



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“MIGRACIÓN A TDT DE UN CANAL DE TV LOCAL:
ALTERNATIVAS DE USO DE ESPECTRO Y FINANCIAMIENTO**

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN

Previo a la Obtención del Título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR:

LISSETTE REBECA CALLE OLIVEROS

DAVID OSWALDO GUZMÁN ESPINOSA

GUAYAQUIL - ECUADOR

2015

AGRADECIMIENTO

“Al Ing. César Yépez quién nos guió a lo largo de este proyecto. Ing. Freire y mi padre por compartir sus conocimientos para este trabajo”.

Lisette Calle Oliveros.

“Al Ing. César Yépez por sus consejos acertados y experiencias compartidas que han enriquecido nuestro conocimiento y nos ha permitido desarrollar nuestras capacidades”.

David Guzmán Espinosa.

DEDICATORIA

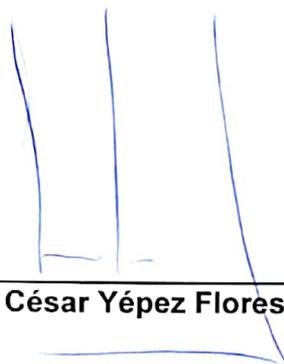
“Este proyecto de graduación es dedicado a mi familia y amigos, quienes me han alentado a finalizar este trabajo.”

Lisette Calle Oliveros

“Este proyecto lo dedico a mi madre por su ejemplo de bondad y perseverancia, amor y sacrificio a mis hermanos con quienes he compartido muchas experiencias, a mi padre por su rectitud, y sobre todo a mi hija a quien con ejemplo quiero enseñarle a vivir”

David Guzmán Espinosa.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



A handwritten signature in blue ink, consisting of three vertical strokes and a horizontal base, positioned above a horizontal line.

MSc. César Yépez Flores

PROFESOR DE LA MATERIA DE GRADUACIÓN



A handwritten signature in blue ink, appearing as a cursive scribble, positioned above a horizontal line.

P.h.D. Francisco Novillo Parales

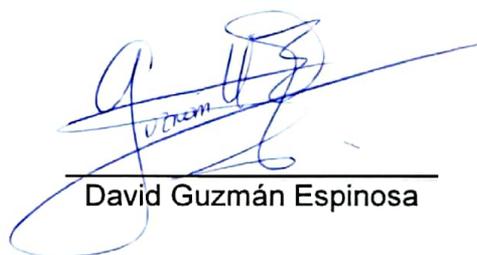
PROFESOR DELEGADO POR LA UNIDAD ACADÉMICA

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este Informe nos corresponde exclusivamente;
y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Lissette Calle Oliveros



David Guzmán Espinosa

RESUMEN

Este trabajo surge como consecuencia del apagón analógico a producirse en el Ecuador, que será efectuado el 31 de diciembre del 2016 hasta el 31 de diciembre del 2018, producto de la modernización que se avecina en los próximos años para la adopción de la televisión digital. Por este motivo los canales de televisión locales, en orden de seguir con su funcionamiento estas empresas deben migrar de tecnología analógica a TDT.

Como los canales de televisión locales en su mayoría no predisponen de largas sumas de dinero para realizar la inversión necesaria para migrar a TDT, en este proyecto proponemos una manera de disminuir notablemente dicha inversión que consiste en la compartición de espectro y mostramos una manera de cómo efectuar dicha migración.

La compartición de espectro es un método de transmisión que consiste en “unir” distintos tipos de programación producido por diferentes canales de televisión. Esta técnica requiere la compartición de dispositivos entre empresas de televisión, de tal manera que se reduce el costo de la inversión.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVIII

CAPÍTULO 1

1. ESTRUCTURA GENERAL DE UN CANAL DE TELEVISIÓN.....	1
1.1 Generación de una Señal de Televisión	2
1.2 Procesado de las señales de audio y video	4
1.3 Transmisión.....	5
1.4 Departamentos de un canal de televisión	5
1.4.1 Estudio	5
1.4.2 Producción	6
1.4.3 Edición	6
1.4.4 Técnico.....	7
1.4.5 Redacción	8

CAPÍTULO 2

2.	SISTEMAS DE TELEVISIÓN ANALÓGICA	9
2.1	Estándar NTSC	10
2.2	Sistemas Locales	11
2.2.1	Estructura tecnológica de un canal de televisión local (analógico).....	11
2.2.1.1	Captura y Generación	12
2.2.1.2	Control y Monitoreo	13
2.2.1.3	Transmisión Analógica	15

CAPÍTULO 3

3.	MIGRACIÓN A LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE	18
3.1	Ventajas de la TDT	19
3.2	Estándar ISDB-Tb o SBTVD	20
3.3	Arquitectura de una red TDT	22
3.3.1	Red de contribución.....	22
3.3.1.1	Consideraciones de ancho de banda.....	24
3.3.1.2	Transmisión.....	28
3.3.2	Red de distribución.....	29
3.3.2.1	Cabecera.....	30

3.3.2.2	Broadcast Digital	31
3.3.2.3	Transmisión.....	34
3.3.3	Red de difusión.....	35
3.3.3.1	Modulación OFDM.....	37
3.4	Red Informática en Estudios.....	38
3.4.1	Requerimiento de la red	38
3.4.2	Diseño de la red	39
3.4.2.1	Almacenamiento.....	46
3.4.2.2	Licencias	48
3.5	Análisis por departamento	50
3.5.1	Estudio	50
3.5.2	Control Máster	51
3.5.3	Edición/Redacción	52
3.5.4	Técnico.....	53
3.5.5	Transmisión.....	54
3.6	Metodología para la migración.....	55
3.6.1	Primer Período	56
3.6.2	Segundo período	57
3.6.3	Tercer período	59
3.6.4	Transmisión de televisión digital	60

CAPÍTULO 4

4.	VALORACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRANSICIÓN	62
4.1	Especificaciones de los equipos	62
4.2	Cálculo de la inversión.....	74
4.2.1	Estudio	74
4.2.2	Producción /Área Master	75
4.2.3	Edición/Redacción.....	76
4.2.4	Técnico.....	78
4.2.5	Transmisión.....	80

CAPÍTULO 5

5.	COMPARTICIÓN DE ESPECTRO	82
5.1	Funcionamiento	83
5.2	Cálculo de la inversión.....	84
5.2.1	Departamento Técnico	85
5.2.2	Transmisión.....	87
5.2.3	Financiamiento	89

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA.....	97

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

AAC	Advanced Audio Coding (Codificación de Audio Avanzada)
AM	Amplitud Modulation (Modulación por Amplitud)
BTS	Binary Transport Stream (Flujo de Transporte Binario)
CCU	Control Camera Unit (Unidad de Control de Cámara)
CFN	Corporación Financiera Nacional
EDTV	Enhanced Definition Television (Definición Mejorada de Televisión)
HD	High Definition (Alta Definición)
HDMI	High Definition Multimedia Interface (Interfaz Multimedia de Alta Definición)
HDTV	High Definition Television (Televisión de Alta Definición)
ISDB-T	Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial (Radiofusión Digital de Servicios Integrados Terrestre)
ISDB-Tb	Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial, Brazilian version (Radiofusión Digital de Servicios Integrados Terrestre Brasileña)
IVA	Impuesto al Valor Agregado (IVA)
MFN	Multiple Frequency Network (Red de Frecuencias Múltiples)

MINTEL	Ministerio de Telecomunicaciones
MPEG	Moving Picture Experts Group (Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento)
NTSC	National Television System Committee (Comité Nacional de Sistemas de Televisión)
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales)
PAL	Phase Alternating Line (Línea de Fase Alternada)
PSK	Phase Shift Keying (Desplazamiento de Fase)
QAM	Quadrature Amplitude Modulation (Modulación de Amplitud en Cuadratura)
SBTVD	Sistema Brasileiro de Televisão Digital (Sistema Brasileño de Televisión Digital)
SD	Standard Definition (Definición Estándar)
SDI	Serial Digital Interface (Interfaz Digital Serial)
SDTV	Estándar Definition Television (Televisión de Definición Estándar)
SECAM	Séquentiel Couleur à Mémoire (Color Secuencial de Memoria) HD High Definition (Alta Definición)
SFN	Single Frequency Network (Red de Frecuencia Única)
SUPERTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones
TDT	Televisión Digital Terrestre

TS	Transport Stream (Flujo de Transporte)
TSP	Transport Stream Packet (Paquete de Flujo de Transporte)
UHF	Ultra High Frequency (Frecuencia Ultra Alta)
VHF	Very High Frequency (Muy Alta Frecuencia)
VLAN	Virtual LAN (LAN Virtual)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura general de un canal de televisión.....	2
Figura 2.1 Proceso para la transmisión de televisión analógica.....	11
Figura 3.1 Estructura de una red TDT.....	22
Figura 3.2 Diferencia del uso de ancho de banda entre MPEG-2 y MPEG-4.....	26
Figura 3.3 Tasa de bits empleando compresión H.264.....	27
Figura 3.4 Estructura de la red de contribución con redundancia.....	28
Figura 3.5 Asignación de segmentos en modo jerárquico.....	36
Figura 3.6 Señales portadoras para la modulación OFDM.....	38
Figura 3.7 Diseño de la red informática.....	42
Figura 3.8 Estructura básica de los equipos analógicos.....	55
Figura 3.9 Estructura en el primer período.....	56
Figura 3.10 Estructura en el segundo período.....	58
Figura 3.11 Estructura para el tercer período.....	59
Figura 3.12 Estructura tecnológica de la televisión digital.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros del estándar ISDB-Tb	21
Tabla 2 Almacenamiento promedio de un flujo comprimido por H.264[18].....	47
Tabla 3 Equipos para el primer período de cambio.....	57
Tabla 4 Equipamiento para el segundo período.....	58
Tabla 5 Equipamiento para el tercer período	60
Tabla 6 Cámaras y Monitoreo.....	63
Tabla 7 Consola de video	64
Tabla 8 Mezcladores de audio.....	65
Tabla 9 Iluminación.....	65
Tabla 10 Pantallas	66
Tabla 11 Decodificador	66
Tabla 12 Multiview	67
Tabla 13 Servidores.....	68
Tabla 14 Switch de capa tres.....	69
Tabla 15 Re-multiplexor y Multiplexor ISDB-Tb	69
Tabla 16 Computadoras y Licencias	70
Tabla 17 Encoder MPEG-2/H.264/One-Seg	71
Tabla 18 Enlace Microondas.....	72
Tabla 19 Transmisor.....	72
Tabla 20 Antenas, cable coaxial, divisores de frecuencia	73
Tabla 21 Inversión en Estudio.....	74
Tabla 22 Inversión en Área Master	75

Tabla 23 Inversión para Edición/Redacción	77
Tabla 24 Inversión para el Departamento Técnico.....	79
Tabla 25 Inversión en Área de Transmisión.....	81
Tabla 26 Inversión en el departamento técnico al compartir espectro.....	86
Tabla 27 Inversión en el departamento de transmisión al compartir espectro	88
Tabla 28 Tasas de interés asignado al sector empresarial por la CFN	90

INTRODUCCIÓN

El agigantado avance tecnológico en los últimos años de la televisión, principal medio de comunicación y de mayor influencia a nivel mundial, ha provocado que el Ecuador busque modernizarse en esta área con el fin de no quedar rezagados y perder todas las bondades que en su efecto se pueden obtener. Por este motivo el Ministerio de Telecomunicaciones, MINTEL mediante el reglamento técnico del Registro Oficial No. 149, publicado el 23 de diciembre de 2013[1], establece que todos los canales de televisión locales transmitan su programación a través de la tecnología TDT, la cual va sujeta al estándar brasileño ISDB-TB [2].

Como consecuencia a esta normativa, los canales de televisión locales se ven en la necesidad de cambiar su estructura tecnológica para poder realizar la migración debida. Este tipo de televisoras suelen tener presupuestos ajustados, por lo que efectuar la migración es una inversión costosa para estos. Teniendo en cuenta este problema, se ha realizado un proyecto en el cual se efectúa la migración a TDT, considerando el presupuesto de los canales de televisión locales.

Al haber el Ecuador adaptado la norma ISDB-Tb, la estructura que se emplea para la transmisión de televisión digital debe regirse por esta norma. Por lo que es obligatorio seguir los parámetros que establece el estándar brasileño, que consiste en la compresión de video, luego la multiplexación las señales generadas, codificación del canal y la transmisión utilizando el sistema de modulación OFDM.

Por estas circunstancias, se necesita comprar dispositivos que realicen estas funciones. De tal manera que para resolver el problema económico que se enfrentan los canales de televisión locales, se opta por recurrir a la búsqueda de las mejores opciones económicas con respecto al equipamiento, sin dejar a un lado la confiabilidad de estos y sin olvidar las ventajas que la televisión digital terrestre nos ofrece (mejor calidad, menor uso de ancho de banda, automatización, etc.).

Otra alternativa para disminuir la inversión necesaria es la de la compartición de espectro. Esta metodología de transmisión consiste en aprovechar las características de compresión y multiplexación del estándar ISDB-Tb, con el propósito de que varios canales de televisión locales transmitan su programación en el ancho de banda de 6MHz que establece la norma ISDB-Tb. De tal manera que la arquitectura de transmisión se ve afectada al compartir dispositivos entre compañías, disminuyendo la inversión a realizar.

CAPÍTULO 1

1. ESTRUCTURA GENERAL DE UN CANAL DE TELEVISIÓN

En el presente capítulo se va a describir la estructura general de un sistema de televisión, considerando los departamentos necesarios para su operación. Esto nos va a servir como base para el análisis de los aspectos técnicos necesarios para la migración tecnológica de televisión análoga a digital.

Las señales de video y audio son obtenidas de forma independiente, por lo cual son manipuladas de distinta manera antes de su transmisión. Podemos apreciar en la Figura 1.1 la estructura general tecnológica de un canal de televisión.



Figura 1.1 Estructura general de un canal de televisión [3]

1.1 Generación de una Señal de Televisión

Las señales que se manipulan son de audio y video. Estas señales son independientes y son generadas de manera distinta, pero deben tener una relación entre sí. Para generar una señal de video tenemos elementos como cámaras, videograbadoras, señales satelitales, enlaces locales; para el audio se emplean micrófonos.

Cuando se desea producir una escena en vivo, se emplea una cámara la cual tiene un transductor opto-eléctrico que transforma la luz de la escena en voltajes eléctricos. En el caso de tener las imágenes grabadas se hace el uso de la videograbadora, esta señal se puede manejar en el dominio analógico o digital para poder realizar cambios antes su transmisión en tiempo real o también se puede optar por almacenar esta información.

También existen otras formas de producir video, entre estas tenemos señales satelitales, enlaces locales. Las señales satelitales pueden ser de varios tipos así como también diferentes tipos de codificación. Los enlaces locales se utilizan cuando se desea transmitir fuera del estudio.

Otra manera de generar imágenes de video es por medio electrónicos, donde se emplean imágenes artificiales un ejemplo de esto son los videojuegos. En este caso se emplean equipos como computadoras, magnetoscopios, entre otros.

La señal de sonido es generada de manera independiente a la del video, se pueden realizar de manera simultánea en el caso de programas en vivo, o se lo puede realizar en la sala de edición. Para generar esta señal se utilizan micrófonos, los cuales reciben sonido y entregan voltajes eléctricos. [3]

1.2 Procesado de las señales de audio y video

La generación de un programa de televisión usualmente requiere de más de una fuente sonora y de video, por lo que se ve la necesidad de mezclar las señales y añadir efectos para que los usuarios tengan mejor visualización de este programa. La mezcla y adición de efectos es realizado por unos dispositivos llamados mezcladores.

En esta etapa también se realiza la distribución de las fuentes a todos los departamentos donde se requieran, en este caso se utiliza equipos para amplificar la señal (amplificadores) y distribuidores. Otro proceso importante es el de las correcciones a las fuentes para obtener la calidad indicada y la visualización de estas en monitores.

En la televisión la edición y grabación de la programación es primordial, por lo que es necesario el almacenamiento completo de la señal de televisión por medio de grabadoras.[3]

1.3 Transmisión

Luego de procesar las señales de audio y video, se procede a la transmisión de estas. En la transmisión se modula, amplifica y transmiten las señales de acuerdo a los parámetros establecidos por las regulaciones de cada país.

1.4 Departamentos de un canal de televisión

Para el funcionamiento de manera coherente de un canal de televisión, se divide por áreas de trabajo las cuales trabajan en conjunto para producir programas de televisión. Entre estos departamentos tenemos:

1.4.1 Estudio

Es el espacio físico en el cual se graban los programas de televisión. Aquí se prepara la escenografía, correcta iluminación e instalación de equipos para la obtención de las

señales de audio y video. Usualmente son de área amplia y tienen una altura mínimo de 5 metros. En un canal de televisión pueden existir varios estudios funcionando al mismo tiempo.

1.4.2 Producción

En este departamento se controla todas las señales provenientes del estudio. Aquí llegan todas las señales de video proveniente de las cámaras y las de audio de los micrófonos; todas estas señales van a un switch y a una consola para la manipulación de estas. En este lugar se encuentran equipos como intercomunicador, control de cámaras, switch, generadores de efectos, consolas, mezcladoras de audio, reproductor de cintas, entre otros.

1.4.3 Edición

En este departamento, encontramos equipos como reproductora VCR, editora, monitores. Aquí se arma la

secuencia de imágenes y se escoge la mejor toma dependiendo del guión otorgado. También se tiende a realizar aplicar los detalles finales antes de transmitir la programación, como efectos especiales, subtítulos, créditos, entre otros.

1.4.4 Técnico

Esta área tiene múltiples tareas, entre estas tenemos la distribución de todas las señales de audio y video que se manejan en un canal de televisión, para esta tarea se emplea un equipo llamado router. También se encarga de la enviar las señales de provenientes de producción a los transmisores, estas señales van a los transmisores los cuales se encargan de modular y amplificar las señales que se envían a las antenas para su transmisión. Aquí se realiza también se instala, alinean y se realiza el mantenimiento de las antenas.

1.4.5 Redacción

Este departamento está formado por los guionistas, periodistas y productores para que elaboren los guiones para la distinta programación.

CAPÍTULO 2

2. SISTEMAS DE TELEVISIÓN ANALÓGICA

La televisión hasta la llegada del siglo XXI fue transmitida analógicamente. Se tomaban canales de 6MHz donde se transmite audio y video dentro del mismo canal. Estas ondas se emiten en las bandas VHF o UHF.

Hay varios estándares empleados para este sistema. Los cuales han sido mejorados con el tiempo. Entre ellos tenemos estándares como NTSC que es empleado en casi toda América y Japón, PAL encontrado en Europa, África, Asia y en algunos países latinoamericanos; y SECAM empleado en

Francia. En el Ecuador, para la transmisión de televisión analógica se encuentra establecido el estándar NTSC.

2.1 Estándar NTSC

El estándar NTSC fue desarrollado en 1940 por Estados Unidos. Este sistema es de 525 líneas de barrido, con una velocidad de 30 imágenes por segundo. Esta norma recomienda utilizar la modulación FM para radio y mantener la relación 4:3. De tal manera que ofrece una resolución de imagen de 720x480.

Con la aparición de la televisión a color, se decide que debe existir compatibilidad con la televisión monocromática (blanco y negro). Para poder obtener imágenes a color, se divide las señales en los tres colores primarios, rojo, verde y azul (RGB). La combinación de estos colores, nos permite observar las imágenes con sus respectivos colores. La información del color fue agregada mediante la adición de una señal subportadora (3.58MHz) encima de la señal de luminancia (Y) que brinda la televisión en b/n [4].

2.2 Sistemas Locales

Los sistemas de televisión locales son aquellos que tienen como objetivo proporcionar servicio a una sola población y su entorno cercano. Las señales de audio y video generadas en el centro de producción, son dirigidas al centro de transmisión por medio de cable coaxial o un enlace microondas dependiendo de la distancia que los separe.[3]

2.2.1 Estructura tecnológica de un canal de televisión local (analógico)

En la Figura 2.1 se pueden observar los procesos que atraviesan las señales de audio y video para la transmisión de televisión analógica.



Figura 2.1 Proceso para la transmisión de la televisión analógica [5]

2.2.1.1 Captura y Generación

Para capturar video se emplean las cámaras de video, las cuales como ya fue indicado son dispositivos que capturan la luz y la transforma en voltajes eléctricos, haciendo que se genere una señal de video. También hay otras formas de generar video, las cuales son por videograbadoras, señales satelitales, entre otras.

La señal de audio es capturada utilizando un micrófono, el cual se encarga de transformar energía sonora en eléctrica.

Todas las señales de audio y video que salen del estudio, van a un equipo denominado generador de sincronismo que sincroniza todas estas señales por medio de impulsos. Las señales sincronizadas son distribuidas por medio de distribuidores de video que tienen de 5 a 6 salidas por cada entrada que alimenta a los mezcladores, switch de video, monitores, entre otros.

2.2.1.2 Control y Monitoreo

En esta etapa, se realiza el control de todas las señales de audio y video, así como también se monitorea estas señales para que cumpla con las especificaciones necesarias.

El CCU es un dispositivo encargado de controlar diferentes parámetros de todas las señales de video producidas por todas las cámaras en el estudio o fuera de este.

El controlador de las señales de audio es un equipo llamado mesa mezcladora de audio, en el que se conectan varias entradas de audio y permite e la variación del nivel sonoro de la entrada, ecualización, efectos de envía, efectos de inserción panorámica y balance; dependiendo de la mesa también se permite la combinación de varias entradas.

Para la visualización de las señales de video se emplea un dispositivo llamado waveform monitor, es un osciloscopio especial que se emplea para medir y mostrar los niveles de voltaje de las señales de luminancia video. Para monitorear las señales de color, se emplea un vectorscopio.

La mesa de mezclas de video o también conocida como switcher de video es un sistema que nos permite seleccionar, mezclar y manipular múltiples entradas de video. Este es uno de los dispositivos más importantes de los estudio de producción y postproducción de un canal de televisión. Su función principal es la conmutar las fuentes de video.

Para el monitoreo de las señales de audio, se emplea un ecualizador que es un dispositivo que modifica el volumen del audio dependiendo de la frecuencia. El encargado de este dispositivo puede configurar el volumen para cada frecuencia, de tal manera que tiene control sobre los niveles de la señal de audio.

2.2.1.3 Transmisión Analógica

Para transmitir una señal de televisión compuesta por señales de video y audio, primeramente hay que modular estas dos señales. Después de la modulación estas nuevas señales son amplificadas para después pasar por un multiplexor que “une las dos señales”. Finalmente pasa por los filtros para eliminar frecuencias no deseadas y esta señal se dirige a la antena.

Modulación

Las señales de audio y video son enviadas a su respectivo modulador. La señal de video es modulada por amplitud (modulación AM), mientras que la de audio se modula por frecuencia (modulación FM).

Amplificación

Las señales moduladas son enviadas a dos amplificadores, uno para audio y el otro para video de tal manera le otorgan una ganancia adecuada para su transmisión.

Multiplexación

Luego de la amplificación, ambas señales pasan por un multiplexor. Un multiplexor es un dispositivo que aplica la multiplexación en el dominio de la frecuencia. De tal manera que se combina las señales de audio y video en un solo canal de comunicación.

Filtros

Antes de la transmisión la señal multiplexada atraviesa una serie de filtros para eliminar las señales no

deseadas. Luego de pasar los filtros, la señal eléctrica atraviesa las antenas para poder transmitir señales electromagnéticas en el espacio libre.

Antena

Una antena es un dispositivo empleado para la emisión o recepción de ondas electromagnéticas hacia el espacio. Se encarga de transformar señales eléctricas en ondas electromagnéticas.

Las antenas tienen varios parámetros que considerar al momento de comprar una. Entre los parámetros más significativos tenemos los diagramas de radiación, ancho de banda, ganancia, polarización, eficiencia, figura de mérito. Todos estos dependen de las características físicas de la antena como la forma y sus dimensiones.

CAPÍTULO 3

3. MIGRACIÓN A LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

Para transmitir señales de televisión se puede codificar el audio y el video de forma binaria para luego transmitirlos por medio de antenas, sin la necesidad de satélites o cables a este sistema se le denomina televisión digital terrestre (TDT). Este nuevo sistema permite a los operadores difundir imágenes y sonido de mejor calidad, información de mayor calidad y ofrecer mejores servicios y aplicaciones interactivas a los televidentes.

3.1 Ventajas de la TDT

La televisión digital tiene varias ventajas sobre la televisión analógica, las más significativas las presentamos a continuación [5]:

- Mejor aprovechamiento del ancho de banda: Los canales de televisión análogos permiten solamente una programación en los 6 MHz que este ocupa. Gracias a la codificación digital, se puede transmitir entre 5 a 2 programas dependiendo de la calidad de las imágenes en el mismo canal de 6 MHz.
- Calidad de audio y video: Las señales digitales no se ven tan afectadas por el ruido e interferencia, por lo que se puede transmitir imágenes con mayor resolución y audio de mejor calidad.
- Más emisiones de televisión: Gracias a la característica de aprovechamiento del ancho de banda, TDT permite mayor cantidad de señales en el mismo canal de 6MHz.

- Servicios adicionales: Gracias a la multiplexación, se puede emitir distintos tipos de flujos de audio, video y datos en un mismo canal, permitiendo otorgar distintos servicios (HD,SD, One-Seg) utilizando el ancho de banda de 6MHz.

3.2 Estándar ISDB-Tb o SBTVD

El Sistema Brasileño de Televisión Digital, SBTVD, es un estándar para la transmisión de televisión digital terrestre empleado en casi toda Latinoamérica (incluido Ecuador) que está basado en la norma japonesa ISDB-T.

El esquema de modulación empleado para en esta norma es el de OFDM-BST (Orthogonal Frequency Division Multiplex – Band Segments Transmission), este tipo de modulación nos brinda la capacidad de transmisión jerárquica con el uso de diversas técnicas de modulación de portadora. Los segmentos de datos pueden tener sus propios parámetros de transmisión (codificación, modulación, etc.).

Esta norma propone el uso del códec de video H.264/MPEG-4 AVC para la compresión de las señales de audio y video. Luego estos flujos son multiplexados empleando la técnica de multiplexación MPEG-2, formando un flujo TS, luego este TS se re-multiplexa para crear un flujo único denominado BTS. Luego este flujo es sometido a la etapa de codificación de canal donde se le provee la debida protección contra errores y finalmente se modula empleando OFDM.[6]. La Tabla 1 muestra los parámetros del estándar ISDB-Tb.

Tabla 1 Parámetros del estándar ISDB-Tb

Parámetro	Especificación
Número de segmentos	13
Ancho de segmento	428.57KHz
Número de Portadoras	1405(modos 1), 2809(modos 2) y 5617(modos 3)
Ancho de Banda	6,7, 8 MHz
Esquema de Modulación	DQPSK-OFDM, 64QAM-OFDM, 16QAM-OFDM QPSK-OFDM
Duración de Intervalo de Guarda	63, 31.5, 15.75, 7.875us (modo 1); 63, 31.5, 15.75, 126us (modo 2, modo 3)
Código de codificación de errores	Reed-Solomon (204-188), Codificador convolucional (innercoder) K:1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8

3.3 Arquitectura de una red TDT

Las señales de audio y video generadas en los estudios de televisión atraviesan una serie de redes antes de su transmisión. En la Figura 3.1 podemos apreciar cómo se encuentra estructurada una red TDT.

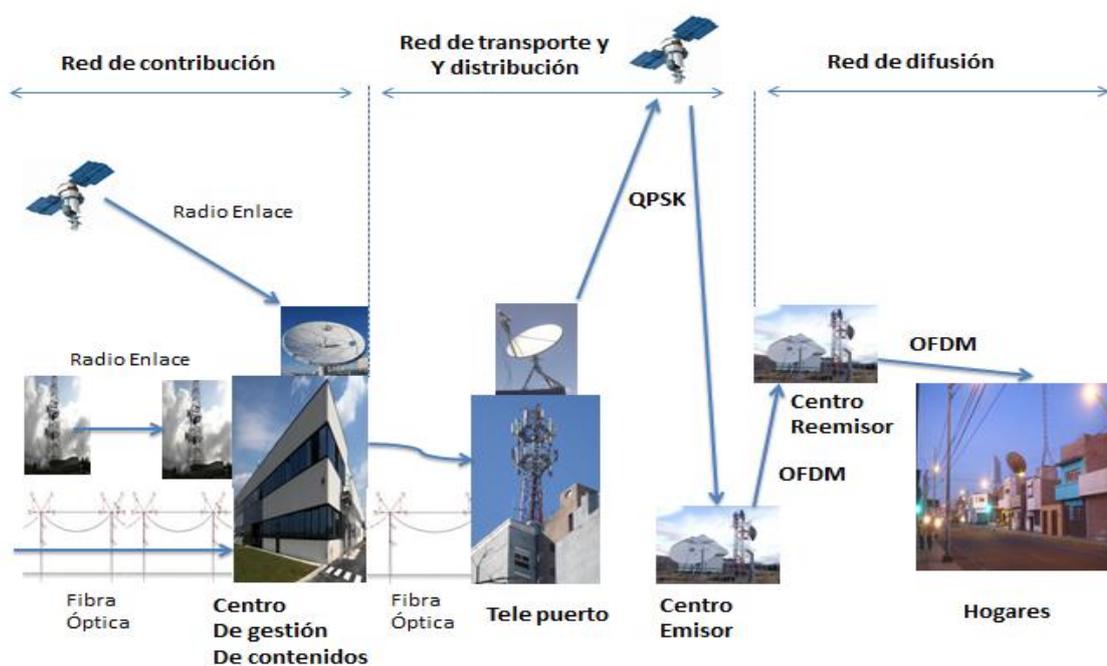


Figura 3.1 Estructura tecnológica de una red TDT[7]

3.3.1 Red de contribución

En la red de contribución acontece la generación de las señales de audio y video, permitiendo transportar la

información desde los lugares donde se generan los eventos a estudios o entre estudios. En esta red se pueden emplear varios medios de transmisión para el envío de datos dependiendo de la capacidad que tenga la empresa.

Si el evento es grabado, este será transportado al estudio para su debida difusión; si es en directo y es permitido por el lugar donde se genera el suceso, se alquilará un enlace desde ese punto hasta el estudio. Dependiendo de los requerimientos (calidad, financiero, etc.) se va a proceder a emplear el medio de transmisión adecuado.

La programación ofrecida por una televisora puede ser producción propia o subcontratada (conocida como programación enlatada). La producción propia es generada por la empresa y se requiere del personal y equipamiento adecuado. La subcontratada es adquirida y editada para su emisión.[9]

3.3.1.1 Consideraciones de ancho de banda

Para la captura y generación de las señales de video se emplean cámaras con diferentes tipos de resolución para HD tenemos 1080p, 1080i, 720p y para SD 480p; mientras más alta sea la resolución, mayor será el ancho de banda que estas señales van a necesitar.

Una señal de video sin ser comprimida a 1920x1080 pixeles, 4:4:4 necesita un ancho de banda de 3Gbps aproximadamente. Esta resolución se emplea para transmitir películas de acción, partidos de futbol, etc. en HD.

Al cambiar el tipo de enlazado de progresivo a entrelazado 1080i 4:4:4 este cambio es realizado en varias cámaras de video para disminuir de 3Gbps a 1.5Gbps el ancho de banda.

Al necesitar un ancho de banda grande, se necesita de la compresión de las señales de a/v antes de la emisión a las televisoras. Para obtener video con calidad SD se

emplea la técnica de compresión MPEG-2[11 (12)]. 4:2:0 8 bits, en caso de calidad HD se usa MPEG-4/H.264 4:2:2 10 bits.

MPEG-4/H.264

H.264 o MPEG-4 es un estándar de codificación de video de alta compresión. Fue creado para lograr una mayor compresión de las señales de audio y video a una tasa de bits mucho más baja. Las características principales de esta técnica de compresión se realizan en comparación al estándar MPEG-2 y estas son [10]:

- Tiene una mayor capacidad al predecir movimientos.
- Usa un tamaño de bloque más pequeño para concordar de manera exacta con la transformada.
- Se adapta al bucle del filtro de desbloqueo
- Método de codificación de entropía mejorada.

Al emplear todas estas características al mismo tiempo, se puede lograr una reducción de hasta el 50% de la tasa de datos en comparación con MPEG-2.

La Figura 3.2, nos permite visualizar la diferencia de los niveles de compresión entre MPEG-2 y MPEG-4/H.264, mostrando una notoria superioridad en términos de compresión a favor de la norma H.264.

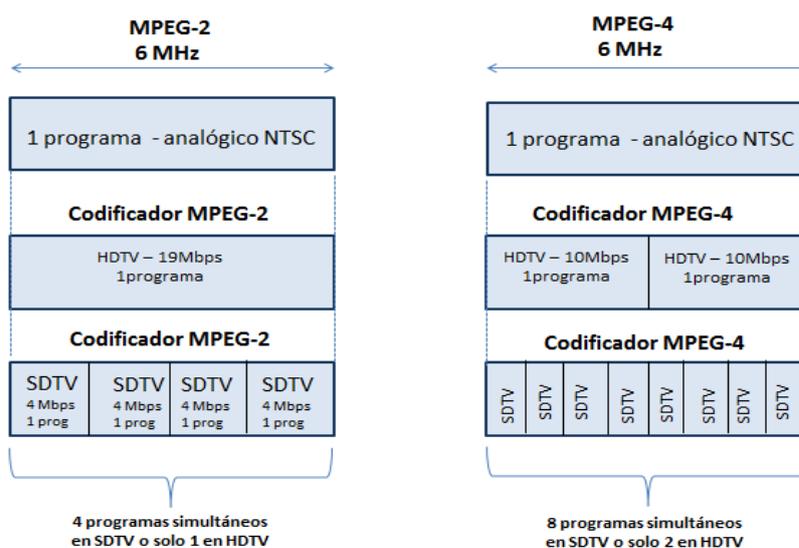


Figura 3.2 Diferencia del uso de ancho de banda entre MPEG-2 y MPEG-4 [11]

En la Figura 3.3 se pueden observar los valores promedios de tasa de datos para video a 4:2:2 10 bits.

Clip with many elements in motion and many cameras shot changes

QUALITY	480p,24fps	720p,24fps	1080p,24fps
Perfect	>4,5 Mbit /s	>9 Mbit /s	>17 Mbit /s
Very Good	2,8-4,5 Mbit /s	5,8-9 Mbit /s	9,2-17 Mbit /s
Adequate	2,2-2,8 Mbit /s	4,5-5,8 Mbit /s	2,2-3,2 Mbit /s
Weak	1,9-2,2 Mbit /s	3,4-4,5 Mbit /s	1,2-2,2Mbit /s
Annoying	<1,9 Mbit / s	<3,4 Mbit / s	<1,2 Mbit / s

Clip with a whole coloured background and elements in motion

QUALITY	480p,24fps	720p,24fps	1080p,24fps
Perfect	>2 Mbit /s	>4,5 Mbit /s	>18 Mbit /s
Very Good	0,9-2 Mbit /s	1,6-4,5 Mbit /s	3,2-18 Mbit /s
Adequate	0,5-0,9 Mbit /s	0,9-1,6Mbit /s	2,2-3,2 Mbit /s
Weak	0,3-0,5 Mbit /s	0,5-0,9 Mbit /s	1,2-2,2Mbit /s
Annoying	<0,3Mbit / s	<0,5Mbit / s	<1,2 Mbit / s

Figura 3.3 Tasa de bits empleando compresión H.264 [12].

Para la compresión de audio, MPEG-4/H.264 emplea la técnica denominada, AAC, la cual se basa en la eliminación de redundancia de la señal de audio y en la compresión mediante la transformada de coseno discreta modificada.

Por lo que para la transmisión de audio y video se pueden tener flujos de audio comprendidos entre 64Kbps y flujos de video de entre 10Mbps a 19Mbps para programación HD.

3.3.1.2 Transmisión

Para transmitir el video a una calidad de 1080i, 4:2:2 10 bits, se necesita aproximadamente 19Mbps de ancho de banda, por lo que se procede a transmitir las señales por medio de un enlace satelital y un enlace de fibra para otorgarle redundancia al sistema, como se observa en la Figura 3.4.

Se emplea un enlace satelital debido a que un enlace de fibra privado tiene un precio mucho más elevado que el satelital. Y si se desea utilizar un enlace público, debido a la gran cantidad de ancho de banda se va a originar latencia en este enlace por este motivo el enlace de fibra óptica es empleado como backup. [13]

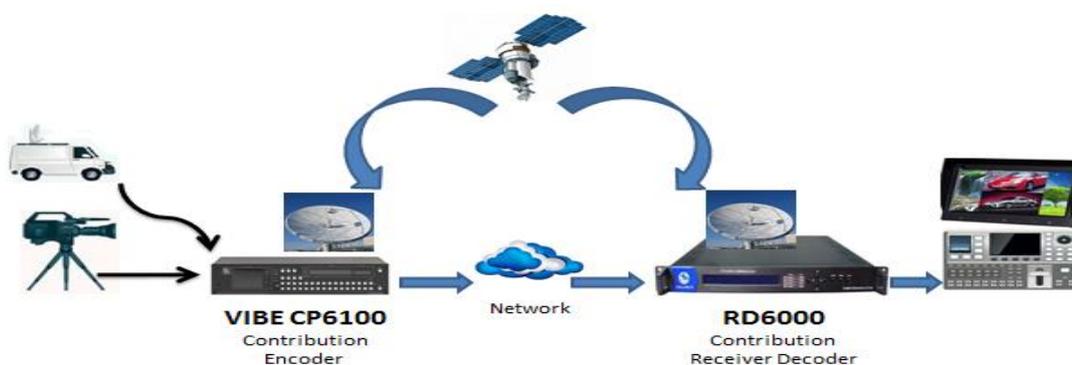


Figura 3.4 Estructura de la red de contribución con redundancia [13]

3.3.2 Red de distribución

Al recibir las señales de audio y video al centro de gestión y generación de contenidos, estas son decodificadas para la generación de la programación final (múltiple programación), luego esta propagación es comprimida con la misma técnica de la compresión.

Con las señales resultantes comprimidas (SD: 2 a 6Mbps y HD: 10,5 a 19,4Mbps), se procede a multiplexar todas estas señales en un centro denominado cabecera. Al terminar el proceso de multiplexación, el flujo a transmitir en el canal de 6Mhz es codificado en un proceso denominado “codificación de canal”.

En el caso de que la programación proveniente de la red de contribución sea la programación a transmitir, la señal es enviada directamente al centro de cabecera para el proceso de la multiplexación para finalmente codificar el canal [8].

3.3.2.1 Cabecera

La cabecera es el centro donde se multiplexa toda la información que proviene de la red de contribución para generar un flujo único denominado TS que debe cumplir con los requerimientos de la norma ISDB-Tb. ISDB-Tb realiza la multiplexación mediante MPEG-2 [6].

Luego se re-multiplexa la señal formando un flujo denominado BTS que permite la transmisión jerárquica al formar nuevos paquetes denominados TSP. [15]

Luego de la re-multiplexación se procede a la codificación del canal, en el cual se protege a la señal contra errores empleado el codificador Reed-Solomon, codificador convolucional y el entrelazado de bits. En este proceso también se ajustan retardos para la correcta recepción. [6]

3.3.2.2 Broadcast Digital

Una de las ventajas de la televisión digital es de permitir la transmisión de contenidos en varios formatos de definición estándar o alta. El estándar brasileño tiene la posibilidad de transmitir tres tipos de capas. Dependiendo de la resolución de estos servicios, será la posibilidad de ofrecer varios tipos de programación por un solo canal de 6Mhz.

Modo 1/Capa A (One seg)

El servicio One-Seg se encuentra destinado a los dispositivos móviles, este permite que los usuarios tengan una buena recepción a pesar de la distancia o la velocidad de transmisión mientras existe movimiento.

ISDB-Tb asigna uno de los 13 segmentos disponibles para este servicio, ocupa un ancho de banda de 432Khz, tiene una resolución Máxima de 320x240 píxeles y

velocidad de video máxima de 128kbps y 64Kbps de audio[15]. Este servicio emplea la modulación PSK o QPSK [16].

Modo 2/Capa B (HDTV)

ISDB-Tb permite a los usuarios disfrutar de televisión de alta definición a dos tipos de resolución, 1920x1080 o 1080x720 (Full HD) píxeles (1080p o 720p). 720p emplea una tasa de transmisión de 10.5Mbps, mientras 1080i (1920x1020 entrelazado) 19.4Mbps.

Dependiendo de la resolución que se le quiere otorgar al servicio, se puede hacer las respectivas combinaciones en un solo canal de 6Mhz. Hay dos formas de transmisión de este tipo de servicio, se puede solamente ofrecer HDTV o HDTV , One-Seg y SDTV. [15]

Este servicio emplea modulación 16-QAM ó 64-QAM.

Los segmentos empleados para la transmisión, depende

de la tasa a la que se transmite y parámetros utilizados al momento de la codificación del canal. [16]

Modo 3/Capa C (SDTV y EDTV)

SDTV contiene el misma resolución que la de la televisión analógica, entre 400 y 600 líneas horizontales (dependiendo del estándar), transmite 30 imágenes por segundo y tiene una relación 4:3.

EDTV tiene una definición similar a la de SDTV, difiere en el barrido que cambia de entrelazado a progresivo, puede tener una relación de aspecto de 4:3 o 16:9 y transmite 24 o 25 imágenes por segundo. Este servicio es empleado por películas DVD, TV satelital, etc.

En un canal de 6MHz se puede contener varios programas con calidad SDTV. La cantidad de programas depende de varios factores determinados en la codificación del canal. La tasa de datos promedio

empleada para este estándar es de 7Mbps [15]. Este modo emplea el mismo sistema de modulación que el modo 3 (16-QAM) [16].

3.3.2.3 Transmisión

Para transportar la señal de televisión al centro de transmisores, la trama de datos es modulada; se puede emplear cualquier tipo de modulación digital, aunque la más empleada es la de 256-QAM. Luego esta señal pasa a los amplificadores para darle la potencia necesaria y después a las antenas donde es enviada vía microondas debido a la dificultad de acceso al punto de difusión primario [6].

Para ofrecer seguridad al sistema, es importante considerar otro medio de transporte, el cuál sería el mismo que se emplea en la red de contribución, enlaces por medio de fibra óptica que en este caso debe satisfacer la actual tasa de datos. El enlace microondas a utilizar debe tener una mayor a 31,5 Mbps.

3.3.3 Red de difusión

Al llegar la señal transmitida, esta es demodulada para luego pasar al transmisor. Este dispositivo se encarga de modular la señal (emplea el sistema de modulación OFDM) para luego proceder a amplificar y a transportarse en una antena para su respectiva emisión a los televidentes. Este transmisor debe cumplir con las siguientes características:

- Trabajar en Modo 1,2 y 3 (modulación jerárquica)
- Tener la capacidad de variar el intervalo de guarda
- Permitir la transmisión jerárquica
- Permitir la transmisión de diferentes tipos de modulaciones (64/16-QAM, DQPSK, QPSK).

El flujo proveniente de la codificación de canal atraviesa el entrelazador de bits donde el TS se distribuye en las portadoras OFDM de acuerdo a la capa jerárquica a la que pertenezca. Luego esta señal se dirige a la modulación M-QAM donde dependiendo de la capa jerárquica se modulará cada señal (Modo 1 DQPSK, modo 2 y 3 16/64-QAM).

Después de la modulación M-QAM, se procede a la asignación de los segmentos correspondientes de acuerdo a la capa jerárquica. En la Figura 3.5 se puede observar un ejemplo de asignación de los segmentos de modo jerárquico.

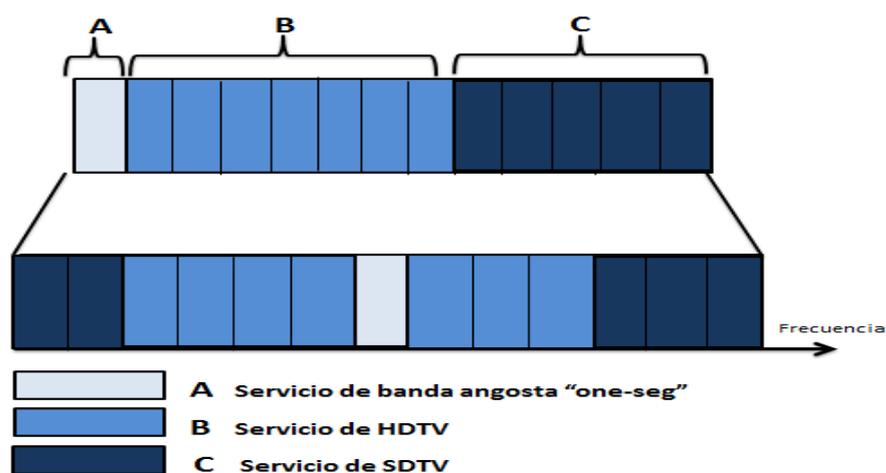


Figura 3.5 Asignación de segmentos en modo jerárquico. [6]

Luego las señales de las diferentes capas jerárquicas se combinan e insertan al segmento de datos en un proceso denominado entrelazado intra-segmento. Antes de la modulación OFDM, las capas se enlazan sobre el rango de frecuencias de las portadoras de transmisión (entrelazado inter-segmento). Finalmente se lleva a cabo la modulación OFDM. [17]

3.3.3.1 Modulación OFDM

Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, más conocido como OFDM es un método de multiplexación que consiste en transmitir un grupo de señales portadoras desfasadas 90° , cada una de estas portadoras transportan información, que se encuentra modulada en QAM o PSK (dependiendo de la capa jerárquica). Cada portadora tiene una tasa de símbolo baja y al sumar todas las tasas de símbolo es la misma que si solamente se empleara una portadora. La Figura 3.6 nos muestra las portadoras vistas en el dominio del tiempo.

La principal ventaja de este sistema es la robustez frente al multitrayecto, ya que al tener tasas de símbolos baja hace que se pueda escoger un intervalo de guarda considerable, de tal manera que se puede eliminar la interferencia intersímbolo ocasionada por el multitrayecto. [6]

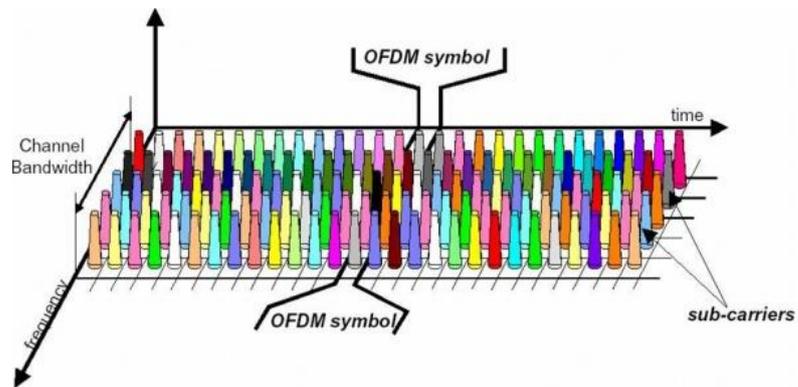


Figura 3.6 Señales portadoras para la modulación OFDM [6]

3.4 Red Informática en Estudios

3.4.1 Requerimiento de la red

Para el desarrollo correcto de la red TDT, es importante disponer de accesos de banda ancha. Por esta red atraviesan flujos SDTV, HDTV, etc., estos flujos son comprimidos empleando MPEG-2 y H.264 para SD y HD respectivamente, esto hace que disminuya el ancho de banda necesario en la red informática.

Para tener una comunicación eficaz entre los dispositivos y que la información de interactividad ingrese por el canal de retorno se requiere que todos los equipos tengan una conexión directa mediante un switch central. Los dispositivos que requieren una gran velocidad deben estar conectados de manera directa o emplear un enlace de fibra óptica. Este switch debe poder identificar varias VLANs para poder administrar los requerimientos de cada área, debe contener puertos Ethernet y GigaE. El cable por el cual se va a transmitir los datos debe ser de categoría 6 o fibra óptica.

3.4.2 Diseño de la red

Para una correcta conexión entre los dispositivos, se necesita tener en cuenta las siguientes características al diseñar la red:

- Los servidores no necesitan tener una conexión a internet.
- Los servidores deben poder ser accedidos por cualquier punto de red.

- Las editoras solamente pueden tener acceso local, y como prioridad comunicación entre los servidores de contenidos y puesta al aire.
- Las demás computadoras necesitan acceso a internet.

Para la creación de la red informática, se toma como ejemplo la topología SPYDER empleada por VSN. Este tipo de diseño, nos permite la automatización y digitalización de la programación.

Con estos equipos podemos basarnos en el acceso a video – servidores compartidos, con estaciones de computadoras fijas o móviles y operando bajo Windows. Todos trabajando en un entorno amigable de base de datos Cliente/Servidor con SQL conectados a una red Gigabit Ethernet. Los mismos que permiten un crecimiento escalonado y modular en la migración de TV de una manera rentable.

La arquitectura SPYDER tiene varias ventajas, entre estas tenemos:

- Rápido y transparente

Permite la multiedición simultánea de un mismo material poco después de empezar a grabar. Optimizando los recursos ya que no se pierde tiempo ni calidad en convertir clips para su emisión.

- Potente

Con contenidos disponibles para cualquier computador. Los videoservidores de emisión permiten hacer cualquier cambio en la escaleta hasta 5 segundos antes de salir al aire.

- Servidores compartidos

Brindan un acceso inmediato a todos los contenidos de los servidores, así como también búsquedas de metadatos por categorías y descripción.

- Conecta el flujo de trabajo

Al digitalizar el video se informatizan las tareas y se crea un flujo de trabajo lógico entre departamentos y personas.

- Costo Beneficio

Debido a la modularidad y bajo costo de sus equipos optimizan de esta manera los recursos técnicos reduciendo el consumo de cintas, VTR y su mantenimiento.

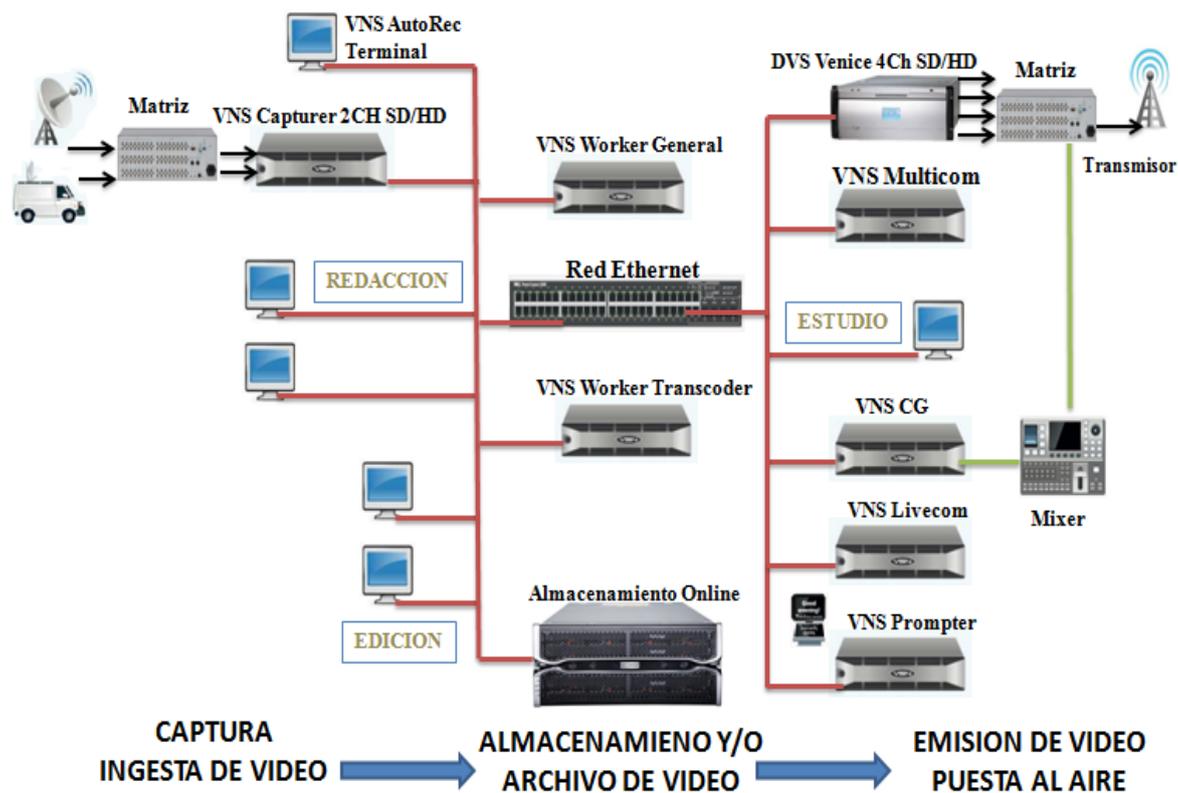


Figura 3.7 Diseño de la Red Informática

La Figura 3.7 muestra el diseño de la red informática empleando la tecnología SPYDER de VSN. Esta estructura emplea los dispositivos descritos a continuación:

VSNAUTOREC: Es un servidor de ingesta SDI SD-HD dedicado a la captura de video en todos los formatos estándar, permite editar mientras se ingesta.

VSN WORKERGENERAL: Sistema de almacenamiento compartido con 576 TB brutos y capacidad Scale-Out de crecimiento en capacidad y velocidad.

VSNWORKERTRANSCODER: Sistema de transcodificación de alto nivel con capacidad para la práctica. Totalidad de formatos y codificaciones con balanceo de carga y configuración en cluster para redundancia.

VSN STORAGE: Es el sistema de almacenamiento compartido de toda la red de trabajo, soporta todos los procesos de ingesta, edición y emisión simultáneamente.

DVS VENICE: Servidor de video de entornos de televisión, este servidor proporciona un procesamiento rápido y cómodo de diversos formatos comprimidos. También proporciona almacenamiento para satisfacer fácilmente los requisitos de la radiodifusión así como también captura el contenido en vivo directamente desde

cámaras de ingesta, material de grabadoras, tarjetas P2 o disco profesional.

VSN MULTICOM: Es la solución de software de automatización de TV de total fiabilidad para una emisión 24x7. Posee una arquitectura multicanal o simple con redundancia de servidores de playout y redundancia de listas de emisión evitando cualquier punto único de fallo, y controla la más amplia variedad de dispositivos y sistemas controlados de todos los fabricantes del mercado (video servidores, matrices y mezcladores, sistemas de grafismo, equipos de Subtitulado, tonos, GPI, etc.).

VSNLIVECOM: es una automatización de playout de estudio basada en el motor de VSNMULTICOM, diseñado con tres pilares principales: simplicidad, alta disponibilidad y flexibilidad. Su dinámica interfaz de usuario permite una total personalización. Un set de hasta tres playlists es posible, como por ejemplo la escaleta principal A/B/C/D y dos playlists auxiliares para videowalls. La búsqueda instantánea y simultánea de

escaletas y media y su intuitiva interfaz permiten una gran velocidad de operación. Aún más, múltiples clientes y la configuración de servidor redundante están disponibles para los entornos más exigentes.

VSNPROMPTER: Sistema de teleprompter que se integra con el playout. Igual que la tituladora, recibe textos introducidos en la ficha de la noticia por los periodistas y se sincroniza con los cambios en escaleta.

VSNCG+: Generador de gráficos muy potente y flexible permite integrarse con los playouts VSN sin operador, o funcionar como generador de gráficos manual simultáneamente, controlada desde una escaleta, cuenta con efectos de entrada y salida, movimientos 2D y cortinas. Titulación automática y manual simultánea controlable vía TCP/IP desde aplicaciones de terceros.

SE3000: Mezclador de producción en vivo lleno de un número impresionante de características y funciones. Por ejemplo, cuenta con una pantalla táctil

para seleccionar EFX, alambiques, y los colores de saldo. El uso de una pantalla táctil significa que el operador no tiene que recordar números de efecto y puede ver lo que están seleccionando. Además, tiene dos salidas de vistas múltiples, chromakey, doble PiP, funciones 3D, soporte multi-lenguaje y un teclado de tamaño completo. La unidad de procesamiento tiene un frente conveniente, poco profunda al chasis de nuevo, diseñado para dar cabida a las aplicaciones móviles.

3.4.2.1 Almacenamiento

Antes de proceder a almacenar cualquier tipo de contenidos las señales de audio y video son comprimidas empleando MPEG-2 o H.264. De tal manera que la velocidad de datos disminuye significativamente.

Como es imposible saber el tamaño del contenido a cada minuto al ser codificado, hay que proceder a estimar la cantidad de memoria que necesita un servidor

para almacenar audio y video. En la Tabla 2 podemos observar el almacenamiento promedio de la norma H.264, con esta información se procederá a estimar el almacenamiento mensual necesario.

Tabla 2 Almacenamiento promedio de un flujo comprimido por H.264[18]

Tamaño de la imagen (píxeles/audio)	Velocidad de datos aproximada	Tiempo aproximado de grabación para una tarjeta de memoria SD de 16GB
FHD(1920X1080) (Stereo)	14,2Mbps (30 cuadros/seg)	35 minutos y 59 segundos
HD (1280X720) (Stereo)*4	10,9Mbps (15 cuadros/seg)	46 minutos y 54 segundos
SD (640x480) (Stereo)	3,9Mbps (30 cuadros/seg)	2 horas, 12 minutos y 54 segundos

Para almacenar los contenidos producidos a diario por la televisora en el servidor de contenido propio, se debe tener en consideración el tiempo que en el que se transmite contenido producido en los estudios. Asumiendo que la televisora transmite dos horas de contenido propio (eliminando cortes comerciales, repeticiones, series, etc.) calculamos el almacenamiento como se muestra:

Ecuación (3.1) Cálculo del almacenamiento diario

$$\text{Almacenamiento} = \frac{16GB \times (24\text{horas} \times 3600\text{segundos})}{(2159\text{segundos})} = 640,296GB$$

Al haber 20 días laborales en un año se necesita 12.50TB de almacenamiento mensual para almacenar toda la programación de un mes, esto se calcula empleando la Ecuación 1. Todos los archivos de video que sean almacenados en los servidores deben de encontrarse etiquetados con la fecha y nombre un que especifique el contenido para facilitar la búsqueda de los técnicos.

3.4.2.2 Licencias

Al trabajar con la arquitectura SPYDER de VSN, se necesita adquirir las licencias adecuadas para el correcto funcionamiento. Entre las licencias a adquirir tenemos:

- VSNAUTOREC TERMINAL: Permite a las computadoras de los periodistas digitalizar imágenes de VTRs compartidos conectados a la matriz con las estaciones de captura dedicadas. Crea una versión de baja resolución de los materiales capturados para búsqueda y edición, sin ocupar un gran ancho de banda en la red.
- VSNEXPLORER: Es una interfaz simple e intuitiva configurada dinámicamente para cada usuario con las aplicaciones para las que tiene permisos y asignaciones.
- VSNMULTICOM REMOTE: Sirve para la automatización de todos los procesos técnicos de una televisora, tales como el playout, el control de dispositivos y la ingesta.
- VSNCREATV: Es primordial para mejorar la eficiencia de una canal de TV, sea comercial temático, noticias o generalista. Optimiza los recursos humanos y el trabajo colaborativo entre

los diferentes grupos de forma transparente y sencilla, elimina tareas tediosas y repetitivas.

- VSNNEWS: Se encarga de enviar textos al teleprompter y ordena al CG+ que inserte títulos. Al cambiar la secuencia de la escaleta, el texto cambian automáticamente. Controla automáticamente la mezcladora de video, transiciones seleccionadas y efectos de video para transiciones cámara-video.

3.5 Análisis por departamento

3.5.1 Estudio

En este departamento se generan las señales de audio y video. Las cámaras de video empleadas en son HD 720i a 1080p. En un estudio de televisión el número de cámaras puede variar, pero para nuestro caso se va a emplear 3 o 4 cámaras dependiendo de la programación. Para el audio se

requiere el uso de micrófonos, la cantidad de estos dependen del desarrollo del programa a transmitir.

Al transmitir señales con mayor resolución, hay que tener más cuidado con la luminaria de los escenarios para evitar mostrar sombras ni distorsiones. Motivo por el cual se recomienda que la luminaria cumpla con un como mínimo 2000 lux y una temperatura de 5600°K [19].

3.5.2 Control Máster

Todas las señales de audio y video llegan a este departamento, aquí son conectadas a un switch para que el técnico y el productor escojan las tomas apropiadas para su debida transmisión. En esta área se transmite programación en vivo o pre-grabada.

En este departamento también se reciben varias señales externas, así también como la emitida por el control de escenario y propagandas. Se pueden recibir todo tipo de

señales como partidos de fútbol, cadenas nacionales, de las editoras, propagandas y de otras televisoras.

Las propagandas se encuentran almacenadas en un servidor de almacenamiento temporal. Las características de este servidor son las indicadas anteriormente.

Para poder apreciar todas las imágenes de video, se adquiere un monitor digital con multipantalla (mínimo 8), en el cual se conectan todas las señales de audio y video. De tal manera que se necesita una consola de video, también se requiere una consola de audio.

3.5.3 Edición/Redacción

Las editoras están compuestas por un equipo de periodistas que realizan un pequeño número de notas diarias. Las notas pueden tener hasta 10 min de grabación (video comprimido por H.264). Según la tabla 4, una memoria de 16GB puede abarcar hasta con 36 minutos de grabación. Por lo que

alcanzan hasta 3 notas diarias por memoria. Motivo por el cuál para el almacenamiento de esta información basta con una memoria externa de 16GB.

Esta área gira entorno a la red informática, esta permite la edición, almacenamiento y distribución de la información a transmitir, por lo que consta de los siguientes equipos:

- Servidores
- Computadoras para edición
- Pantallas
- Servidor de almacenamiento

3.5.4 Técnico

En este departamento se transforma la señal de video en una trama que luego por vía microondas va a ser enviada a los centros transmisores. Esta área también se encarga del monitoreo y control de las señales generadas en el estudio.

El equipamiento encontrado en este departamento es:

- Codificadores MPEG-2 (SD), H.264 (HD) y One-Seg.
- CCUs
- Waveform monitor y Vectroscopio
- Multiplexor MPEG-2
- Switch de capa 3

3.5.5 Transmisión

Esta área consta de todos los dispositivos encargados de la transmisión de la programación. Encontramos equipos como:

- Antenas
- Transmisor
- Decoder
- Pantalla
- Línea de transmisión
- Torre para la antena y caseta.

3.6 Metodología para la migración

Para efectuar la migración de televisión analógica a digital, hay que seguir una serie de pasos de tal manera que no sea afectada la transmisión de la programación. En la figura 3.8 se procede a mostrar la estructura básica de los equipos analógicos.

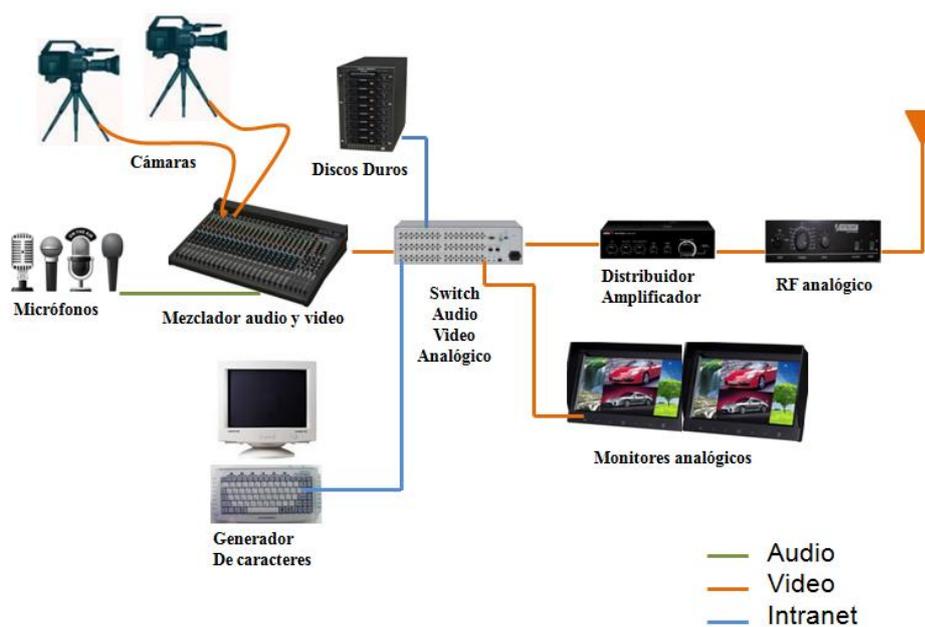


Figura 3.8 Estructura básica de los equipos analógicos

3.6.1 Primer Período

En el primer período se debe realizar el cambio de las cámaras a unas de mayor resolución (SD y HD), un conmutador y consola ISDB-Tb, iluminación adecuada para los escenarios, lentes para cámaras HD, teleprompter que se ajuste a las cámaras y la adquisición de los servidores para la red informática. En la figura 3.9 se puede apreciar el cambio en la estructura tecnológica a realizar en el primer período.

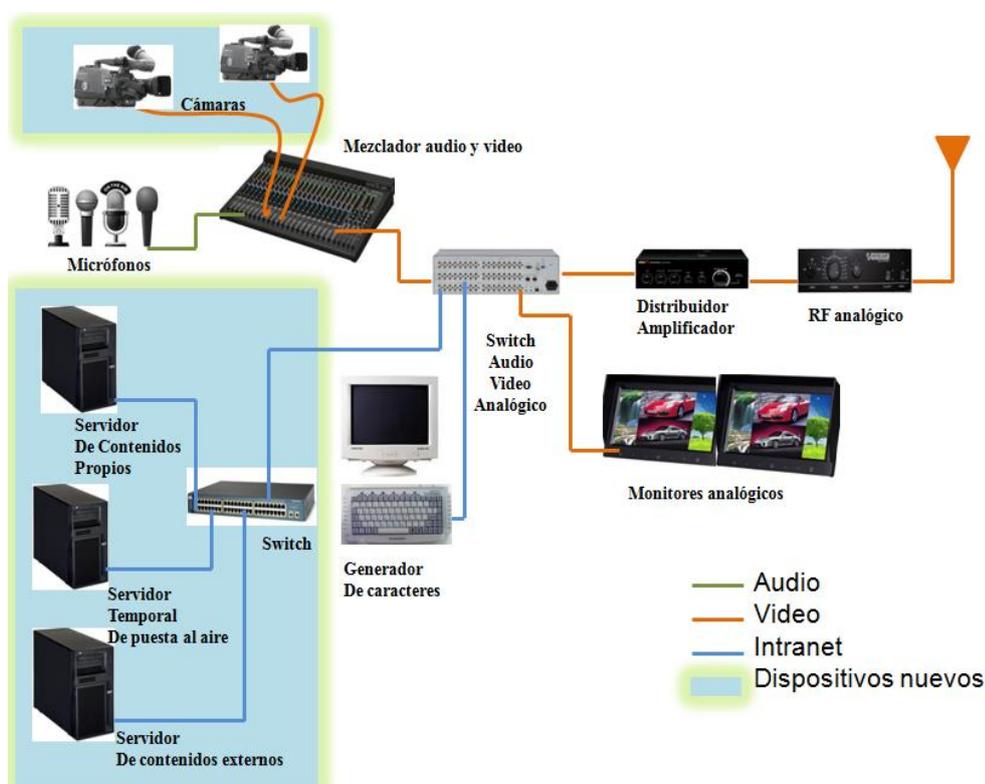


Figura 3.9 Estructura en el primer período.

La Tabla 3 nos muestra el equipamiento a adquirir:

Tabla 3 Equipos para el primer período de cambio

Equipo	Descripción
Cámara	720p-1080p. H.264 grabación en memoria compacta
Tarjeta Lectora de memoria	Permite leer la tarjeta de memoria de la cámara
Cables para cámaras HD	Cables HDMI y SDI.
Switch	Mínimo 8 entradas y 3 salidas. ISDB-Tb.
Luces	2000 Lux. 5600°K.
Teleprompter	Ajustable a las cámaras
Servidores	Con características dadas

3.6.2 Segundo período

En este período se debe adquirir nuevos mezcladores, switches de audio y video (mínimo 8 entradas), monitores, multipantalla (mínimo 8 entradas), codificador MPEG-4 (audio y video), multiplexor MPEG-2, convertidor de digital a analógico para la transmisión, consola de audio que reemplaza a la consola analógica de audio. Este cambio de equipamiento se puede apreciar en la Figura 3.10 y la Tabla 4.

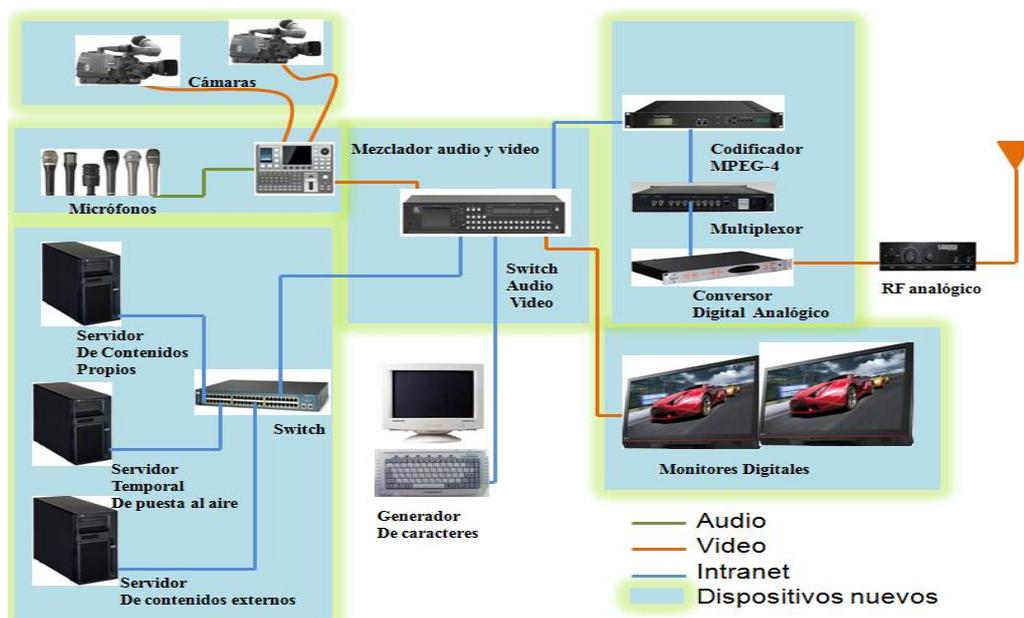


Figura 3.10 Estructura en el segundo período.

Tabla 4 Equipamiento para el segundo período

Equipo	Descripción
Consola de audio	Controla el audio
Mezclador de video y consola	Mínimo 8 entradas
Codificadores	H.264 para HD y MPEG-2 para SD a la vez
Encapsuladores	MPEG-2. Genera el TS.
Convertor	Digital/Analógico. Conservar la señal análoga
Monitores	Multipantalla (8mínimo)
Servidores	VSN

3.6.3 Tercer período

En este período se procede a instalar los equipos digitales para la transmisión por radiofrecuencia como los cables, antenas, transmisores y microondas; al mismo tiempo que se conservan los analógicos. La Figura 3.11 nos muestra el cambio tecnológico a realizar en este período. La Tabla 5 nos muestra el equipamiento a adquirir en este término.

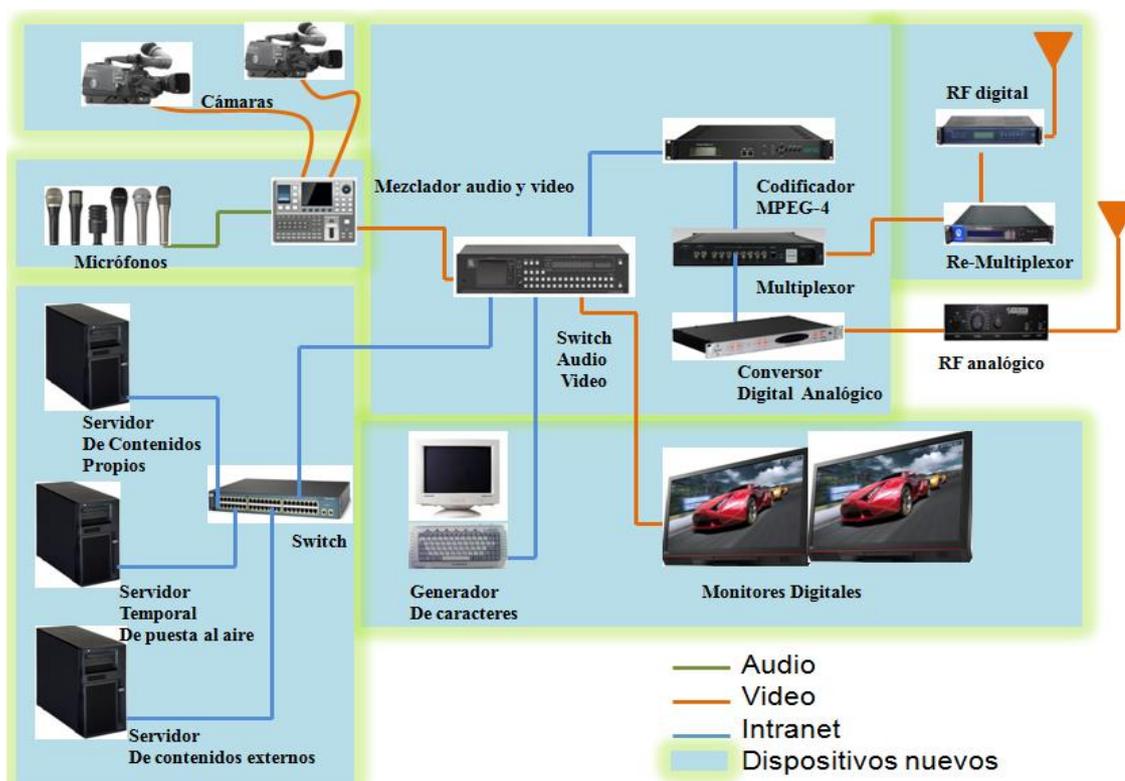


Figura 3.11 Estructura tecnológica para el tercer período.

Tabla 5 Equipamiento para el tercer período

Equipo	Descripción
Enlace Microondas	Ancho de bande de 50Mbps (mínimo), Potencia máxima de 5W. Puertos Ethernet, Fireware, USB, HDMI.
Cable y antenas	Para la conexión entre equipos.
Transmisores	Potencia depende de la cobertura que se desea brindar.

3.6.4 Transmisión de televisión digital

Al momento de empezar a transmitir televisión digital, hay que eliminar todos los equipos de transmisión analógica. La estructura tecnológica de la televisora terminada la transición a TDT se puede apreciar en la Figura 3.12.

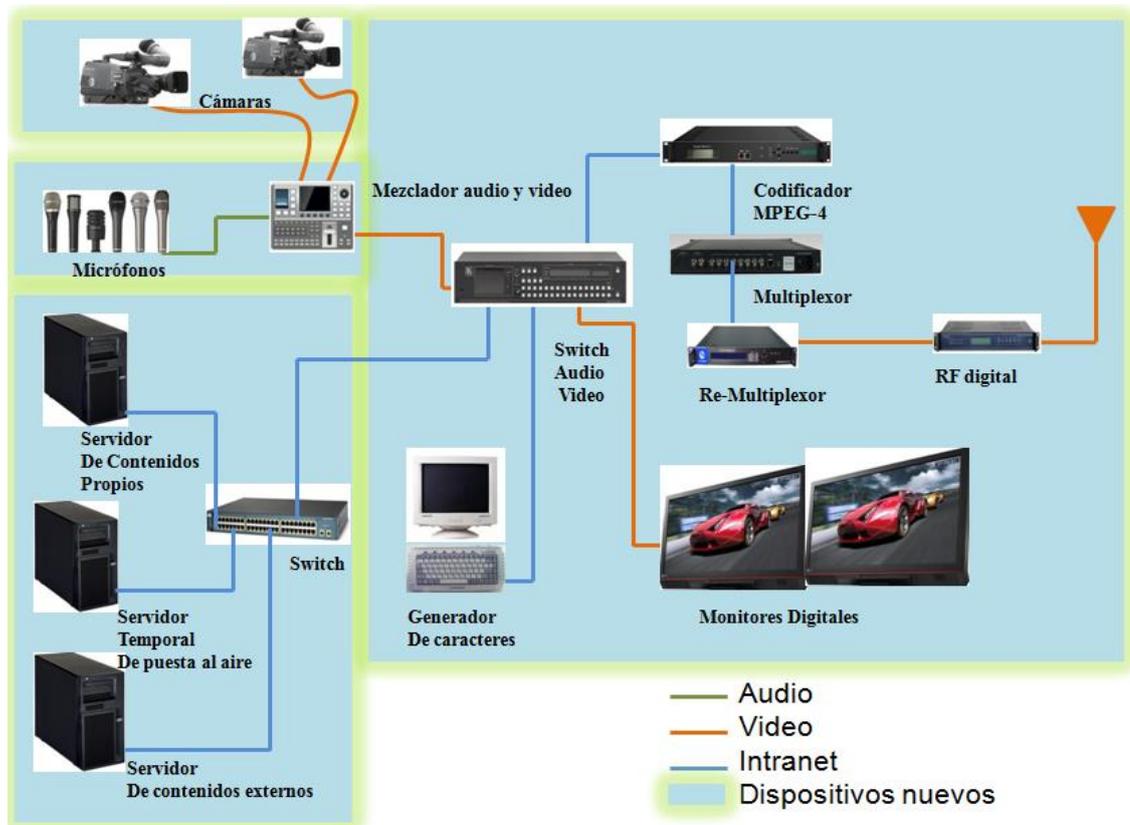


Figura 3.12 Estructura tecnológica de la televisión digital.

CAPÍTULO 4

4. VALORACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRANSICIÓN

En este capítulo se va a proceder calcular el valor de la inversión que deberá realizar un canal de televisión para migrar a la transmisión digital. Se realiza el cálculo por departamento.

4.1 Especificaciones de los equipos

En el mercado existen varias marcas que ofrecen distintos productos para el equipamiento de una televisora. Por lo cual se procederá a mostrar dispositivos de fácil adquisición para las

televisoras que no dispongan de altos presupuestos. Los precios encontrados incluyen impuestos. Para realizar este cálculo, se leaumentó un 25% al costo original de los equipos, en el caso de venderlos en el Ecuador se consideró solamente el IVA.

Tabla 6 Cámaras y Monitoreo[20]

Modelo	Especificaciones	Precio
Sony HXC-D70K	1080p-720i. 3 CMOS Full HD Salida HDMI y HD-SDI. Zoom x20 incluye lentes.	\$25,875.00
JVC GY-HM790	1080i/p, 720p, 480i Sensores 3 CCDs progresivo . Salida HDMI, FireWire. Zoom x14 incluye lentes.	\$30,325.00
Tektronix WFM5200	Waveform Monitor, Vector, Picture, Audio, Gamut Formatos: SD, HD, Dual Link, 3G Entradas: SDIx4	\$8,625.00
Sony HXCU- D70	CCU para cámara HXC-D70K Salidas: SDIx4	\$9,562.00
JVC RM- HP790DU	CCU para cámara GY-HM790	\$6,243.75

Las cámaras a adquirir necesitan cumplir con los siguientes formatos: 1080p, 1080i, 720p para la transmisión en HD y 576i, 480p para la televisión estándar. El waveform monitor debe tomar en cuenta los formatos empleados en las cámaras (SD, HD) así como también tener una cantidad de entradas que cumpla con la cantidad de cámaras a utilizar. En la Tabla 6, se muestran dos tipos

de cámaras que cumplen con estas características, los CCUs de estas y el waveform monitor.

Tabla 7 Consola de video[20]

Modelo	Especificaciones	Precio
Panasonic AG-HMX100	Formatos: 1080i-720p-576i-480i. Entradas 7 HDMI, SDI. Audio: 10 entradas audio embebido HDMI, SDI (AUX, MIC).	\$7,493.75
Edirol/Roland VR50HD	Formatos: 480p-576p-720p-1080i-1080p. 12 entradas HDMI, HD-SDI, RGB/Component Picture-in-Picture Audio: 12 canales digitales. Multiviewer.	\$9,368.75
DATAVIDEO SE3000	Entradas: 16 HD/SD-SDI Formatos: 1080i, 720p, 525/80 NTSC, 625/50 PAL. Video: 4:2:2 10 bit.	\$27,000.00

Para la adquisición de una consola de video, los requisitos dependen de las señales obtenidas en la contribución, pueden ser provenientes del estudio, así como también del exterior. Por lo que se recomienda una consola con un mínimo de 8 entradas. Así como en las cámaras, hay que considerar los formatos en los que estos pueden funcionar 1080p, 1080i y 720p como mínimo habría que adquirir. VSN propone el uso de la consola DATAVIDEO SE3000. La Tabla 7 muestra tres tipos de consolas de video que cumplen con las características deseadas.

Tabla 8 Mezcladores de audio [21][22]

Modelo	Especificaciones	Precio
YAMAHA DM1000 VCM	48 Canales para mezclas Entradas: 16 MIC, 4 LINE	\$6,720.00
BEHRINGER X32	25 canales para mezclas 40 Entradas	\$4,312.00

Se recomienda que la consola de audio cuente con más de diez entradas por micrófono, para que así pueda haber varias personas comunicándose entre ellos (invitados, presentadores, público, etc.) en el set de televisión. Para que exista comunicación con los televidentes por vía telefónica, se recomienda tener al menos 2 entradas tipo LINE. Los dispositivos mostrados en la Tabla 8 cumplen con estos requerimientos.

Tabla 9 Iluminación[20]

Modelo	Especificaciones	Precio
Generay SpectroLED 500 Daylight	Color 5600°K. Potencia 60W. Intensidad 2550 lux	\$524.95
Generay SpectroLED- 9 Light	Color 5600°K. Potencia 35W. Intensidad 3600 lux	\$248.75
Generay SpectroLed 360 Daylight	Color 3200°K-5600°K Potencia 30W Intensidad 3200 lux	\$337.44

Para escoger la mejor luminaria, hay que considerar la temperatura del color. La temperatura de 5600°K se considera como luz natural,

por lo que se necesita adquirir este tipo de luminaria para brindar una imagen con buen tono de color. La potencia no tiene gran importancia ya que eso no indica que tanto va a iluminar la lámpara, lo que determina este factor es la intensidad que brinda cada una. Es importante que la luminaria brinde un mínimo de 2000 lux de intensidad. La Tabla 9 muestra el precio de la luminaria que cumpla con estas características.

Tabla 10 Pantallas[20]

Modelo	Especificaciones	Precio
Sony LMD4251TDPAC 2	42" Entradas: 2 HD/SD-SDI Resolución: 1920x1080	\$11,879.88
Autocue/QTV 46" LCD Multi- Format Monitor	Entradas: 2 HD/SDI, 1 HDMI. 46" Resolución: 1920x1080	\$12,823.70

Para apreciar con claridad todas las señales de video producidas, por lo cual se necesita de varios televisores HD de mínimo 42 pulgadas. En la Tabla 10 hay ejemplos de estos tipos de pantallas.

Tabla 11 Decodificador[20]

Modelo	Especificaciones	Precio
Digital Tech PVR 1818 U-Tech	H.264 AVC, HDMI 1080i	\$175.63
Leading Advance	SD-HD 720	\$32.00

El decodificador se va a emplear en el área de transmisión para apreciar la señal que ve el televidente, por lo cual se recomienda el uso de un decoder con formato 1080i. La tabla 11 nos permite ver los precios de decodificadores.

Tabla 12 Multiview[23]

Modelo	Especificaciones	Precio
Blackmagic Multiview	Entradas: 16 SDI. Formatos: SD, HD, Ultra HD.	\$1,868.25

El Multiview es un dispositivo que nos va a permitir observar varias señales de video en una sola pantalla.. La Tabla 12 nos muestra un ejemplo de estos.

Tabla 13 Servidores[24]

Modelo	Especificaciones	Precio
VNS AutoREC 2CHSD/HD	Servidor de ingesta de video dedicada. Codifica en formatos: DV25, MPEG-2 4:2:0-4:2:2 HASTA 50Mbps.	\$19,000.00
VNS WORKER TRANSCOER	Entrada: HD/SD-SDI 1 G-BaseTEthernet, 10G-SFP+Ethernet, RS232/RS422 Control	\$11,500.00
VNS WORKER GENERAL	Entrada: HD/SD-SDI 1 G-BaseTEthernet, 10G-SFP+Ethernet, RS2323/RS422 Control	\$12,500.00
VNS STORAGE 40160	Servidor de disco en formato Rack de alta densidad, discos serial-ATA a SCSI y FC, DV25, HD MPEG-2, MPEG-4, Interfase Hot Bus	\$30,000.00
DVSS VENICE 4CHSD/HD	SDTC SDI, HDTV SDI, Compresión MP4 DV-DIF, 16 GB RAM, RS-422 Remote, 10GB Ethernet, compatible con Linux, Mac Os y Windows.	\$30,000.00
VNS MULTICOM Y VNS LIVECOM	Interfaz gráfica de usuario ajustable, modo back to back, playlists únicas para canales auxiliares, escaletas A/B/C/D. Bloqueo de secuencias entre clips.	\$35,000.00
VNS PROMPTER	Integrable con el playout, recibe textos introducidos, soporta caracteres UNICODE	\$12,000.00
VSNCG	I/O: SDI Genera gráficos y logos, efectos 2D, roll, crawl y animaciones 3D.	\$20,000.00

Para la implementación de la red informática, se recomienda emplear equipos de la marca VSN debido a las ventajas que nos brinda tanto económicamente como tecnológicamente. En la Tabla 13 observamos los precios de estos dispositivos.

Tabla 14 Switch de capa tres[25]

Modelo	Especificaciones	Precio
CISCO NCS 4000	Permite aplicaciones hasta más de 100 Tbps, Switching completo a nivel de unidad de datos de canal óptico (ODU-0), Con interfaces Ethernet 10Gb, 40 Gb, y 100 Gb, soporta configuraciones back to back. Tecnología backplane avanzada lista para aplicaciones de hasta 500 Gbps por ranura.	\$7,000.00

Se recomienda utilizar un switch de capa tres, que cuente con interfaces Ethernet de gran capacidad, varios Gb, debido al gran tráfico que va a pasar por este dispositivo. El precio de este dispositivo se aprecia en la Tabla 14.

Tabla 15 Re-Multiplexor y Multiplexor ISDB-Tb[26]

Modelo	Especificaciones	Precio
ScreenService XBT-529	ISDB-T (188bytes) BTS (204 bytes) Capa A,B,C. Entradas: 8 ASI, 1 SPPI, 2 GbE. Salidas: ASI, SPI. Multiplexor y re-multiplexor.	\$22,500.00

El re-multiplexor y multiplexor debe cumplir con los requisitos del estándar ISDB-Tb, Debe otorgar el servicio de las capas jerárquicas A, B y C que establece el estándar, así como también codificar la

señal a ser transmitida de acuerdo a lo preestablecido. La Tabla 15 nos muestra uno de la marca ScreenService.

Tabla 16 Computadoras y Licencias[24]

Modelo	Especificaciones	Precio
LENOVO 10A6A035LS	Computadora Lenovo ThinkCentre M93p, Procesador Intel Core i7-4770 (hasta 3.9 GHz) 4ta Gen., 8 GB DDR3, D.D. de 1 TB, DVD±R/RW DL, Video Intel HD Graphics 4600, Windows 7 Pro actualizable a Windows 8 Pro (64 Bits).	\$6,900.00
LICENCIA VSNAUTOREC TERMINAL	Todo la ingesta se controla desde el PC del periodista, la visualización del previo de la captura es en baja resolución por video streaming.	\$1,500.00
LICENCIA VSNEXPLORER USUARIO	Desarrollado en HTML5, en entorno web, aporta una experiencia de usuario que permite una visión global o parcial (dependiendo de sus permisos) de todo el ecosistema.	\$1,300.00
LICENCIA VSNMULTICOM REMOTE	Control de videoservidores y equipos de emisión (validado por casi todos los fabricantes) Control de emisión de estudio A/B. Playout para TV/DTV/HDTV Ingesta de video y transferencia de contenidos, incluyendo transcodificación si es necesario.	\$1,800.00
LICENCIA VSNCREATV	VSNCREATV es un sistema de Gestión Broadcast (BMS) en la nube. Gestiona los flujos de trabajo de los departamentos de publicidad, producción y emisión.	\$1,500.00
LICENCIA VSNNEWS	Cualquier usuario autorizado puede efectuar cambios en la escaleta en tiempo real, desde cualquier PC.	\$1,200.00

Se recomienda emplear computadoras con las mismas o mejores especificaciones que la indicada previamente. Es necesario adquirir todas las licencias previamente obtenidas las cuáles tienen duración de un año y sirven todas para el funcionamiento automatizado de la televisora. Los precios de estas licencias se observa en la Tabla 16.

Tabla 17 Encoder MPEG-2/H.264/One-Seg[27]

Modelo	Especificaciones	Precio
ScreenService ENC333A	Tasa de datos: 2 a 25Mbps. Estándares: MPEG-2 y H.264 SD/HD/One-Seg. Formato: 1080p, 1080i, 720p, 576i, 480i. Audio: MPEG-1, AAC-HE o Dolby Digital Pro. Entrada video: 1 Serial Digital, 1 Componentes RGB, 1 HD-Mlv1.3,1 CVBS. Entrada audio: 2 SDI,2 AES/EBU, 2 HDMI.	\$16,000.00

El encoder que se emplea para la compresión de imágenes y creación del TS (188bytes), debe tener la opción de codificar la señal ya sea empleando MPEG-2 y H.264 (empleado para el estándar ISDB-Tb). También debe brindar señales SD, HD y One-Seg. Los formatos de entrada como mínimo deben ser 1080p, 1080i, 720p. En cuestión de audio, se requiere emplear las técnicas de compresión AAC o Dolby Digital. En la Tabla 17 se aprecia un ejemplo de estos dispositivos.

Tabla 18 Enlace Microondas

Modelo	Especificaciones	Precio
ScreenService 9BRIS1260	Modulador ISDB-Tb 7Ghz 5W	\$13,439.50
ScreenService 9BRIS1258	7Ghz Demodulador ISDB-T	\$13,438.50
Antenas	Parabólica. 7Ghz	\$500.00

Se recomienda adquirir un transmisor que emplee modulación 256QAM para brindar una mayor calidad a las señales de televisión. El receptor tiene que poder demodular las señales receptadas. En este caso, se pudo obtener el precio de un transmisor y receptor que emplean modulación ISDB-T de baja potencia 5W. Este factor no afecta la calidad de la señal ni la estructura a emplear, solamente el método de “transportar” la señal de la televisora al centro de transmisión, la Tabla 18 nos muestra el equipamiento necesario para el enlace microondas con dicho precio.

Tabla 19 Transmisor[27]

Modelo	Especificaciones	Precio
ScreenService SDT 532 ARK-6	ISDB-T/ DVB/DTMB/ATSC MFN/SFN 5200W sin filtros. Dimensión: 40 RU Servidor HTTP embebido. Amplificador RF incluido. UHF. Enfriamiento: aire.	\$180,230.00

La adquisición del transmisor debe ser capaz de trabajar bajo el estándar ISDB-T. Permitir transmisión empleando la técnica MFN o SFN. La potencia requerida, depende de la ciudad en la esté situada la televisor. Dependiendo de la banda en la que opere el canal VHF o UHF, el transmisor también debe trabajar en esta. La Tabla 19 muestra los dispositivos que cumple con estas características.

Tabla 20 Antenas, cable coaxial, divisores de frecuencia

Marca	Especificaciones	Precio
IDEAL Antenas Profissionais	16 Antenas de panel elíptico UHF Divisores de potencia Conectores Cable coaxial , presurizador. Soporte de la antena	\$73,000.00

Las antenas deben ser capaces de brindar cobertura a toda la ciudad, por lo que se prefiere emplear pequeñas antenas en distintas posiciones para de tal manera aprovechar los patrones de radiación de esta y no dejar ningún lugar sin servicio. En la Tabla 20 observamos un ejemplo de esta con divisores de potencia, conectores, cable coaxial y el precio de esta.

4.2 Cálculo de la inversión

Se procede a calcular la inversión a realizar por departamentos.

4.2.1 Estudio

En el estudio encontramos los siguientes dispositivos: cámaras, micrófonos, pantallas e iluminaria. Como en el Ecuador, los canales que cuentan con mayor presupuesta ya transmiten de forma digital, hemos realizado el análisis económico para una televisora de tamaño pequeño. De tal manera que se propone la compra de cinco cámaras, una pantalla, 4 luminarias. En el caso de los micrófonos no hay necesidad de adquirir nuevos.

Tabla 21 Inversión en Estudio

Equipo	Cantidad	Valor unit. Mín	Valor Unit. Máx	Total Mín	Total Máx
Cámaras	4	\$25,875.00	\$30,325.00	\$103,500.00	\$121,300.00
Iluminaria	4	\$248.75	\$524.95	\$995.00	\$2,099.80
Pantalla	1	\$11,879.88	\$12,823.70	\$11,879.88	\$12,823.70
			Total	\$116,374.88	\$136,223.50

La inversión a efectuar mostrada en la Tabla 21 oscila entre \$116,374.88 y \$136,223.50 la cual se calcula de acuerdo a los dispositivos mostrados con anterioridad. En el caso de optar por otros equipos, el valor cambiará.

4.2.2 Producción /Área Master

Este departamento cuenta con los elementos que muestran lo que el televidente va a observar por el televisor. Se necesita de la consola de audio, video, dos pantallas (una para observar lo que sale al aire y otra en la que se va a apreciar todas las señales de video), convertidores y el Multiview. La Tabla 22 muestra la inversión a realizar en este departamento.

Tabla 22 Inversión en Área Master

Equipo	Cantidad	Valor Unit. Mín	Valor Unit. Máx	Total Mín	Total Máx
Consola de video	1	\$7,493.75	\$9,368.75	\$7,493.75	\$27,000.00
Consola de audio	1	\$7,493.75	\$9,368.75	\$7,493.75	\$9,368.75
Multiview	1	\$1,868.25	\$1,868.25	\$1,868.25	\$1,868.25
Pantalla	2	\$11879.88	\$12823.70	\$23,759.76	\$25,647.40
Total				\$40,615.51	\$63,884.40

De acuerdo a los dispositivos previamente mencionados, la inversión a realizar en el estudio se encuentra entre \$40,615.51 a \$63,884.40.

4.2.3 Edición/Redacción

La sala de edición/redacción es el encargado de editar los programas, por lo que los servidores de puesta al aire y almacenamiento son primordiales en esta área. En la Tabla 23 se muestra la inversión que se debe realizar en este departamento.

Tabla 23 Inversión para Edición/Redacción

Equipo	Cantidad	Valor Unit. Mín.	Valor Unit. Máx.	Total Mín.	Valor Unit. Máx.
Grabadora	1	\$19,000.00	\$19,000.00	\$19,000.00	\$19,000.00
VNS WORKER GENERAL	1	\$11,500.00	\$11,500.00	\$11,500.00	\$11,500.00
VNS WORKER GENERAL	1	\$12,500.00	\$12,500.00	\$12,500.00	\$12,500.00
VNS STORAGE	1	\$30,000.00	\$30,000.00	\$30,000.00	\$30,000.00
VNS VENICE	1	\$30,000.00	\$30,000.00	\$30,000.00	\$30,000.00
VNS MULTICOM + VNS LIVECOM	1	\$35,000.00	\$35,000.00	\$35,000.00	\$35,000.00
VNS PROMPTER	1	\$12,000.00	\$12,000.00	\$12,000.00	\$12,000.00
VNS CG	1	\$20,000.00	\$20,000.00	\$20,000.00	\$20,000.00
PCs	5	\$6,900.00	\$6,900.00	\$34,500.00	\$34,500.00
PANTALLA	1	\$11,879.88	\$12,823.70	\$11,879.88	\$12,823.70
Licencias	1	\$7,300.00	\$7,300.00	\$7,300.00	\$7,300.00
Total				\$223,679.88	\$224,623.70

En este departamento, el valor a invertir está entre de \$223,679.88 a \$224,623.70, el valor no difiere por lo que para el uso de servidores se toma encuentra la marca VSN con su metodología SPYDER. Lo que determina la diferencia es el precio de la pantalla para observar la programación.

Hay que considerar que las licencias son renovadas cada año, lo que implicaría un gasto de \$7,300.00 anual.

4.2.4 Técnico

El departamento técnico, se encarga de la distribución, la compresión y multiplexación de las señales de audio y video. En esta área encontramos equipos como los compresores, multiplexor, switch de capa 3, distribuidores de señales de audio y video, pantallas para la visualización de la programación en vivo y todas las señales producidas. El equipamiento empleado se aprecia en la Tabla 24.

Tabla 24 Inversión para el Departamento Técnico

Equipo	Cantidad	Valor Unit. Mín.	Valor Unit. Máx.	Total Mín.	Valor Unit. Máx.
Encoder	3	\$16,000.00	\$16,000.00	\$48,000.00	\$48,000.00
Multiplexor	1	\$22,500.00	\$22,500.00	\$22,500.00	\$22,500.00
Antena microondas	1	\$478.00	\$478.00	\$478.00	\$478.00
Waveform Monitor	1	\$8,625.00	\$8,625.00	\$8,625.00	\$8,625.00
CCU	4	\$6,243.75	\$9,562.00	\$24,975.00	\$38,248.00
Transmisor microonda	1	\$13,439.50	\$13,439.50	\$13,439.50	\$13,439.50
Switch	1	\$7,000.00	\$7,000.00	\$7,000.00	\$7,000.00
Pantalla	2	\$11,879.88	\$12,823.70	\$23,759.76	\$25,647.40
Torre antena	1	\$32,250.00	\$32,250.00	\$32,250.00	\$32,250.00
Multiview	1	\$1,868.25	\$1,868.25	\$1,868.25	\$1,868.25
Total				\$182,895.51	\$198,056.15

En este departamento se necesitan 3 encoders cada uno es empleado para el formato que se quiera transmitir (HD, SD, One-Seg). Para la corrección de las cámaras, cada una de estas debe contar con un CCU, de tal manera que se necesita adquirir mínimo cuatro. La inversión se encuentra entre \$182,894.51 y \$198,056.15.

4.2.5 Transmisión

Este departamento se desarrolla en los puntos de transmisión que especificados por la SUPERTEL. Para la posición de los dispositivos se emplea una caseta que puede ser rentada, comprada o previamente adquirida. En este lugar se va a poner equipos como el transmisor, antenas, líneas de transmisión, una pantalla, un decodificador para la verificar la recepción. Para posicionar las antenas, se necesita una torre, la cual debe ser construida bajo el estudio realizado previamente por cada televisora. En la Tabla 25 mostramos el capital necesario para implementar esta área, suponiendo que la televisora tiene la necesidad de arrendar una caseta en el cerro del Carmen y no cuenta con la torre necesaria.

Tabla 25 Inversión en Área de Transmisión

Equipo	Cantidad	Valor unit. Mín	Total Mín
Transmisor	1	\$180,230.00	\$180,230.00
Antenas + Líneas de transmisión+ Distribuidor de potencia + Cimentación	1	\$73,000.00	\$73,000.00
Torre (42m) + Base de hormigón + Diseño de cimentación y cálculo estructural	1	\$32,250.00	\$32,250.00
Pantalla	1	\$11,879.88	\$11,879.88
Receptor microonda	1	\$13,439.50	\$13,439.50
Antena microondas	1	\$478.00	\$478.00
Decoder	1	\$175.63	\$175.63
Caseta	1	\$6,000.00	\$6,000.00
		Total	\$317,453.01

CAPÍTULO 5

5. COMPARTICIÓN DE ESPECTRO

La inversión a realizar es un valor excesivo para empresas que disponen de presupuestos pequeños, se propone la compartición de espectro como una manera de disminuir el monto requerido y ahorro del espectro electromagnético ecuatoriano.

El compartimiento de espectro, se trata en dividir el ancho de banda de 6MHz otorgado a las televisoras por la SUPERTEL, de tal manera que en lugar de que cada televisora emplee este ancho de banda, se proceda a

compartir los doce segmentos que presenta el estándar ISDB-Tb (sin contar el segmento One-Seg) entre las televisoras.

La manera apropiada de dividir los segmentos, sería asignando cuatro segmentos a cada televisora, de tal manera que el ancho de banda de 6MHz estos tres canales de televisión lo utilicen. El segmento destinado a los dispositivos móviles (One-Seg) se puede subastar entre estas tres televisoras, de tal manera que el ganador remunere a las otras empresas de manera igual.

La compartición del espectro no solamente beneficia económicamente a las televisoras, sino que también al estado ecuatoriano ya que al haber tres televisoras que compartan un canal de 6MHz, quedan 2 canales más con el mismo ancho de banda que puede ser utilizado por más empresas u otros organismos.

5.1 Funcionamiento

Luego de la compresión de las señales de audio y video, estas normalmente proceden a la multiplexación de las señales a

transmitir y darle la protección contra errores debida. Pero en este caso, las señales que se deben multiplexar son de diferentes televisoras, por lo que las señales comprimidas empleando MPEG-2 o H.264 deben ser enviadas a los centros de transmisión por medio de un enlace microondas para así proceder a la multiplexación y finalmente transmitirse por el mismo canal de 6MHz.

Lo cual implica que las señales de televisión de las tres empresas van a ser conectadas a un solo multiplexor, el cual se encuentra a la caseta escogida por las televisoras. La estructura de esta caseta necesita aumentar su tamaño, ya que habrá una mayor cantidad de equipos.

5.2 Cálculo de la inversión

La compartición de espectro conlleva a la división de gastos, ya que las televisoras tienen varios elementos en común, por lo que la inversión de estos dispositivos se reparte entre las tres televisoras.

Al compartir el espectro entre tres empresas, se tiene una disposición diferente de los equipos y recursos los cuales se muestran a continuación:

- Como la empresa solamente transmite su programación en formato SD, ya no hay necesidad de adquirir tres codificadores H.264, se compra solamente un compresor
- El multiplexor es compartido entre las tres empresas, por lo que este valor se divide entre tres
- El transmisor, líneas de transmisión y la antena también son compartidas entre las tres televisoras
- Debe existir un arreglo entre las tres empresas para la adquisición de una caseta

Para poder analizar de una mejor manera la inversión a realizar. Esta va a ser calculada por departamento. Las áreas de estudio, producción, redacción y edición no sufren ningún tipo de cambio, debido a que la generación y producción de la señal de video es la misma. El departamento técnico y de transmisión son los únicos que ven afectado su presupuesto y estructura al compartir espectro.

5.2.1 Departamento Técnico

Como fue mencionado, en el departamento técnico se cambia la cantidad de compresores a utilizar. Como se transmite una

sola programación en SD, se necesita solamente un compresor MPEG-2. En la Tabla 26 se realiza el cálculo para la inversión en este departamento.

Tabla 26 Inversión en el departamento técnico al compartir espectro

Equipo	Cantidad	Valor Unit. Mín.	Valor Unit. Máx.	Total Mín.	Valor Unit. Máx.
Encoder	1	\$16,000.00	\$16,000.00	\$16,000.00	\$16,000.00
Antena microondas	1	\$478.00	\$478.00	\$478.00	\$478.00
Monitor Waveform	1	\$8,625.00	\$8,625.00	\$8,625.00	\$8,625.00
CCU	4	\$6,243.75	\$9,562.00	\$24,975.00	\$38,248.00
Transmisor microonda	1	\$13,439.50	\$13,439.50	\$13,439.50	\$13,439.50
Switch	1	\$7,000.00	\$7,000.00	\$7,000.00	\$7,000.00
Torre para antena	1	\$32,250.00	\$32,350.00	\$32,250.00	\$32,250.00
Pantalla	2	\$11,879.88	\$12,823.70	\$23,759.76	\$25,647.40
Multiview	1	\$1,868.25	\$1,868.25	\$1,868.25	\$1,868.25
			Total	\$128,395.51	\$143,555.90

Se puede observar que la inversión disminuye de \$182,89451 a \$128,395.51 lo que significa que el capital necesario se reduce un 29.8% en el caso de considerar el total mínimo a gastar.

Si se utiliza el equipamiento de mayor calidad pero por ende mayor precio la inversión disminuye de \$198,056.15 a \$143,555.90, lo cual es 25.5% del total.

5.2.2 Transmisión

En la transmisión, el capital necesario disminuye aún más ya que las empresas compartirán equipos como la antena de transmisión, torre de la antena, transmisor, multiplexor, caseta, línea de transmisión.

En la Tabla 27, se muestra la inversión a realizar en el caso de que ninguna de las empresas tenga una caseta. Y todas estas decidan tener cada una un televisor para poder analizar la programación transmitida.

Tabla 27 Inversión en el departamento de transmisión al compartir espectro

Equipo	Cantidad	Valor Unit. Máx	Total Mín
Transmisor	1	\$60,076.67	\$60,076.67
Antenas + Líneas de transmisión+ Distribuidor de potencia + Cimentación	1	\$24,333.33	\$24,333.33
Torre + Base de hormigón + Diseño de cimentación y cálculo estructural	1	\$12,040.00	\$12,040.00
Pantalla	1	\$12,823.70	\$11,879.88
Receptor microonda	1	\$13,439.50	\$13,439.50
Antena microondas	1	\$478.00	\$478.00
Decoder	1	\$175.63	\$175.63
Multiplexor	1	\$7,500.00	\$7,500.00
Caseta	1	\$2,000.00	\$2,000.00
		Total	\$131,923.01

Al compartir el espectro de 6MHz la inversión en el departamento de transmisión disminuye de \$131,923.01. Habiendo un 58.44% de reducción del capital necesario. Cabe recalcar que aparte se realiza un pago mensual de \$2,000.00 por el alquiler de la caseta y de \$7,300.00 anual por las licencias.

5.2.3 Financiamiento

Lo que hace viable una empresa de televisión es la publicidad, este es el único método que las televisoras tienen para ganar dinero. La publicidad es realizada por empresas externas que desean dar a conocer sus productos por el medio televisivo.

Cuando una televisora no tiene gran audiencia, el ingreso por publicidad es casi nulo, por lo que el gasto para migrar a TDT es complicado de realizar.

La compartición de espectro permite que el capital necesario disminuya de \$881,108.79 - \$940,240.76 a \$640,988.79-\$700,210.51, pero este valor sigue siendo alto para las empresas con una ganancia mensual de entre \$10,000.00 y \$15,000.00.

Al ser poco probable que la televisora consiga este capital, se propone la siguiente manera de financiamiento.

La CFN, es una institución financiera pública cuya misión es la de otorgar productos financieros y no financieros que se encuentran alineados al Plan Nacional del Buen Vivir, con el objetivo de servir a los sectores productivas del estado.

Esta banca otorga préstamos a empresas, de acuerdo al segmento empresarial. La Tabla 28 nos muestra las tasas de interés asignados al sector empresarial [28]:

Tabla 28 Tasas de interés asignado al sector empresarial por la CFN

Plazo (hasta)	0-1	0-2	3-5	6	7-10
Tasa de reajuste	5.32%	5.32%	5.32%	5.32%	5.32%
Nominal anual	9.00%	9.25%	9.45%	9.50%	10.00%
Nominal semestral	8.8061%	9.0454%	9.2367%	9.2845%	9.7618%
Nominal Trimestral	8.7113%	8.9454%	9.1325%	9.1792%	9.6455%
Nominal mensual	8.6488%	8.8796%	9.0638%	9.1098%	9.5690%

Al elegir un plazo de pago de 10 años, tenemos una tasa anual de 10.0000%, para calcular el pago mensual que debe ejercer la televisora, empleamos la siguiente fórmula:

Ecuación (5.1) Fórmula para el cálculo de pagos mensuales [29]

$$R_{mensual} = C \frac{i'}{1 - (1 + i')^{-n}}$$

Ecuación (5.2) Cálculo del interés a partir del interés nominal [29]

$$i = (1 - i')^t - 1$$

Donde C es el capital (\$700,210.51), i el interés efectivo mensual (0.7974%) y n el número de pagos (120, pagos mensuales por diez años). El interés efectivo es calculado usando fórmula anterior, donde t es el número de periodos por año (12).

Con la ayuda de las Ecuaciones 3 y 4, el pago mensual máximo a realizar es de \$9,087.10, lo cual es factible para la empresa

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

1. La digitalización de la televisión permite la compresión del audio y video. Gracias a esta característica, al usar H.264 se puede mejorar la calidad de las señales reduciendo la tasa de bits que emplearán, también es posible mantener la calidad de la señal televisiva (SD) disminuyendo la tasa de bits por lo que permite múltiples transmisiones de distinta programación en el ancho de banda de 6MHz asignado por la norma.

2. Según este estudio, se necesita una inversión mínima de \$881,108.79 y máxima de \$940,240.76, para efectuar la migración de televisión analógica a digital. Es importante dar a conocer que en este proyecto se consideraron equipos relativamente económicos en algunos casos (valor mínimo de los dispositivos), por lo que es importante presupuestar un precio mayor si se desea obtener equipamiento de más alta tecnología.

3. La compartición de espectro, permite que disminuya la inversión que las empresas deben hacer para la transmisión de televisión digital. Al recurrir por este método de transmisión, es necesario compartir equipos entre las empresas con el objetivo de que las compañías transmitan en el ancho de banda de 6MHz. Por este motivo la inversión a realizar es de entre \$640,988.79 y \$700,210.51 logrando una disminución entre el 25.52% y el 27.25%.

4. La compartición de espectro permite la disminución de la inversión y ahorro del espectro electromagnético. Pero tiene la desventaja de no permitir aprovechar las capacidades de la TDT (calidad HD, uso del segmento One-Seg) que se obtienen si una sola estación utilizara todo el espectro.

5. Al ser empresas con pequeños ingresos, para realizar la transición a la televisión digital, se hace necesario realizar un préstamo bancario a largo plazo y con el mínimo interés existente en el mercado. Al adquirir una deuda que debe ser solventada mensualmente, estas compañías se pueden ver afectadas económicamente, disminuyendo notablemente el margen de las ganancias y poniendo en riesgo la operación de la estación.

6. Al compartir espectro, las empresas participantes deben desde el principio establecer las normas con las que van a trabajar, de lo contrario podrían haber malentendidos entre estas por el uso del segmento One-Seg o el pago del alquiler de la caseta. Por este motivo, es primordial realizar un acuerdo en el que ninguna parte utilice este segmento, o una de las compañías adquiere los derechos sobre One-Seg. En el caso de la infraestructura (caseta, torre, energía, A/A, etc) los gastos se dividirán entre las televisoras participantes por partes iguales.

Recomendaciones:

1. Al compartir espectro, es importante que exista un acuerdo entre las empresas sobre la concesión y el uso. Una solución, podría ser la creación de un fideicomiso, en el que participen solamente las estaciones que van a

compartir el espectro, y que sea quien legalmente reciba la concesión y administre el uso de dicho espectro y de la infraestructura de transmisión. Sin embargo, esta recomendación debe ser respaldada por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

2. Para las televisoras que no han migrado a TDT, es recomendable que implementen el método explicado en este trabajo, así como también establecer plazos suficientes (aproximadamente 1 año por periodo) para que la migración sea un proceso exitoso. En caso de realizar una migración abrupta (todo en un solo momento), pueden existir errores de los elementos, como también fallas humanas.
3. Al haber nuevo equipamiento y método de funcionamiento de la televisora, es primordial capacitar a todo el personal para que manejen de manera correcta el material adquirido así como también sacar el mejor provecho de las capacidades de éstos. Para esto se necesitan realizar talleres sobre el uso de los dispositivos.
4. Todas las televisoras deben pasar por el proceso de migración a TDT debido al apagón analógico que se efectuará en el Ecuador el 31 de diciembre del 2016 hasta el 31 de diciembre del 2018. Si no fuese por esta norma el

proyecto presentado (compartición de espectro) no sería viable ya que las empresas tendrían que gastar grandes cantidades de dinero sin mejorar la calidad de video (SD).

BIBLIOGRAFÍA

[1] Reglamento Técnico Ecuatoriano, RTE INEN 083, “TELEVISORES CON SINTONIZADOR DEL ESTÁNDAR DE TELEVISIÓN DIGITAL ISDB-T INTERNACIONAL” (norma), 2013.

[2] CONATEL, Resolución No. 084-05-CONATEL Art.2 “Adoptar el estándar ISDB-T INTERNACIONAL (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial) para el Ecuador con las innovaciones tecnológicas desarrolladas por Brasil y las que hubieran en el momento de su implementación, para la transmisión y recepción de señales de televisión digital terrestre”, 2010.

[3] Constantino Pérez, Sainz José, “FUNDAMENTOS DE TELEVISIÓN ANALÓGICA Y DIGITAL”, Universidad de Cantabria 2003.

[4] Mick Hurbis-Cherrier, “Voice & Vision”, Focal Press Primera Ed., 2007.

[5] Suárez Kléber, Arcos Freddy, “Proceso de cambio de equipamiento analógico digital en las estaciones de TV abierta”, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2012.

[6] Pisciotta Nestor Oscar, "Sistema ISDB-TB Vol.1",2010.

[7] Vérges Roig Joan, "Planificación de nuevas redes de radiodifusión de TDT y estudio del dividendo digital", Universidad Politécnica de Cataluña, 2010.

[8] Diputación de Jaén. "Estudio e Implementación red difusión y modelo técnico TDT en Prov. de Jaén".

[9] Paladino Victor, 2002, "Introducción a la compresión de video bajo el estándar MPEG-2".Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería, 2002.

[10] IndigoVision, "Understanding H.264 Video", 2008.

[11] Moreno Carolina, Martín Andrea, Sierra Javier, Gil Felipe, "Diseño y análisis de red de Televisión Digital Terrestre (TDT) para Medellín-Antioquia", Revista en telecomunicaciones e informática, Vol. 1. No. 1, 2011.

[12] Emanuele Colucci, H.264 output quality and bitrate, <http://emanuelecolucci.com/2011/12/h-264-output-quality-and-bitrate/> , fecha de consulta diciembre 2014.

[13] Thomson Video Networks. Contribution&Distribution. The solution for Premium video service delivery.

[14] Pisciotta Nestor Oscar, "Remultiplexer ISDB-Tb",2014.

[15] Castillo Mena José, "Metodología para la migración a televisión digital en el canal UTV", Universidad Técnica del Norte, 2012.

[16] Hiroyuki Furuta, "Tecnologías de transmisión del ISDB-T sus ventajas y aplicaciones", Dibeg, 2009.

[17] Pisciotta Nestor Oscar, "Sistema ISDB-TB Vol.1". Segunda Parte, 2010.

[18] Casio, ¿Cuál es la capacidad de almacenamiento de la cámara en cuanto a número de imágenes y tiempo de grabación de vídeo? <http://www.support.casio-europe.com/es/faqs/dc/exzr15/1/3014/>, fecha de consulta diciembre 2014.

[19] Martín Martín Luis Manuel, “Apuntes de Iluminación”, I.E.S. EMERIA AVGVSTA., fecha de consulta diciembre 2014.

[20] B&H Photo-Video-ProAudio, B&H Photo-Video-ProAudio, <http://www.bhphotovideo.com>, fecha de consulta diciembre 2014.

[21] Behringer, Behringer Digital Mixer X32 <http://www.behringer.com/EN/Products/X32.aspx>, fecha de consulta enero 2015.

[22] Yamaha, DM1000VCM-Mesas Mezcladoras, <http://es.yamaha.com/es/products/proaudio/mixers/digital-mixers/dm1000vcm/?mode=series>, fecha de consulta enero 2015.

[23] BlackMagicDesign, BlackMagic Design: Multiview,
<https://www.blackmagicdesign.com/products/multiview>, fecha de consulta diciembre 2014.

[24] VSN, VSN, <https://www.vsn-tv.com/es/>, fecha de consulta enero 2015

[25] CISCO, Cisco Network Convergence System 4000 Series,
<http://www.cisco.com/c/en/us/products/optical-networking/network-convergence-system-4000-series/index.html>, fecha de consulta enero 2015

[26] ScreenService, "XBT 529", 2013.

[27] ScreenService, "Broadcasting Products ISDB.T", 2013

[28] CFN Corporación Financiera Nacional, "Matriz de tasas de interés del 01 al 28 febrero 2015", 2015.

[29] Díaz Mata Alfredo, Aguilera Gómez Víctor, “Matemáticas Financieras”, Mc Graw Hill Cuarta Edición, 2008.