch* de video para producción
- Grabador digital de video

3.3.1.3 Control de video

Tiene como objetivo prestar control de calidad a las señales de video en base a los parámetros establecidos, sus principales equipos son:

- Monitor *Multiviewer*
- Analizador de Señales de video (*Waveform* monitor)

3.3.1.4 Control de audio

Equipos dedicados para el procesamiento de audio, de los cuales se tiene:

- Consola o mixer de audio
- Ecuador o preamplificador de audio
- Amplificador de audio

3.3.1.5 Control máster

Es el encargado de monitorear la señal previa a su transmisión, y cumplir con la programación, dentro de sus equipos se tiene:

- Monitor de video
- *Switch* Máster
- Generador de Caracteres

3.3.1.6 Servidores y software

Dentro de esta área, se tiene los equipos servidores y software que prestan servicios para el proceso de edición, corrección, y transmisión de las señales de audio y video.

3.3.2 Estructura externa o de transmisión

En la Figura 34 se muestra los diferentes bloques que forman el sistema de transmisión.

- Entrada
- Codificación de Canal
- Bloques de Modulación
- Etapa final de conversión de frecuencia amplificación de potencia y filtrado

La Figura 35 describe la estructura externa o de transmisión de un sistema ISDB-Tb don se puede observar 4 bloques. En la entrada se produce la codificación del audio y video por medio de codificadores MPEG 4, dando como resultado una señal de video *elementary stream* y una señal de audio *elementary stream*, de acuerdo con la tasa de transmisión de datos. Posterior las señales *elementary streams* forman un Video PES y un Audio PES por medio de la multiplexación, obteniendo de esta manera paquetes con una longitud de 188 bytes (TSP), a esta señal se agrega una trama de 16 bytes adicionales para protección contra errores (Cajamarca Ullauri & Calle Idrovo , 2013)

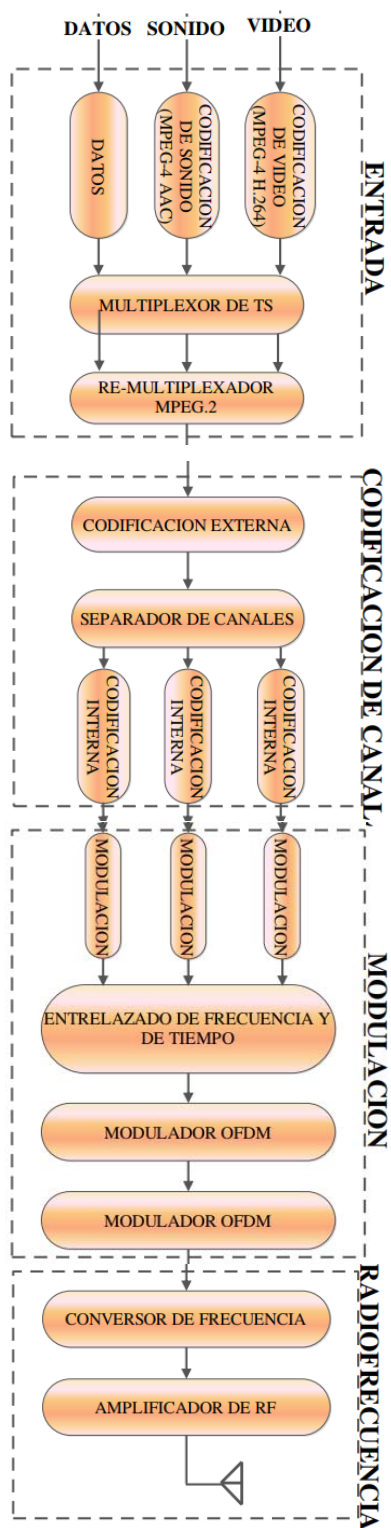


Figura 35. Estructura externa o de transmisión de un Sistema ISDB-Tb

La re-multiplexación forma la trama OFDM que contiene 204 bytes agregando corrección contra errores de hasta 8 bytes, además los TS de los programas conforma un stream de datos MPEG-2 conocido como stream total.

En el bloque de modulación se realiza un mapeo de bits, es decir combina las tres capas jerárquicas, entrelazándolas en tiempo y frecuencia, conocido como armado del cuadro OFDM que se lo logra por medio de la IFFT e inserción de intervalo de guarda (Cajamarca Ullauri & Calle Idrovo , 2013).

Tomado de (Cajamarca Ullauri & Calle Idrovo , 2013)

En la Figura 36 se puede observar los principales elementos para la distribución de señales de televisión digital terrestre que son:

- Estación matriz.
- Estación transmisora.
- Enlace estudio-transmisor.

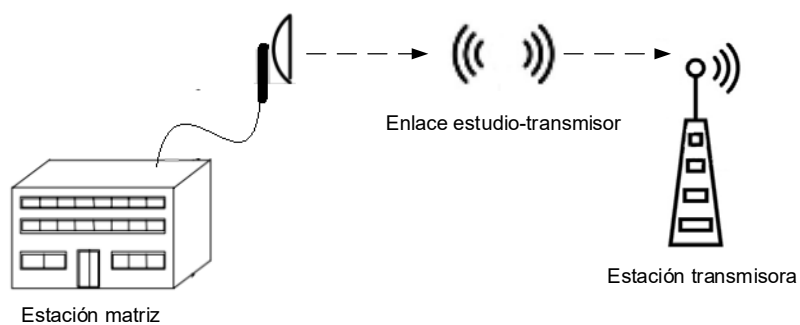


Figura 36. Distribución de señales de televisión digital

3.3.2.1 Estación matriz

La estación matriz y el estudio de grabación generalmente están situados en un mismo lugar. En esta área se produce el contenido o señales de un canal de televisión, y que posteriormente serán enviadas a la estación transmisora por medio de un enlace de distribución.

3.3.2.2 Estación transmisora

Generalmente está ubicada en los cerros que son los lugares más altos que debido a su posicionamiento geográfico facilita la retransmisión con repetidoras si fuera el caso, además es la encargada de procesar las señales para distribuir las a estaciones repetidoras o usuarios finales.

- Codificadores de Audio y Video.
- Multiplexor
- Modulador
- Transmisor digital ISDB-Tb
- Enlace de distribución
- Antenas

3.3.2.3 Enlace estudio – transmisor

Se trata de un enlace que puede ser de tipo microonda digital, fibra óptica o satelital. Es la encargada de transportar la señal desde la matriz hasta la estación de transmisión.

3.3.2.4 Equipos para enlace de distribución

- Sistema Modulador/Demodulador Digital, hace referencia al sistema encargado de modular o acoplar la señal para que sea compatible con el sistema de distribución.
- Transmisor, son los equipos encargados de llevar la señal generada en la matriz hasta los lugares de retransmisión o receptores finales.
- Antenas utilizadas para irradiar la señal como ondas electromagnéticas, son utilizadas para los enlaces estudio – estación transmisora, así como también para los enlaces desde la estación transmisora – estaciones repetidoras, dependiendo la tecnología satelital o microonda.

3.4 Propuesta

Para el análisis de la migración para un canal de televisión analógico a una solución TDT en el Ecuador, se planteará tres diseños orientados a las diferentes fases que plantea el plan maestro de transición de televisión digital terrestre (TDT) vigente, y que está dirigido a los diferentes canales de televisión por su composición económica, infraestructura y por su cobertura en la transmisión, por lo que se pretende considerar la migración mínima, parcial y completa, pretendiendo plantear el mejor escenario de diseño para cada uno.

3.4.1 Propuesta de diseño completa

La propuesta completa está orientada a la migración de toda la infraestructura de un canal de televisión, tanto el equipamiento que conforman la estructura interna como el equipamiento de la infraestructura externa del canal de televisión que comprende la transmisión y enlace de distribución. En la Figura 37 se puede observar un modelo convencional de un canal de televisión digital, y sus diferentes estructuras.

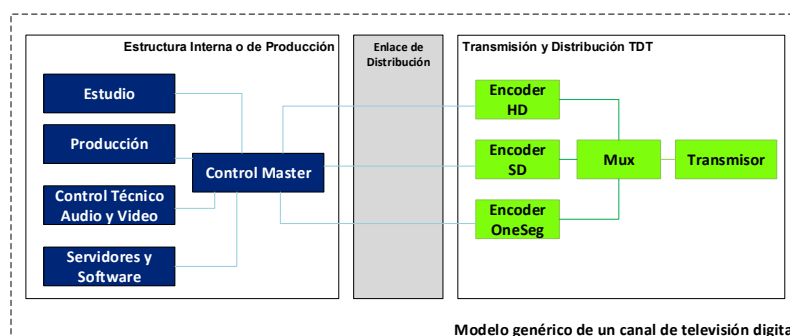


Figura 37. Modelo genérico de un canal de televisión digital

En las siguientes tablas, se listan los equipos que conforman el área interna de un canal de TDT, así como también las características más relevantes de cada uno, adicional se toma en cuenta el costo estimado de los mismos para evaluar el costo de inversión estimado, los precios son aproximados y se considera el

valor FOB (del inglés, *Free On Board*) que es utilizado para valorar las exportaciones y se refiere al valor de venta de los productos en su lugar de origen más el costo de los fletes, seguros y otros gastos necesarios para hacer llegar la mercancía hasta la aduana de salida, no incluye impuestos ni gastos referentes a la desaduanización.

En la Tabla 5 se puede observar el listado de equipamiento mínimo que se requiere en el área de producción de la estructura interna de un canal de televisión digital.

Tabla 5.
Lista de equipos de Producción - Estructura Interna

EQUIPOS DE PRODUCCION		
MATRIZ DE VIDEO		
MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
AJA KUMO 3232 Compact 3G-SDI Router	Formatos de Video: 270 Mb/s, 1.5 Gb/s, 3 Gb/s SDI 270 Mb/s DVB-ASI	\$3,495.00
SWITCHER DE PRODUCCION EN VIVO		
Sony MVS-3016APAC	Formatos de video: 1080/59.94i, 1080/50i, 1080/23.978PsF, 720/59.94p, 720/50p, 480/59.94i, 576/50i	\$35,000.00
MONITOR		
Sony PVMA250 25"	Formatos de video: 1080p: 23.98/24/60 1080PsF: 23.98/24 1080i: 60 720p: 50/60 576p 480p	\$5,495.00
GENERADOR DE CARACTERES		
Datavideo CG-300TC	Formatos de Archivos: JPG, PNG, BMP, TGA, GIF, GIF	\$1,694.00
GRABADOR DIGITAL		
AJA Ki Pro Ultra Plus	Modo multi-canal: 1080p23.98/24/25/29.97/30/50/59.94/60 1080i 25/29.97/30 1080PsF 23.98/24/25**/29.97** 720p 50/59.94/60	\$3,995.00
MULTIVIEWER		
Apantac Multiviewer 8 Auto-Detect HD/SD-SDI Video Inputs	Entradas: (8) x HD-SDI / video compuesto (2) x HDMI salida extendida - BNC (1) x AES salida de audio- BNC (1) x serial - RJ-45	\$5,750.00
Total		\$16,934.00

En la tabla 6 se puede observar el listado de equipamiento mínimo que se requiere en el área del estudio de la estructura interna de un canal de televisión digital.

Tabla 6.
Lista de equipos para estudio - Estructura interna

EQUIPOS PARA ESTUDIO		
CAMARAS		
MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
3 x Sony Sony HDC-3100L	Formatos 1080/59.94i/50i, 720/59.94p/50p, 1080/29.97PsF/25PsF (optional HZC-PSF3 software required for 1080/29.97PsF/25PsF)	\$96,000.00
ILUMINACION		
Fresnel ikan 50W 5600K Field LED	Temperatura de color 5600K Dimerizable Yes, 0 to 100%	\$300.00
ikan IB508-v2 Bi-Color LED 3-Light	Temperatura de Color 3200 a 5600K	\$1,049.00
MONITORES		
Sony PVMA170 17"	Video 2 x BNC (SDI) Output 1 x BNC (Composite) Output 2 x BNC (SDI) Input 1 x HDMI Type A Input 1 x BNC (Composite) Input	\$3,895.00
TELEPRONTER		
ikan Elite Pro Universal Large Tablet Teleprompter	Min Dimensions: 6 x 9" / 15.2 x 22.8 cm Max Dimensions: 9 x 12" / 22.8 x 30.5 cm	\$749.00
MICROFONO INALAMBRICO		
Sony UWP-D11	Analogo UHF	\$600.00
MICROFONO INALAMBRICO DE MANO		
Sony UWP-D12	Frecuencia 470.125 to 541.875 MHz	\$550.00
MICROFONO TIPO CAÑON		
Sony ECM-673	Uni-directional (supercardioid)	\$612.00
INTERCOM		
Clear-Com CZ11513 4-UP HME DX210 Intercom System	15 headsets BS210 license-free base station w/2 antennas. 115/230 VAC power supply with 115 VAC power cord. 4 (four) BP210 Beltpacks 8 (eight) BAT41 batteries 4 (four) pouches	\$10,300.00
Total		\$114,055.00

En la Tabla 7 se puede observar el listado de equipamiento mínimo que se requiere en el área de control de audio de la estructura interna de un canal de televisión digital.

Tabla 7.

Lista de equipos control de audio -Estructura interna

CONTROL AUDIO		
CONSOLA DE AUDIO		
MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
Yamaha MGP32X 32-Channel	Entradas 24x Mic level XLRs 24x Line level 1/4" (6.35 mm) TRS 4x Stereo line level 1/4" (6.35 mm) TRS 16x 1/4" (6.35 mm) TRS Inserts 1x 1/4" (6.35 mm) stereo Return	\$1,399.00
ECUALIZADOR DE AUDIO		
dbx 231s - Graphic EQ	Entradas 2 x XLR (pin 2 hot) 2 x 1/4" TRS phone	\$219.00
MONITOR DE AUDIO		
Monitor Yamaha HS8 Powered	Monitor de Audio de 2-Vias Amplificado	\$350.00
Total		\$1,968.00

En la Tabla 8 se puede observar el listado de equipamiento mínimo que se requiere en el área de control de video de la estructura interna de un canal de televisión digital.

Tabla 8.

Lista de equipos control de video - Estructura interna

CONTROL VIDEO		
MONITOR MULTIVIEWER		
MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
Sony PVMA170 17"	Video 2 x BNC (SDI) Output 1 x BNC (Composite) Output 2 x BNC (SDI) Input 1 x HDMI Type A Input 1 x BNC (Composite) Input	\$3,895.00
ANALIZADOR DE SEÑALES		
Leader LV-5350 Waveform Monitor for SDI Video Signals	Single Link SDI/HD-SDI 4:2:2 8/10 bit Dual Link HD-SDI 4:4:4 10/12 bit Dual Link HD-SDI 4:4:4:4 10 bit Quad Link HD-SDI (Quad HD and 4K) 4:2:2 or 4:4:4 8/10/12 bit 3G Dual Link (see dual link above) 3G Dual Rate (see single link above)	\$7,125.00
Total		\$11,020.00

En la Tabla 9 se puede observar el listado de equipamiento mínimo que se requiere en el área de control master de la estructura interna de un canal de televisión digital.

Tabla 9.
Lista de equipos control máster - Estructura interna

CONTROL MASTER		
MONITOR		
MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
Sony PVMA250	2 x BNC (SDI) Output 1 x BNC (Composite) Output 2 x BNC (SDI) Input 1 x HDMI Type A Input 1 x BNC (Composite) Input	\$5,495.00
SWITCH MASTER		
Ross Video Carbonite Black Solo 1 M/E Live Production Video Switcher	Inputs 6 x SDI 3 x HDMI Outputs 5 x SDI 1 x HDMI Multiviewer 1 (with up to 10 windows) Converters 6 x Internal format converters/frame synchronizers	\$8,075.00
GENERADOR DE CARACTERES		
Datavideo CG-300TC	File Format JPG, PNG, BMP, TGA, GIF, GIF	\$1,694.00
	Total	\$15,264.00

En la Tabla 10 se puede observar el listado de equipamiento mínimo que se requiere en el área de servidores y software de la estructura interna de un canal de televisión digital.

Tabla 10.
Lista de equipos servidores - Estructura interna

SERVIDORES Y SOFTWARE		
PLAYOUT		
MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
VSNLIVECOM	El sistema de playout de 4 canales (A/B/C/D) en modo lista, en su secuencia, y con gestión manual de eventos que pueden ser encadenados en diferente orden al de la playlist, entrar en modo loop, etc.	\$25,000.00
SOTWARE DE EDICION		
Adobe Premiere Pro CC	CPU ® de 7.a generación o más reciente (o AMD equivalente) Microsoft Windows 10 (64 bits), versión 1703 o posterior 16 GB de RAM para medios HD GPU con 4 GB de VRAM	\$1,539.00
SWITCH DE DATOS		
Switch Cisco Ws-c2960x	48 puertos 10/100/1000 + 4 puertos SFP Capa 2, administrable	\$2,600.00
Total		\$29,139.00

La Tabla 11, muestra la inversión aproximada que un canal de televisión digital pueda incurrir al migrar el equipamiento correspondiente a la estructura interna o de producción.

Tabla 11.
Costos FOB equipamiento estructura interna canal de televisión digital

ESTRUCTURA INTERNA O DE PRODUCCION	
EQUIPOS DE PRODUCCION	\$16,934.00
EQUIPOS PARA ESTUDIO	\$114,055.00
CONTROL AUDIO	\$1,968.00
CONTROL VIDEO	\$11,020.00
CONTROL MASTER	\$15,264.00
SERVIDORES	\$29,139.00
Total	\$188,380.00

En la Figura 38 se muestra el diseño de una solución para transmisión y distribución completa en digital ISDBT, el mismo que está orientado para canales de televisión nuevos o canales que tengan la capacidad económica para migrar todos sus equipos y transmitir su señal de video en BTS por la red de distribución, aplicado para la FASE 1 y FASE 2 del Plan Maestro de Transición a la televisión Digital Terrestre.

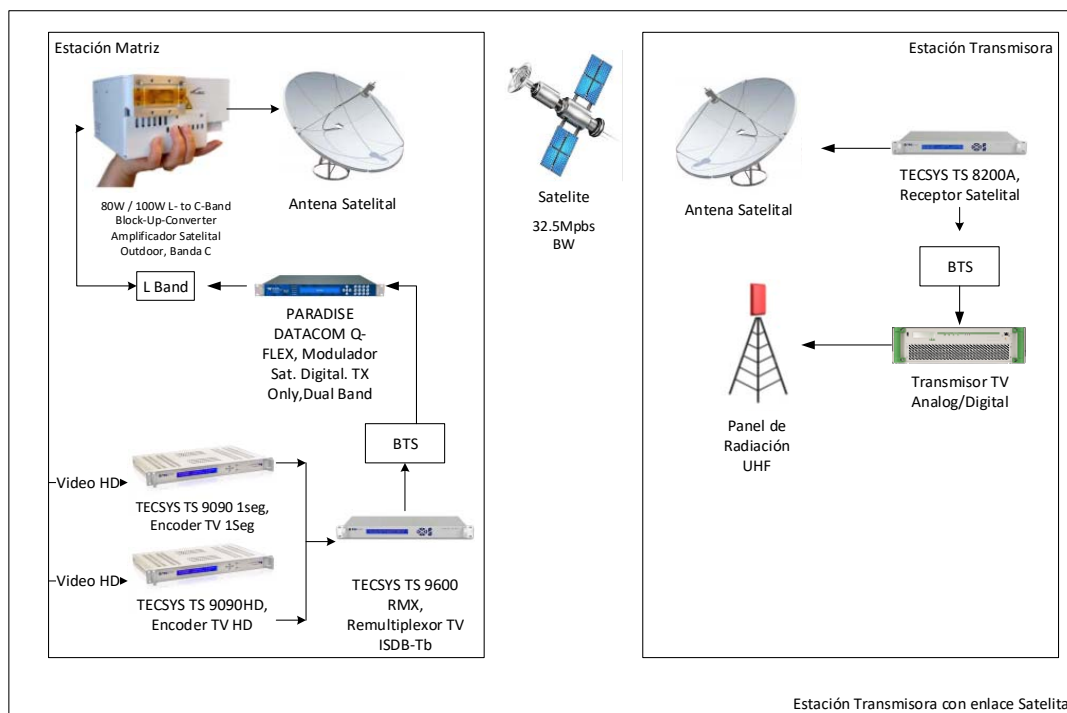


Figura 38. Diseño estructura externa red de distribución satelital

Para describir este diseño, el control máster envía dos señales de video HD a los *encoders*, cada señal se comprime y se transforma en un TS. Las señales TS de los dos *encoders* ingresan al remultiplexor que es el encargado de unir las dos señales y transformadas en un BTS, seguido, el modulador recibe la señal BTS y la transforma en una señal en banda L, la misma que es amplificada y enviada al satélite en banda C.

La señal que recibe el satélite ocupa un ancho de banda de aproximadamente 32,5 Mbps, lo cual representa un alto costo económico para los canales de

televisión. Sin embargo, es la solución adecuada para estaciones de la Fase 1 y Fase 2 que mantengan en operación repetidoras a Nivel Nacional.

La ventaja de este diseño es que al subir la señal de video al satélite en banda L, las estaciones transmisoras reciben la señal únicamente con un receptor satelital y la envían directamente al transmisor, lo cual representaría menos gasto en equipamiento por cada estación transmisora a nivel nacional que el canal pueda tener. Las tablas 12 y 13, listan los equipos de la estructura externa que son necesarios para el proceso de transmisión y distribución.

Tabla 12.

Lista de equipos estructura externa – Transmisión – Diseño 1

TRANSMISION		
ESTACION MATRIZ		
MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
TECSYS TS 9090 1seg, Encoder TV 1Seg, H.264 / MPEG-2, SDI, HDMI, TSoIP, ISDB-Tb	<i>Entrada Video:</i> <i>Compresión: Main stream HD MPEG-4 AVC / H.264 (MP y HP @ L4.1) y MPEG-2 HD</i> <i>Resolución: 1280x720p / 1920x1080i / 1920x1080p</i> <i>Encoding Bit rate 1.3 a 25 Mbps</i> <i>Salidas:</i> <i>Salida ASI (EN50083-9) 188 bytes, conector BNC hembra 75 ohmios</i>	\$8,650.00
TECSYS TS 9090HD, Encoder TV HD, H.264 / MPEG-2, SDI, HDMI, TSoIP, ISDB-Tb, 1UR	<i>Entrada Video:</i> <i>Compresión: Main stream HD MPEG-4 AVC / H.264 (MP y HP @ L4.1) y MPEG-2 HD</i> <i>Resolución: 1280x720p / 1920x1080i / 1920x1080p</i> <i>Encoding Bit rate 1.3 a 25 Mbps</i> <i>Salidas:</i> <i>Salida ASI (EN50083-9) 188 bytes, conector BNC hembra 75 ohmios</i>	\$8,650.00
TECSYS TS 9600RMX-i, Incluye Licencias Compresor BTS- SFN-Carrusel Datos y EPG	<i>Multiplexa flujos DVB (TS): HD, SD y servicios móviles (1Seg)</i> <i>Incluye las Licencias de Software:</i> <i>Compresor de BTS, SFN, Carrusel Datos y EPG</i> <i>Multiplexador:</i> <i>Multiplexación de hasta cuatro flujos TS</i>	\$27,926.00

TRANSMISION		
	<p><i>(Transport Stream) de acuerdo con la Norma Brasileña ABNT NBR 15603</i></p> <p><i>Filtro y reasignación de PID de cada entrada DVB-ASI</i></p> <p><i>Entrada TS o BTS en modo de transmisión en ráfagas o continuo</i></p> <p><i>Remultiplexador:</i></p> <p><i>Remultiplexación del flujo TS (Norma Brasileira ABNT NBR 15601)</i></p> <p><i>Organización de los transportes en capas jerárquicas A, B y C</i></p> <p><i>Generación de información TMCC (Transmission and Multiplexing Configuration Control)</i></p> <p><i>Generación del paquete IIP (ISDB-T Information Packet)</i></p>	
PARADISE DATACOM Q-FLEX, Modulador Sat. Digital. TX Only, Dual Band, DVBS/S2/S2X	<p><i>Indicado para transmisiones digitales de tv vía satélite o microondas. tiene 2 (dos) entradas ASI padron MPEG-2 TS salida en FI 70 MHz o salida banda-L (950 a 1750MHz) Data Rate: 4.8kbps to 2.048Mbps</i></p> <p><i>IF operation 50 to 90MHz and 100 to 180MHz</i></p> <p><i>L-Band operation 950 to 2050MHz; high-stability 10MHz reference; FSK</i></p> <p><i>Viterbi BPSK/QPSK/OQPSK FEC rates 1/2, 3/4 & 7/8; Intelsat Reed-Solomon outer codec.</i></p>	\$9,800.00
IRT PICOBUC 100, Amplificador Satelital Outdoor, Banda C, Ganancia 75dB, SNMP, 100W	<p><i>Hasta 100W Psat</i></p> <p><i>Rendimiento superior de RF:</i></p> <p><i>Ruido de fase 10dB mejor que IESS308 / 309</i></p> <p><i>Psat de 49dBm espurio por debajo de -60dBc</i></p> <p><i>Protección de sobremarcha RF</i></p> <p><i>Opciones de frecuencia de banda C</i></p> <p><i>Referencia interna / autosensidad a 10 MHz opcional</i></p>	\$3,500.00
ADVICOM ASRO-024, RX, Diámetro 2.4m, Banda C, 3.7-4.2 GHz, 37.5 dBi	<p><i>Tipo: Prime Focus, alta eficiencia</i></p> <p><i>Relación F/D: 0.35</i></p> <p><i>Diámetro: 2.4m</i></p> <p><i>Frecuencia: 3.7-4.2 GHz</i></p> <p><i>Ganancia: 37.5 dBi</i></p>	\$1,275.00
Total		\$59,801.00

Tabla 13.
Lista de equipos estructura externa – Distribución – Diseño 1

DISTRIBUCION		
ESTACION TRANSMISORA		
MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
TECSYS TS-8200S, Receptor Satelital, SDI, ASI, H.264/MPEG-2, DVB S/S2, CVBS, 1UR	<p>Receptor Satelital (IRD) con entrada Banda L: 950-2150 MHz. H.264 HD/SD - MPEG 2 SD. Conversor de Medio Digital, H.264 / MPEG-2, DVB S/S2</p> <p>Salidas CVBS, Audio 10KΩ, 600Ω balanceados, AES, Y/Cb/Cr, Ethernet, USB, ASI, SDI HD Supervisión vía Web, TSoIP.</p> <p>Remultiplexor Lite Integrado: Generación de BTS local a través de TS.</p> <p>Modulo Encapsulación ASI-IP, Conversor DVB-ASI a IP.</p> <p>Soporta Flujos IP Unicast / Multicast de hasta 150 Mbps (UTP/RTP).</p> <p>Conmutación Automática entre entradas: Tuner, ASI o IP cuando pierde señal.</p> <p>Interfaz Gráfica Integrada (Web Interface).</p>	\$7,980.00
ABE Serie MTX, Transmisor TV Analog/Digital VHF/UHF, 10W-1Kw, ASI, TSoIP, LD-MOS	<p>Estándares de Transmisión RF:</p> <p>TV Analógica multi estándar B, G, D, H, I, K, K1, M, N</p> <p>TV Digital: DVB-T/H, ISDB-Tb entre otros.</p> <p>Versiones de Potencia: 10, 25, 50, 100, 200, 250, 500, 1000 W</p> <p>MTX D10- 25-50-100-250-500 (funcionamiento digital solamente)</p> <p>MTX A10-25-50-100-200-250-500-1K0 (Versiones analógicas con opción para operación digital)</p> <p>Bandas de Operación: UHF (470-862 MHz) o VHF BIII (175-230 MHz)</p> <p>Modulación analógica multiestándar con procesamiento digital</p> <p>Modulación digital multiestándar (DVB-T2, DVB-T/H, ISDB-T/Tb y otros)</p>	\$27,500.00
RYMSA 6xAT15-245, Arreglo 6p Elípticos, IN:7/8", Out:6x7/16DIN, Arneses Coax	<p>6 Paneles UHF Mod: AT15-245 (70/30 o 80/20). Distribuidor de Potencia entrada 7/8" y 6 Arneses coaxiales 7/16 DIN y accesorios hembra, radomo rojo</p> <p>1 Distribuidor Potencia de 6 salidas, In: 7/8" Out: 6 x 7/16 DIN</p> <p>6 Cables de conexión (Arenes secundarios) 1/2" dieléctrico Espuma con conectores 7/16 DIN.</p> <p>Características Técnicas Panel:</p> <p>Rango de Frecuencia 470-722 MHz</p> <p>Ganancia 11.1 dB (Pol.Horizontal 8.1dB, P.Vertical 8.1dB)</p> <p>Polarización Elíptica (50%H,50%V-80%H,20%V,70%H,30%V)</p> <p>Impedancia 50 Ohm.</p>	\$1,350.00
Total		\$36,830.00

En la Tabla 14, se muestra el costo del equipamiento de la estructura externa y de transmisión. El costo de distribución está estimado para cada una de las estaciones transmisoras, por lo que, si un canal de televisión no está en condiciones de adquirir equipamiento del área de distribución, podría optar por contratar un mayor ancho de banda en el enlace satelital.

Tabla 14.
Costos FOB equipamiento Estructura externa de transmisión y distribución

ESTRUCUTURA EXTERNA DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION	
TRANSMISION	\$59,801.00
DISTRIBUCION	\$36,830.00
TOTAL	\$96,631.00

La tabla 15 muestra el presupuesto estimado que requiere el diseño 1 para la migración de un canal de televisión analógico TDT, el costo de este está considerados valores FOB, no incluyen impuestos de ley ni aranceles.

Tabla 15.
Presupuesto de migración digital diseño 1

PRESUPUESTO DISEÑO 1	
ESTRUCTURA INTERNA	\$188,380.00
ESTRUCTURA EXTERNA	\$96,631.00
TOTAL	\$285,011.00

3.4.2 Propuesta de diseño de migración parcial

La propuesta de diseño de migración parcial está orientada para canales de televisión que transmiten su señal a nivel nacional, además ya cuentan con una infraestructura interna o de producción digital, pero se requiere optimizar el costo del ancho de banda en el enlace satelital, utilizando enlaces microonda digitales. Este diseño puede contemplar los canales de televisión que están dentro de la FASE 1 y FASE 2 del Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre.

Las tablas 16 y 17, listan los equipos de la estructura externa que son necesarios para el proceso de transmisión y distribución, para la propuesta del diseño dos.

Tabla 16.

Lista de equipos estructura externa – Transmisión – Diseño 2

TRANSMISION		
ESTACION MATRIZ		
MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
TECSYS TS 9600-BTS-TX, Compresor TV, H.264 / MPEG- 2, SDI, HDMI, TSolP, ISDB	<i>Entrada ASI: Norma: Compatible con el estándar ABNT NBR 15601 /15602-3 / 15608-1 (BTS 204 Bytes) Conector: Tipo BNC Hembra Una entrada Salidas ASI: Norma: Compatible con el estándar DVB A010 Rev 1 yEN 50083-9 (BTS 188 Bytes). Conector: Tipo BNC Hembra, (2x) Dos salidas con el mismo flujo (redundante) con una velocidad máxima de 214 Mbps.</i>	\$8,560.00
PARADISE DATACOM Q- FLEX, Modulador Sat. Digital. TX Only, Dual Band, DVBS/S2/S2X	<i>Indicado para transmisiones digitales de tv via satellite o microondas. tiene 2 (dos) entradas ASI padron MPEG-2 TS salida en FI 70 MHz o salida banda-L (950 a 1750MHz) Data Rate: 4.8kbps to 2.048Mbps IF operation 50 to 90MHz and 100 to 180MHz L-Band operation 950 to 2050MHz; Viterbi BPSK/QPSK/OQPSK FEC rates 1/2, 3/4 & 7/8; Intelsat Reed-Solomon outer codec.</i>	\$9,800.00
MOSELEY DTV SHORT HAULT LINK, Enlace Microondas Digital, 6/7GHz, 150 Mbps	<i>2 NX-GEN IDU: 4xGigE, 2xT1/E1, 1-PSU, 1-NMS, GigE Master I/O, 1 Modem. 2 Multi ASI : 4 entradas / 4 salidas o 8 Entradas o 8 salidas 2 ODU, 6/7 GHz, T/R spacing, Band B1 Frecuencia Operación: 6-7 GHz, bandas de 500 MHz Potencia: + 27 dBm / 16 QAM@ 7 GHz Interface Estándar: 4 x DVB-ASI, Data Rate: 20–155 Mbps. Full Duplex Voltaje: 120 Vac / 60 Hz Local Web Server: SNMP Modulaciones: QPSK, 8PSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM</i>	\$10,000.00
TOTAL		\$28,360.00

Tabla 17.
Lista de equipos estructura externa – Distribución – Diseño 2

DISTRIBUCION		
ESTACION TRANSMISORA		
MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
TECSYS TS 9090 1seg, Encoder TV 1Seg, H.264 / MPEG-2, SDI, HDMI, TSolP, ISDB-Tb	Codifica señales de vídeo y audio usando compresión H.264 (TS) Entrada Video: Compresión: Main stream HD MPEG-4 AVC / H.264 (MP y HP @ L4.1) y MPEG-2 HD Resolución: 1280x720p / 1920x1080i / 1920x1080p Encoding Bit rate 1.3 a 25 Mbps Salidas: Salida ASI (EN50083-9) 188 bytes, conector BNC hembra 75 ohmios	\$8,650.00
TECSYS TS 9090HD, Encoder TV HD, H.264 / MPEG-2, SDI, HDMI, TSolP, ISDB-Tb, 1UR	Codifica señales de vídeo y audio usando compresión H.264 (TS) Entrada Video: Compresión: Main stream HD MPEG-4 AVC / H.264 (MP y HP @ L4.1) y MPEG-2 HD Resolución: 1280x720p / 1920x1080i / 1920x1080p Encoding Bit rate 1.3 a 25 Mbps Salidas: Salida ASI (EN50083-9) 188 bytes, conector BNC hembra 75 ohmios	\$8,650.00
TECSYS TS 9090SD, Encoder TV SD, H.264 / MPEG-2, SDI, HDMI, TSolP, ISDB-Tb, 1UR	Ideal para Cabeceras TDT para estaciones de TV ISDB-T/Tb Codifica señales de vídeo y audio usando compresión H.264 (TS) Entrada Video: Compresión: Main stream HD MPEG-4 AVC / H.264 (MP y HP @ L4.1) y MPEG-2 HD Resolución: 1280x720p / 1920x1080i / 1920x1080p Encoding Bit rate 1.3 a 25 Mbps Salidas: Salida ASI (EN50083-9) 188 bytes, conector BNC hembra 75 ohmios	\$8,650.00
TECSYS TS 9600RMX-i, Incluye Licencias Compresor BTS- SFN-Carrusel Datos y EPG	Multiplexa flujos DVB (TS): HD, SD y servicios móviles (1Seg) Incluye las Licencias de Software: Compresor de BTS, SFN, Carrusel Datos y EPG Multiplexador: Multiplexación de hasta cuatro flujos TS (Transport Stream) de acuerdo con la Norma Brasileña ABNT NBR 15603 Filtro y reasignación de PID de cada entrada DVB-ASI Entrada TS o BTS en modo de transmisión en ráfagas o continuo Remultiplexador: Remultiplexación del flujo TS (Norma Brasileña ABNT NBR 15601) Organización de los transportes en capas	\$27,926.00

DISTRIBUCION		
	<i>jerárquicas A, B y C</i> <i>Generación de información TMCC</i> <i>(Transmission and Multiplexing Configuration Control)</i> <i>Generación del paquete IIP (ISDB-T Information Packet)</i>	
ABE Serie MTX, Transmisor TV Analog/Digital VHF/UHF, 10W- 1Kw, ASI, TSolP, LD-MOS	<i>Soluciones ABE de alta calidad, profesional y óptimo Costo/Beneficio</i> <i>Estandares de Transmisión RF:</i> <i>TV Analógica multi estándar B, G, D, H, I, K, K1, M, N</i> <i>TV Digital: DVB-T/H, ISDB-Tb entre otros.</i> <i>Versiónes de Potencia: 10, 25, 50, 100, 200, 250, 500, 1000 W</i> <i>MTX D10- 25-50-100-250-500</i> <i>(funcionamiento digital solamente)</i> <i>MTX A10-25-50-100-200-250-500-1K0</i> <i>(Versiones analógicas con opción para operación digital)</i> <i>Bandas de Operación: UHF (470-862 MHz) o VHF BIII (175-230 MHz)</i> <i>Modulación analógica multiestándar con procesamiento digital</i> <i>Modulación digital multiestándar (DVB-T2, DVB-T/H, ISDB-T/Tb y otros)</i>	\$27,500.00
RYMSA 6xAT15- 245, Arreglo 6p Elípticos, IN:7/8', Out:6x7/16DIN, Arnesees Coax	<i>Características Técnicas Arreglo:</i> <i>6 Paneles UHF Mod: AT15-245 (70/30 o 80/20).</i> <i>Distribuidor de Potencia entrada 7/8" y 6 Arnesees coaxiales 7/16 DIN y accesorios hembra, radomo rojo</i> <i>1 Distribuidor Potencia de 6 salidas, In: 7/8" Out: 6 x 7/16 DIN</i> <i>6 Cables de conexión (Arenes secundarios) 1/2" dieléctrico conectores 7/16 DIN.</i> <i>Características Técnicas Panel:</i> <i>Rango de Frecuencia 470-722 MHz</i> <i>Ganancia 11.1 dB (Pol.Horizontal 8.1dB, P.Vertical 8.1dB)</i> <i>Polarización Elíptica (50%H,50%V-80%H,20%V,70%H,30%V)</i> <i>Impedancia 50 Ohm.</i>	\$1,350.00
TOTAL		\$82,726.00

En la Figura 39, representa al diseño de migración parcial utilizando una red de distribución microonda digital, para lo cual la señal de video HD es comprimida, modulada y transmitida vía microonda desde la estación Matriz, la estación transmisora o repetidora, recibe la señal en FI (Frecuencia Intermedia), la descomprime y la codifica para las diferentes señales como lo es 1Seg, señal de

video HD, y señal de video SD, estas tres señales son multiplexadas y enviadas al transmisor.

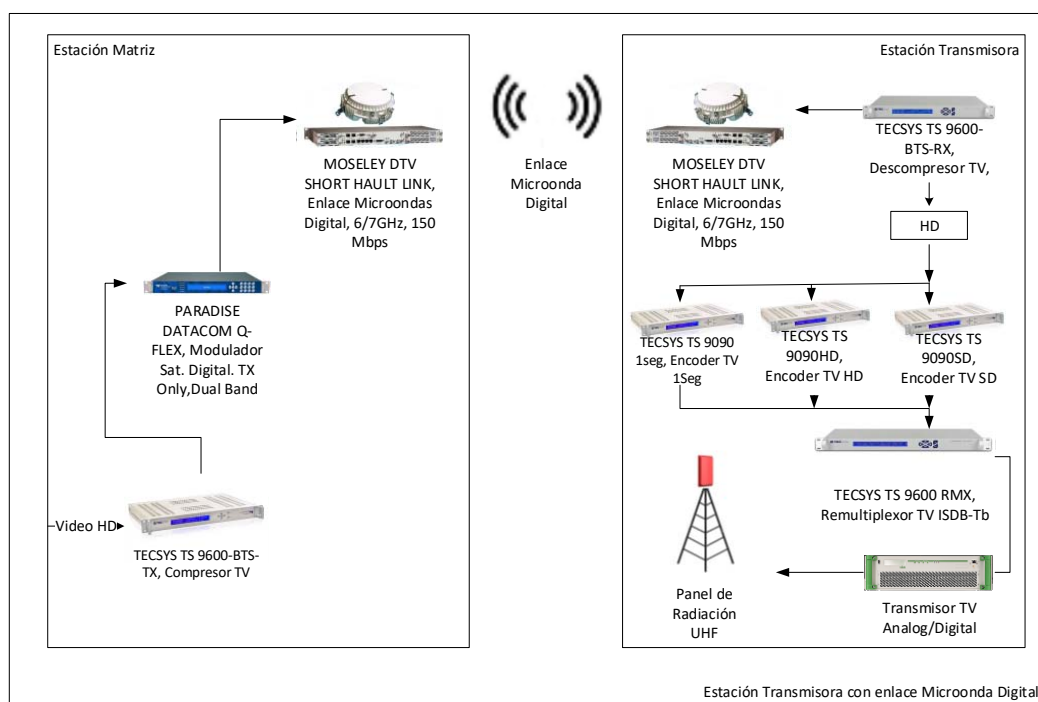


Figura 39. Diseño estructura externa red de distribución microonda digital

La desventaja de este diseño con respecto al anterior radica en la mayor inversión del equipamiento en la estación transmisora o repetidora, puesto que por cada repetidora se requiere 3 *encoders*, uno por cada señal de video, y un multiplexor, a diferencia de otro diseño que la señal recibida ingresa al transmisor.

En la tabla 18, muestra la diferencia de costos en el presupuesto destinado para el enlace de distribución a diferencia del primer diseño, esto se debe a que una señal de video HD comprimida es enviada a la estación transmisora y en ella se codifica y se agrega las tablas de programación para posteriormente ser transmitidas.

Tabla 18.
Presupuesto de migración digital diseño 2

ESTRUCUTURA EXTERNA DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION	
TRANSMISION	\$28,360.00
DISTRIBUCION	\$82,726.00
TOTAL	\$111,086.00

Este diseño reduce el costo del enlace satelital, pero se requiere mayor inversión en el enlace de distribución.

3.4.3 Propuesta de diseño de migración mínimo

Para la propuesta de diseño de migración mínimo, está orientada para canales de televisión que transmiten su señal a nivel local, y además no cuentan con un presupuesto alto para migrar los equipos de estructura interna, por lo que la señal de video hasta la transmisión será una señal SD, y para la transmisión se realizará un *up-converter* en el transmisor y se agregará datos EPG. Este diseño puede contemplar los canales de televisión que están dentro de la FASE 3 y FASE 4 del Plan Maestro de Transición a la televisión Digital Terrestre.

En la Figura 40 se muestra, el diseño de migración mínimo, donde la transmisión analógica se mantiene hasta la estación transmisora, posterior la señal SD ingresa al transmisor el mismo que genera un *up-converter* y lo lleva al multiplexor, este le agrega señal EPG, y agrega una señal de *One Seg* que ingresa nuevamente al transmisor y es distribuido a la antena.

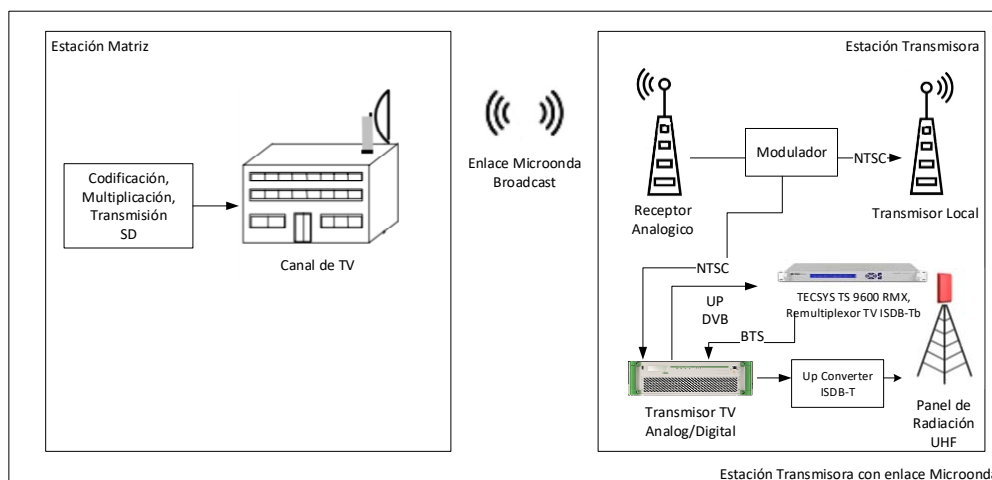


Figura 40. Diseño estructura externa red de distribución microonda analógica

La tabla 19 contiene el listado de equipos referentes a la estructura externa que son necesarios para el proceso distribución, para la propuesta del diseño tres.

Tabla 19.

Lista de equipos estructura externa – Distribución – Diseño 3

DISTRIBUCION		
ESTACION TRANSMISORA		
MODELO	CARACTERISTICAS	PRECIO
TECSYS TS 9600RMX-i, Incluye Licencias Compresor BTS-SFN-Carrusel Datos y EPG	<p><i>Multiplexa flujos DVB (TS): HD, SD y servicios móviles (1Seg)</i></p> <p><i>Incluye las Licencias de Software: Compresor de BTS, SFN, Carrusel Datos y EPG</i></p> <p><i>Multiplexador:</i></p> <p><i>Multiplexación de hasta cuatro flujos TS (Transport Stream) de acuerdo con la Norma Brasileña ABNT NBR 15603</i></p> <p><i>Filtro y reasignación de PID de cada entrada DVB-ASI</i></p> <p><i>Entrada TS o BTS en modo de transmisión en ráfagas o continuo</i></p> <p><i>Remultiplexador:</i></p> <p><i>Remultiplexación del flujo TS (Norma Brasileira ABNT NBR 15601)</i></p> <p><i>Organización de los transportes en capas jerárquicas A, B y C</i></p>	\$27,926.00
ABE Serie MTX, Transmisor TV Analog/Digital VHF/UHF, 10W-1Kw, ASI, TSolP, LD-MOS	<p><i>Soluciones ABE de alta calidad, profesional y óptimo Costo/Beneficio</i></p> <p><i>Estandares de Transmisión RF:</i></p> <p><i>TV Analógica multi estándar B, G, D, H, I, K, K1, M, N</i></p> <p><i>TV Digital: DVB-T/H, ISDB-Tb entre otros.</i></p> <p><i>Versiónes de Potencia: 10, 25, 50, 100, 200,</i></p>	\$27,500.00

DISTRIBUCION		
	<p>250, 500, 1000 W MTX D10- 25-50-100-250-500 (funcionamiento digital solamente) MTX A10-25-50-100-200-250-500-1K0 (Versiones analógicas con opción para operación digital) Bandas de Operación: UHF (470-862 MHz) o VHF BIII (175-230 MHz) Modulación analógica multiestándar con procesamiento digital Modulación digital multiestándar (DVB-T2, DVB-T/H, ISDB-T/Tb y otros)</p>	
RYMSA 6xAT15-245, Arreglo 6p Elípticos, IN:7/8', Out:6x7/16DIN, Arnesees Coax	<p>Características Técnicas Arreglo:</p> <p>6 Paneles UHF Mod: AT15-245 (70/30 o 80/20). Distribuidor de Potencia entrada 7/8" y 6 Arnesees coaxiales 7/16 DIN y accesorios hembra, radomo rojo 1 Distribuidor Potencia de 6 salidas, In: 7/8" Out: 6 x 7/16 DIN 6 Cables de conexión (Arenes secundarios) 1/2" dieléctrico Espuma con conectores 7/16 DIN. Características Técnicas Panel:</p> <p>Rango de Frecuencia 470-722 MHz Ganancia 11.1 dB (Pol.Horizontal 8.1dB, P.Vertical 8.1dB) Polarización Elíptica (50%H,50%V-80%H,20%V,70%H,30%V) Impedancia 50 Ohm.</p>	\$1,350.00
TOTAL		\$56,776.00

La desventaja del presente diseño es la pérdida de calidad en la señal de video, ya que esta antes de transmitirse pasa por un proceso de *up-converter* y la resolución de video es compensada para alcanzar la resolución de una imagen HD, lo que afectaría en la calidad de la imagen.

La ventaja es el bajo presupuesto que se requiere para la transición a digital como muestra la Tabla 20, lo que permitiría que progresivamente el canal actualice su infraestructura según su presupuesto económico.

4 CAPÍTULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de los beneficios que conlleva la migración, se considerará las ventajas que brinda la TDT.

La migración hacia la TDT permite un uso más eficiente del espectro radioeléctrico, además brinda una serie de beneficios tanto en la forma de transmitir los contenidos, así como en la forma en que los televidentes la reciben. El principal objetivo de la digitalización de las señales televisivas es poder mejorar la calidad en las transmisiones, así como también permite a los televidentes acceder a nuevos servicios.

Al poder transformar las señales digitales es posible codificarlas con formato MPEG-4, lo que permite al televidente visualizar una mejor calidad de audio y video que las difundidas a través de un formato analógico. En este sentido, se puede comparar la calidad de un DVD (Disco Versátil Digital) con las imágenes difundidas a través de la TDT. Esto se debe a que el audio, video y datos asociados a una emisión televisiva se codifican digitalmente en un formato muy parecido al MPEG-2, el cual es empleado por estos reproductores de video. Además, es cabe mencionar que las señales digitales no presentan interferencias en la calidad de la imagen a diferencia de las señales análogas. Esto se debe a que las interferencias con otros canales que generan ruido se eliminan.

Por otro lado, la calidad de audio es digital envolvente, razón por la cual los televidentes disfrutarán de los contenidos de la televisión abierta con la misma calidad de audio que un disco compacto.

El espectro radioeléctrico es el espacio por el cual se propagan las frecuencias de ondas de radio electromagnéticas, la digitalización del espectro radioeléctrico consiste en aplicar la tecnología digital a las señales de televisión y radio para, posteriormente, transmitir las por medio de ondas terrestres, además es posible

realizar multiplexeo para transmitir más señales por ancho de canal¹. De esta forma, es posible aumentar la cantidad de frecuencias disponibles a un costo muy similar al de las señales analógicas.

Con la digitalización el uso del espectro es más eficiente, pues actualmente el servicio de televisión tiene asignados 402 MHz de en las bandas VHF y UHF. Cada canal ocupa 6 MHz y requiere bandas de respaldo para garantizar la confiabilidad de las transmisiones. En el caso de una ciudad, por ejemplo, se requieren de 4 a 6 MHz de respaldo en VHF (canales del 2 al 13); mientras que en UHF (canales del 14 al 69) se requieren 30MHz. Por esta razón únicamente hay 16 canales analógicos en un escenario de máxima explotación, es decir, únicamente se aprovechan 96 MHz de los 402 MHz atribuidos al servicio de televisión, favoreciendo de este modo un mejor aprovechamiento del espectro.

Mediante la digitalización de las señales digitales y el continuo avance en la adopción de la TDT es posible liberar una fracción de espectro radioeléctrico que puede ser empleado para la prestación de nuevos servicios inalámbricos y móviles. Además, a través de este espectro es posible proveer servicios de comunicación como televisión de alta definición, servicios de seguridad pública, etc.

Como se ha mencionado anteriormente, la transición hacia la televisión digital consiste en abandonar el estándar analógico, y pasar al formato digital. Si bien son muchas las ventajas asociadas a TDT también existen diferentes costos asociados a esta tecnología, por un lado, están los televidentes que deberán migrar su televisor o adquirir un receptor digital conocida como “Set Top Box” para poder recibir la transición de la televisión digital antes de que se realice por completo el apagón analógico. En particular, es importante que el apagón analógico se realice una vez que la mayor parte de los hogares cuente con acceso a las señales digitales, pues de lo contrario se corre el riesgo de dejar a los televidentes sin acceso a la programación que habitualmente sintonizan.

El acceso de los televidentes a la TDT gira en torno a dos variables. La primera es el acceso de los televidentes a la tecnología necesaria para sintonizar las señales de la televisión digital, la segunda es la cobertura de las señales digitales en las diferentes zonas geográficas.

Para el análisis de los resultados de implementación, se considerará la inversión económica de cada diseño y los beneficios de cada una.

Por el lado de la cobertura correspondiente a las estaciones televisivas, se destaca el alto costo de la infraestructura necesaria para emitir señales digitales. La varianza en precios obedece a que únicamente las estaciones destinadas a servir a zonas de alta densidad poblacional pues necesitan operar con alta potencia.

En la tabla 20, se muestra los presupuestos de cada diseño, en los que evidentemente se aprecia la diferencia de estos, esto radica directamente en la cantidad de equipos que se reemplace, pero como afecta la señal de video o la transmisión de la señal.

Tabla 20 .
Presupuestos de diseños

PRESUPUESTOS	
Diseño completo	\$285,011.00
Diseño de migración parcial	\$111,086.00
Diseño de migración mínimo	\$56,776.00

Si bien el estándar ISDB-T plantea los parámetros técnicos de transmisión, son posibles lógralos incluso con un equipamiento básico como lo es el del diseño de migración mínimo, pero si se analiza el tratamiento de la señal de video no será el óptimo. Uno de los principales beneficios que ofrece la transmisión de televisión digital sin importar el estándar, es la calidad en la señal de video y de audio que ofrece a diferencia de la señal analógica.

Una migración completa garantiza tanto al televidente como a la estación transmisora, una óptima calidad de transmisiones y sobre todo permitirá aprovechar todos los beneficios que la TDT brinda. Sin embargo, su alto costo de inversión comparado a la migración parcial y mínima es significativo, por lo que necesitaran contar con el apoyo de instituciones financieras.

El diseño de migración parcial es el modelo empleado por canales nacionales con mayor número de espectadores e ingresos promedio que pudieron con el tiempo migrar su infraestructura interna con sistemas de grabación de alta calidad, por lo que cuando deban migrar por completo sus transmisiones a digital emplearan sus inversiones a la estructura externa del canal o de transmisión. Este modelo de migración se puede considerar el más óptimo por dos razones, la primera, incurrirán en inversiones planificadas antes del apagón analógico para adquirir o reemplazar sus equipos de transmisión lo que permitirá mantenerse al aire, la segunda no descuida la calidad y servicios que brinda la TDT, pues al realizar con anterioridad la migración de su infraestructura interna, los televidentes aprovecharan todos los beneficios que el sistema digital brinda.

A pesar de que el diseño de migración mínimo no es el óptimo ya que no se podrá aprovechar todas las ventajas y calidad de la transmisión de la TDT, permitirá a los canales de bajos recursos económicos incurrir en una menor inversión en su infraestructura externa para continuar con sus transmisiones, y así poder con el tiempo migrar su infraestructura interna.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Para las tres alternativas de diseño planteadas de migración para un canal de televisión analógico a una solución digital en el Ecuador, es necesario la inversión económica por lo menos en la infraestructura externa dedicada a la transmisión y distribución digital terrestre.

En la propuesta de diseño completa, en la transición de transmisión analógica a digital, se realiza cambios en la estructura interna o de producción y en la estructura interna o de transmisión y distribución, lo que implica una fuerte inversión para cualquier canal de televisión. Por tal razón, los canales de televisión sean de transmisión local o regional, optan por reutilizarán la mayoría de los equipos e infraestructura, tal como es el caso de muchos canales en el país, objeto por el cual es el estudio del presente trabajo de titulación.

Una propuesta de diseño parcial, es recomendable para la mayoría de canales que recaen dentro de la fase 1 y fase 2 del plan maestro de transición a la televisión digital, y que son las estaciones televisivas con mayor capital económico, por lo que años atrás fueron migrando su infraestructura tanto interna como externa para cumplir con las fechas establecidas y poder brindar un servicio de televisión digital ISDB-Tb con sus tres características sobresalientes que es ofrecer una mejor calidad de video a través del uso del códec MPEG-4 (H.264), así como también el mejoramiento de calidad de audio por medio de la compresión HE-AAC y finalmente difundir su señal a dispositivos móviles.

La propuesta mínima de migración está orientada a canales de televisión pequeños de transmisión local y que radican en las fases de transición 3 y 4, debido a su pequeña capacidad económica y de difusión local, por lo que se busca únicamente transmitir la programación en un sistema digital, cumpliendo

con el estándar ISDB-Tb y las exigencias del ente regulador con respecto a la emisión de señal en HD, SD, *one-seg* e interactividad con el usuario.

Con la digitalización del espectro radioeléctrico es posible recibir señales de audio y video multiplexadas, lo que permite transmitir más señales con el ancho de banda de un canal convencional de esta forma, será posible aumentar la cantidad de frecuencias disponibles a un costo muy similar al de las señales analógicas, por lo que es posible reducir el “desperdicio” de espectro, favoreciendo de este modo un mejor aprovechamiento de este.

5.2 Recomendaciones

Los canales de televisión deberán buscar formas de financiamiento que permitan potenciar la transición a televisión digital ya sea por medio del Estado Ecuatoriano o a través de instituciones financieras, con la finalidad de adquirir los equipos que cumplan con los parámetros y calidad del estándar ISDB-Tb.

La transición de televisión analógica a digital puede resultar en una baja inversión con la adquisición de equipamiento suficiente, sin embargo, para entregar un buen producto al televidente es recomendable llevar un buen estándar de calidad y control desde el origen de la señal hasta su trasmisión, por lo que es recomendable empezar la migración de la infraestructura de producción.

Para facilitar la migración a TDT en las fechas programadas, se recomienda que el estado ecuatoriano de facilidades de financiamiento a los canales de televisión, mediante la revisión de aranceles de importación de equipos, toda vez que la totalidad del equipamiento requerido debe ser importado.

Se recomienda socializar a los diferentes canales de televisión las alternativas técnicas disponibles en función de su capacidad económica para que se pueda realizar de una manera adecuada el apagón analógico.

Es recomendable liberar una fracción de espectro radioeléctrico que puede ser empleado para la prestación de nuevos servicios inalámbricos y móviles, puesto que facilita la reducción de la brecha digital y propicia incrementar la penetración de internet de banda ancha.

REFERENCIAS

- ABNT. (2007). *Association of Radio Industries and Businesses*. Recuperado el 01 de abril 2019 de http://www.telemidia.puc-rio.br/~rafaeldiniz/public_files/normas/SBTVD/es/Transmicion/15601.pdf
- Alulema, D. (2012). *La Televisión Digital Terrestre en el Ecuador es interactiva* (5 ed.). Quito, Ecuador: Eidos.
- Arcotel. (2015). *Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Abierta Análoga*. Recuperado el 5 de abril 2019 de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/Proyecto-resoluci%C3%B3n-norma-tecnica-tv-analoga-final.pdf>
- Arcotel. (2015). *Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre*. Recuperado el 8 de abril 2019 <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/Proyecto-resoluci%C3%B3n-norma-tecnica-tdt.pdf>
- Brandão, A. (2015). *'SoftPower' y Televisión Digital en Sudamérica: la campaña brasileña de promoción del ISDB-Tb según los relatos de sus realizadores*. Recuperado el 15 de abril 2019 de <http://www.scielo.br: http://www.scielo.br/pdf/interc/v38n2/1809-5844-interc-38-02-0119.pdf>
- Cajamarca Ullauri , J. L., & Calle Idrovo , B. P. (2013). *Estudio de Factibilidad del Proceso de Migración de Televisión Analógica Terrestre a Televisión Digital Terrestre del Canal de Televisión Austral TV de la Ciudad de Azogues*. Recuperado el 22 de abril 2019 de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4526>.
- EcuRed. (2011). *NTSC*. Recuperado el 13 de mayo 2019 de <https://www.ecured.cu/NTSC>
- Guillén, E. (2007). *Estudio y Propuesta de la Factibilidad Técnica, Social y Económica del Sistema SBTVD-T (Sistema Brasileño de Televisión Digital*

Terrestre) en el Ecuador. Recuperado el 22 de mayo 2019 de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4265/1/CD-0947.pdf>

Haykin, S. (2002). *Sistemas de Comunicación*. Mexico D.F.: LIMUSA WILEY.

ITU. (2019). *Coordinación Regional de Frecuencias de la UIT para Centroamérica y el Caribe*. Recuperado el 30 de mayo 2019 de <https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/broadcast/Americas/Documents/working/Doc1-criterios%20de%20protecci%C3%B3n%20de%20la%20televisi%C3%B3n-S.pdf>

Leon, C. (2008). *Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos*. Monterrey, Mexico: Prentice Hall.

Luigi C. (2014). *Simulación del Estándar de Televisión Digital ISDB-Tb Basado en un Esquema de Modulación/Demodulación OFDM Implementado en Matlab-Simulink*. Recuperado el 03 de junio 2019 de <https://www.dsplace.espol.edu.ec/retrieve/102672/D-84247.pdf>

MINTEL. (2018). *Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre*. Recuperado el 26 de junio 2019 de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/PLAN-MAESTRO-DE-TRANSICI%C3%93N-A-LA-TELEVISI%C3%93N-DIGITAL-TERRESTRE-2018-2021.pdf>

MINTEL. (2019). *TDT - Televisión Digital Terrestre*. Recuperado el 28 de junio 2019 de <https://tdtecuador.mintel.gob.ec/>

Muñoz, J. (2015). *Estudio de factibilidad para la implementación de un laboratorio de televisión digital terrestre (tdt) para el laboratorio de networking en la facultad de ingeniería industrial de la universidad de guayaquil*. Recuperado el 16 de julio 2019 de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20233/1/Tesis.pdf>

- Ojeda, R. (2016). Comparación Entre Los Estándares De Transmisión De Segunda Generación De Televisión Digital Terrestre: Dtm-b-A Y Dvb-T2. Cuba: *Telem@tica*.
- OTI. (2018). *Organización de Telecomunicaciones de Iberoamérica* . Recuperado el 22 de julio 2019 de <https://www.otitelecom.org/wp-content/uploads/2017/05/OTI-mejores-practicas-en-la-transicion-a-la-television-digital-terrestre-TDT.pdf>
- Pisciotta, N. (2010). *Universidad Blas Pascal Publicaciones de la UBP*. Recuperado el 30 de julio 2019 de <https://www.ubp.edu.ar/wp-content/uploads/2013/12/392010MI-Sistema-ISDB-Tb-Primera-Parte.pdf>
- Sakamoto, H. (2013). Lineamientos de ISDB-T . *Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones*, Recuperado el 30 de julio 2019 de <https://www.bo.emb-japan.go.jp/files/000330875.pdf>.
- Superintendencia de Telecomunicaciones. (2007). *Compendio histórico de las Telecomunicaciones en Ecuador*. Recuperado el 15 de junio 2019 de https://www.imaginar.org/docs/historia_telecomunicaciones.pdf
- Takahashi, Y. (2007). *Digital Broadcasting Expert Group (DiBEG)*. Recuperado el 10 de julio 2019 de [https://www.dibeg.org/news/previous_doc/0706_3Argentina_ISDB-T_seminar/Argentina_ISDB-T_seminar_2_structure_and_Features\(spanish\).pdf](https://www.dibeg.org/news/previous_doc/0706_3Argentina_ISDB-T_seminar/Argentina_ISDB-T_seminar_2_structure_and_Features(spanish).pdf)
- Trujillo, X. &. (2016). *ResearchGate*. Recuperado el 13 de julio 2019 de https://www.researchgate.net/publication/318589436_Analisis_del_proceso_de_la_implementacion_de_la_television_digital_terrestre_en_el_Ecuador_basado_en_el_Plan_Maestro

